

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNOLOŠKI FAKULTET, Novi Sad**

Katedra za biotehnologiju i farmaceutsko inženjerstvo

Doktorska disertacija

**OPTIMIZACIJA INDIREKTNOG
POSTUPKA PROIZVODNJE HLEBA
PRIMENOM SAVREMENIH
BIOTEHNOLOŠKIH PROCESA**

Mentor:

Prof.dr Stevan Popov

Kandidat :

Mr Jasna Mastilović

Novi Sad, 1999. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNOLOŠKI FAKULTET, Novi Sad

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografska publikacija

Tip zapisa:

TZ

Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada:

VR

Doktorska disertacija

Autor:

AU

Mr Jasna Mastilović, dipl.ing.

Mentor/komentor:

MN

Dr Stevan Popov, vanredni profesor

Naslov rada:

NR

OPTIMIZACIJA INDIREKTOG POSTUPKA PROIZVODNJE
HLEBA PRIMENOM SAVREMENIH BIOTEHNOLOŠKIH
PROCESA

Jezik publikacije:

JP

srpski, latinica

Jezik izvoda:

JI

srpski, engleski

Zemlja publikovanja:

ZP

SR Jugoslavija

Uže geografsko područje:

UGP

Vojvodina

Godina: 1999.
GO

Izdavač: autorski reprint
IZ

Mesto i adresa: 21000 NOVI SAD, Bulevar Cara Lazara 1
MA

Fizički opis rada: 210 strana, 73 tabele, 88 slika, 245 literaturnih
FO navoda

Naučna oblast: biotehnologija
NO

Naučna disciplina: tehnologija prerade brašna
ND

**Predmetna odrednica/
ključne reči:** PO hleb, indirektni postupak proizvodnje, optimizacija,
biotehnologija

UDK 664.64.016.8; 664.642; 663.14.038.3

Čuva se: Biblioteka Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu
ČU 21000 NOVI SAD, YU, Bulevar Cara Lazara 1

Važna napomena: nema
VN

Izvod/abstrakt: Težeći ka ostvarenju ušteda u kvascu, stabilnosti
IA procesa, povoljnim reološkim svojstvima, kvalitetu hleba primerenom jugoslovenskom tržištu i poboljšanju svojstava hlebnog testa, sprovedena su istraživanja usmerena ka optimizaciji postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba. Optimizacija je obuhvatila sastav podloge, procesne parametre proizvodnje i tehniku fermentacije. Razvijena su dva postupka automatizovane proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba pod kontrolisanim uslovima: jednostepeni i dvostepeni postupak. Oba postupka su ocenjana u pogledu tokova fermentacionih procesa za vreme proizvodnje, uticaja na svojstva hlebnog testa i uticaja na kvalitet hleba kao gotovog proizvoda na bazi kojih

je data uporedna ocena razvijenih postupaka. Jednostepeni postupak je ocenjen kao pristupačniji u pogledu cene postrojenja i trajanja proizvodnog procesa, dok je dvostepenom postupku data prednost u pogledu efekata na sastav dobijenih kvasova, uticaja na svojstva hlebnog testa, uticaja na kvalitet i održivost svežine hleba i stabilnost procesa. Utvrđena je mogućnost primene razvijenog dvostepenog postupka za revitalizaciju pivskog kvasca. Ispitivanjem reoloških svojstava dobijenih poluproizvoda – kvasova, utvrđeno je da se oni ponašaju kao pseudoplastični fluidi. Razrađena su idejna rešenja postrojenja za primenu jednostepenog i dvostepenog postupka i izvršena je ocena ekonomske efikasnosti investiranja u primenu razvijenih postupaka u pekarama.

Datum prihvatanja teme od strane NN veća:

Datum odbrane: 29.02.2000.

DO

Članovi komisije (naučni stepen, ime i prezime, fakultet):

KO

1. Prof. dr Stevan Popov, vanredni profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad
2. Prof. dr Gavra Kaluđerski, redovan profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad
3. Prof. dr Milan Žeželj, redovan profesor, Poljoprivredni fakultet, Zemun
4. Prof. dr Dušanka Pejin, redovan profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad
5. Dr Rozika Vukobratović, naučni saradnik, Tehnološki fakultet, Novi Sad

UNIVERSITY OF NOVI SAD
Faculty of Technology

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:
ANO

Identification number:
INO

Document type: Monographic publication
DT

Type of record: Textual material, printed
TR

Contents code: Ph D. thesis
CC

Author: Mastilović Jasna, M.Sc.
AU

Menthor/comenthor: Stevan Popov, Ph.D, associate professor.
MN

Title: OPTIMIZATION OF INDIRECT BREAD PRODUCTION
TI PROCEDURE USING CONTEMPORARY
BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES

Language of text: serbian
LT

Language of abstract: serbian/english
LA

Country of publication: Yugoslavia
CP

Locality of publication: Vojvodina
LP

Publication year: 1999
PY

Publisher: author reprint
PB

Publication place: 21000 NOVI SAD, Bulevar Cara Lazara 1
PL

Physical description: 210 pages, 73 tables, 88 figs, 245 references
PD

Scientific field: biotechnology
SF

Scientific discipline: flour processing technology
SD

Subject/key words: bread, indirect production procedure,
SX optimization, biotechnology

VC

Holding date: Library of Faculty of Technology, Novi Sad
HD 21000 NOVI SAD, YU, Bulevar Cara Lazara 1

Note:
N

Abstract:
AB Converging to the yeast savings, process stability, bread quality desired on Yugoslav market and improvement of bread dough properties, investigations, aimed to optimization of prephases production in indirect bread production procedure, were conducted. Optimization of substrate composition, process parameters and fermentation technique was performed. Two processes of automated production of indirect bread production prephases under controlled conditions were developed: one step and two step process. Both processes were estimated concerning fermentation processes development during production, influence on bread dough properties and influence on bread, as final product, quality. Parallel evaluations of developed

processes were performed on basis of obtained data. One step process was evaluated as more advantageous concerning plant price and production duration. Advantage was given to the two step process concerning the effects on composition of obtained sour dough, influence on bread dough properties, influence on bread quality and shelf life and process stability. The possibility of application of developed two step process for revitalization of brewing yeast was established. Investigations of rheological properties of obtained semiproduct – sour dough, proved their behavior according to the power law model. Draft projects of plants for application of one step and two step processes and estimation of economical efficiencies of their application in bakeries were worked out.

**Accepted by the Scientific
Board on: ASB**

**Defended on:
DE**

**Thesis defend board (Degree/name/surname/faculty):
DB**

1. Stevan Popov Ph.D., associate professor, Faculty of Technology, Novi Sad
2. Gavra Kaluđerski Ph.D, full professor, Faculty of Technology, Novi Sad
3. Milan Žeželj Ph.D, full professor, Faculty of Agriculture, Zemun
4. Dušanka Pejin Ph.D, full professor, Faculty of Technology, Novi Sad
5. Rozika Vukobratović Ph.D, assistant profesor, Faculty of Technology, Novi Sad

S A D R Ž A J :

1.	OPIS NAUČNOG PROBLEMA	1
2.	CILJ RADA	5
3.	RADNA HIPOTEZA	6
4.	LITERATURNI PREGLED	7
4.1.	Značaj hleba kao namirnice	7
4.2.	Istorijski osvrt na postupak proizvodnje hleba	9
4.3.	Indirektni postupak proizvodnje hleba	12
4.3.1.	Terminologija	12
4.3.2.	Prednosti i nedostaci indirektnog postupka proizvodnje hleba	15
4.4.	Procesi u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba	19
4.4.1.	Biloški procesi	19
4.4.2.	Biohemijski procesi	22
4.4.2.1.	Biohemijske transformacije ugljenih hidrata	22
4.4.2.2.	Biohemijske transformacije proteina	25
4.4.2.3.	Nastajanje sastojaka i prekursora arome	25
4.4.3.	Koloidni procesi	26
4.5.	Pokazatelji toka procesa, kvaliteta poluproizvoda i gotovih proizvoda kod indirektnih postupaka proizvodnje hleba	27
4.5.1.	Kontrola toka procesa	27
4.5.1.1.	Mikrobiološki metodi	27
4.5.1.2.	Hemijski sastav	28
4.5.1.3.	Reološka svojstva	29
4.5.2.	Kvalitet poluproizvoda i gotovih proizvoda	30
4.6.	Mikroflora predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	31
4.6.1.	Vrste i broj mikroorganizama	31
4.6.2.	Kvasci	32
4.6.2.1.	Kvasci spontane fermentacije	33

4.6.2.2.	Pekarski kvasac	35
4.6.2.3.	Pivski kvasac	37
4.6.2.4.	Namenski selekcionisani kvasci	39
4.6.3.	Bakterije mlečne kiseline	40
4.6.3.1.	Bakterije spontane fermentacije	41
4.6.3.2.	Starter kulture bakterija mlečne kiseline	43
4.6.4.	Štetni mikroorganizmi predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	45
4.7.	Sirovinski sastav i sirovine indirektnog postupka proizvodnje hleba	47
4.7.1.	Brašno	48
4.7.2.	Tečnost za zames	50
4.7.3.	Kuhinjska so	51
4.7.4.	Dodatne sirovine i aditivi	52
4.7.4.1.	Sladni ekstrakt	55
4.7.4.2.	Sirova pšenična klica	55
4.8.	Procesni parametri fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	57
4.8.1.	Tehnika fermentacije	58
4.8.2.	Temperatura	60
4.8.3.	Kiseonik	62
4.8.4.	pH	62
4.8.5.	Mešanje fermentacionog medijuma	63
4.9.	Primena indirektnog postupka proizvodnje hleba	64
4.9.1.	Primena tradicionalnih indirektnih postupaka u proizvodnji specifičnih proizvoda	65
4.9.2.	Automatizovana oprema i savremeni procesi za proizvodnju hleba po indirektnom postupku u svetu	67
4.9.3.	Noviji pravci razvoja primene indirektnog postupka proizvodnje hleba	74
4.9.4.	Primena indirektnog postupka u Jugoslaviji	76
5.	MATERIJAL I METODI	79
5.1.	Materijal	79
5.1.1.	Brašno	79
5.1.2.	Radni mikroorganizmi	81
5.1.2.1.	Pekarski kvasac	81
5.1.2.2.	Pivski kvasac	81
5.1.2.3.	Bakterije mlečne kiseline	82
5.1.3.	Voda	82
5.1.4.	Dodatne sirovine	82
5.1.4.1.	Saharoza	82
5.1.4.2.	Sladni ekstrakt	83

5.1.4.3.	Sirova pšenična klica	83
5.1.4.4.	Ostale sirovine	83
5.2.	Aparatura	84
5.2.1.	Laboratorijski fermentor CHEMAP CBC-50	84
5.2.2.	Laboratorijski fermentor CHEMAP PEC	85
5.3.	Plan eksperimenta	
5.4.	Metodi ispitivanja	89
5.4.1.	Sadržaj fermentabilnih komponenti	89
5.4.2.	Kiselinski stepen	91
5.4.3.	pH	91
5.4.4.	Fermentografska ispitivanja	91
5.4.5.	Maturografska ispitivanja	92
5.4.6.	Probno pečenje i ocena hleba	93
5.4.7.	Reološka svojstva	94
5.4.8.	Mikrobiološka ispitivanja	96
5.4.8.1.	Uzimanje i priprema uzoraka za mikrobiološka ispitivanja	96
5.4.8.2.	Određivanje ukupnog broja ćelija kvasaca	96
5.4.8.3.	Određivanje ukupnog broja bakterija mlečne kiseline	97
5.4.9.	Ostali eksperimentalni metodi	97
5.4.10.	Računski metodi	97
5.4.10.1	Izračunavanje reoloških parametara	97
5.4.10.1.	Statistički metodi	98
5.4.10.2.	Proračun bilansa sirovina i performansi postrojenja	98
5.4.10.3.	Ekonomski pokazatelji	98
6.	REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA	99
6.1.	Jednostepeni postupak	100
6.1.1.	Optimizacija sirovinskog sastava	100
6.1.1.1.	Udeo kvasca	101
6.1.1.2.	Udeo šećera	105
6.1.1.3.	Udeo brašna	109
6.1.2.	Optimizacija procesnih parametara	115
6.1.2.1.	Brzina mešanja	115
6.1.2.2.	Brzina aeracije	120
6.1.2.3.	Temperatura	125
6.1.3.	Optimizacija tehnike fermentacije	130
6.1.4.	Ocena optimalnog jednostepenog postupka	133
6.1.4.1.	Tok fermentacije	134
6.1.4.2.	Svojstva hlebnog testa	134
6.1.4.3.	Kvalitet i održivost svežine hleba	137
6.1.4.4.	Reološka svojstva kvasa	140

6.2.	Dvostepeni postupak	141
6.2.1.	Teorijske pretpostavke razvoja dvostepenog postupka	142
6.2.2.	Eksperimentalna ispitivanja dvostepenog postupka	146
6.2.2.1.	Sirovinski sastav supstrata	146
6.2.2.2.	Tehnika fermentacije	151
6.2.3.	Ocena optimalnog dvostepenog postupka	155
6.2.3.1.	Tok fermentacije	156
6.2.3.2.	Svojstva hlebnog testa	157
6.2.3.3.	Kvalitet i održivost svežine hleba	161
6.2.3.4.	Reološka svojstva kvasa	164
6.2.3.5.	Mikroflora	165
6.2.3.6.	Stabilnost tokom višednevne proizvodnje i usklađenost sa dinamikom proizvodnje hleba	167
6.2.3.7.	Primena različitih sirovina u supstratu	169
6.2.3.8.	Stabilnost procesa u zavisnosti od kvaliteta brašna	173
6.2.3.9.	Mogućnost primene procesa za revitalizaciju pivskog kvasca	175
6.3.	Uporedna ocena jednostepenog i dvostepenog postupka	177
6.4.	Idejno rešenje postrojenja	179
6.4.1.	Idejno rešenje postrojenja za jednostepenu proizvodnju kvasa u savremenoj pekari zanatskog tipa	179
6.4.1.1.	Opis tehnološkog postupka	180
6.4.1.2.	Bilans sirovina	181
6.4.1.3.	Oprema	182
6.4.1.4.	Prostor	184
6.4.1.5.	Radna snaga	184
6.4.2.	Idejno rešenje postrojenja za dvostepenu proizvodnju kvasa u industrijskoj pekari	185
6.4.2.1.	Opis tehnološkog postupka	185
6.4.2.2.	Bilans sirovina	188
6.4.2.3.	Oprema	188
6.4.2.4.	Prostor	191
6.4.2.5.	Radna snaga	191
6.5.	Ekonomski aspekti primene postupka	192
7.	ZAKLJUČCI	195
8.	LITERATURA	199

SPISAK TABELA:

Tabela 1	Hemijski sastav pšeničnog belog hleba	8
Tabela 2	Pregled termina koji se koriste u označavanju pojmova vezanih za indirektni postupak proizvodnje hleba	14
Tabela 3	Broj posuda i prostor potrebni za realizaciju proizvodnje hleba po indirektnom postupku u zavisnosti od kapaciteta pekare	18
Tabela 4	Učestalost pojave pojedinih vrsta kvasca u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba dobijenim spontanom fermentacijom	34
Tabela 5	Pregled usvojivosti ugljenika iz organskih jedinjenja od strane radnih mikroorganizama predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	36
Tabela 6	Mesto u sistematizaciji i podela bakterija mlečne kiseline roda <i>Lactobacillus</i>	41
Tabela 7	Učestalost pojave pojedinih vrsta bakterija mlečne kiseline u predfazama indirektnog postupka dobijenim spontanom fermentacijom	42
Tabela 8	Sastav mikroflore različitih starter kultura za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba koje se mogu naći na tržištu	45
Tabela 9	Hemijski sastav brašna u zavisnosti od porekla i stepena izmeljavanja	49
Tabela 10	Tipičan hemijski sastav sladnog ekstrakta i sirove pšenične klice	56
Tabela 11	Postupci proizvodnje tradicionalnih pekarskih proizvoda kod kojih se karakteristična svojstva ostvaruju primenom indirektnog postupka proizvodnje	66
Tabela 12	Prosečni kvalitet hleba iz jugoslovenskih pekara proizvedenog po indirektnom i direktnom postupku	77
Tabela 13	Opseg variranja pokazatelja kvaliteta uzoraka brašna korišćenih za ispitivanje	80
Tabela 14	Opseg variranja vremena dizanja testa uzoraka kvasca korišćenih za ispitivanje	81
Tabela 15	Sirovinski sastav i parametri vođenja probnog pečenja	93
Tabela 16	Masa test materijala koja se ubacuje u merni cilindar RHEOTESTA-2	95
Tabela 17	Kvalitet hleba dobijenog uz primenu indirektnog i direktnog postupka pripreme testa u zavisnosti od udela kvasca	102
Tabela 18	Uticaj udela kvasca i trajanja fermentacije kvasa na svojstva hlebnog testa	104
Tabela 19	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima šećera	106
Tabela 20	Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima šećera	107
Tabela 21	Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim udelima šećera	108
Tabela 22	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima brašna	110
Tabela 23	Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima brašna	111

Tabela 24	Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim udelima brašna	112
Tabela 25	Uticaj udela brašna u kvasu i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)	114
Tabela 26	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma	116
Tabela 27	Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma	117
Tabela 28	Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma	118
Tabela 29	Uticaj brzine mešanja kvasa i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)	119
Tabela 30	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim specifičnim brzinama aeracije	121
Tabela 31	pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim specifičnim brzinama aeracije	122
Tabela 32	Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim specifičnim brzinama aeracije	123
Tabela 33	Uticaj specifične brzine aeracije i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)	124
Tabela 34	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma	126
Tabela 35	pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma	126
Tabela 36	Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma	127
Tabela 37	Uticaj temperature fermentacionog medijuma i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)	129
Tabela 38	Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije u zavisnosti od trajanja fermentacije i broja sprovedenih ciklusa	132
Tabela 39	Parametri optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba	133
Tabela 40	Tok fermentacije kvasa uz primenu optimalnog jednostepenog postupka	134
Tabela 41	Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka na razvoj gasa u hlebnom testu u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa	135
Tabela 42	Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka pripreme kvasa na svojstva testa tokom završne fermentacije	136
Tabela 43	Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka pripreme kvasa na kvalitet hleba	138
Tabela 44	Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka pripreme kvasa na održivost svežine hleba	139
Tabela 45	Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K) za kvasove	140

	proizvedene uz primenu definisanog optimalnog postupka za različita trajanja fermentacije	
Tabela 46	Maltozni stepen tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena	148
Tabela 47	pH tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena	149
Tabela 48	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena	150
Tabela 49	Maltozni stepen tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različite kombinacije tehnike fermentacije I i II stepena	152
Tabela 50	pH tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različite kombinacije tehnika fermentacije I i II stepena	153
Tabela 51	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim nakon 4 h fermentacije I i II stepena, u zavisnosti od primenjene tehnike fermentacije u I i II stepenu	154
Tabela 52	Parameteri optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	155
Tabela 53	Tok fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu optimalnog dvostepenog postupka	157
Tabela 54	Uticaj primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na svojstva testa tokom završne fermentacije registrovana na maturografu	159
Tabela 55	Efekti primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na kvalitet hleba	161
Tabela 56	Efekti primene optimalnog dvostepenog postupka pripreme kvasa na održivost svežine hleba	163
Tabela 57	Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K) za kvasove proizvedene uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka za različit broj sprovedenih ciklusa u drugom stepenu	164
Tabela 58	Kretanje broja kvasaca i bakterija mlečne kiseline kao radnih mikroorganizama tokom definisanog optimalnog dvostepenog postupka	166
Tabela 59	Ispitivanje toka fermentacije kvasa i efekata na razvoj gasa u hlebnom testu u toku trodnevne eksploatacije razvijenog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	168
Tabela 60	Tok fermentacije supstrata I i II stepena definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena	170
Tabela 61	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena	171
Tabela 62	Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K) za kvasove proizvedene uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka za različite sirovine u supstratu I stepena	172
Tabela 63	Tok fermentacije supstrata II stepena definisanog optimalnog postupka	174

	proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za brašna različitog kvaliteta	
Tabela 64	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sa brašnom različitog kvaliteta	174
Tabela 65	Tok fermentacije definisanog optimalnog dvostepenog postupka uz korišćenje pivskog kvasca	176
Tabela 66	Uticaj aktivacije pivskog kvasca primenom definisanog optimalnog dvostepenog postupka na razvoj gasa u hlebnom testu	176
Tabela 67	Uporedni pregled karakteristika jednostepenog i dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	177
Tabela 68	Bilans sirovina za proizvodnju kvasa uz primenu jednostepenog šaržnog postupka za potrebe pekare kapaciteta 3000 kom hleba/dan	182
Tabela 69	Specifikacija opreme postrojenja za jednostepenu šaržnu proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima za potrebe pekare kapaciteta 3000 komada hleba/dan	182
Tabela 70	Bilans sirovina za proizvodnju kvasa uz primenu dvostepenog ciklično-šaržnog postupka za potrebe pekare kapaciteta 10000 kom hleba/dan	188
Tabela 71	Specifikacija opreme postrojenja za dvostepenu ciklično-šaržnu proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima za potrebe pekare kapaciteta 10000 komada hleba/dan	189
Tabela 72	Obračun ušteta koje se mogu ostvariti primenom jednostepenog šaržnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u pekari kapaciteta 3000 komada hleba/dan	192
Tabela 73	Obračun ušteta koje se mogu ostvariti primenom dvostepenog ciklično-šaržnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u pekari kapaciteta 10000 komada hleba/dan	193

SPISAK SLIKA:

	Strana	
Slika 1	Pretpostavke revitalizacije indirektnog postupka proizvodnje hleba	3
Slika 2	Neophodnost primene sirovina domaćeg porekla	4
Slika 3	Istorijski pregled unapređenja fermentacionih procesa u proizvodnji hleba	10-11
Slika 4	Trajanje postupka proizvodnje hleba za različite postupke pripreme testa	17
Slika 5	Šematski prikaz mehanizama razmnožavanja radne mikroflore predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	20
Slika 6	Kriva rasta (razmnožavanja) kulture mikroorganizama	20
Slika 7	Šematski prikaz razgradnje skroba - amiloze i amilopektina, α - i β -amilazom	22-23
Slika 8	Izgled ćelija pekarskog kvasca <i>Saccharomyces cerevisiae</i> pod mikroskopom	35
Slika 9	Izgled ćelija pivskog kvasca <i>Saccharomyces carlsbergensis</i> pod mikroskopom	38
Slika 10	Izgled ćelija bakterija mlečne kiseline (<i>Lactobacillus sp.</i>) pod mikroskopom	40
Slika 11	Preparati starter kultura bakterija mlečne kiseline različitih proizvođača i namena	44
Slika 12	Šematski prikaz tokova količina supstrata i gotovog proizvoda kod šaržne tehnike fermentacije	58
Slika 13	Šematski prikaz tokova količina supstrata i gotovog proizvoda kod ciklično šaržne tehnike fermentacije	59
Slika 14	Šematski prikaz tokova količina supstrata i gotovog proizvoda kod kontinualne tehnike fermentacije	60
Slika 15	Temperaturni opseg i optimum fermentativne aktivnosti radne mikroflore predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	61
Slika 16	Sistemi za mešanje kod savremene opreme za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	63
Slika 17	Aparativno- tehnološka šema za dobijanje kompleksnog kvasa na ošecerenoj kuvanoj podlozi koja se primenjuje u Rusiji	68
Slika 18	Linija za proizvodnju hleba uz primenu tečnog predfermenta ili kvasa u SAD	69
Slika 19	Postrojenje za proizvodnju predfermenta u jednoj pekari u SAD	69
Slika 20	Automatizovani uređaj za pripremu predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba- <i>Thörmer Co.</i>	70
Slika 21	Automatizovani uređaj za pripremu predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba- <i>Ismar</i>	70
Slika 22	Kontinualna linija za proizvodnju hleba uz primenu indirektnog postupka - <i>VNI Reimelt</i>	71
Slika 23	Linija za kontinualni zames testa po indirektnom postupku - <i>Elgep</i>	72
Slika 24	Upareni sladni ekstrakt "MALTEX"	83
Slika 25	Sirova pšenična klica	83
Slika 26	Laboratorijski fermentor CHEMAP CBC-50	85
Slika 27	Laboratorijski fermentor CHEMAP PEC	86
Slika 28	Šematski prikaz plana eksperimenata	88
Slika 29	Odnos dobijenih vrednosti maltoznog stepena i rezultata određivanja sadržaja	90

šećera metodom po Luff Schorlu

Slika 30	Metodika očitavanja zapremine gasa razvijenog u hlebom testu sa fermentogramama	91
Slika 31	Fermentograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka	92
Slika 32	Maturograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka	92
Slika 33	Metodika očitavanja maturografskih pokazatelja	92
Slika 34	Rotacioni viskozimetar RHEOTEST - 2	95
Slika 35	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima šećera	106
Slika 36	Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima šećera	107
Slika 37	Zapremina gasa razvijenog u hlebom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim udelima šećera	108
Slika 38	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima brašna	110
Slika 39	Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima brašna	111
Slika 40	Zapremina gasa razvijenog u hlebom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim udelima brašna	112
Slika 41	Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja za različite udele brašna u kvasu nakon trajanja fermentacije kvasa 0, 4 i 8 h	114
Slika 42	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma	116
Slika 43	Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma	117
Slika 44	Zapremina gasa razvijenog u hlebom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma	118
Slika 45	Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja pre početka fermentacije i za različite brzine mešanja nakon trajanja fermentacije kvasa 8h	119
Slika 46	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim specifičnim brzinama aeracije	121
Slika 47	pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim specifičnim brzinama aeracije	122
Slika 48	Zapremina gasa razvijenog u hlebom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim specifičnim brzinama aeracije	123
Slika 49	Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja pre početka fermentacije i za različite specifične brzine aeracije nakon trajanja fermentacije kvasa 8 h	124
Slika 50	Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma	126
Slika 51	pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma	126
Slika 52	Zapremina gasa razvijenog u hlebom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim temperaturama	127

	fermentacionog medijuma	
Slika 53	Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja za različite temperature fermentacionog medijuma nakon trajanja fermentacije kvasa 0, 4 i 8 h	129
Slika 54	Šema ciklično-šaržnog postupka	130
Slika 55	Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja kod kvasova dobijenih uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije u zavisnosti od broja sprovedenih ciklusa pri trajanju fermentacije ciklusa 4 h	131
Slika 56	Parametri optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba	133
Slika 57	Tok fermentacije kvasa uz primenu optimalnog jednostepenog postupka	134
Slika 58	Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka na razvoj gasa u hlebnom testu u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa	135
Slika 59	Upoređenje maturografskih svojstava testa zamešenog sa kvasom proizvedenim uz primenu optimalnog jednostepenog postupka i direktno zamešenog testa	136
Slika 60	Uporedni prikaz izgleda sredine hleba proizvedenog sa kvasom dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka i hleba proizvedenog uz primenu direktnog zamesa sa istim udelom kvasca (1,5%)	138
Slika 61	Vrednosti penetrometskog broja i vrednosnog broja sredine tokom vremena proteklog nakon pečenja u zavisnosti od načina pripreme testa i kvasa	139
Slika 62	Funkcionalna zavisnost napona smicanja i brzine smicanja kvasa proizvedenog uz primenu definisanog optimalnog postupka za različita trajanja fermentacije	140
Slika 63	Maltozni stepen tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena	148
Slika 64	pH tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena	149
Slika 65	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena	150
Slika 66	Maltozni stepen tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različite kombinacije tehnika fermentacije I i II stepena	152
Slika 67	pH tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različite kombinacije tehnika fermentacije I i II stepena	153
Slika 68	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim nakon 4 h fermentacije I i II stepena, u zavisnosti od primenjene tehnike fermentacije u I i II stepenu	154
Slika 69	Parameteri optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	155
Slika 70	Tok fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu optimalnog dvostepenog postupka	157
Slika 71	Dinamika razvoja gasa na fermentografu u hlebnom testu dobijenom uz primenu optimalnog dvostepenog postupka i direktno zamešenom hlebno testu	158
Slika 72	Upoređenje maturografskih svojstava testa zamešenog sa kvasom	160

	proizvedenim uz primenu optimalnog dvostepenog postupka i direktno zamešenog testa	
Slika 73	Uporedni prikaz izgleda sredine hleba proizvedenog sa kvasom dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka i hleba proizvedenog uz primenu direktnog zamesa sa isitim (0,8 %) i u proizvodnji uobičajenim udelom kvasca (3%)	162
Slika 74	Vrednosti penetrometarskog broja i vrednosnog broja sredine tokom vremena proteklog nakon pečenja u zavisnosti od načina pripreme testa i kvasa	163
Slika 75	Funkcionalna zavisnost napona smicanja i brzine smicanja kvasa proizvedenog uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka za različit broj ciklusa proizvodnje u drugom stepenu	164
Slika 76	Kretanje broja kvasaca i bakterija mlečne kiseline kao radnih mikroorganizama tokom definisanog optimalnog dvostepenog postupka	166
Slika 77	Ispitivanje toka fermentacije kvasa i efekata na razvoj gasa u hlebnom testu u toku trodnevne eksploatacije razvijenog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba	168
Slika 78	Tok fermentacije supstrata I i II stepena definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena	170
Slika 79	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena	171
Slika 80	Reološka svojstva kvasova dobijenih uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena	172
Slika 81	Tok fermentacije supstrata II stepena definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za brašna različitog kvaliteta	174
Slika 82	Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sa brašnom različitog kvaliteta	174
Slika 83	Šema tehnološkog postupka jednostepene proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba	181
Slika 84	Šema postrojenja za proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima uz primenu jednostepenog šaržnog postupka	183
Slika 85	Postrojenje za proizvodnju kvasa uz primenu jednostepenog šaržnog postupka u savremenoj pekari zanatskog tipa kapaciteta 3000 komada hleba/dan	184
Slika 86	Šema tehnološkog postupka dvostepene proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba	186
Slika 87	Šema postrojenja za proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima uz primenu dvostepenog ciklično-šaržnog postupka	190
Slika 88	Postrojenje za proizvodnju kvasa uz primenu dvostepenog ciklično-šaržnog postupka u industrijskoj pekari kapaciteta 10000 komada hleba/dan	191

UVOD

Prvi dio ovog zbornika sadrži uvodni govor, koji predstavlja uvod u cjelu knjigu. U ovom govoru, koji je napisao profesor dr. sc. Miroslav Bilić, govori se o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja. U ovom govoru se također govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja.

U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja. U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja.

U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja. U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja.

U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja. U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja.

U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja. U ovom govoru se govori o značenju i ulozi zbornika u cjelini i o njegovom doprinosu u razvoju znanosti i obrazovanja.

1. OPIS NAUČNOG PROBLEMA

Hleb u velikom delu sveta, uključujući i našu zemlju predstavlja nezamenjivu okosnicu življenja. Ovu tvrdnju najbolje potvrđuje činjenica da se u našoj zemlji (*Božidarević i Vlahović, 1996*), a i u mnogim zemljama sveta (*Spicher i Stephan, 1997*) više od polovine energetske potreba stanovništva zadovoljava upravo hlebom. Stoga zadovoljenje zahteva ukusa potrošača u pogledu željenih karakteristika kvaliteta hleba mora predstavljati jedan od preduslova usmeravanja razvoja pekarske proizvodnje.

U vremenima socijalno-ekonomskih kriza kakvim je naša zemlja u toku poslednjih godina izložena, a čije prevazilaženje može potrajati i u toku dužeg vremenskog perioda u budućnosti, snabdevanje tržišta dovoljnim količinama hleba, uz postizanje maksimalno mogućih efekata u pogledu ostvarenja zahtevanih kvalitetnih karakteristika i minimalnu cenu proizvodnje, nameće se ne samo kao zadatak pekara, već kao i osnovni imperativ društvene zajednice u celini.

Strategija razvoja pekarstva u Jugoslaviji u periodu posle drugog svetskog rata rezultirala je izgradnjom velikog broja industrijskih pekara velikog kapaciteta, ali vrlo male fleksibilnosti kad su u pitanju mogućnosti uticaja na asortiman proizvodnje i realizaciju željenih kvalitetnih svojstava hleba (*Beleslin i Bojat, 1974; Beleslin, 1980; Kaluđerski i sar., 1989; Stanimirović, 1989*). Tokom devedesetih godina tendencija stimulacije angažovanja privatnog kapitala dovela je do otvaranja velikog broja savremenih privatnih pekara zanatskog tipa, koje u odnosu na industrijske pekare imaju znatno veće mogućnosti prilagođavanja asortimana i kvaliteta proizvoda zahtevima tržišta (*Vukobratović, 1994*).

U jugoslovenskim pekarama, bez obzira na vrstu opreme, vlasničku strukturu i kapacitet, gotovo po pravilu se primenjuje tehnološki postupak direktne proizvodnje hlebnog testa, sa relativno visokim udelom kvasca, kratkom fermentacijom testa u masi i uz obaveznu primenu kompleksnih aditiva (*Vukobratović i sar., 1995*). Prihvatanje intenzivnog mehaničkog razvoja testa (*Bowe, 1984*) u velikom broju, posebno industrijskih pekara, omogućilo je dalje skraćivanje procesa proizvodnje uz svođenje fermentacije testa u masi na veoma kratko vreme koje uzrokuje gotovo potpuni izostanak biohemijskih i koloidnih transformacija komponentni testa. Indirektni postupak, koji uključuje korišćenje predfaze fermentacije kvasa, koja prethodi zamesu hlebnog testa, gotovo je potpuno potisnut primenom direktnog postupka kao kratkotrajnijeg i manje zahtevnog u pogledu angažovanja radne snage i raspoloživosti opreme.

Direktni postupak proizvodnje testa, praćen kratkotrajnom fermentacijom testa u masi i uz primenu kompleksnih aditiva koji doprinose optimizaciji stabilnosti testa, i većih udela pekarskog kvasca (*Borković i sar., 1980*) koji omogućuju maksimalno intenziviranje

procesa završne fermentacije rezultiraju proizvodnjom hleba relativno ujednačenog kvaliteta, privlačnog izgleda kore, na oko veoma svetle sredine, zavidne zapremine, ali istovremeno uzrokuju nedostatke u kvalitetu sredine kao što su nedovoljna aromatičnost, izražena mrvljivost, krupne pore, velika stišljivost praćena nedovoljnom elastičnošću, odvajanje kore od sredine, krtost sredine prilikom sečenja i nanošenja namaza i, iznad svega, skraćena održivost svežine hleba (*Beleslin i sar., 1975*). Navedeni nedostaci predstavljaju suštinu primedbi koje većina potrošača iznosi na kvalitet hleba kod nas, ali i u drugim delovima sveta gde je u proizvodnji hleba preovladao direktni postupak, naročito u slučaju da je kombinovan sa intenzivnim zamesom testa (*Doery, 1981; Spicher i Stephan, 1997*).

Među stručnjacima i naučnim radnicima koji se bave problematikom iz oblasti tehnologije pekarske proizvodnje veoma je dobro poznato da se navedeni problemi i nedostaci u kvalitetu hleba mogu prevazići primenom indirektnog postupka za pripremu testa (*Doery, 1981; Kovačević i sar., 1985*). Međutim, problemi prvenstveno ekonomsko - organizacione prirode, kao što je potreba za velikim brojem posuda za zames i potreba znatno većeg, vremenski razvučenog, angažovanja radne snage, uzrokovali su da se od gotovo svih pokušaja revitalizacije proizvodnje hleba po indirektnom postupku u jugoslovenskim pekarama vrlo brzo odustalo (*Kovačević, 1991; Kovačević, 1997*).

Očuvanje primene indirektnog postupka ili njegova revitalizacija u savremenim pekarama u nekim zemljama sveta postignuta je više ili manje uspešno razradom postupaka i postrojenja koji obezbeđuju mogućnost automatskog vođenja predfaza koje predviđa indirektni postupak pripreme testa (*Pyley 1973, Stephan, 1982; Meuser, 1983; Auerman, 1988*). Međutim, uvozna postrojenja praćena "know-how" tehnologijama vođenja predfaza pripreme testa s jedne strane karakteriše relativno visoka cena, dok su, s druge strane, postupci koji se nude od strane inostranih dobavljača usmereni ka ostvarenju optimalnog kvaliteta hleba ili drugih pekarskih proizvoda primereno ukusu potrošača, sirovinskoj bazi i potrebama pekara u zemlji porekla opreme. S obzirom da se ovi zahtevi manje ili više razlikuju od zahteva koji se postavljaju od strane potrošača i proizvođača na našem podneblju, kao i da nabavka postrojenja nije argumentovana ostvarenjem ušteda koje bi garantovale njegovu isplativost, uprkos interesovanju tehnologa u pekarama SR Jugoslavije (pa i bivše SFRJ), nikad nije nabavljeno, ni zaživelo ni jedno automatizovano savremeno postrojenje za potrebe primene u proizvodnji hleba po indirektnom postupku.

S obzirom na to da primena predfaza u pripremi testa po indirektnom postupku, pored pozitivnih uticaja na kvalitet hleba, otvara i mogućnost realizacije proizvodnje hleba prihvatljivog kvaliteta uz ostvarenje značajnih ušteda u pekarskom kvascu, dodatni stimulans potrebi revitalizacije indirektnog postupka proizvodnje hleba na našem podneblju predstavljaju i problemi u snabdevanju pekara dovoljnim količinama kvasca. Ovi problemi su se, otpočinjanjem ratnih sukoba na tlu bivše SFRJ javili prvo na tlu Bosne i Hercegovine, a usled ratnih razaranja putne, vodovodne, elektro- i industrijske infrastrukture u proleće 1999. postali su više nego aktuelni i na području SR Jugoslavije. Pored toga, ostvarenje značajnijih ušteda u kvascu i u mirnodopskim uslovima, pogotovo s

obzirom na tržišno formiranje cene kvasca i administrativno diktiranu cenu hleba, kod pekara u našoj zemlji budi veliko interesovanje (Dozet i Psodorov, 1993).

Opisani problemi, stanje i perspektive u proizvodnji hleba u našoj zemlji nameću pretpostavke koje moraju biti zadovoljene da bi postupak pripreme poluproizvoda u okviru predfaza proizvodnje hleba po indirektnom postupku bio prihvatljiv, prvenstveno za jugoslovensku proizvodnu praksu, ali i šire. Ove pretpostavke mogu se sumirati u okviru sledećih ciljnih zahteva koje postupak, prihvatljiv za praksu, treba da zadovolji:

- ♦ ostvarenje kvaliteta hleba primerenog zahtevima potrošača na domaćem tržištu uz težnju ka maksimalnom poboljšanju kvaliteta u pogledu aromatičnosti, očuvanja svežine i smanjenja krtosti sredine hleba;
- ♦ ostvarenje maksimalno mogućih ušteta u kvascu u cilju obezbeđenja isplativosti uvođenja primene postupka u pekare i rešavanja problema nepostojanja dovoljnih proizvodnih kapaciteta industrije kvasca;
- ♦ postizanje stabilnosti procesa koja bi obezbedila maksimalnu sigurnost pekara u pogledu stalnosti svojstava hlebnog testa i stalnosti kvaliteta hleba kao finalnog proizvoda prilikom primene postupka;
- ♦ održavanje reoloških svojstava poluproizvoda u granicama koje obezbeđuju projektovanje i primenu potpuno automatizovanih postrojenja za pripremu poluproizvoda u predfazama indirektnog postupka pripreme hlebnog testa.



Slika 1 - Pretpostavke revitalizacije indirektnog postupka proizvodnje hleba

Pored toga, imajući u vidu zavisnost tokova mikrobioloških, biohemijskih i koloidnih procesa od vrste i kvaliteta upotrebljenih sirovina (*Hareland i Puhr, 1988; Brümmer, 1989; Brümmer, 1990; Pejin i sar., 1991; Filipović i sar., 1994*) u ostvarenju navedenih ciljeva treba da budu korišćene sirovine domaćeg porekla težeći da se ostvari:

- ♦ primerenost razvijenog postupka sirovinskoj bazi kojom raspolaže pekarska industrija u našoj zemlji;



- ♦ nezavisnost primene postupka od raspoloživosti uvoznih komponenti.



Slika 2 - Neophodnost primene sirovina domaćeg porekla

Polazeći od gore navedenih pretpostavki i ciljnih zahteva u periodu od 1992. do 1998. godine sproveden je sistematično planiran, sveobuhvatan istraživački rad na optimizaciji indirektnog postupka proizvodnje hleba uz korišćenje savremenog biotehnološkog pristupa.

Rezultati dobijeni u okviru sprovedenih istraživanja, kao i preporuke, postupci i zaključci koji iz njih proizilaze predstavljaju okosnicu ove disertacije.

2. CILJ RADA

Kompleksna istraživanja usmerena ka optimizaciji sastava podloge i parametara tehnološkog procesa za različite tehnike fermentacije poluproizvoda koji nastaju u okviru predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sprovedena su sa ciljem da se obezbedi izvođenje:

- ◆ parametara optimalnog postupka za automatizovanu proizvodnju poluproizvoda predfaze u okviru proizvodnje hleba po indirektnom postupku, prvenstveno za potrebe pekara u našoj zemlji, ali i šire;
- ◆ idejnog rešenja automatizovanog postrojenja uz korišćenje savremenih principa projektovanja biohemijskih reaktora;
- ◆ proračuna očekivanih ušteda u pekarama pri primeni predloženog postupka i proračuna vremena potrebnog za otplatu postrojenja.

Optimizacija je izvedena uz primenu sirovina isključivo domaćeg porekla, težeći pri tome ka:

- ◆ kvalitetu hleba kao gotovog proizvoda primereno zahtevima domaćeg tržišta;
- ◆ ostvarenju maksimalno mogućih ušteda u kvascu;
- ◆ odgovarajućoj stabilnosti procesa i
- ◆ reološkim svojstvima fermentacionog medijuma koja obezbeđuju razvoj potpuno automatizovanog postrojenja.

Optimizirani postupak je u okviru sprovedenih istraživanja testiran sa ciljem definisanja mogućnosti njegove primene kao osnove za obezbeđenje upotrebe alternativnih sirovina i postizanje dodatnih efekata u proizvodnji hleba.

3. RADNA HIPOTEZA

Definisanje optimalnih parametara tehnološkog postupka pripreme poluproizvoda u okviru predfaza koje uključuje proizvodnja hleba po indirektnom postupku uz primenu domaćih sirovina i usmerenu ka postizanju kvaliteta hleba u skladu sa zahtevima domaćih potrošača, uz težnju ostvarenju maksimalno mogućih ušteda kvasca, otvorilo bi mogućnosti za:

- ◆ projektovanje i izradu postrojenja za automatizovanu proizvodnju hleba po indirektnom postupku od strane domaće mašinogradnje ili;
- ◆ izbor, nabavku i optimalnu primenu postojećih postrojenja strane proizvodnje u jugoslovenskoj pekarskoj industriji;
- ◆ rentabilnu revitalizaciju indirektnog postupka proizvodnje hleba prvenstveno u okviru postojećih velikih industrijskih linija za proizvodnju hleba, ali i u okviru savremenih pekara zanatskog tipa manjeg kapaciteta;
- ◆ ostvarenje ušteda u proizvodnji hleba, prvenstveno zahvaljujući uštedama u kvascu, ali i zahvaljujući racionalizaciji korišćenja opreme i smanjenju potrebnog broja radnika;
- ◆ podizanje nivoa i ujednačenosti kvaliteta hleba na jugoslovenskom tržištu zahvaljujući širenju primene indirektnog postupka proizvodnje pod kontrolisanim uslovima;
- ◆ valorizaciju i optimizovanu primenu nekonvencionalnih, nutritivno vrednih sirovina u pekarskoj industriji (pivski kvasac, pšenična klica, sladni ekstrakt).

Rezultati dobijeni istraživanjima koje obuhvata ova doktorska disertacija daju sveobuhvatnu podlogu na osnovu koje se može poći ka ostvarenju navedenih ciljeva u okviru pekarske industrije SR Jugoslavije.

TEORIJSKI DEO

Zbirka knjiga iz oblasti...

U ovom delu...

U ovom delu...

4. LITERATURNI PREGLED

Hleb je velikodušni dar prirode, hrana koja se ne može zameniti nikakvom drugom hranom. Kad smo bolesni gubimo želju za hlebom tek pošto smo je izgubili za svim ostalim; kad nam se ta želja vrati, to je znak da ozdrabljamo.

Hleb je pristao za svako doba dana, svako doba života i svaku vrstu variva. On poboljšava svaku drugu hranu, a otac je i lošeg i dobrog barenja. I kad se jede uz meso ili kakvu drugu hranu, on ništa ne gubi od svoje slasti.

Tako je blizak ljudskoj prirodi da mu, tek što smo se rodili, paklanjamo svu svoju ljubav i do smrtnog časa ne uspevamo da ga se zasitimo.

Parmantije, 1772. godine

4.1. Značaj hleba kao namirnice

Ovu definiciju hleba koju je još davne 1772. godine dao francuski naučnik *Parmantije* i do današnjeg dana mnogi smatraju jednom od najboljih. U njoj je sažeto sve: od značaja hleba kao namirnice, njegove nutritivne vrednosti do njegove jedinstvenosti koja ga čini nezamenjivim u svakodnevnoj ishrani.

Zvanična definicija hleba u našoj zemlji data u okviru Pravilnika o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (*Službeni list SRJ 53/95*) u članu 73 gde se hleb definiše kao "proizvod dobijen mešenjem, fermentacijom, oblikovanjem i pečenjem testa umešenog od osnovnih sirovina i to: brašna od žita, vode ili druge dozvoljene tečnosti, pekarskog kvasca ili drugih sredstava za fermentaciju i kuhinjske soli

u čijoj proizvodnji se mogu upotrebljavati i dodatne sirovine i/ili aditivi predviđeni Pravilnikom".

Shodno odnosima u proizvedenim količinama hlebnih žita, pšenice i raži (*Statistički godišnjak, 1997*) i navikama potrošača (*Monarov i sar., 1997*), u našoj zemlji uverljivo najveći udeo ima pšenični beli hleb.

Uzevši u obzir nutritivni sastav sirovina koje ulaze u sastav hleba, kao i karakteristike tehnološkog postupka proizvodnje hleba koji rezultiraju hemijskim sastavom prikazanim u *tabeli 1*, hleb uopšteno, a posebno pšenični beli hleb, sa aspekta nutritivne vrednosti, prvenstveno treba posmatrati kao izvor zadovoljenja energetske potrebe (*Monarov i sar., 1996; Vasilieva, 1997*).

Tabela 1 - Hemijski sastav pšeničnog belog hleba *

	min	max	prosek
Sadržaj vlage, %	30,0	39,4	35,0
Sadržaj proteina, %	6,6	8,7	7,7
Sadržaj masti, %	0,9	3,8	2,0
Sadržaj skroba, %	46,3	57,1	51,4
Sadržaj šećera, %	0,9	2,1	1,4

*višegodišnji podaci ispitivanja pšeničnog belog hleba u laboratoriji
Zavoda za tehnologiju žita i brašna, tehnološkog fakulteta u Novom Sadu

Kao izvor proteina, hleb karakteriše nešto manja iskoristivost proteinske komponente, praćena aminokiselinskim sastavom sa deficitarnim udelima esencijalnih aminokiselina posebno lizina i metionina. Sadržaj mineralnih materija u hlebu se smanjuje sa stepenom izmeljavanja brašna koje se koristi u proizvodnji, odnosno najniži je kod belog hleba. Pored toga u strukturi mineralnih materija u poređenju sa potrebama ljudskog organizma nepovoljan je odnos sadržaja kalcijuma i fosfora (koga ima u višku, a koji je, pored toga, velikim delom vezan u obliku, sa nutritivnog aspekta nepovoljnih, fitinskih jedinjenja). U belom hlebu, s obzirom na raspored vitamina u zrnu, niži je i sadržaj vitamina, tako da hleb može predstavljati osnovu za zadovoljenje samo manjeg dela potreba u pojedinim vitaminima kao što su B₁, B₂ i PP (*Auerman, 1988*).

Međutim, hleb nesumnjivo zauzima jedno od najznačajnijih mesta u ishrani čoveka u mnogim delovima sveta, pa i u našoj zemlji.

U pojedinim zemljama sveta njime se pokriva između 18% i 80% nutritivnih potreba. U 53% od ukupnog broja zemalja on pokriva više od 50% nutritivnih potreba, a u 87% više od 30%. (*Spicher i Stephan, 1997*). U Jugoslaviji se, prema raspoloživim podacima iz 1994. godine (*Božidarević i Vlahović, 1996*) hlebom podmiruje oko polovine ukupnih

energetskih potreba, s tim što je pad realne kupovne moći stanovništva evidentan u narednim godinama (*Statistički godišnjak, 1997*), nesumnjivo, kod najširih slojeva stanovništva, uslovio da udeo hleba u zadovoljenju ukupnih energetskih potreba bude još veći.

Iako se smatra da je veliki udeo hleba u ishrani posledica niskog standarda stanovništva (*Božidarević i Vlahović, 1996*), razlozi velikog udela hleba u svakodnevnoj ishrani nisu samo socijalne prirode. Hleb je, bez obzira na nivo standarda, nezamenjivi deo svakodnevne trpeze u velikom delu sveta, i zahvaljujući svojim, može se reći među svim namirnicama, jedinstvenim senzornim svojstvima.

Prihvatljivost hleba kao namirnice, definisana kao subjektivni utisak koji se dobija prilikom njegovog konzumiranja (*Menden i Cremer, 1955*), s obzirom na jedinstvenost senzornih svojstava hleba je takođe značajan faktor koji uzrokuje veliki udeo hleba u svakodnevnoj ishrani.

Pšenični hleb karakterišu ukus i aroma koji s jedne strane svojom prijatnom specifičnošću pobuđuju apetit potrošača, dok, s druge strane, svojom blagom neutralnošću obezbeđuju njegovo konzumiranje u svim prilikama i svim kombinacijama sa drugim namirnicama. Široka prihvatljivost hleba vezana je i sa njegovim specifičnim strukturno-mehaničkim osobinama počev od fino porozne, elastične sredine, preko hrskave, manje više kompaktne kore, do ujednačenog, privlačnog izgleda u celini (*Auerman, 1988; Spicher i Stephan, 1997*).

Prema tome, s obzirom na rasprostanjenost, udeo i značaj hleba u ishrani stanovništva, postizanje optimalnog kvaliteta hleba sa aspekta njegove prihvatljivosti za potrošača u zavisnosti od njegovih želja i navika, skladnim komponovanjem svih faktora koji utiču na prihvatljivost hleba, predstavlja primarni zadatak pekara.

4.2. Istorijski osvrt na postupak proizvodnje hleba

Razvoj proizvodnje hleba kroz istoriju odvijao se različitom dinamikom u pogledu faza kojima je okarakterisano unapređenje pojedinih tehnoloških operacija obuhvaćenih ovim složenim tehnološkim postupkom. S obzirom da optimizacija indirektnog postupka proizvodnje hleba prvenstveno tretira probleme vezane za fermentacione procese koji se odvijaju tokom proizvodnje hleba, istorijski pregled razvoja postupka proizvodnje hleba, dat u nastavku i prikazan na *slici 3*, prvenstveno ističe ključne momente koji su u prošlosti rezultirali značajnijim unapređenjima ovog segmenta postupka proizvodnje hleba.



Prvi proizvod koji bi se mogao nazvati pretečom hleba datira iz perioda neolita, pre oko 9000 godina. Kako navodi *Rachline (1994)* ovaj proizvod predstavljao je "lepinju" od smeše usitnjenih žita i vode, pečenu bez prethodne fermentacije u zemljanim pećima.

Kada je i kako prvi put zapažen i primenjen postupak spontane fermentacije u hlebnom testu teško je reći (*Rorlich, 1976*). Arheološki nalazi, s jedne strane upućuju da je proces spontane fermentacije - zakišeljavanja, kaše ili testa od usitnjenog žita slučajno zapažen prvo u mediteranskim zemljama gde klimatski uslovi rezultiraju temperaturama koje pogoduju aktivaciji mikroflora prisutne u testu (*Kovačević, 1991; Rachline, 1994*). S druge strane postoje navodi koji upućuju na nalaze ostataka hleba od fermentisanog testa i u alpskim zemljama severnijih krajeva (*Währen, 1985*). U svakom slučaju radi se o nalazima karakterističnim za period od pre oko 5000 godina. Iz perioda u kom je fermentacija testa inicirana isključivo putem spontane aktivacije mikroflora brašna ili eventualno dodatkom testa od prethodnog dana datiraju brojni nalazi različite starosti, uglavnom sa područja Egipta: 2750 godina p.n.e. (*Vasiljević, 1989*); 1440 godine p.n.e. (*Spicher, 1997*).

Oko 800 godina p.n.e. Grci su od Egipćana preuzeli postupak proizvodnje hleba putem direktnog zakišeljavanja brašna. Njima treba zahvaliti za sledeće ključno otkriće vezano za unapređenje postupka proizvodnje fermentisanih pekarskih proizvoda. Naime, u Grčkoj je prvi put zabeležena primena "plemenitog kvasa" ili "suvog kvasa"-stabilnog sredstva za fermentaciju dobijenog sušenjem umešene kaše od proizvoda žita (prosa ili pšeničnih mekinja) i vinske šire (*Spicher i Stephan, 1997*). Ovakav proizvod imao je trajnost i preko godinu dana. Postupak proizvodnje "suvog kvasa" bio je poznat i u drugim zemljama sveta pa i u našim krajevima gde se ovakva vrsta proizvoda pod nazivom "komlov" spravljala od brašna i mekinja uz dodatak pivskog kvasca.

"Suvi kvas" je praktično predstavljao sredstvo za fermentaciju hlebnog testa sve do vremena kada se otpočinje sa namenskom primenom mikroorganizama umnoženih tokom proizvodnje alkoholnih pića za potrebe iniciranja fermentacije u hlebnom testu. Početak namenske proizvodnje pivskog kvasca za potrebe pekara beleži se u



Nemačkoj i Engleskoj u XV i XVI veku (*Spicher i Stephan, 1997; Monckton, 1967*), a oko 1780. godine zabeleženo je da su destilerije na području Holandije proizvodile kvasac posebno namenjen pekarama (*Rorlich, 1994*).

Izgradnja prvog postrojenja za proizvodnju pekarskog kvasca zabeležena je 1800. godine u Nemačkoj. Prvi presovani pekarski kvasac proizveden je 1825. godine, ali kao početak ere industrijske proizvodnje pekarskog kvasca beleži se 1867. godina kada je osvojen tzv. Bečki postupak proizvodnje kvasca (*Rachline, 1994*). Beleži se takođe i proizvodnja kvasca u samim pekarama na brašnu kao podlozi (*Hasterlik, 1927*).

Razvoj postupaka industrijske proizvodnje kvasca, koji je u XX veku rezultirao obezbeđenjem dovoljnih količina pekarskog kvasca za proizvodnju hleba doprineo je da se iz proizvodnje hleba u velikom delu sveta, pa i u nas, potisne primena indirektnog postupka proizvodnje hleba i direktnih postupaka koji uključuju dužu fermentaciju testa u masi (*Beleslin i Bojat, 1974; Kovačević i sar., 1985; Spicher i Stephan, 1997*). Iako je na ovaj način proces proizvodnje hleba znatno skraćen, uz ostvarenje ušteda u radnoj snazi i energiji, nedostaci u ukusu i aromi hleba uzrokovani izostankom kiselinske fermentacije doprineli su da se posebno u toku perioda posle drugog svetkog rata razviju različiti postupci u okviru kojih se obezbeđuju preduslovi za racionalno korišćenje fermentativnih aktivnosti bakterija mlečnokiselinskog vrenja

Pri tome razvoj teče u dva smera. Prvi pristup se kreće u smeru razvoja postupaka i postrojenja koja će obezbediti kontrolisano odvijanje fermentativnih aktivnosti mlečnokiselih bakterija (ali i kvasca) uz racionalno prevazilaženje nedostataka vezanih za veći utrošak energije, vremena i radne snage karakteristične za indirektni postupak proizvodnje hleba (*Charboneau, 1978; Brümmer, 1991; Bogatireva, 1994*). Drugi pravac obuhvata razvoj proizvoda baziranih na starter kulturama mlečnokiselih bakterija koji imaju za cilj da obezbede racionalno iniciranje i odvijanje mlečnokiselinskog vrenja u testu proizvedenom uz primenu klasične opreme i postupaka (*Brümmer, 1986; Spicher, 1987; Spicher, 1989; Uleer, 1990; Brügemann, 1991*).

Slika 3 - Istorijski pregled unapređenja fermentacionih procesa u proizvodnji hleba

4.3. Indirektni postupak proizvodnje hleba

Podela postupaka za proizvodnju hleba na direktne i indirektne vezana je za primenjeni način izrade testa. Kod direktnog postupka testo se priprema u jednoj fazi, uz istovremeno dodavanje svih sastojaka predviđenih sirovinskim sastavom testa. Kod indirektnog postupka priprema testa se obavlja u dve osnovne faze. U prvoj fazi uključuje se kvasac i/ili drugi mikroorganizmi koji učestvuju u fermentaciji testa, sa delom sirovina predviđenih sirovinskim sastavom testa - najčešće delom brašna, vode, eventualno soli i pojedinim dodatnim sirovinama. Po završetku jedno- ili višestepene fermentacije predfaze, u sledećem koraku spravlja se hlebno testo u koje se, pored poluproizvoda nastalog tokom fermentacije predfaze, dodaju ostatak brašna, vode, soli i preostale dodatne sirovine i/ili aditivi (Auerman, 1988; Kovačević, 1991; Kovačević, 1997).

4.3.1. Terminologija

Raznovrsnost primenjenih procesa i tehnologija i neujednačenost razvoja i primene indirektnog postupka proizvodnje hleba u različitim zemljama sveta rezultirala je i raznovrsnošću i neujednačenošću definisanosti termina koji se koriste prilikom opisivanja korišćenih postupaka, kao i poluproizvoda nastalih tokom predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Terminologija u oblasti označavanja procesa i poluproizvoda u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba nije zakonski regulisana ni u našoj zemlji (Pravilnik, 1995), a delimično ni u zemljama gde je primena indirektnog postupka proizvodnje hleba daleko rasprostranjenija, kao što je Nemačka (Spicher i Stephan, 1997).

Precizno definisanje pojmova vezanih za ovu oblast i izraza koji se za njihovo označavanje koriste predstavlja preduslov kako razumljivosti iznošenja rezultata istraživačkog rada, tako i pravilnog razumevanja primene postupaka u proizvodnoj praksi, ali i pravilnog odnosa proizvođača prema potrošačima proizvoda dobijenih različitim procesima inidirektnih ili srodnih postupaka proizvodnje hleba.

U našem književnom jeziku, kao i u žargonu jugoslovenskih pekara pojmovi u ovoj oblasti u velikoj meri nisu jednoznačno definisani, a koriste se, često pogrešno, i izrazi preuzeti iz stranih jezika, posebno nemačkog.

Za označvanje poluproizvoda nastalog fermentacijom koja prethodi zamesu hlebnog testa u struci se koriste izrazi kvas i kiselo testo. Ove izraze Rečnik srpsko hrvatskoga jezika (1967) definiše kao:

kvas - materija u kojoj su gljivice koje izazivaju kiselo vrenje;
kiselo testo - testo sa kvascem.

Nijedna od ove dve definicije, koje su praktično jedine na našem jeziku, ne odgovara stvarnoj suštini pojma vezanog za poluproizvode nastale fermentacijom koja prethodi zamesu hlebnog testa, a koja suštinski odgovara kombinaciji ove dve definicije. Pored toga treba istaći da se i reč **kvas**, i izraz **kiselo testo** kao sinonimi koriste i za označavanje drugih pojmova, što stvara dodatnu zabunu. Pored ovih izraza sreće se i upotreba izraza **kvasno testo**, što posebno stvara zabunu s obzirom da ovaj izraz odgovara označavanju svakog testa sa kvascem, bez obzira u kojoj fazi proizvodnje je dobijeno.

U žargonu pekara, a i u starijoj naučno-stručnoj literaturi (*Šenborn, 1963*) koriste se izrazi preuzeti iz nemačkog, odnosno francuskog jezika kao što su:

dampfl - tvrdo kvasno testo;
poliš - meko kvasno testo.

Iako su ovi izrazi, sa zapostavljanjem primene indirektnog postupka u proizvodnji hleba, uglavnom izbačeni iz upotrebe, treba istaći da značenja pripisana ovim izrazima ne odgovaraju u potpunosti njihovom značenju u izvornom jeziku (*Spicher i Stephan, 1997*). Pored ovih, koristi se i izraz **maja**, odnosno **mala maja**, persijskog porekla sa značenjem kvasac (*Vujaklija, 1972*).

Kompleksno razmatranje problematike optimizacije postupka indirektno proizvodnje hleba, a posebno težnja revitalizaciji ovog postupka u praksi, zahtevaju pre svega preciznu i jednoznačnu upotrebu stručnih pojmova, Stoga će u nastavku biti dat pregled potrebnih termina uz oslanjanje na izvorne termine iz svetskih jezika zemalja u kojima je primena indirektnog postupka raširenija.

U Nemačkoj kao zemlji sa širokom primenom indirektnog postupka proizvodnje hleba, uz postojanje delimične definisanosti pojmova u zakonskoj regulativi, postoje brojne rasprave i radovi u okviru kojih su u krugovima naučnih radnika i stručnjaka iz oblasti prerade brašna usvojene definicije najvažnijih pojmova vezanih za indirektni postupak proizvodnje hleba (*Bode i Seibel, 1982; Seibel, 1986; Brümmer i Huber, 1987*). U okviru ovih rasprava za najvažnije pojmove u ovoj oblasti usvojene su sledeće definicije:

Predfaze (Vorstufen) u proizvodnji hleba predstavljaju postupke, odnosno mase (poluproizvode) koji se dobijaju sa ili bez mikroorganizama pre zamesa hlebnog testa. Pri tome se kao predfaze u proizvodnji hleba navode:

—predfaze sa primenom mikroorganizama—		—predfaze bez primene mikroorganizama—	
PREDTESTO – KVAS (Vorteig)	KISELO TESTO – KVAS (Sauerteig)	BUBRENI PROIZVODI (Quellstück)	PARENI PROIZVODI (Brühstück)

Predtesto (Vorteig) je masa koja se dobija od sastojaka žita i eventualno drugih materija saglasno recepturi, vode za suspendovanje i pekarskog kvasca u aktivnom obliku, u kojoj se javlja fermentacija kojoj nije cilj zakišeljavanje, ali ono može da dođe do izražaja usled prisustva mikroorganizama iz sirovina.

Kiselo testo (Sauerteig) je masa koja se dobija od sastojaka žita i eventualno drugih materija saglasno recepturi, tečnosti za suspendovanje i mikroorganizama (npr. bakterija mlečne kiseline i kvasaca), u kojoj se javlja fermentacija (zakišeljavanje), a moguća je i aktivacija mikroorganizama iz sirovina. U kiselom testu se mikroorganizmi nalaze u aktivnom obliku ili obliku iz koga se mogu reaktivirati.

Indirektno vođenje pšeničnog testa (Indirekte Weizenteig Führung) je postupak u proizvodnji pšeničnog hleba i peciva u kome se koriste predfaze u kojima se odvijaju mikrobiološki procesi (predtesto ili kiselo testo) u udelu koji određuje vrednost gotovih proizvoda.

Savremeni pristupi u svetu, posebno u SAD i zemljama bivšeg Sovjetskog Saveza, rezultirali su postupcima kod kojih se kao poluproizvodi u indirektnom postupku proizvodnje hleba javljaju tečni fermentisani poluproizvodi u kojima se odvijaju fermentacioni procesi, ali za čiju pripremu nisu korišćeni, ili su korišćeni u malim količinama, sastojci žita (brašno). U stranoj literaturi za ovakve proizvode koriste se izrazi **tečni ferment** - liquid ferment (Pylar, 1973) ili **predferment** (Auerman, 1988 - prevod D.Beleslin).

U cilju izbegavanja zabuna koje mogu nastati tokom praćenja strane literature, izlaganja rezultata istraživanja ili revitalizacije indirektnog postupka proizvodnje hleba u praksi u sledećem pregledu, na bazi višejezičnog stručnog rečnika (*Dictionary of cereal science and technology, 1998*), daje se paralelan pregled termina koji se u svetskim jezicima koriste za označavanje pojedinih stručnih izraza u ovoj oblasti. Uporedo se daju odgovarajući izrazi na našem jeziku, usvojeni za izlaganje u ovoj disertaciji, a koje ujedno predlažemo i za primenu u praksi.

Tabela 2 - Pregled termina koji se koriste u označavanju pojmova vezanih za indirektni postupak proizvodnje hleba

engleski	nemački	francuski	ruski	španski	srpski
ferment	Gäransatz für Teig	preferment	префермент	prefermento	predferment
sour dough	Sauerteig	levain	кисела закваска	masa madre	kiselo testo
sponge	Vorteig	levain levure	опара	esponja	kvas
sponge dough system	indirekte Teigführung	travail sur levain levure	система опарного тестоприготовлени	sistema esponja	indirektni postupak

4.3.2. Prednosti i nedostaci indirektnog postupka proizvodnje hleba

Obim primene indirektnog postupka proizvodnje hleba u praksi zavisi od toga na koju stranu će prevagnuti klackalica odnosa prednosti koje se ostvaruju njegovom primenom i nedostataka koje njegova primena nameće.

Kao **PREDNOSTI** koje se ostvaruju primenom indirektnog postupka navode se:

a) unapređenje tehnološkog kvaliteta hleba

U toku produžene fermentacije koja se odvija tokom predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba obezbeđuje se neophodno vreme za optimalno odvijanje koloidnih transformacija gradivnih komponenti dela brašna uključenog u predfaze indirektnog postupka. Ovi procesi, ukoliko su njihovo trajanje i intenzitet usklađeni sa kvalitetom brašna, rezultiraju povoljnijim fizičkim osobinama budućeg hlebnog testa, što se odražava na veću stabilnost testa u daljem tehnološkom postupku, olakšanu obradu testa, bolju moć zadržavanja gasa i sledstveno tome, bolji tehnološki kvalitet hleba kao gotovog proizvoda iskazan pre svega kroz bolju povezanost i elastičnost sredine, kao i smanjenu krtost i mrvljivost sredine (*Rotsch, 1953; Brümmer, 1984; 1985; Auerman, 1988*).

b) obogaćenje ukusa i arome hleba

Biohemijske i enzimatske transformacije sastojaka fermentacionog medijuma podvrgnutog dugotrajnijem vrenju u toku predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba doprinose stvaranju jedinjenja koja rezultiraju bogatijom aromom i ukusom gotovog proizvoda (*Rothe, 1974; Auerman, 1988; Hansen i sar., 1989; Lund i sar., 1989; Spicher i Stephan, 1997*). Među ova jedinjenja ubrajaju se :

- ◆ prekursori koji utiču na formiranje aromatskih sastojaka u zoni kore hleba tokom pečenja (*Markova i sar., 1979; Schieberle i Grosch, 1985*);
- ◆ aromatična jedinjenja koja utiču na formiranje arome sredine hleba (*Hunter, 1961*)
- ◆ kiseline i alkohol koji utiču na formiranje ukusa sredine hleba (*Rothe, 1974*);

c) smanjenje potrebnog udela kvasca

U toku fermentacije koja se odvija tokom predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, u zavisnosti od primenjenih procesnih parametara, slabijim ili jačim intenzitetom odvija se i rast i razmnožavanje mikroflora - kvasaca i bakterija mlečnokiselinskog vrenja (*Auerman, 1988; Kovačević, 1991*). Pored toga, obezbeđenjem uslova za razvoj mikroflora mlečnokiselinskog vrenja dolazi do izražaja i njeno sinergetsko delovanje na kvasac - tzv. zaštitno i stimulatívno delovanje (*Spicher i Stephan, 1997*).

d) zaštita testa od pojave nesvojstvenih fermentacija

Ostvarenjem uslova za zakišeljavanje fermentacionog medijuma i sniženje njegove pH vrednosti u toku predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, usled umnožavanja populacije kvasaca i mlečnokiselih bakterija, suzbija se rast i razvoj većine štetnih mikroorganizama poreklom iz sirovina ili okoline, čija fermentativna aktivnost rezultira pojavom neprijatnog, hlebu nesvojstvenog ukusa i mirisa (*Spicher i Stephan, 1997*).

e) mogućnost delimične regulacije enzimskih procesa u testu

Sniženje pH fermentacionog medijuma i, sledstveno tome, ostvarenje niže pH vrednosti hlebnog testa, dovodi ovaj pokazatelj na nivo ispod optimuma za delovanje amilolitičkih enzima brašna, posebno α -amilaze, a kod jačeg zakišeljavanja i do njene inaktivacije (*Kirschner i Köhler, 1955*). Ovaj fenomen posebno dolazi do izražaja prilikom prerade amilolitički aktivnijeg brašna, od proklijale pšenice (*Schulz i Stephan, 1961*).

f) smanjenje podložnosti hleba mikrobiološkim kvarovima

Organske kiseline, posebno sirćetna, nastale tokom fermentativnih procesa u toku predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba deluju inhibitorno na razvoj mikroorganizama koji uzrokuju mikrobiološko kvarenje hleba (*Röcken, 1993; 1996*), kao i plesni koje se na hlebu razvijaju usled sekundarne kontaminacije (*Salovaara, 1987; Lönner, 1989; Barber, 1990; 1992*), te se rok mikrobiološke ispravnosti hleba produžava.

g) produženje održivosti svežine hleba

Procesi bubrenja i enzimatski procesi koji se odigravaju tokom fermentacije predfaza indirektno proizvodnje hleba rezultiraju intenzivnijim nakupljanjem dekstrina u sredini hleba pa se povezanost sredine hleba poboljšava. Pored pozitivnih efekata na smanjenje mrvljivosti i krtosti sredine svežeg proizvoda i usporavanja procesa retrogradacije skroba, kod ovakvog hleba dolazi do izražaja i bolje zadržavanje sastojaka arome (*Seibel i Brümmer, 1980*). Zahvaljujući ovim fenomenima, hleb proizveden po indirektnom postupku pokazuje dužu održivost svežine u odnosu na direktno mešen.

h) pozitivan uticaj na nutritivnu vrednost hleba

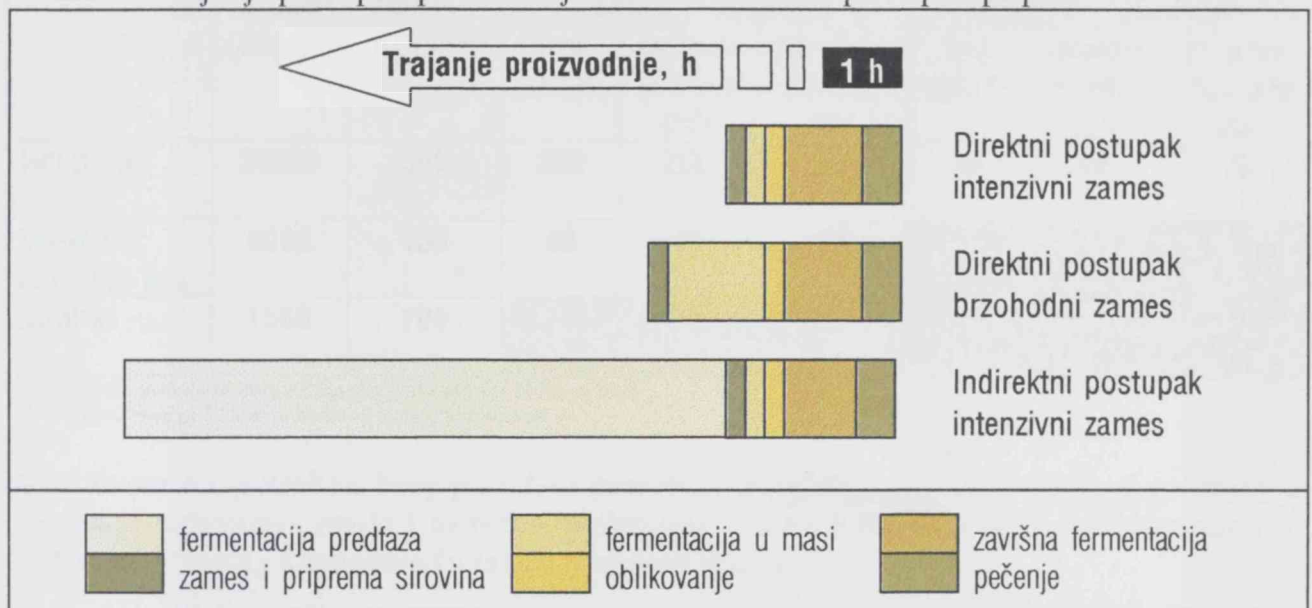
Procesi sinteze kiselina koji se odvijaju usled fermentativne aktivnosti mikroflora u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba dovode pH fermentacionog medijuma, kao i pH budućeg hlebnog testa na nivo kod kog je intenzivnije delovanje fitaze i hidroliza fitata u obliku kojih je vezan najveći deo mineralnih materija brašna, a koji je za metabolizam čoveka nedostupan (*Fretzdorff, 1992*). Na ovaj način se čak do 90 % minerala hleba vezanih u obliku fitata može prevesti u metabolički dostupne oblike (*Larsson i Sandberg, 1991*), što je posebno značajno kod vrsta hleba sa povišenim sadržajem minerala i balastnih materija.

Nasuprot nizu prednosti indirektnog postupka proizvodnje hleba nameću se nedostaci, koji uprkos evidentnim prednostima uzrokuju manji obim primene ovog postupka. Kao osnovni **NEDOSTACI** indirektnog postupka proizvodnje hleba navode se:

a) duže trajanje proizvodnje

U odnosu na trajanje proizvodnje hleba po direktnom postupku, koje u zavisnosti od primenjene vrste zamesa iznosi od 2 do 4 sata, primena indirektnog postupka zahteva daleko duže vreme. Najkraći postupci fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kao naprimer kod Berlinskog kratkog postupka (*Spicher i Stephan, 1997*), zahtevaju najmanje dodatnih sat i po vremena, dok složeni višestepeni postupci traju i preko 24 časa (*Meuser, 1983*). Kod klasičnog načina vođenja fermentacije predfaza u indirektnom postupku koji se ranije primenjivao, a u retkim slučajevima se još uvek primenjuje u jugoslovenskim pekarama, trajanje fermentacije je oko 4 do 6 h (*Kovačević, 1997, Mastilović i Psodorov, 1999*). Uporedni prikaz trajanja proizvodnje hleba u zavisnosti od primenjenog postupka pripreme testa dat je na slici 4.

Slika 4- Trajanje postupka proizvodnje hleba za različite postupke pripreme testa



b) veća potreba angažovanja radne snage

Prilikom primene indirektnog postupka prema klasičnoj tehnologiji broj operacija potrebnih za realizaciju pripreme sirovina i zames testa se praktično udvostručava. U tom smislu potrebno je obezbediti i odgovarajuće veće angažovanje radne snage ili veći broj radnika u pekari. Dodatni problem predstavlja što su operacije zamesa predfaza indirektnog postupka u pripremi testa i zamesa hlebnog testa vremenski tako raspoređene da nije moguće obezbediti njihovo simultano obavljanje u toku radnog vremena iste smene (*Auerman, 1988; Kovačević, 1997*).

c) povećana potreba za opremom i radnim prostorom

Samo za potrebe zamesa predfaze klasičnog jednostepenog postupka indirektno pripreme testa, neophodno je obezbediti najmanje toliko posuda koliko iznosi broj zamesa podeljen sa brojem zamesa za koji se može obezbediti kvas iz jedne posude. Ovakav pristup povezan je, uz primenu klasične tehnologije sa velikim udelom ručnog rada i velikom mogućnošću greške u procesu doziranja kvasa u svaki pojedinačni zames iz zbirne posude. Stoga je za potrebe zamesa kvasa poželjno da se obezbedi toliko posuda koliko zamesa hlebnog testa se planira u toku proizvodnje. Korišćenje većeg broja posuda posledično je povezano i sa potrebom obezbeđenja prostora za njihov smeštaj (Auerman, 1988; Kovačević, 1997). U tabeli 3 dat je orijentacioni broj posuda i površina prostora za njihov smeštaj u zavisnosti od kapaciteta pekare.

Tabela 3 - Broj posuda i prostor potrebni za realizaciju proizvodnje hleba po indirektnom postupku u zavisnosti od kapaciteta pekare

	Kapacitet (komada)	Površina (cca. m ²)	slučaj A * (optimum)			slučaj B ** (minimum)		
			broj posuda	potrebna površina (m ²)	povećanje površine (%)	broj posuda	potrebna površina (m ²)	povećanje površine (%)
Industrijska	30000	500	200	200	40	40	40	8
Savremena zanatskog tipa	6000	150	40	40	25	8	8	5
Zanatska	1500	100	10	10	10	2	2	2

* - posebna posuda za zames kvasa za svaki zamesa hlebnog testa

** - zames kvasa za 5 zamesa hlebnog testa u jednoj posudi

S obzirom na potreban broj posuda i potrebno povećanje površine radnog prostora u praksi je uglavnom, mada i to retko, prihvatljiva primena indirektnog postupka samo u pekarama manjeg kapaciteta (u tabeli osenčeni slučajevi).

d) veći gubici tokom fermentacije, odnosno manji prinos hleba

Pri indirektnom postupku, usled dužeg trajanja procesa fermentacije veći su gubici suve materije brašna. Zbog toga je prinos hleba prilikom primene indirektnog postupka pripreme testa najmanje za 0,5 % manji nego prilikom primene direktnog postupka (Auerman, 1988).

Uvođenjem savremenih automatizovanih postrojenja u indirektnu proizvodnju hleba navedeni nedostaci se najvećim delom prevazilaze. Međutim, prilikom projektovanja ili opredeljenja za primenu ovakvih postrojenja treba voditi računa o tome da kapacitet i performanse postrojenja u velikoj meri diktiraju mogućnosti širenja asortimana proizvoda, kao i mogućnosti optimalnog planiranja dnevnih proizvodnih količina (Meuser, 1983).

4.4. Procesi u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba

Fermentacioni postupci proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, za razliku od najvećeg broja biotehnoloških postupaka industrijske mikrobiologije kod kojih se koristi jedan određeni proizvodni mikroorganizam u cilju postizanja jedinstvenog cilja umnožavanja biomase ili nastajanja određenog proizvoda metabolizma mikroflora, izuzetno su složeni u pogledu:

- a) strukture proizvodne i prateće mikroflora, s obzirom da u fermentacionim procesima učestvuju dve grupe proizvodnih mikroorganizama - kvasci i bakterije mlečne kiseline, kao i da je s obzirom na, po pravilu, nesterilne uslove prisutna manje ili više štetna prateća mikroflora;
- b) sastava supstrata, s obzirom da se kao supstrat, u najvećem broju slučajeva, koristi složena materija kao što je brašno, čiji sastav varira u zavisnosti od mnogobrojnih faktora na koje se nikad u potpunosti ne može uticati, kao što su:
 - količina, sastav i kvalitet sastojaka (proteina, ugljenih hidrata, enzima, minerala);
 - struktura prisutne mikroflora;
- c) ciljnih efekata fermentacije, s obzirom da su efekti koji se postižu primenom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba rezultanta uravnoteženog postizanja većeg broja ciljnih efekata:
 - umnožavanja broja ćelija proizvodne mikroflora;
 - biohemijskih i koloidnih transformacija supstrata, prvenstveno brašna;
 - dobijanja produkata fermentacije - ugljendioksida, kiselina, sastojaka i prekursora arome i drugo.

U tom smislu značajno je rezimirati pregled osnovnih bioloških, biohemijskih i koloidnih procesa koji se odvijaju u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, što je predmet ovog poglavlja. Pregled rezultata ispitivanja pojedinih parametara na rezultirajuće ciljne efekte fermentacije dat je pod tačkama 4.7. i 4.8.

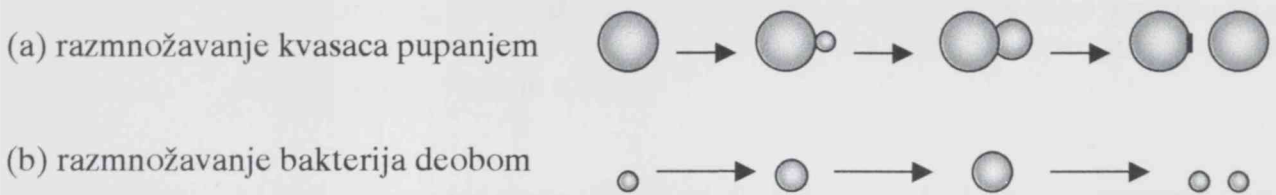
4.4.1. Biološki procesi

Priroda je za sva živa bića, pa i za organizme mikroflora prisutne u supstratima predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, u prvi plan stavila potrebu povećanja populacije putem bioloških procesa rasta i razmnožavanja. Pri tome pojam rasta obuhvata povećanje mase ćelija (biomase) određene grupe mikroorganizama u jedinici zapremine supstrata, dok se pod pojmom razmnožavanja podrazumeva povećanje broja ćelija određene grupe mikroorganizama u jedinici zapremine supstrata (*Spicher i Stephan, 1997*).



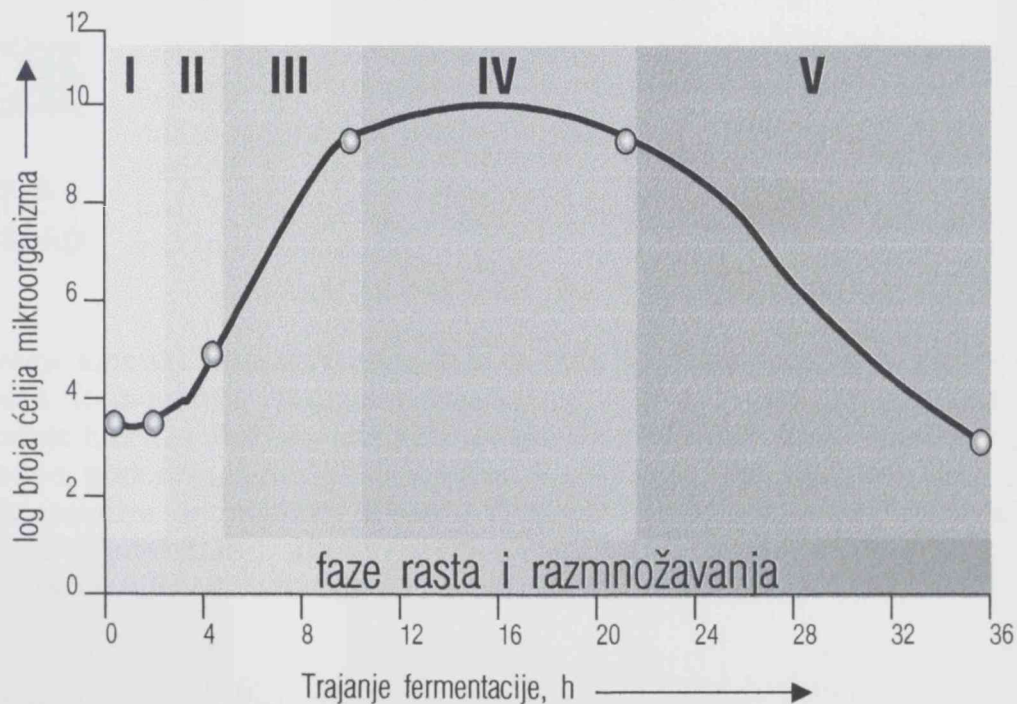
Mehanizam rasta i razmnožavanja za dve osnovne grupe proizvodnih mikroorganizama u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba je različit. Kvasci karakteristični za predfazu indirektnog postupka proizvodnje hleba, uključujući pekarski kvasac, razmnožavaju se uglavnom pupanjem (*slika 5-a*), dok je za bakterije mlečne kiseline, kao drugu grupu proizvodnih mikroorganizama karakteristično razmnožavanje deobom (*slika 5-b*) (Popov, 1998).

Slika 5 - Šematski prikaz mehanizama razmnožavanja proizvodne mikroflore predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba



Intenzitet i tok rasta i razmnožavanja grupa proizvodnih mikroorganizama u predfazama indirektnog postupka zavisi od velikog broja faktora kao što su sastav podloge, temperatura, prisustvo kiseonika, početni broj i starost ćelija, ali u principu podležu kinetici opisanoj krivom rasta mikroorganizama prikaznoj na *slici 6* (Marić i sar., 1987; Pejin, 1989; Spicher i Stephan, 1997; Popov, 1998).

Slika 6 - Kriva rasta (razmnožavanja) kulture mikroorganizama



faza I

U početnoj ili latentnoj (lag) fazi rasta (I), ćelije mikroorganizama se prilagođavaju na supstrat i biosintezom stvaraju enzime i intermedijare potrebne za otpočinjanje razmnožavanja. Trajanje ove faze zavisi od vrste mikroorganizama, starosti i fiziološkog stanja ćelija, razlika u sastavu supstrata u kojem se nalaze mikroorganizmi u odnosu na prethodni supstrat i razlika u odnosu na prethodne uslove kultivacije. Kad se mikroorganizmi u fazi eksponencijalnog rasta prebacuju na isti svež supstrat pod istim uslovima kultivacije ova faza može i potpuno da izostane. U tom smislu fermentacija predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u određenoj meri predstavlja mogućnost skraćanja trajanja latentne faze u procesu proizvodnje hleba, s obzirom da se u prefazama između ostalog postiže aktivacija kvasca kao proizvodnog mikroorganizma, kao i njegova adaptacija na brašno kao supstrat i delom na uslove koji vladaju u testu.

faza II

U fazi ubrzavanja rasta (II) ćelije postepeno počinju da se razmnožavaju, a kada brzina razmnožavanja dostigne maksimalnu vrednost, odnosno kad sve ćelije počnu da se dele ili pupaju, kriva rasta prelazi u eksponencijalnu (log) fazu (III). U ovoj fazi se broj ćelija mikroorganizama povećava geometrijskom progresijom. Vreme potrebno da se broj ćelija proizvodnog mikroorganizma udvostruči, odnosno vreme generacije u supstratima i uslovima svojstvenim predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba zavisi od sastava podloge i primenjenih procesnih parametara proizvodnje.

faza III

faza IV

Usled promene uslova sredine (npr. iscrpljenosti hranjive podloge ili nakupljanja toksičnih produkata metabolizma) kriva rasta mikroorganizama prelazi u stacionarnu fazu (IV) u kojoj je broj ćelija nastalih razmnožavanjem jednak broju ćelija koje odumiru. Konačno, u fazi odumiranja (V) broj ćelija koje odumiru premašuje broj novonastalih ćelija.

faza V

Poznavanje kinetike rasta mikrobne kulture od izuzetne je važnosti prilikom optimizacije postupaka fermentacije složenih sistema kao što su predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba, s obzirom na to da je kinetiku rasta obe grupe proizvodne mikroflore neophodno, podešavanjem sastava podloge i procesnih parametara fermentacije usmeriti tako da rezultira optimalnim tokom i trajanjem kako procesa rasta i razmnožavanja populacije proizvodnih mikroorganizama, tako i pratećih biohemijskih i koloidnih transformacija supstrata relevantnih za budući kvalitet gotovih proizvoda.

4.4.2. Biohemijski procesi

S obzirom na složenost sastava podloge i kompleksnu strukturu proizvodne mikroflore, fermentacija predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba predstavlja skoro nesagledivu sliku biohemijskih transformacija i reakcija čije je razjašnjenje moguće samo putem postepenog sagledavanja pojedinačnih zbivanja.

Stoga će u nastavku postepeno biti prikazane transformacije glavnih sastojaka koji podležu biohemijskim reakcijama tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba - ugljenih hidrata i proteina, kao i pregled relevantnih produkata koji tokom ovih transformacija nastaju.

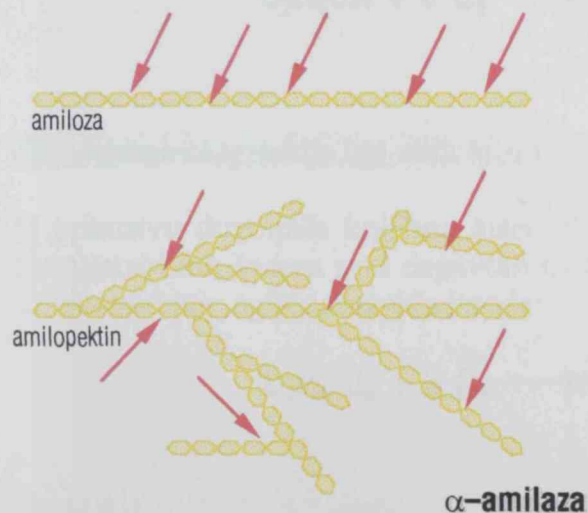
4.4.2.1. Biohemijske transformacije ugljenih hidrata

Ključni procesi obuhvaćeni biohemijskim transformacijama ugljenohidratnih jedinjenja prisutnih u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba su sledeći:

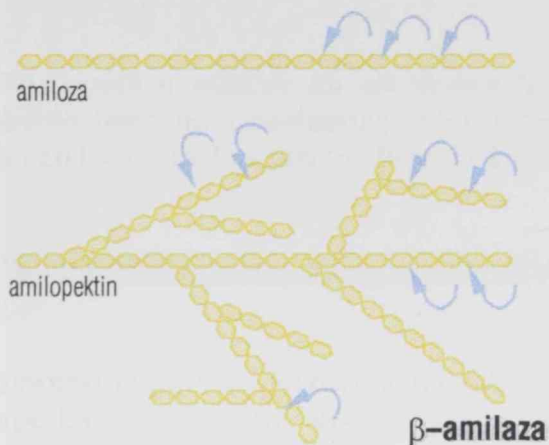
a) enzimatska razgradnja skroba

Enzimatska razgradnja skroba je proces karakterističan za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba koje kao jednu od sirovina uključuju brašno. Naime, proizvodna mikroflora karakteristična za ovaj proces nema sposobnost produkcije sopstvenih amilolitičkih enzima, već se enzimatska razgradnja skroba, koji takođe potiče iz brašna odvija pod dejstvom amilolitičkih enzima brašna, α - i β -amilaze. Mehanizam delovanja ovih enzima na amilozu i amilopektin kao strukturne komponente skroba prikazan je na slici 7 (Đaković, 1997).

Slika 7 - Šematski prikaz razgradnje skroba - amiloze i amilopektina, α - i β -amilazom



α -amilaza deluje na skrob razarajući 1-4 veze nezavisno od njihovog položaja u molekulu amiloze, odnosno amilopektina, stvarajući na taj način smešu dekstrina i nižih fermentabilnih šećera i pri intenzivnijem delovanju značajno narušavajući strukturu makromolekula skroba. Optimum delovanja α -amilaze je kod pH 5,5 do 5,6, sa zakiseljavanjem podloge karakterističnim za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba njena aktivnost opada, a inaktivacija nastupa kod pH 4,3 (Đaković, 1997).



β -amilaza djeluje na škrob razarajući krajnje 1-4 veze u makromolekularnim lancima amiloze, odnosno amilopektina, oslobađajući na taj način jedan po jedan molekul maltoze uz vrlo neznatno narušavanje strukture škroba. Ovaj enzim ima optimum delovanja na pH 4,5 do 5,8, a na povećanje kiselosti je otporniji od α -amilaze, što je povoljno sa aspekta toka enzimskih procesa u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba.

b) alkoholna fermentacija

Alkoholna fermentacija je mikrobiološki proces karakterističan za odvijanje metaboličkih aktivnosti kvasca kao proizvodnih mikroorganizama predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba pod anaerobnim uslovima (Pasterov efekat) ili pri višim koncentracijama fermentabilnih šećera (Krebtovi efekat) (Pejin, 1989). U opštem slučaju alkoholna fermentacija obuhvata razgradnju fermentabilnih šećera do etilalkohola i ugljendioksida prema sledećoj zbirnoj reakciji:



Ukoliko mehanizmi regulacije metabolizma kvasca rezultiraju iniciranjem alkoholne fermentacije u prisustvu kiseonika zbog povišenog sadržaja šećera, aerobni uslovi omogućavaju dalju oksidativnu razgradnju nastalog etanola do ugljendioksida i vode:



c) aerobna razgradnja ugljenih hidrata

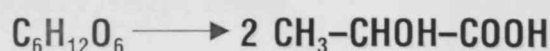
U prisustvu dovoljnih količina kiseonika i pri nižim koncentracijama šećera razgradnja fermentabilnih šećera pod dejstvom metaboličkih aktivnosti kvasca odvija se oksidativno uz oslobađanje ugljendioksida i vode:



Ovaj proces u odnosu na alkoholnu fermentaciju karakteriše oslobađanje znatno veće količine energije i nastajanje intermedijarnih jedinjenja koja u znatnoj meri pogoduju intenziviranju rasta i razmnožavanja kvasca.

d) homofermentativna mlečnokiselinska fermentacija

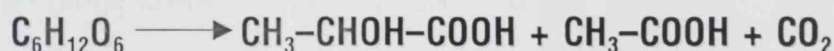
Homofermentativna fermentacija mlečne kiseline, karakteristična za određene vrste iz grupe bakterija mlečne kiseline kao proizvodnih mikroorganizama predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, rezultira razgradnjom šećera do mlečne kiseline kao jedinog produkta. Odvija se po reakciji (Brümmer, 1995):



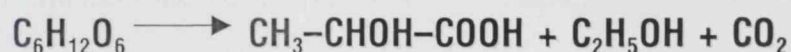
Prilikom odvijanja homofermentativne razgradnje šećera do mlečne kiseline nema razvijanja gasa.

e) heterofermentativna mlečnokiselinska fermentacija

Heterofermentativna razgradnja šećera, karakteristična za pojedine vrste bakterija mlečne kiseline rezultira dobijanjem, pored mlečne kiseline, i izvesnih količina sirćetne kiseline. U prisustvu malih količina kiseonika ona se odvija po reakciji (Brümmer, 1995):



U slučaju potpuno anaerobnih uslova heterofermentativna razgradnja šećera rezultira nastajanjem mlečne kiseline i etanola (Brümmer, 1995):



Heterofermentativna mlečnokiselinska fermentacija kao jedan od produkata oslobađa i ugljendioksid, što je od posebnog značaja za tehnološki postupak proizvodnje hleba. Značaj heterofermentativnog mlečnokiselinskog vrenja ističe i sirćetna kiselina kao produkt koji je veoma značajan za formiranje zaokruženog prijatnog ukusa finalnih pekarskih proizvoda, a koji, pored toga, pokazuje i baktericidna i fungicidna svojstva i utiče na održivost proizvoda. S druge strane, nastajanje većih količina sirćetne kiseline je nepoželjno s obzirom da može uzrokovati neprijatno izraženo kiseo ukus gotovih proizvoda.

4.4.2.2. Biohemijske transformacije proteina

Biohemijske transformacije proteina u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba značajne su s jedne strane zbog toga što predstavljaju osnovu nastajanja azotnih jedinjenja pristupačnih za proizvodnu mikrofloru, dok s druge strane, rezultiraju nastajanjem sastojaka i prekursora arome gotovih proizvoda.

Pokretači enzimske razgradnje proteina u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba su s jedne strane proteolitički enzimi brašna (*Spicher i Stephan, 1997*), dok je s druge strane utvrđeno da i bakterije mlečne kiseline imaju sposobnost proteolitičkog delovanja na supstrat (*Spicher i Nierle, 1983*).

Proteoliza je u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba poželjna obzirom da rezultira nastajanjem aminokiselina i peptida kao dostupnog izvora azota za proizvodnu mikrofloru i kao prekursora nastajanja komponenti ukusa, arome i boje pekarskih proizvoda tokom pečenja (*Spicher i Stephan, 1997*). Međutim, neograničena i previše intenzivna hidroliza proteina, pogotovo kod predfaza sa većim udelima brašna, može dovesti do narušavanja strukturnih proteina brašna, odnosno glutena, što se odražava na nepovoljna svojstva budućeg hlebnog testa u preradi i rezultira umanjenim kvalitetom gotovih proizvoda, posebno kad su u pitanju brašna slabijeg kvaliteta (*Auerman, 1988*).

4.4.2.3. Nastajanje sastojaka i prekursora arome

Biohemijske transformacije proteina, ugljenih hidrata, ali i drugih jedinjenja u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba rezultiraju i nastajanjem velikog broja jedinjenja koja direktno utiču na formiranje ukusa i arome gotovih proizvoda ili predstavljaju prekursore formiranja sastojaka ukusa i arome u daljem tehnološkom postupku.

Različiti autori su u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba identifikovali brojna jedinjenja koja imaju aromatska svojstva, kao što su n-propanol, izobutanol, izoamilalkohol, acetoin, furfural, etilacetat, propanal, 2-butenal, 2-etilheksanal, diacetil, 2-metilbutanol, formaldehid, acetaldehid, n-pentanal, 3-metilbutanal, 2-butanon, 2-pentanon, 2-heksanon (*Wick i sar., 1964*), α -keto-glutarna kiselina, pirogroždžana kiselina, izovalerijanska kiselina (*Cole i sar., 1966*) i brojna druga jedinjenja (*Rothe, 1978*). Broj i struktura aromatskih jedinjenja koja se formiraju u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba veoma se razlikuju u zavisnosti od sastava podloge (*Cole i sar., 1966*) koja se u predfazama koristi.

4.4.3. Koloidni procesi

Pored bioloških i biohemijskih procesa karakterističnih za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba, kod podloga koje sadrže brašno kao komponentu ne treba zanemariti ni koloidne procese koji utiču na transformacije gradivnih sastojaka. Ovi procesi, s jedne strane, utiču na promene reoloških svojstava samog fermentacionog medijuma u predfazama. S druge strane, što je posebno važno, ovi procesi utiču i na reološka svojstva budućeg hlebnog testa, a samim tim i na njegovo ponašanje u procesu obrade i njegov tehnološki potencijal za ostvarenje određenog nivoa kvaliteta finalnih pekarskih proizvoda. Koloidni procesi koji se odvijaju tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba mogu se sumirati kako sledi:

- a) nakon mešanja brašna ili drugih složenih sirovina sa vodom prvo dolazi do adsorpcionog vezivanja vode za sastojke ovih sirovina - skrob, proteine, pentozane. Ovaj proces, u odnosu na trajanje fermentacije, traje relativno kratko ali se u skladu sa daljim koloidnim i biohemijskim transformacijama sastojaka supstrata nastavlja, sa manjim intenzitetom i tokom sveukupnog trajanja fermentacije (*Auerman, 1988*);
- b) tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba dolazi do bubrenja makromolekularnih sastojaka koji u podlogu dospevaju putem brašna ili drugih kompleksnih sirovina. Bubrenju prvenstveno podležu proteini, pentozani, hemiceluloza i skrob (*Spicher i Stephan, 1997*). Bubrenje pentozana i hemiceluloze od većeg je značaja kod ražanog brašna gde su ovi procesi od prevashodne važnosti u vezivanju dovoljnih količina vode u ražanom testu. Kod pšeničnog brašna značajni su osmotski procesi bubrenja proteinskih frakcija koji utiču na smanjenje gustine proteina testa. Takođe su značajni procesi bubrenja skrobnih zrnaca koji rezultiraju povećanjem njihove zapremine usled promene fizičke strukture, što rezultira povećanjem moći vezivanja vode u skrobu (*Lemmezahl, 1953*). Veoma je značajno voditi računa o tome da se proces pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u pogledu trajanja i uslova pod kojim se odvija mora voditi tako da stepen bubrenja sastojaka brašna bude ograničen jer, u suprotnom, može doći do značajnijeg narušavanja strukture sastojaka koji bubre, što se negativno odražava na fizička svojstva budućeg hlebnog testa, a samim tim i na kvalitet gotovih proizvoda. Takođe treba imati u vidu da su procesi bubrenja sastojaka tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u izvesnoj meri regulisani putem postizanja ravnoteže ovih procesa i procesa enzimske razgradnje usled sniženja pH podloge.

4.5. Pokazatelji toka procesa, kvaliteta poluproizvoda i gotovih proizvoda kod indirektnog postupka proizvodnje hleba

Kompleksnost procesa koji se odvijaju tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kao i višeznačnost ciljnih efekata u kvalitetu dobijenih poluproizvoda i očekivanih uticaja na kvalitet hleba kao gotovog proizvoda, čini i problem odabira metoda i pokazatelja problematikom kojoj treba posvetiti dužnu pažnju.

Pri tome interesantni su, s jedne strane, metodi namenjeni praćenju pojedinih aspekata toka procesa, bilo u naučno istraživačkom radu ili primenjivi u samoj procesnoj kontroli, dok, s druge strane, treba posvetiti pažnju i metodima koji daju podatke o pojedinim aspektima kompleksnog uticaja dobijenih poluproizvoda na kvalitet gotovih pekarskih proizvoda.

4.5.1. Kontrola toka procesa

Kao što je istaknuto, u fermentacionim medijumima predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba odigrava se niz bioloških, biohemijskih i koloidnih procesa. U tom smislu i metodi koji se mogu primeniti u kontroli toka procesa fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba rezultiraju pokazateljima koji se odnose na mikrobiološku sliku, hemijski sastav ili reološka svojstva poluproizvoda tokom fermentacije.

4.5.1.1. Mikrobiološki metodi

Metodi usmereni na definisanje mikrobiološke slike u fermentacionom medijumu tokom pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba usmereni su na utvrđivanje:

- broja ćelija pojedinih grupa proizvodnih mikroorganizama (*Spicher, 1989; Spicher i sar., 1990; Böcker i sar., 1995; Gänzle i sar., 1997; Forshino i sar., 1999*);
- identifikaciju vrsta pojedinih grupa proizvodnih mikroorganizama (*Böcker i sar., 1995; Gänzle i sar., 1997*);
- kontrolu prisustva štetne mikroflore u supstratu (*Schulz, 1941*).

Za određivanje broja mikroorganizama različiti autori primenjivali su ili direktnu metodu za određivanje broja ćelija brojanjem pod mikroskopom ili indirektnu metodu zasejavanja na selektivne hranjive podloge. Pri tome ističe se da se direktnom metodom dobijaju za oko 10^2 puta veći rezultati (*Böcker i sar., 1995*), što je posledica toga što se prilikom

primene ove metode ne razlikuju mrtve i žive ćelije, kao i kompleksnosti sastava podloge koja često može da oteža određivanje.

U cilju dobijanja što pouzdanijih pravovremenih rezultata, u novije vreme radi se na razvoju novih, poboljšanih metoda za određivanje broja ćelija pojedinih grupa mikroorganizama u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba. Direktnan metod se nadopunjuje prethodnom enzimskom razgradnjom supstrata čime se obezbeđuje lakše i pouzdanije određivanje broja ćelija prisutnih mikroorganizama (*Roswitha, 1996*). Indirektni metod razvija se u prcu definisanja različitih specifičnih podloga, čijom primenom se obezbeđuje pozdano i jednoznačno utvrđivanje broja ćelija različitih vrsta mikroorganizama čije prisustvo se može očekivati u supstratu (*Spicher, 1984*).

Identifikacija vrsta prisutne mikroflore prezentovana u radovima brojnih autora zasniva se na klasičnom svrstavanju i sistematizaciji prisutne mikroflore na osnovu morfoloških karakteristika ćelija i kolonija na selektivnim supstratima, usvojivosti supstrata, osetljivosti na antibiotike i slično. U novije vreme razvijaju se i primenjuju savremene metode namenjene identifikaciji vrsta unutar pojedinih rodova, zasnovane na elektroforetskom razdvajanju plazmida (*Reinkemeier i Röcken, 1995*) i proteina (*Böcker i sar., 1990*).

4.5.1.2. Hemijski sastav

Metodi namenjeni praćenju toka procesa fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba bazirani su ili na određivanju sadržaja komponenti supstrata podložnih fermentaciji ili na određivanju sadržaja nastalih produkata fermentacije. Prilikom izbora metoda koji će se primeniti za praćenje toka procesa treba voditi računa s jedne strane o tome koji aspekt biohemijskih transformacija dobijeni pokazatelji treba da opišu, dok s druge strane izbor metoda mora zadovoljiti kriterijume usaglašenosti odgovarajuće tačnosti i preciznosti sa zahtevanom brzinom određivanja merenih pokazatelja. Iako procesi biohemijskih transformacija supstrata u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba rezultiraju čitavim nizom promena sastava supstrata, broj pokazatelja koji zadovoljavaju navedene zahteve, pa, shodno tome, nalaze praktičnu primenu u istraživanjima i procesnoj kontroli, je relativno mali.

Kao pokazatelje koje su za potrebe praćenja toka procesa fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba često koristili različiti autori koji su se bavili ovom problematikom (*Spicher i Rabe, 1986; 1987; Weustink, 1989; Barber i Ortola, 1990; Forshino i sar., 1999 i drugi*) treba istaći:

- kiselinski stepen supstrata i
- pH supstrata.

Pored ovih, za određivanje jednostavnih i brzih pokazatelja, istraživački rad u zavisnosti od postavljenog cilja pojedini autori bazirali su i na određivanju pokazatelja kao što su:

- sadržaj sirćetne, odnosno mlečne kiseline u supstratu (*Brümmer, 1988; 1989; Böcker i sar., 1995; Forshino i sar., 1999*);
- količina etil alkohola u supstratu (*Kulp i sar., 1985*) i
- sadržaj šećera u supstratu (*Kulp i sar., 1985*).

Pored ovih široko primenjivanih pokazatelja u istraživanjima pojedinih aspekata biohemijskih transformacija predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba od strane različitih autora primenjivani su i specifični, složeniji metodi kao što su:

- određivanje aminokiselinskog sastava supstrata (*Spicher i Nierle, 1983; Kratochvil i Holas, 1984*);
- određivanje udela pojedinih šećera uz primenu HPLC (*Meuser i sar., 1987; Weustink, 1989*);
- izdvajanje i određivanje aktivnosti proteolitičkih enzima (*Gobetti i sar., 1996*);
- određivanje alkil resorcinola (*Winata i Lorrenz, 1997*);
- karakterizacija komponenti arome gasnom hromatografijom (*Miller i Hosenev, 1961*), tankoslojnom hromatografijom (*Wick i sar., 1964*) i papirnom hromatografijom (*Cole i sar., 1966*);
- određivanje sadržaja pojedinih vitamina (*Ternes i Freund, 1988*) i
- određivanje sadržaja fitinske kiseline (*Lonkhuisen i Genderen, 1984*).

4.5.1.3. Reološka svojstva

Reološka svojstva fermentacionog medijuma u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba prvenstveno zavise od sastava supstrata koji se primenjuje. Pri tome podloge bez brašna pokazuju reološko ponašanje karakteristično za njutnovske sisteme, pa aspekt ispitivanja i registrovanja promene reoloških svojstava tokom fermentacije nema praktičnog značaja, te nije od strane autora koji su se bavili ovakvim supstratima ni obrađivan.

Uvođenje brašna kao jedne od komponenata podloge čini problem karakterizacije reološkog ponašanja i promene reoloških svojstava fermentacionog medijuma tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba mnogo složenijim i aktuelnijim. Primenjivost pojedinih metoda za utvrđivanje reoloških svojstava pri tome zavisi prvenstveno od korišćenog udela brašna. Za supstrate konzistencije slične hlebnom testu od strane autora koji su se bavili istraživanjima u ovoj oblasti primenjivani su uglavnom klasični, široko prihvaćeni metodi kao što su farinografski, miksografski ili amilografski metod. Kod fermentacionih medijuma sa manjim udelom brašna za karakterizaciju reoloških svojstava pogodni su viskozimetri različitih karakteristika koji obezbeđuju merenje zavisnosti pokazatelja koji karakterišu viskozno ponašanje fermentacionog medijuma kao što su napon smicanja, prividni viskozitet, kompleksni viskozitet i drugi u zavisnosti od intenziteta sile koja kod korišćenog tipa mernog uređaja

izaziva deformaciju sistema, odnosno brzine smicanja, frekvencije oscilacije i drugih veličina. Za ispitivanje reološkog ponašanja fermentacionih medijuma predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba različiti autori su koristili merne uređaje kao što su CONTROLLED STRESS RHEOMETAR, proizvođač Bohlin Rheology AB, Lund, Švedska (*Wherle i Arendt, 1997; Wherle i sar., 1998*), DINAMIC MECHANICAL SPECTROMETAR RSF2, proizvođač Rheometrics, Piscataway, NJ (*Masi i sar., 1998*), RHEOMETAR RDS-7700, proizvođač Rheometrics, Piscataway, NJ (*Miller i Hoseny, 1999*), RHEOTEST-2, VEB MLW Prüfgeräte-Verk, Mendingen (*Dozet i sar., 1995; Popov i sar., 1996*).

4.5.2. Kvalitet poluproizvoda i gotovih proizvoda

Poluproizvod dobijen fermentacijom predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba treba da zadovolji niz zahteva kako u pogledu uticaja na ponašanje hlebnog testa u daljem procesu prerade, tako i u pogledu uticaja na kvalitet gotovog pekarskog proizvoda.

U cilju sagledavanja uticaja na svojstva hlebnog testa interesantno je sagledati aspekte:

- uticaja na razvoj gasa u hlebno testu za šta se primenjuju različiti fermentografski metodi kao i metodi utvrđivanja moći dizanja testa pri različitim uslovima (*Salovaara, 1983; Bogatireva i Polandova, 1994*);
- uticaja na svojstva testa tokom zamesa i promene reoloških svojstava testa tokom fermentacije u masi za šta su primenjivi farinografski i miksografski metodi (*Galal i sar., 1978*);
- uticaja na svojstva testa tokom završne fermentacije uz primenu maturografskih ili reofermentometrijskih metoda (*Wherle i Arendt, 1998*).

Pored ovih uobičajenih metoda primenjivani su i specifični savremeni metodi kao što je ispitivanje strukture predfaza, hlebnog testa i gotovih proizvoda elektronskom mikroskopijom (*Pomeranz i sar., 1984*).

Svi navedeni pokazatelji daju samo parcijalne podatke koji mogu poslužiti samo za sagledavanje pojedinačnih aspekta kvaliteta poluproizvoda dobijenih fermentacijom predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba. Prava slika o uticaju određenog postupka primenjenog za dobijanje predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba na kvalitet gotovih pekarskih proizvoda može se dobiti isključivo na osnovu rezultata ocene proizvoda dobijenih probnim pečenjem. Pri tome različiti autori (*Brümmer i sar., 1984; Brümmer i Morgenstern, 1989; Brümmer, 1990; Kulp, 1985; Hareland i Pühr, 1998*) primenjivali su, u zavisnosti od ispitivane vrste proizvoda i očekivanih ciljnih efekata u kvalitetu proizvoda, značajno različite metode probnog pečenja, praćene različitim izborom pokazatelja ocene kvaliteta dobijenih proizvoda. Ovakvo stanje uslovljava da se rezultati istraživanja pojedinih autora teško mogu međusobno upoređivati, te prilikom izvođenja opštih zaključaka na bazi rezultata različitih autora treba voditi računa o relevantnim razlikama u primenjenim metodima.

4.6. Mikroflora predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

Iako indirektni postupak pripreme testa od najstarijih vremena predstavlja osnovu realizacije postupka proizvodnje hleba, naučno-istraživački rad na definisanju strukture i uloge mikroorganizama u procesu proizvodnje hleba počeo je da se razvija krajem XIX i početkom XX veka (*Spicher i Stephan, 1997*).

Divergentni stavovi o ulozi bakterija i kvasaca kao presudnih grupa mikroorganizama u fermentativnim procesima prefaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na osnovu dostignuća istraživanja sa početka dvadesetog veka bivaju objedinjeni u saznanjima o putevima i ulozi fermentativne aktivnosti obe ključne grupe mikroorganizama:

- kvasaca, čijom fermentativnom aktivnošću se oslobađa gas i
- bakterija mlečne kiseline, čijom fermentativnom aktivnošću nastaju kiseline.

Međutim, struktura mikroflora prefaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, u pogledu broja, uloge i zastupljenosti vrsta ovih grupa proizvodnih mikroorganizama je daleko složenija. Brojna saznanja koja su do današnjih dana prikupljena u naučno-istraživačkom radu u ovoj oblasti biće ukratko sintetizovana u ovom poglavlju.

4.6.1. Vrste i broj mikroorganizama

Brojni podaci o broju ćelija proizvodnih grupa mikroorganizama (kvasaca ili bakterija mlečne kiseline) i njihovoj strukturi, koji se mogu naći u literaturi obiluju mnoštvom, često i protuvurečnih, informacija. No, ako se uzme u obzir da su autori ispitivanja vršili na fermentacionim medijumima dobijenim uz najrazličitije strukture i udele inokuluma, sastave podloge, procesne parametre fermentacije i za različita vremena trajanja fermentacije, razumljivo je i da su dobijeni rezultati uslovljeni izabranom kombinacijom navedenih parametara.

Pored toga, treba istaći da se različiti rezultati u pogledu broja ćelija pojedinih grupa mikroorganizama dobijaju i u zavisnosti od primenjenog metoda ispitivanja. Direktnim metodom određivanja broja ćelija brojanjem pod mikroskopom zbog prirode podloge u kojoj se vrše određivanja i nemogućnosti diferenciranja mrtvih ćelija, dobijaju se reda

veliĉine 10^2 puta veći rezultati nego metodom zasejavanja na selektivne hranjive podloge (Panzer, 1950).

Broj ćelija osnovnih grupa proizvodnih mikroorganizama utvrđen direktnim i indirektnim metodom od strane autora koji su ispitivanja vršili na fermentacionom medijumu dobijenom spontanom fermentacijom, bez dodatka kvasca ili starter kultura mleĉnokiselih bakterija kao inokuluma, i autora koji su ispitivanja vršili na fermentacionom medijumu inokulisanom sa pekarskim kvascem, takođe se meĉusobno znaĉajno razlikuju bez obzira na primenjeni metod ispitivanja.

Broj kvasnih ćelija odreĉen indirektnim metodom u zavisnosti od toga da li je prilikom pripreme fermentacionog medijuma dodavan kvasac, ali i u zavisnosti od primenjenog postupka fermentacije i njenog trajanja, varira u okviru reda veliĉina 10^4 do 10^6 ćelija po gramu. Pri odreĉivanju direktnim metodom, zbog spomenutih problema u diferenciranju mrtvih ćelija i složenosti strukture supstrata, broj kvasaca varira u okviru reda veliĉina 10^6 do 10^8 ćelija po gramu fermentacionog medijuma (Spicher i Stephan, 1997).

Broj bakterija mleĉne kiseline, uz napomenuta variranja u zavisnosti od postupka, trajanja fermentacije i dodatka starter kultura varira kod indirektnog odreĉivanja u okviru reda veliĉina 10^5 do 10^6 ćelija po gramu, dok se direktnim metodom dobijaju rezultati reda veliĉine 10^8 do 10^9 ćelija po gramu fermentacionog medijuma.

4.6.2. Kvasci

Kvasci su jednoćelijski mikroorganizmi iz klase plesni. U prirodi su veoma rasprostranjeni, tako da predstavljaju pokretaĉe spontanih procesa fermentacije zahvaljujući kojima je od davnina omogućena kućna ili zanatska proizvodnja pojedinih fermentisanih proizvoda od sirovina u kojima su prisutni, kao što su razne vrste voća za proizvodnju rakije ili proizvodi od žita za dobijanje fermentisanih pekarskih proizvoda.

U proizvodnji hleba su, tokom milenijumskog razvoja ove tehnologije, kvasci poreklom iz brašna obavljali ulogu jednog od proizvodnih mikroorganizama u ovom postupku. Saznanja iz oblasti biologije, biohemije i fiziologije mikroorganizama, omogućila su da se za potrebe pojedinih fermentacionih tehnologija, pa i za potrebe proizvodnje hleba, u toku poslednjih vekova razvije industrijska proizvodnja namenskih kvasaca. Ostvarenjem industrijske proizvodnje dovoljnih koliĉina pekarskog kvasca, uloga i primena drugih kvasaca, prisutnih u brašnu ili ukljuĉenih u sirovinski sastav testa, svodi se na zanemarljivu meru. Meĉutim, sa aspekta izuĉavanja i razvoja proizvodnje predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba, iz grupe kvasaca kao proizvodnih mikroorganizama pažnju treba posvetiti:

Kvasci Podela kvasaca kao proizvodnih organizama

- ◆ kvascima spontane fermentacije, poreklom iz sirovina i okoline;
- ◆ pekarskom kvascu kao uobičajnom i dostupnom u nabavci sirovina;
- ◆ pivskom kvascu kao raspoloživom i upotrebljivom postojećem nusproizvodu industrije piva;
- ◆ kvascima namenski izolovanim ili selekcionisanim za potrebe usmerene proizvodnje predfaza indirektnog postupka pod kontrolisanim uslovima.

4.6.2.1. Kvasci spontane fermentacije ✓

Iako su kvasci spontane fermentacije u toku dugog istorijskog perioda proizvodnje hleba u ovoj tehnologiji predstavljali jedine proizvodne mikroorganizme iz grupe kvasaca, istraživanja otpočeta po dostizanju nivoa fundamentalnih znanja i razvoju tehnika mikrobiologije, su bila usmerena više na iznalaženje soja kvasca koji intenzivno obavlja fermentaciju, dok su pitanja sastava mikroflore kvasaca i njihove precizne klasifikacije bila u drugom planu (*Spicher i Stephan, 1997*). Ipak, jedan broj autora je razmatrao identifikaciju, sistemaizaciju i ulogu kvasaca spontane fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Rezultati ispitivanja morfoloških svojstava i fermentativne aktivnosti kvasaca izolovanih iz supstrata dobijenih spontanom fermentacijom predfaza - kvasova u indirektnom postupku proizvodnje hleba rezultirali su načelnom podelom kvasaca spontane fermentacije u zavisnosti od uloge koju imaju u kvasovima (*Schulz, 1944; Heinz i Klaushofer, 1952; Rorlich i Timm, 1953*). Po ovom osnovu kvasci spontane fermentacije se mogu podeliti na:

- a) kvasce koji poseduju fermentativnu aktivnost i previru šećere iz supstrata oslobađajući gas - ugljendioksid značajan za proizvodnju hleba. Vrste kvasaca koji imaju ovakvu fermentativnu aktivnost međusobno se značajno razlikuju u pogledu supstrata - pojedinih šećera koje mogu da previru, u pogledu otpornosti na povišenu kiselost, kao i u pogledu količine gasa koji razvijaju;
- b) kvasce koji ne pokazuju sposobnost previranja šećera uz oslobađanje ugljendioksida, ali koji u proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba imaju ulogu u formiranju komponenti arome hleba ili imaju zaštitnu ulogu.

Neto od kvasaca su 1, 2, 3, 4, 5

Pregled vrsta kvasaca spontane fermentacije koje su identifikovali autori koji su se ovom problematikom bavili u različitim regionima i u različitim vremenskim periodima (*Spicher i Stephan, 1997*) prikazan je u tabeli 4.

Tabela 4 - Učestalost pojave pojedinih vrsta kvasaca u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba dobijenim spontanom fermentacijom

godina	Autor	Region	Vrste kvasaca																			
			<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Saccharomyces exiguus</i>	<i>Saccharomyces minor</i>	<i>Saccharomyces turbidans</i>	<i>Saccharomyces marchalianus</i>	<i>Saccharomyces inusitatus</i>	<i>Saccharomyces fructum</i>	<i>Torulopsis albida</i>	<i>Torulopsis colliculosa</i>	<i>Torulopsis candida</i>	<i>Candida crusei</i>	<i>Candida formata</i>	<i>Candida collicusa</i>	<i>Pichia satoi</i>	<i>Pichia polymorpha</i>	<i>Trichosporon margaretiferum</i>	<i>Hansenula subpelliculosa</i>	<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Debariomyces polymorphus</i>	
1889	Peters	Nemačka																				
1892	Boutroux	Francuska																				
1939	Pelschenke	Nemačka																				
1952	Heinz	Nemačka																				
1955	Pokorny	Čehoslovačka																				
1971	Sugihara	SAD																				
1973	Galli	Italija																				
1977	Azar	Iran																				
1979	Spicher	Nemačka																				
1982	Kazanskaja	Rusija																				
1983	Barber	Španija																				
1987	Nout	Holandija																				
1991	Doma	Egipat																				

Pregled kvasaca spontane fermentacije prikazan u *tabeli 4* sigurno ne daje potpunu informaciju o raznovrstnosti i zastupljenosti rodova i vrsta kvasaca koji se mogu naći u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba. Pored toga što su malobrojna, istraživanja vezana za identifikaciju, a posebno za ulogu kvasaca spontane fermentacije delom nisu ni potpuno sistematična, ni kompletna. Razlozi za ovakvo stanje su razumljivi, s jedne strane s obzirom na to da se radi o istraživanjima starijeg datuma, a s druge strane, s obzirom na dovođenje značaja kvasaca spontane fermentacije u drugi plan s obzirom da se u proizvodnji predfaza indirektno proizvodnje pekarskih proizvoda, osim u slučaju proizvoda kod kojih je primarna uloga populacije mlečnokiselih bakterija, po pravilu dodaje pekarski kvasac koji je u tom slučaju preovlađujući mikroorganizam iz grupe kvasaca.

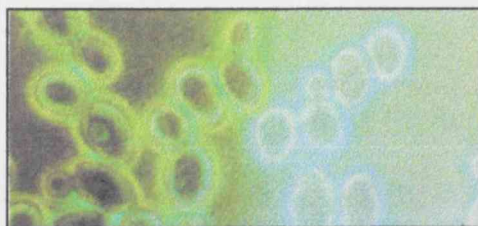
Međutim, i ovakav pregled idenifikovanih vrsta kvasaca ukazuje da su u strukturi kvasaca spontane fermentacije po pravilu prisutni neki od kvasaca visoke fermentativne aktivnosti, kao što su kvasci roda *Saccharomyces*, posebno vrste *S. cerevisiae* ili *S. exiguus*, ili kvasci drugih rodova koji pokazuju značajnu fermentativnu aktivnost, kao *Candida crusei* i *Pichia satoi*. U pogledu prisustva kvasaca koji nemaju značajnu fermentativnu sposobnost, prikazani pregled vrsta upućuje na veliku raznolikost zastupljenosti različitih rodova i vrsta, te se ne može posebno istaći značaj neke od idenifikovanih vrsta kvasaca.

4.6.2.2. Pekarski kvasac

Sa uključivanjem industrijski proizvedenog pekarskog kvasca u proizvodnju hleba i predfaze indirektnog postupka proizvodnje počinju da se inokulišu odgovarajućim količinama industrijski proizvedenog pekarskog kvasca. Ove količine su u prvo vreme bile manje, a procesi su bili usmereni na postizanje umnožavanja broja ćelija kvasca u toku fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba. Međutim, sa ekspanzijom industrijske proizvodnje kvasca u periodu posle drugog svetskog rata, ostvaruje se proizvodnja dovoljnih količina pekarskog kvasca za zadovoljenje potreba pekarske proizvodnje (*Pejin, 1989*), te i potreba umnožavanja kvasca tokom proizvodnje hleba, kao i sam indirektni postupak dospevaju u drugi plan.

Proizvodne mikroorganizme u industrijskoj proizvodnji pekarskog kvasca predstavljaju sojevi vrste *Saccharomyces cerevisiae* (*slika 8*).

Saccharomyces cerevisiae karakterišu ovalne, jajaste ćelije prosečnih dimenzija $5 \times 8 \mu\text{m}$, prosečne zapremine 10^{-10}cm^3 (*Pejin, 1989*).



Slika 8 - Izgled ćelija pekarskog kvasca *Saccharomyces cerevisiae* pod mikroskopom

Pekarski kvasac se proizvodi u obliku presovanog kvasca sa sadržajem suve materije oko 27 % i u obliku suvog kvasca sa sadržajem vlage od 5 do 10 %. Industrijski proizveden presovani kvasac, čija primena je najraširenija sadrži oko 10^{10} ćelija po gramu. *Saccharomyces cerevisiae* je heterotrofni mikroorganizam kome je za rast, razmnožavanje i održavanje fermentativne aktivnosti potreban organski ugljenik. U odnosu na azot pekarski kvasac *Saccharomyces cerevisiae* je autotrofan, odnosno može da koristi neorganski azot u obliku amonijum jona. Za obavljanje životne aktivnosti pekarskom kvascu je, pored navedenih elemenata, neophodno obezbediti odgovarajuću aktivnost vode u podlozi (a_w), kao i odgovarajući sadržaj makroelemenata (sumpora, fosfora), minerala (kalijuma, mangana, gvožđa, cinka, natrijuma, kalcijuma) i faktora rasta (vitamina) u podlozi (Pejin, 1989). Od raspoloživosti ovih sastojaka u podlozi zavisi intenzitet fermentativne aktivnosti kvasca. Pekarski kvasac može organska jedinjenja selektivno da koristi kao izvore ugljenika i energije. Pregled jedinjenja koje pekarski kvasac može da koristi pod aerobnim ili anaerobnim uslovima dat je u tabeli 5.

Tabela 5 - Pregled usvojivosti ugljenika iz organskih jedinjenja od strane proizvodnih mikroorganizama predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

	Monosaharidi							Disaharidi							Trisah.		Alkoholi		
	Arabinoza	Riboza	Ksiloza	Fruktoza	Galaktoza	Glukoza	Manoza	Celobioza	Laktoza	Maltoza	Melobioza	Ramnoza	Saharoza	Trehaloza	Maltotrioza	Rafinoza	Skrob	Manitol	Sorbitol
Pekarski kvasac – rod <i>Saccharomyces</i>																			
<i>S.cerevisiae</i> –aerobno	-	±	-	+	+	+		-	-	+			+	±	±	+	-	±	±
<i>S.cerevisiae</i> –anaerobno	-	±	-	+	±	+		-	-	+			+	±	±	±	-	-	-
Pivski kvasac – rod <i>Saccharomyces</i>																			
<i>S.carlsbergensis</i>	-	±	-	+	+	+		-	-	+	+		+		+	+	-		
HOMOFERMENTATIVNE bakterije mlečne kiseline – rod <i>Lactobacillus</i>																			
<i>L. farciminis</i>	-	±	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	±	-	-	-	-
<i>L. plantarum</i>	-	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
<i>L. casei</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>L. acidophilus</i>	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>L. delbrueckii</i>	-		-	(+)	+	+	+	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. leichmannii</i>	-		-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	+	(+)	-	-	-	-	-
HETEROFERMENTATIVNE bakterije mlečne kiseline – rod <i>Lactobacillus</i>																			
<i>L. brevis</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	±	-	±	-
<i>L. buchneri</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-
<i>L. fermentum</i>	+	+	±	+	+	+	±	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>L. fructivorans</i>	-	(+)	-	+	-	(+)	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>L. pastorianus</i>	+		+	+	+	+	+	+	±	+	±	-	+	+	±	±	-	(+)	-

Saccharomyces cerevisiae ima dragocenu sposobnost da može da obavlja životne aktivnosti i pod aerobnim i pod anaerobnim uslovima. Pri tome aerobni uslovi pogoduju rastu i razmnožavanju ćelija, dok se pod anaerbnim uslovima odvija fermentativno prevođenje usvojivih jedinjenja supstrata u etilalkohol i ugljendioksid, što je osnova primene ovog mikroorganizma u proizvodnji fermentisanih pekarskih proizvoda.

Azot *Saccharomyces cerevisiae* može da asimiluje iz amonijumovih jona, hidrolizata proteina ili amida (asparagin, glutamin, urea).

Pekarski kvasac životne aktivnosti obavlja u opsegu temperatura od 2°C do 38°C (aerobno), odnosno do 40°C (anaerobno), dok se pH vrednost prihvatljiva za kvasac kreće u granicama 2,5 do 6,5. Optimalna temperatura za rast je 30 do 32 °C, a optimalna vrednost pH 4,5 do 5,8.

U industrijskoj proizvodnji pekarskog kvasca proizvodni mikroorganizam *Saccharomyces cerevisiae* se umnožava na melasi kao podlozi, te je prilikom njegove primene u pekarstvu neophodno imati u vidu potrebu prilagođavanja na podlogu sastava karakterističnog za ovu tehnologiju (brašno ili drugi izvori fermentabilnih komponenti u predfazama indirektnog postupka proizvodnje).

4.6.2.3. Pivski kvasac

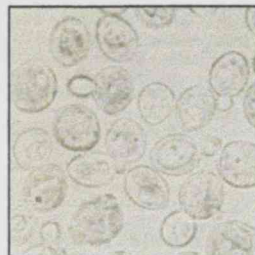
Primena pivskog kvasca kao proizvodnog mikroorganizma u proizvodnji fermentisanih pekarskih proizvoda datira iz ranijih vremena nego primena industrijski proizvedenog pekarskog kvasca. Prvi koraci u namenskom dodavanju mikroorganizama u zames predfaza ili hlebnog testa u pekarstvu realizovani su upravo uz primenu kvasaca poreklom iz zanatske ili industrijske proizvodnje alkoholnih pića - vina i piva (*Rachline, 1994*).

Međutim, ostvarenjem industrijske proizvodnje dovoljnih količina pekarskog kvasca, primena pivskog kvasca iz pekarstva biva u potpunosti potisnuta. S druge strane, u industriji piva vrlo male količine aktivnog pivskog kvasca, umnoženog tokom proizvodnje piva, nalaze komercijalnu primenu u obliku farmaceutskih ili kozmetičkih preparata ili kao stočna hrana (*Hlavaček, 1961*). Najveće količine pivskog kvasca iz industrije piva završavaju u otpadnim vodama pivara (*Hough, 1985*). Stoga revitalizacija primene pivskog kvasca u pekarstvu otvara ne samo mogućnost uštede u pekarama, već predstavlja i mogućnost doprinosa zaštiti životne okoline.

U našoj zemlji industrija piva godišnje proizvodi oko 6000 tona otpadnog pivskog kvasca sa oko 15 % suve materije. Godišnja potrošnja pekarskog kvasca u našoj zemlji je oko 50.000 tona. Može se pretpostaviti da bi za dobijanje pekarskih proizvoda približnog kvaliteta bio potreban dvostruko veći udeo pivskog kvasca u sirovinskom sastavu hlebnog

testa. Pod ovim uslovima bi otpadni pivski kvasac iz industrije piva u našoj zemlji mogao bi da se, uz primenu odgovarajućih postupaka koji bi obezbedili njegovu primenu u pekarstvu, utroši u pekarskoj proizvodnji pri čemu bi svega oko 3 % od utrošenih količina pekarskog kvasca bilo zamenjeno otpadnim pivskim kvascem, a rešavanje problema odlaganja otpadnog pivskog kvasca predstavljalo bi značajan doprinos zaštiti životne okoline.

Proizvodne mikroorganizme industrije piva predstavljaju sojevi vrste *Saccharomyces carlsbergensis* (slika 9).



Pivski kvasac karakterišu okrugle do ovalne ćelije prosečnih dimenzija 5 do 10 μm (Pollock, 1981).

Slika 9 - Izgled ćelija pivskog kvasca *Saccharomyces carlsbergensis* pod mikroskopom

U pogledu sastava podloge na kojoj može da održava životne aktivnosti, zahtevi pivskog kvasca slični su onima koje postavlja pekarski kvasac. Intenzitet metaboličkih aktivnosti pivskog kvasca takođe zavisi od prisustva izvora ugljenika i azota, mikroelemenata, minerala i vitamina u hranjivoj podlozi.

Niz fermentabilnih izvora ugljenika koje može da koristi pivski kvasac se unekoliko razlikuje od onog karakterističnog za pekarski kvasac (tabela 5), ali je zajednička karakteristika obe vrste da ne mogu asimilovati jedinjenja sa nizom dužim od tri ugljenikova atoma (Shieh i sar., 1973). Međutim, pivski kvasac kao izvore ugljenika uglavnom, slično pekarskom kvascu, može da koristi većinu nižih šećera prisutnih u podlogama karakterističnim za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba, kao što su glukoza, galaktoza, fruktoza, saharoza, maltoza, maltotrioza, maltuloza i maltotriuloza, dok polisaride kao što je skrob, ne može direktno da usvaja kao ni pekarski kvasac (Pollock, 1981).

Kao izvori azota pivskom kvascu su takođe pristupačni amonijumovi joni, aminokiseline i niži peptidi, pri čemu najbolje efekte daje smeša aminokiselina.

Prisustvo kiseonika i kod pivskog kvasca utiče na pomeranje životnih aktivnosti u pravcu intenzivnijeg umnožavanja ćelija, dok u anaerobnim uslovima preovlađuje alkoholna fermentacija.

Značajna razlika između pivskog i pekarskog kvasca je u odnosu fermentativne aktivnosti u zavisnosti od temperature fermentacionog medijuma, iako je optimalna temperatura za razmnožavanje ćelija kod obe vrste ista - oko 30°C. Međutim, dok pekarski kvasac *Saccharomyces cerevisiae* intenzivnije fermentiše na višim temperaturama, fermentativna

aktivnost pivskog kvasca *Saccharomyces carlsbergensis* veća je na nižim temperaturama (Pollock, 1981).

S obzirom na specifičnosti proizvodnje piva, kao postupka u kome se dobija pivski kvasac, u odnosu na postupak proizvodnje fermentisanih pekarskih proizvoda, prilikom aktivacije pivskog kvasca za potrebe primene u pekarstvu treba voditi računa o tome da je podloga na kojoj pivski kvasac raste u pivarskoj industriji (sladovina) u odnosu na hlebno testo okarakterisana većim udelom fermentabilnih ugljenih hidrata, značajno većom aktivnošću vode (a_w) i značajno nižom radnom temperaturom.

Razvoj predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba namenjenih aktivaciji pivskog kvasca za potrebe njegove primene u proizvodnji fermentisanih pekarskih proizvoda treba da bude usmeren ka obezbeđenju postepenog prilagođavanja pivskog kvasca na uslove koji vladaju u hlebno testu (Popov, 1998).

4.6.2.4. Namenski selekcionisani kvasci

Rad na izolaciji, selekciji i korišćenju namenskih kvasaca u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba posebno je intenzivan u zemljama Ruske federacije. Potreba za namenski selekcionisanim kvascima u proizvodnji hleba proizašla je iz potrebe iznalaženja proizvodnih mikroorganizama za različite klimatske uslove, ali i za raznorodne vrste proizvoda koji karakterišu ovo podneblje. Pored toga, rasprostranjenost primene brojnih postupaka dobijanja predfaza indirektnog postupka u proizvodnji hleba koncipiranih tako da umnožavanje kreće od čiste kulture proizvodnih mikroorganizama, obezbeđuje i nameće mogućnost korišćenja namenski selekcionisanih kvasaca (Polandova i sar., 1994).

Novija istraživanja (Bogatireva i Polandova, 1994) u ovoj oblasti usmerena su na:

- ◆ izolaciju specifičnih sojeva različitih vrsta kvasaca iz prirodnih staništa ili predfaza u proizvodnji hleba, njihovu karakterizaciju u pogledu fermentativne aktivnosti, zahteva u pogledu sastava podloge i optimizacije procesnih parametara kultivacije, umnožavanje i primenu pozitivno ocenjenih sojeva;
- ◆ ukrštanje, hibridizaciju i mutaciju sojeva, vrsta i hibrida kvasaca različitih svojstava u cilju postizanja optimalnih vrednosti pojedinih svojstava;
- ◆ adaptaciju sojeva kvasca na specifične uslove kultivacije, kao što je naprimer visoka temperatura (preko 40°C);
- ◆ ozračivanje UV zracima u cilju povećanja fermentativne aktivnosti.

Ovim postupcima dobijeni su sojevi kvasca koje karakteriše povećana tolerantnost na zakišeljavanje podloge, otpornost prema povišenim temperaturama, povećana maltazna aktivnost, smanjena osmoosetljivost ili povećana produkcija pojedinih jedinjenja, npr. vitamina - karotenoida (Bogatireva i Polandova, 1994).

4.6.3. Bakterije mlečne kiseline

Kada se brašno pomeša sa vodom svi mikroorganizmi koji se nalaze u njemu spontano otpočinju svoju životnu aktivnost. Međutim, kao i kod drugih biljnih materijala koji se podvrgnu spontanoj fermentaciji, nakon dužeg ili kraćeg vremena preovladavaju bakterije mlečne kiseline (*Spicher i Stephan, 1997*).

Bakterije odgovorne za kiselinsku fermentaciju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba pripadaju rodu *Lactobacillus*, familija *Lactobacillaceae*.

Bakterije mlečne kiseline karakteristične za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba su štapičaste, nepokretne i ne sporulišu (*slika 10*). Po pravilu nisu pigmentisane.



Slika 10 - Izgled ćelija bakterija mlečne kiseline (*Lactobacillus sp.*) pod mikroskopom

To su anaerobne, do mikroaerofilne, kiselo tolerantne bakterije koje su u stanju da intenzivno obavljaju fermentaciju ugljenih hidrata. Pri tome od glukoze nastaje ili isključivo mlečna kiselina (**homofermentativne** bakterije mlečne kiseline), ili, pored mlečne kiseline nastaju još i sirćetna kiselina i ugljendioksid (**heterofermentativne** bakterije mlečne kiseline).

Proteolitička aktivnost bakterija mlečne kiseline je slaba, a ne pokazuju ni lipolitičku aktivnost, kao ni sposobnost redukcije nitrata. Bakterije mlečne kiseline, pored kompleksnih zahteva s obzirom na fermentabilne ugljene hidrate prikazanih u *tabeli 5*, imaju i specifične zahteve vezane za obezbeđenje potrebnih aminokiselina, peptida, vitamina i masnih kiselina (*Spicher i Schröder, 1978; Spicher i sar., 1979*)

Na osnovu krajnjih proizvoda metabolizma ugljenih hidrata, temperature rasta i morfoloških svojstava, autori koji se bave istraživanjima u ovoj oblasti (*Abo-Enlaga i Kandler, 1965; Sharpe i sar., 1966; Kandler i Stetter, 1973*) podelili su bakterije roda *Lactobacillus* na tri podroda kao što je prikazano u *tabeli 6*.

Tabela 6- Mesto u sistematizaciji i podela bakterija mlečne kiseline roda *Lactobacillus*

Familija	<i>Lactobacillaceae</i>		
Rod	<i>Lactobacillus</i>		
Podrod	<i>Thermobacterium</i>	<i>Streptobacterium</i>	<i>Betabacterium</i>
Fermentacija ugljenih hidrata	homofermentativno		heterofermentativno
Proizvodi metabolizma	mlečna kiselina		mlečna kiselina sirćetna kiselina CO ₂
Rast na 45 °C	+	±	+
Rast na 55 °C	-	+	+

Bakterije podroda *Thermobacterium* karakterišu ćelije u obliku dužih štapića, koje samo izuzetno grade duže lance. Mogu da rastu na 45 °C, a delom i na višim temperaturama, ali ne rastu na 15 °C. Prilikom fermentacije glukoze daju uglavnom mlečnu kiselinu.

Bakterije mlečne kiseline podroda *Streptobacterium* imaju kraće štapiće koji se često povezuju u lance. One rastu na 15 °C, ali ne i na 45 °C. Prilikom fermentacije glukoze daju preko 90 % mlečne kiseline.


Bakterije podroda *Betabacterium* karakteriše heterofermentativni metabolizam, odnosno one pored mlečne kiseline proizvode i veće količine sirćetne kiseline, alkohola i ugljendioksida.

4.6.3.1. Bakterije spontane fermentacije

Mada je u početku svrha primene indirektnog postupka u proizvodnji hleba bila prvenstveno obezbeđenje nastajanja dovoljnih količina gasa pod uticajem kvasca, a samim tim i obezbeđenje poroznosti testa, pitanje uloge bakterija u zakišeljavanju predfaza i testa tokom primene indirektnog postupka proizvodnje hleba je razmatrano sve češće, pa su danas saznanja o bakterijama mlečne kiseline, čija se fermentativna aktivnost odvija nakon iniciranja spontane fermentacije predfaza, znatno većeg obima od onih koja se odnose na kvasac.

Pregled vrsta bakterija mlečne kiseline koje su se javljale prilikom iniciranja spontane fermentacije identifikovanih od strane autora koji su se ovom problematikom bavili u različitim regionima i u različitim vremenskim periodima (*Spicher i Stephan, 1997*) prikazan je u tabeli 7.

Tabela 7 - Učestalost pojave pojedinih vrsta bakterija mlečne kiseline u predfazama indirektnog postupka dobijenim spontanom fermentacijom

godina	Autor	Region
		
1909	Hannenberg	Nemačka
1924	Knudsen	Danska
1939	Selber	Rusija
1939	Pelschenke	Nemačka
1958	Spicher	Nemačka
1958	Rorlich	Nemačka
1964	Wojcieszak	Poljska
1965	Troyan	Češka
1966	Spicher	Nemačka
1971	Kline	SAD
1974	Ad-el-Malek	Egipat
1977	Azar	Iran
1978	Spicher	Nemačka
1982	Kazanskaja	Rusija
1983	Barber	Španija
1984	Salovaara	Finska
1985	Spicher	Švedska
1986	Spicher	Nemačka
1986	Lönnner	Švedska
1986	Spicher	Švajcarska
1987	Nout	Holandija
1988	Galli	Italija
1991	Doma	Egipat
1992	Hamad	Sudan
1999	Forchino	Italija

HOMOFERMENTATIVNE BAKTERIJE – rod <i>Lactobacillus</i>		
<i>L. casei</i>		
<i>L. plantarum</i>		
<i>L. delbrueckii</i>		
<i>L. alimentarius</i>		
<i>L. xylosum</i>		
<i>L. acidophilus</i>		
<i>L. lactis</i>		
<i>L. leichmanii</i>		
<i>L. farciminis</i>		
<i>L. confusus</i>		
<i>L. helveticus</i>		

HETEROFERMENTATIVNE BAKTERIJE – rod <i>Lactobacillus</i>		
<i>L. fermentum</i>		
<i>L. brevis</i>		
<i>L. pastorianus</i>		
<i>L. buchneri</i>		
<i>L. fructivorans</i>		
<i>L. sanfrancisco</i>		
<i>L. cellobiosus</i>		
<i>L. viridescens</i>		
<i>L. amylovorus</i>		

Prilikom donošenja zaključaka na bazi pregleda rezultata identifikacije vrsta bakterija mlečne kiseline u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba dobijenim spontanom fermentacijom treba imati u vidu da je deo razlika u rezultatima posledica dužine vremenskog perioda u toku kojeg su vršena prikazana istraživanja i sledstveno tome različitom stepenu fundamentalnih i metodoloških saznanja koja su tokom ovog perioda razvijana. Takođe treba imati u vidu sa su proizvodi spontane fermentacije u kojima su određivanja vršena dobijani po postupcima koji se međusobno značajno razlikuju u pogledu primenjene tehnike fermentacije, sirovinskog sastava i procesnih parametara proizvodnje.

No i pored toga, rezultati prikazani u tabeli 7 jasno ističu da je u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba dobijenim spontanom fermentacijom, bez obzira na region, postupak i period u kojem su ispitivanja vršena, najučestalija pojava vrsta *Lactobacillus plantarum* i *Lactobacillus casei* iz podrodova homofermentativnih bakterija mlečne kiseline, dok se iz podroda heterofermentativnih bakterija najčešće pojavljuju *Lactobacillus brevis* i *Lactobacillus fermentum*. U pogledu pojavljivanja ostalih identifikovanih vrsta ne može se istaći neka zakonitost, ali treba istaći da se po pravilu radi o kombinaciji vrsta iz podrodova bakterija mlečne kiseline koje karakteriše homo- i heterofermentativni metabolizam.

Varijabilnost u pogledu mikrobiološke slike poluproizvoda dobijenih spontanom fermentacijom predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, koja je u prvom redu posledica razlika u strukturi mikroflora prisutne u brašnu kao supstratu, prilikom primene spontane fermentacije u praksi nosi povećan rizik od mogućnosti preovladavanja nesvojstvenih fermentacija u predfazama i hlebnom testu dobijenom indirektnim postupkom, kao i smanjene stabilnosti u pogledu kvalitetnih svojstava poluproizvoda i gotovog proizvoda - hleba (Spicher, 1987).

4.6.3.2. Starter kulture mlečnokiselih bakterija

U cilju smanjenja rizika od grešaka i variranja kvaliteta pekarskih proizvoda dobijenih po indirektnom postupku uz primenu spontane fermentacije predfaza, u toku poslednjih decenija u zemljama u kojim je primena indirektnog postupka više zastupljena razvijena je proizvodnja starter kultura mlečnokiselih bakterija za potrebe primene u pekars'tvu (Volmar i Meuser, 1991).

Postoje dva pristupa proizvodnji starter kultura mlečnokiselih bakterija. Prvi pristup zasniva se na umnožavanju čistih kultura bakterija mlečne kiseline u fermentorima pod sterilnim uslovima. Iako se relativno lako proizvode i imaju ujednačen kvalitet, kod ovako proizvedenih starter kultura kao osnovni problem pojavljuje se njihova neadaptiranost na brašno kao supstrat i uopšte na uslove koji vladaju u proizvodnji hleba po indirektnom postupku. Drugi, tzv. "ekološki", pristup proizvodnji starter kultura

bakterija mlečne kiseline za potrebe pekarstva, zasniva se na umnožavanju mešane kulture proizvodnih mikroorganizama pod kontrolisanim, ali nesterilnim uslovima na sirovinama uobičajenim za proizvodne uslove u pekarama. Kvalitet ovako dobijenih starter kultura zavisi od broja i odnosa pojedinih rodova i vrsta mikroorganizama postignutog tokom proizvodnje (*Spicher, 1982*), manje je stabilan u odnosu na čiste kulture, ali u pekarama obezbeđuje pouzdane efekte primene (*Böcker i sar., 1990; 1995*).

Preparati starter kultura bakterija mlečne kiseline se proizvode u različitim oblicima - kao tečni, testasti ili praškasti. U novije vreme sve je veća rasprostranjenost primene praškastih preparata dobijenih sušenjem u vakuumu. Ovi preparati, uprkos nešto višoj ceni, imaju prednost s obzirom na duži rok trajnosti, a obezbeđuju i odgovarajuću vitalnost mikroflore (*Spicher, 1989; Dieckmann i Seifert, 1992*).

Kvalitet preparata starter kultura dobijenih pod nesterilnim uslovima uslovljen je prvenstveno sastavom mikroflore koju sadrže. Zastupljenost grupa, rodova i vrsta u pojedinim komercijalnim preparatima starter kultura se međusobno veoma razlikuje. Tako su u pojedinim preparatima zastupljene svega jedna do dve vrste bakterija mlečne kiseline, ponekad i samo homofermentativne vrste, dok su u pojedinim, pored većeg broja vrsta bakterija mlečne kiseline, zastupljeni i jedna ili više vrsta kvasaca (*Spicher, 1982; Weustink, 1989*). Sastav pojedinih komercijalnih starter kultura koje se mogu naći na tržištu (*Spicher, 1984*) prikazan je u tabeli 8.

Proizvođači starter kultura mlečnokiselih bakterija za potrebe pekarstva sve više diferenciraju namenske preparate sa sastavom mikroflore optimiziranim za pojedine vrste pekarskih proizvoda (*slika 11*).

	Klasični starter sa <i>L.sanfrancisco</i> (proizvođač Böcker)
	Starter za pšenično testo (proizvođač Böcker)
	Starter otporan na duboko smrzavanje (proizvođač Böcker)
	Starter visoke aktivnosti (proizvođač Böcker)
	Starter od sirovina iz biološke proizvodnje (proizvođač Böcker)
	Starter za post. Isernhäger (proizvođač Profermenta)
	Univerzalni starter (proizvođač Profermenta)
	Starter za pšenična testa (proizvođač Profermenta)
	Starter za ražana testa (proizvođač Profermenta)

Slika 11 - Preparati starter kultura bakterija mlečne kiseline različitih proizvođača i namena

Tabela 8 - Sastav mikroflore različitih starter kultura za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba koje se mogu naći na tržištu (Spicher, 1984)

Starter	SASTAV MIKROFLORE														
	BAKTERIJE MLEČNE KISELINE								KVASCI						
	homofermentativne				heterofermentativne										
	<i>L.acidophilus</i>	<i>L.casei</i>	<i>L.plantarum</i>	<i>L.farciminis</i>	<i>L.brevis</i>	<i>L.brevis var. lindneri</i>	<i>L.buchneri</i>	<i>L.fermentatum</i>	<i>L.frucitvorans</i>	<i>Pediococcus sp.</i>	<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	<i>Pichia safoi</i>	<i>Candida crusei</i>	<i>Torulopsis holmii</i>	<i>Hansenula anomala</i>
S-1					■						■				
S-2					■										
S-3			■			■			■						
S-5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S-6							■	■	■	■	■	■			
S-7	■	■	■	■	■			■							
S-8			■	■				■	■		■				
S-9	■	■	■	■	■	■		■		■	■		■		
S-10			■	■				■	■	■	■				
S-11	■	■	■					■	■		■				

Uparedo sa razvojem proizvodnje namenskih preparata radi se i na izolaciji i karakterizaciji sojeva bakterija mlečne kiseline koja će specifičnim svojstvima u pogledu zahteva u odnosu na supstrat i procesne parametre kultivacije, intenziteta fermentacije i strukture produkata fermentacije obezbediti uspešno korišćenje u proizvodnji pojedinih vrsta proizvoda (Spicher, 1982; Bogatireva i Polandova, 1994; Böcker i sar., 1990)

4.6.4. Štetni mikroorganizmi predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

Jedan od efekata primene indirektnog postupka u proizvodnji hleba je i postizanje efekata produženja mikrobiološke trajnosti proizvoda zahvaljujući povećanju stepena kiselosti

predfaza i testa tokom proizvodnje, kao i povećanoj kiselosti gotovih proizvoda (Salovaara i Spicher, 1987; Barber i Ortola, 1990). Tako se primena indirektnog postupka u proizvodnji hleba može smatrati biološkim načinom za suzbijanje najčešće spominjane bolesti hleba - nitavosti, s obzirom da ovu bolest izaziva termofilna, sporogena bakterija *Bacillus subtilis*, koja, međutim, pri povišenoj kiselosti sredine karakterističnoj za proizvode dobijene po indirektnom postupku gubi aktivnost (Auerman, 1988; Kovačević, 1991).

Međutim, u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, usled nedovoljnog zakišeljavanja, nepovoljne mikrobiološke slike sirovina ili nekontrolisanih uslova fermentacije, može doći do pojave pogrešnih fermentacija koje izazivaju greške ukusa i arome proizvoda ili tehnološke probleme vođenja proizvodnje (Spicher i Stephan, 1997). U slučajevima preovladavanja štetnih mikroorganizama u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba dolazi i do promene sastava nastalih podukata metabolizama, tako da se umesto mlečne i sirćetne kiseline, u zavisnosti od vrste mikroorganizma koji je preovladao, javljaju veći udeli citrata, piruvata ili oksalacetata (Jäckl, 1978).

Istraživanja vezana za identifikaciju štetnih mikroorganizama u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba ukazuju na mogućnost pojave sledećih mikroorganizama i efekata (Schulz, 1941):

- ◆ *Bacterium acidi lactici*, bakterija koju karakterišu pojedinačne kratke štapićaste ćelije, čija pojava rezultira izrazitom neujednačenošću pora hleba i pojavom bockavog mirisa;
- ◆ *Enterobacter cloace*, bakterija sa pojedinačnim, ležećim kratkim štapićastim ćelijama koja razvitkom uzrokuje pojavu bljutavog do gorkog ukusa proizvoda, bez negativnog uticaja na ostala tehnološka svojstva;
- ◆ *Micrococcus bicolor*, loptaste, nepokretne bakterije koje se nalaze pojedinačno ili u grupama, proizvode uglavnom sirćetnu kiselinu, a daju bljutav proizvod, neujednačenih pora, neznatno smanjene elastičnosti;
- ◆ *Bacterium coli*, štapićasta bakterija čiji razvoj uzrokuje bljutav do gorak ukus hleba, gnjecavu sredinu i slabije narastanje testa;
- ◆ *Sarcina lutei*, loptaste, nepokretne bakterije koje se skupljaju u pakete, nemaju negativan uticaj na ukus proizvoda, ali uzrokuju smanjenje elastičnosti sredine hleba, pojavu gnjecavosti sredine i neravnomernu poroznost;
- ◆ *Streptococcus pyogenes*, loptasta bakterija koja gradi duže ili kraće lance; pojava rezultira kompaktnim testom, nerazvijenom sredinom i slabo kiselim ukusom hleba praćenim visokim stepenom kiselosti.

4.7. Sirovinski sastav i sirovine predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

Osnovne sirovine, čije je prisustvo u sirovinskom sastavu dovoljno za spontano iniciranje fermentacije u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba su brašno i voda. Brašno kao nosilac svojstvene mikroflore i izvor određene količine fermentabilnih komponenti, kao i komponenti koje pospešuju fermentaciju, sa dodatkom vode formira testastu ili tečnu masu sa vrednošću aktivnosti vode (a_w) koja obezbeđuje dovoljan uslov za iniciranje fermentacije.

Već u zanatskim uslovima korišćenja indirektnog postupka tokom istorije razvijana je iskustvena praksa obogaćivanja sirovinskog sastava predfaza komponentama koje obezbeđuju intenziviranje ili usmeravanje fermentacije u željenom pravcu. Tako naprimer, u praksi su korišćene mekinje kao sirovina koja obezbeđuje veći udeo enzima, mineralnih materija i vitamina u podlozi ili ekstrakt hmelja koji ima baktericidna svojstva.

Savremena istraživanja i praksa proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba obiluju nizom rezultata ispitivanja uticaja različitih sirovina i njihovih udela u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba na fermentacionu aktivnost mikroflore, kao i na pokazatelje kvaliteta nastalih poluproizvoda i gotovih proizvoda - hleba i peciva. Pri tome se ispitivani, ili primenjivani sirovinski sastavi predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba međusobno razlikuju prema zastupljenosti, karakteristikama i udelima brašna, tečnosti za zames, kuhinjske soli, dodatnih sirovina i aditiva.

U daljem izlaganju biće dat pregled osnovnih i najčešće korišćenih dodatnih sirovina u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba. Za svaku od sirovina biće dat osvrt na funkcije, odnosno namene korišćenja, pregled bitnih kvalitetnih svojstava, kao i pregled postojećih rezultata ispitivanja uticaja kvalitetnih karakteristika i udela pojedinih sirovina na kvalitetne karakteristike nastalih poluproizvoda ili na kvalitet gotovih pekarskih proizvoda.

Pri tome treba imati u vidu da se postojeći rezultati i zaključci o optimalnim udelima i efektima primene pojedinih sirovina u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba mogu prihvatiti i međusobno porediti samo uz izvesnu rezervu, s obzirom da su određivani pri znatno različitim kombinacijama korišćenih sirovina, trajanja fermentacije, tehnike fermentacije i procesnih parametara proizvodnje.

4.7.1. Brašno

Razvijani i ispitivani postupci i proizvodna praksa izrade predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba obuhvataju veoma širok spektar varijanti uključivanja brašna u sirovinski sastav, pri čemu se razlike javljaju u pogledu:

- ◆ primenjenog udela brašna koji se, računato na masu brašna za zames hlebnog testa, kreće od 0 % u tečnim predfermentima koji su našli značajnu primenu u američkim pekarama (*Pyley, 1973; Doerry, 1981; Auerman, 1988*), preko udela od 10 do 40 % u tečnim poluproizvodima pogodnim za transport automatizovanim pumpnim sistemima (*Meuser i sar., 1991; Häring i sar., 1995; Unbehend, 1996*), do udela od 50 % i više kod kojih se manipulacija poluproizvodima uglavnom obavlja na tradicionalni način, manuelno (*Brümmer, 1989; Boldoun, 1996; Forschino i sar., 1999*);
- ◆ porekla brašna, pri čemu se najveći broj istraživanja, s obzirom na značaj zakišeljavanja testa sa ovom sirovinom, odnosi na ražano brašno (*Kratochvil i Holas, 1984; Brümmer, 1989*); značajan broj istraživanja i postupaka kao sirovinu tretira pšenično brašno (*Brümmer, 1989; 1990; 1996; Brümmer i Unbehend, 1997*), a kod specifičnih vrsta proizvoda razmatrane su i mogućnosti primene brašna od nehlebnih vrsta žita, kao što je naprimer sirak (*Hamad i sar., 1992*);
- ◆ stepena izmeljavanja brašna, odnosno sledstveno tome sadržaja mineralnih materija u brašnu, odnosno tipu brašna (*Brümmer, 1989*).

Brašno, ukoliko se koristi kao sirovina u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, može da ima višestruku namenu i efekte korišćenja. Kao prvo sopstveni i tokom fermentacije enzimskim putem stvoreni fermentabilni šećeri brašna predstavljaju izvor energije i ugljenika za proizvodnu mikrofloru nadalje, brašno u većoj ili manjoj meri zavisno od porekla i stepena izmeljavanja predstavlja izvor azota, mineralnih sastojaka i faktora rasta za proizvodnu mikrofloru; zatim, kod spontane fermentacije brašno je nosilac mikroflore koja inicira fermentacione procese i konačno, brašno uključeno u predfaze indirektnog postupka je objekat biohemijskih, koloidnih i drugih transformacija koje rezultiraju odgovarajućim efektima u kvalitetu gotovih proizvoda.

U daljem izlaganju biće obrađeni pokazatelji kvaliteta brašna koji su relevantni s obzirom na gore navedene funkcije brašna kao sirovine. Pri tome, biće obrađeno prvenstveno pšenično brašno kao predmet istraživanja u ovom radu, koje će delom biti upoređeno sa ražanim brašnom kao sirovinom široke primene u proizvodnji hleba po indirektnom postupku u svetu.

Primeri podataka hemijskog sastava brašna, sa posebnim akcentom na sadržaj izvora fermentabilnih šećera, izvora azota, mineralnih materija i vitamina kao komponenti značajnih za intenzitet i tok fermentacije u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, su za različite tipove brašna prikazani u *tabeli 9*.

Tabela 9 - Hemijski sastav brašna u zavisnosti od porekla i stepena izmeljavanja (Auerman, 1988)

Sadržaj pojedinih sastojaka	Pšenično brašno			Ražano brašno	
	belo	polubelo	integralno	sejano	integralno
Skrob i šećeri, %	73,0	72,9	69,6	74,6	70,4
Proteini, %	10,8	11,0	11,8	8,9	10,5
Lipidi, %	0,9	1,1	1,5	1,2	1,6
Celuloza, %	0,2	0,3	1,6	0,6	1,8
Mineralne materije, %	0,5	0,7	1,5	0,7	1,7
kalcijum, mg/100g	22	29	40	40	49
magnezijum, mg/100g	20	44	108	34	107
fosfor, mg/100g	92	132	280	146	263
gvožđe, mg/100g	1,1	2,0	3,3	2,5	3,4
Vitamini, mg/kg					
B ₁ , mg/100g	0,18	0,40	0,45	0,20	0,33
B ₂ , mg/100g	0,13	0,15	0,26	0,12	0,22
PP, mg/100g	1,0	2,6	5,3	0,8	1,2

Vezano za hemijski sastav brašna, potrebno je istaći sledeće:

- a) u brašnu, bez obzira na poreklo i stepen izmeljavanja, komponentu sa najvećim udelom predstavlja skrob, koji nije pristupačan za direktnu asimilaciju ni jednoj od grupa i vrsta proizvodnih mikroorganizama karakterističnih za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba. Međutim, brašno po pravilu sadrži sopstvene amilolitičke enzime čijim se delovanjem tokom fermentacije skrob razgrađuje do fermentabilnih šećera. Aktivnost amilolitičkih enzima brašna prvenstveno zavisi od stepena aktiviranosti enzimskog kompleksa zrna žita od kog je brašno proizvedeno, no enzimska aktivnost je po pravilu veća kod brašna višeg stepena izmeljavanja, a takođe i kod ražanog brašna u odnosu na pšenično. Nedovoljna enzimska aktivnost brašna vrlo jednostavno se prevazilazi dodatkom enzimski aktivnih komponenti kao što su sladno brašno ili enzimi fungalnog porekla;
- b) nivo sadržaja sopstvenih šećera brašna po pravilu je dovoljan za iniciranje fermentacije. Struktura sopstvenih šećera brašna u kojoj se nalaze glukoza 0,01

do 0,05 %, fruktoza 0,015 do 0,05 %, maltoza 0,005 do 0,05 %, saharoza 0.1 do 0.55 %, rafinoza, melobioza i levozin 0,5 do 1,1 % (Auerman, 1988), odgovara zahtevima proizvodne mikroflore karakteristične za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba u pogledu dostupnosti pojedinih šećera (tabela 5);

- c) proteini u brašnu imaju prvenstveno tehnološki značaj u formiranju strukture testa, ali njihov sadržaj i aminokiselinski sastav obezbeđuju odgovarajuću količinu dostupnog azota za proizvodnu mikrofloru tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kao i tokom fermentacije hlebnog testa;
- d) sadržaj mineralnih materija i vitamina po pravilu je veći u tamnijim brašnima višeg stepena izmeljavanja. Brojni rezultati ispitivanja potvrdili su da, verovatno zahvaljujući tome, tamnija brašna daju povoljnije rezultate kao sirovina u proizvodnji hleba po indirektnom postupku u pogledu pokazatelja kvaliteta dobijenih poluproizvoda prevenstveno iskazanom kroz brže odvijanje i veći stepen zakišeljavanja (Opuszyńska i Kowalczyk, 1967; Brümmer, 1989), a kod manjih udela brašna i kroz povećan intenzitet razvoja gasa (Opuszyńska i Kowalczyk, 1967).

Brojni rezultati ispitivanja (Brümmer, 1988; 1991) odnose se na izučavanje efekata korišćenja različitih udela brašna u sirovinskom sastavu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba. Kad je u pitanju proizvodnja pšeničnog hleba, objavljeni rezultati ukazuju na sledeće:

- ◆ pri većem udelu brašna, odnosno kod konzistencije predfaza sličnih hlebnom testu, fermentativna aktivnost bakterija mlečne kiseline se odvija manjim intenzitetom u odnosu na tečne sa manjim udelima brašna, što je iskazano sporijim porastom i manjom vrednošću krajnjeg stepena kiselosti;
- ◆ veći udeo brašna uzrokuje pomeranje odnosa nastalih količina mlečne i sirćetne kiseline u korist većeg udela sirćetne kiseline, dok se pri manjim udelima brašna dobija veći udeo mlečne kiseline, što se povoljno odražava na aromu i ukus gotovih proizvoda;
- ◆ u predfazama sa manjim udelom brašna intenzivnija je fermentativna aktivnost populacije kvasaca, što rezultira većom zapreminom razvijenog gasa.

4.7.2. Tečnost za zames

Istraživanja vezana za optimizaciju proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kad je u pitanju tečnost koja se koristi za pripremu predfaza prvenstveno obrađuju uticaj udela tečnosti, dok je vrsta tečnosti po pravilu česmenska voda kao jedna od osnovnih sirovina u proizvodnji hleba. Udeo vode u sirovinskom

sastavu predfaza indirektno proizvodnje hleba praktično određuje aktivnost vode (a_w) u podlozi, te shodno uticaju ovog pokazatelja na fiziologiju proizvodne mikroflora predstavlja i jedan od bitnih momenata regulisanja intenziteta i toka fermentacionih procesa. S obzirom da brašno i voda, kod predfaza indirektnog postupka u čiji sirovinski sastav je uključeno brašno, praktično predstavljaju komponente sa značajno višim udelom u odnosu na sve ostale sastojke, izučavanja uticaja udela tečnosti za zames u sirovinskom sastavu su praktično već rezimirana kroz prikazane rezultate uticaja udela brašna na pokazatelje kvaliteta poluproizvoda i gotovih proizvoda dobijenih primenom indirektnog postupka. U svakom slučaju treba ponovo istaći da veći udeo tečnosti, pored obezbeđenja blagog povećanja brzine rasta mikroflora, odnosno većeg prirasta sadržaja kiselina i intenziviranja razvoja ugljendioksida (Trojan, 1965; Opuszinska i Kowalczyk, 1967), prvenstveno rezultira povoljnijim reološkim svojstvima fermentacionih medijuma koja omogućuju primenu automatizovanih pumpnih i dozirnih sistema (Pagenstadt, 1983).

Sa aspekta vrste tečnosti, s obzirom da se u proizvodnji po pravilu koristi česmenska voda, istraživanja imaju prvenstveno teorijski značaj. Upoređenje česmenske vode, sa mineralnom vodom i surutkom kao sirovinama u proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, pokazuju da se fermentacioni procesi zakiseljavanja praćenog preko sniženja pH, najbrže odvijaju kad je korišćena česmenska voda. Primena mineralne vode, a posebno surutke uzrokovala je usporavanje opadanja pH u odnosu na razvoj kiselina putem procesa fermentacije (Angerman i Spicher, 1964). Ovi efekti su bili manje izraženi prilikom korišćenja čistih kultura bakterija mlečne kiseline (Spicher i Angerman, 1964).

4.7.3. Kuhinjska so

Kuhinjska so je takođe jedna od osnovnih sirovina u izradi pekarskih proizvoda. Funkcije i efekti primene kuhinjske soli su višestruki. Kuhinjska so - natrijumhlorid je nosilac formiranja svojstvene note slanog ukusa proizvoda, ali značajan je i uticaj dodatka kuhinjske soli na fizička svojstva testa, odnosno brzinu i tokove odvijanja biohemijskih i koloidnih procesa u testu (Salovaara, 1983; Auerman, 1988). U istraživanjima novijeg datuma prezentovani su rezultati koji upućuju na mogućnosti supstitucije natrijumhlorida u pekarstvu drugim solima, kao što su kalijumhlorid, magnezijumhlorid ili magnezijumsulfat u cilju obogaćenja gotovih proizvoda drugim mineralima, ali i u cilju prevazilaženja negativnih efekata natrijum hlorida na fermentacione procese u supstratu (Salovaara, 1983). Međutim, natrijumhlorid je po pravilu ostao opšte prihvaćena osnovna sirovina.

Postupci proizvodnje predfaza razvijani i korišćeni u proizvodnji hleba po indirektnom postupku međusobno se razlikuju po udelu natrijumhlorida u sirovinskom sastavu. Najveći broj postupaka predviđa dodavanje natrijumhlorida tek pri zamesu hlebnog testa, bez njegovog uključivanja u sirovinski sastav predfaza, što je razumljivo s obzirom na to

da natrijum hlorid dodat u manjim udelima (do 0,5%) usporava fermentacione procese kiselinske fermentacije koji se odvijaju u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba (Schulz, 1960). Pri udelima kuhinjske soli od 0,5 do 3 % intenzitet fermentacionih procesa mlečnokiselinskog vrenja opada na polovinu, a pri većim udelima soli oni se gotovo potpuno inhibiraju (Schulz, 1960). Fermentativnu aktivnost kvasca maji udeli soli blago stimulišu, dok udeli preko 1% i na ovu grupu proizvodnih mikroorganizama deluju inhibitorno, što rezultira smanjenjem razvoja gasa (Salovaara, 1987). Prisustvo natrijum hlorida u podlozi takođe inhibitorno deluje na proteolizu sastojaka brašna, odnosno rezultira manjim udelom pristupačnog azota za proizvodnu mikrofloru (Brümmer, 1996).

Manji udeli kuhinjske soli u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba u pojedinim slučajevima su ipak predviđeni s obzirom na pozitivne efekte koje ovaj sastojak pokazuje na strukturne komponente brašna, posebno na stabilnost i moć zadržavanja gasa budućeg hlebnog testa (Salovaara, 1987).

4.7.4. Dodatne sirovine i aditivi

U savremenoj proizvodnoj praksi po pravilu se u sirovinski sastav predfaza indirektnog postupka u proizvodnji hleba uključuju dodatne sirovine i/ili aditivi sa ciljem obezbeđenja odgovarajućeg uticaja na tok procesa u predfazama ili uticaja na kvalitet gotovih proizvoda.

Pri tome, dodatne sirovine i aditivi koriste se sa različitim zadacima:

- ◆ kao dodatni izvori fermentabilnih komponenti za proizvodnu mikrofloru;
- ◆ kao enzimski aktivne komponente koje pospešuju nastajanje fermentabilnih komponenti u podlozi enzimskom razgradnjom makromolekularnih jedinjenja;
- ◆ kao izvori azota, mineralnih materija i vitamina koji pospešuju fermentativnu aktivnost proizvodne mikroflore;
- ◆ kao puferujući agensi koji sprečavaju nekontrolisano opadanje pH ispod optimalnih granica usled razvoja kiselina kao produkata fermentacije;
- ◆ kao regulatori koji usmeravaju tokove fermentacionih procesa;
- ◆ kao inhibitori aktivnosti pojedinih grupa prisutnih mikroorganizama u cilju favorizovanja kompetitivnih procesa;
- ◆ kao inhibitori rasta štetne mikroflore.

U nastavku će biti dat pregled najčešće korišćenih sirovina koje se primenjuju u sirovinskim sastavima predfaza različitih šema proizvodnje hleba po indirektnom postupku u cilju ostvarenja pojedinih navedenih efekata.

Kao dodatni **izvori fermentabilnih komponenti** u sirovinskom sastavu predfaza koriste se sirovine koje po hemijskom sastavu ili predstavljaju čiste supstance ili sadrže neku od fermentabilnih komponenti za proizvodnu mikrofloru. Primena ove grupe dodatnih sirovina predviđena je uglavnom sirovinskim sastavom predfaza koje ne uključuju brašno kao jednu od sirovina. U slučaju da se u podlogu dodaju fermentabilni šećeri, najčešće primenjivane sirovine, s obzirom na najveću raspoloživost na tržištu i povoljnu cenu, su saharoza i glukoza, u obliku konzumnog šećera, odnosno dekstroze kao jednog od proizvoda skrobarske prerade kukuruza. Kao izvor fermentabilnih šećera mogu se koristiti i proizvodi kompleksnog sastava kao što su hidrolizovani skrobni sirup kukuruza ili sladni ekstrakt, s tim što primenu ovih sirovina diktira njihova raspoloživost na tržištu i cena. Udeo fermentabilnih šećera u sirovinskom sastavu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba po pravilu treba da bude sveden na minimum koji će obezbediti odgovarajući intenzitet fermentativne aktivnosti mikroflora tokom predviđenog vremena trajanja fermentacije. Korišćenje većih udela je s jedne strane ekonomski neopravdano, dok, s druge strane može usled negativnih efekata na osmotske procese proizvodne mikroflora delovati inhibitorno. Uobičajeni udeo dodatnih izvora u sirovinskom sastavu predfaza koje ne sadrže brašno je oko 3 % šećera, odnosno količina drugih kompleksnih izvora koja sadrži ekvivalentnu količinu šećera. U slučajevima da je sirovinskim sastavom predviđen određeni udeo brašna, ono, u skladu sa istaknutim karakteristikama strukturnih sastojaka i enzimskog kompleksa, uglavnom predstavlja dovoljan izvor fermentabilnih komponenti, te se šećer ili drugi izvori fermentabilnih komponenti mogu dodavati isključivo u ciju bržeg iniciranja fermentacije sa udelom do 0,75 % (Pylar, 1973).

Enzimski aktivne komponente uključuju se u sirovinski sastav predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba ili sa ciljem postizanja odgovarajuće dinamike razgradnje skroba iz brašna usklađene sa dinamikom odvijanja fermentacionih procesa u slučaju korišćenja enzimski nedovoljno aktivnog brašna, ili u cilju obezbeđenja potpunijeg ošecerenja podloge, odnosno kompletnije hidrolize skroba i drugih makromolekularnih jedinjenja uz naknadnu termičku inaktivaciju enzima u slučajevima postupaka koji prvenstveno predviđaju umnožavanje proizvodne mikroflora u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba (Polandova i sar., 1988; Gaćeša i sar., 1998). U prvom slučaju kao izvor enzimski aktivne komponente koristi se slavno brašno, dok je u drugom slučaju, uglavnom predviđeno korišćenje enzimskih preparata fungalnog porekla.

Dodatak **izvora azota** kroz dodatne sirovine i aditiva predviđen je uglavnom primenom sirovinskih sastava predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba koji ne uključuju brašno kao jednu od sirovina. S obzirom da proizvodna mikroflora predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba može da asimiluje azot iz većine aminokiselina koje nastaju razgradnjom proteina brašna, korišćenje brašna kao jedne od komponenti podloge uglavnom obezbeđuje dovoljne količine azota za normalno odvijanje fermentacionih procesa. U slučaju sirovinskih sastava predfaza bez brašna, uglavnom primenjenih u SAD, izvori azota se dodaju u obliku amonijumovih soli kao što su amonijumsulfat,

amonijumhlorid ili amonijumfosfat (Pylar, 1973), koji se na ovom tržištu mogu nabaviti u obliku gotovih smeša pod nazivom "hrana za kvasac".

Dodatak **puferujućih agenasa** u sirovinski sastav predfaza primenjuje se sa ciljem održavanja pH u granicama koje pogoduju odvijanju fermentativne aktivnosti proizvodne mikroflore, odnosno u cilju prevencije pojave inhibicije fermentativne aktivnosti usled nakupljanja slobodnih kiselina koje nastaju kao produkti fermentacije. Kod podloga koje u svom sastavu sadrže brašno ova pojava ne predstavlja problem s obzirom na značajan puferujući kapacitet brašna, posebno kod brašna višeg stepena izmeljavanja (Rorlich i Essner, 1960). Kod podloga bez brašna, u cilju održavanja pH podloge u optimalnim granicama koriste se hemijska sredstva kao što su kalcijumkarbonat, kalcijumpropionat (Cole i sar., 1962; Pylar, 1973), primarni i sekundarni alkalni fosfati (Spicher i Stephan, 1997) ili sredstva prirodnog porekla kao što su proizvodi na bazi mleka ili soje (Sykes, 1959; Angerman i Spicher, 1964).

U cilju **regulacije toka fermentacionih procesa** u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba u smeru nastajanja većih udela sirćetne kiseline koja putem baktericidnog delovanja obezbeđuje zaštitu od iniciranja nesvojstvenih fermentacija, u sirovinski sastav podloge moguće je uključiti sastojke koji se ponašaju kao akceptori vodonika. Nastajanju veće količine sirćetne kiseline pogoduje dodatak citrata, malata ili fruktoze sa udelom do 2 % (Röcken i sar., 1996).

U cilju **inhibicije razvoja plesni** u poluproizvodima i gotovim pekarskim proizvodima produžene trajnosti praktikuje se dodatak različitih konzervanasa kao što su kalcijumpropionat ili sorbinska kiselina. Uključivanje konzervanasa u sirovinski sastav predfaza sa uobičajnim udelima (npr. 0,15 % sorbinske kiseline) utiče na usporavanje fermentacionih procesa samo pri višim temperaturama fermentacije, odnosno na 35°C (Brümmer, 1988; 1989).

Mogućnost korišćenja antibiotika šireg ili užeg spektra delovanja kao jednog od sastojaka sirovinskog sastava predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u cilju **favorizovanja jedne od grupa proizvodnih mikroorganizama**, kvasaca ili bakterija mlečne kiseline, uz inhibiciju druge, prezentuje se kao mogućnost u novijim istraživanjima (Brümmer, 1995). U cilju suzbijanja rasta kvasaca pominje se Cykloheximid (20 mg/kg testa), dok je suzbijanje rasta bakterija mlečne kiseline moguće postići primenom Chloramphenicola (500 mg/kg testa).

S obzirom da su u istraživanjima obuhvaćenim ovim radom u ispitivanim sirovinskim sastavima predfaza korišćene specifične dodatne sirovine višestrukih funkcionalnih svojstava, kao što su sladni ekstrakt i pšenična klica, posebno će biti istaknut pregled sastava i svojstava ovih sirovina.

4.7.4.1. Sladni ekstrakt

Sladni ekstrakt po definiciji predstavlja koncentrovani vodeni ekstrakt sladovanog zrna ječma (*Hickenbottom, 1996*). Zahvaljujući velikoj nutritivnoj vrednosti i višefunkcionalnim svojstvima koja se vezuju za postizanje efekata u boji, aromi, ukusu proizvoda u koje se dodaju, sladni ekstrakti u svetu imaju široku primenu u proizvodnji pekarskih, brašeno-konditorskih i drugih proizvoda na bazi žita.

Kao komponenta sirovinskog sastava predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sladni ekstrakt predstavlja izuzetno interesantnu sirovinu s obzirom da istovremeno obezbeđuje kako odgovarajući udeo i strukturu fermentabilnih šećera, tako i bogat izvor azota, mineralnih materija i faktora rasta koji obezbeđuju intenzivnu fermentativnu aktivnost proizvodne mikroflore.

Kompletni podaci hemijskog sastava sladnog ekstrakta prikazani su u *tabeli 10*.

Zahvaljujući maloj aktivnosti vode (a_w), kao i drugim faktorima kao što su pH, osmotski pritisak, kiselost, sadržaj suve materije i temperatura proizvodnje, sladni ekstrakt je veoma stabilan proizvod koji ne predstavlja izvor mikroflore čiji bi dodatak u sirovinski sastav predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba mogao predstavljati potencijalni uzrok pojave nesvojstvenih fermentacija.

4.7.4.2. Sirova pšenična klica

Pšenična klica je jedan od sporednih proizvoda mlinske prerade pšenice. Po sadržaju hranjivih sastojaka pšenična klica predstavlja pravu riznicu u pogledu prisutnih osnovnih hranjivih sastojaka: proteina, masti, ugljenih hidrata, ali i mineralnih materija i vitamina (*Veljković, 1997*). Zahvaljujući sa nutritivnog aspekta izuzetno bogatom hemijskom sastavu, ali i izvanrednim senzornim svojstvima, pšenična klica se može primeniti u proizvodnji niza prehrambenih proizvoda - hleba i peciva, dijetetskih proizvoda, dečije hrane i slično (*Vukobratović, 1990*).

U prometu se pšenična klica nalazi kao sirova, sušena i pržena, ali je s obzirom na potpuno očuvanje prirodnog integriteta sastojaka sa aspekta ispitivanja primene u funkciji izvora fermentabilne komponente, minerala i faktora rasta u proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, najinteresantnija sirova pšenična klica. U prilog razvoju primene pšenične klice za ove namene dodatno govori i njena pristupačna cena, kao i raspoloživost dovoljnih količina u gotovo svakom mlinskom pogonu. I pored toga, u literaturi i proizvodnoj praksi izrade hleba po različitim šemama indirektnog postupka do sada nisu prezentovane mogućnosti i efekti primene sirove pšenične klice kao jedne od komponenti sirovinskog sastava predfaza, što ovu sirovinu kao predmet istraživanja čini još interesantnijom.

Kompletni podaci hemijskog sastava sirove pšenične klice prikazani su u *tabeli 10*.

Tabela 10 - Tipičan hemijski sastav sladnog ekstrakta (Hickenbottom, 1996) i sirove pšenične klice (Veljković, 1997)

Sastojak	sladni ekstrakt	sirova pšenična klica	Sastojak	sladni ekstrakt	sirova pšenična klica
Sadržaj proteina, %				5,0	27,5
Aminokiselinski sastav, mg/100g proizvoda					
alanin	280	1080	lizin	185	700
arginin	200	1360	metionin	95	465
asparaginska kiselina	465	1460	fenilalanin	235	1320
cistin	75	750	prolin	570	3100
glutaminska kiselina	1010	8000	serin	270	1550
glicin	260	1190	treonin	210	800
histidin	130	610	triptofan	115	330
izoleucin	175	990	tirozin	125	890
leucin	335	1970	valin	265	1320
Sadržaj ugljenih hidrata, %				62,5	45,5
Struktura sastava ugljenih hidrata, %					
fruktoza	1,5	0,6	maltotrioza	12,5	
glukoza	8,5	0,6	oligosaharidi	27,5	
saharoza	2,0	15,2	skrob	-	14,6
maltoza	40,5	-	celuloza		10,0
Sadržaj mineralnih materija, %				1,50	4,40
Sadržaj pojedinih minerala, mg/100g proizvoda					
kalijum	324	1060	gvožće	<0,50	8
natrijum	8,8	2	mangan	0,16	13
hlor	46,4		selen	<0,01	0,003
fosfor	31,2	100	bakar	0,22	1,1
kalcijum	6,56	41	zink	0,21	0,14
magnezijum	74,4	290	fluor	<0,10	17,8
Sadržaj pojedinih vitamina, mg/100g proizvoda					
B ₁ (tiamin)	0,41	1,72	folna kiselina	0,21	0,33
B ₂ (riboflavin)	0,32	1,00	pantotenska kiselina	1,50	0,34
B ₆ (piridoksin)	0,23	1,82	askorbinska kiselina		1,04
niacin	7,84	9,30	inozitol	-	36
Sadržaj masti, %					9,4

4.8. Procesni parametri fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

Složeni mehanizmi regulacije metaboličkih aktivnosti proizvodne mikroflora, kod svakog mikrobiološkog procesa, pa i kod pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, uslovljavaju da su tokovi bioloških i biohemijskih transformacija sistema, pa samim tim i sastav, odnosno svojstva kvaliteta dobijenih proizvoda nakon određenog vremena trajanja fermentacije, pored sastava podloge zavisi i od uslova pod kojima se proces odvija, kao što su (*Marić i sar., 1987; Popov, 1998*):

- temperatura fermentacionog medijuma;
- prisustvo i raspodela kiseonika u fermentacionom medijumu;
- pH fermentacionog medijuma;
- mešanje fermentacionog medijuma.

S obzirom na kompleksnost mikrobioloških procesa u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, pored razmatranja navedenih uslova značajno mesto u usmeravanju toka procesa daje i izboru odgovarajuće tehnike fermentacije:

- šaržne
- ciklično-šaržne ili
- kontinualne.

Pri tome, pored jednostepenog postupka proizvodnje kod kog se uz primenu određene tehnike fermentacije, sastav podloge i uslovi sredine jednoznačno definišu, kod predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, s obzirom da se ne radi o jednom proizvodnom mikroorganizmu, već o složenoj proizvodnoj mikroflori koja predstavlja heterogenu zajednicu dve grupe proizvodnih mikroorganizama, treba posebno istaći i mogućnost primene dvo- i višestepnih postupaka kod kojih se tehnika fermentacije, sastav podloge i uslovi sredine mogu definisati posebno za svaki stepen proizvodnje.

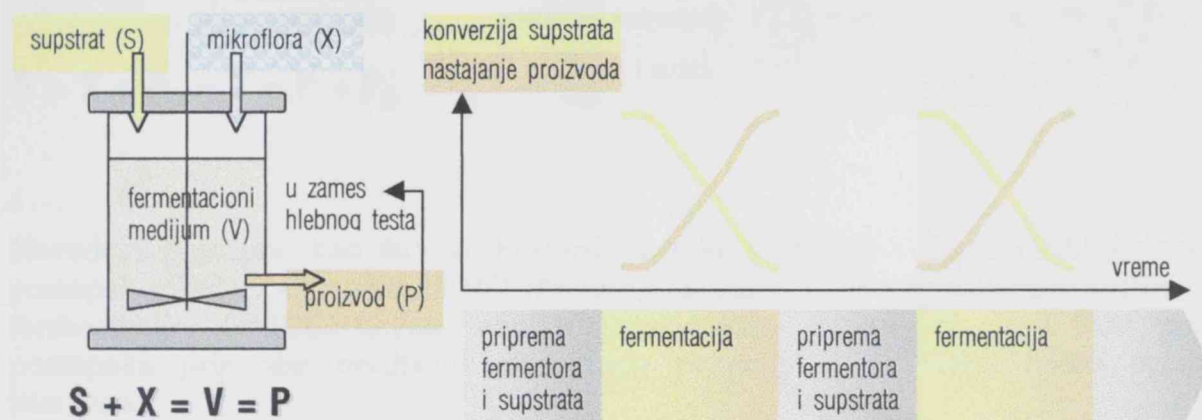
Imajući u vidu značaj navedenih parametara, u nastavku će biti razmotreni preduslovi i iskustva u regulaciji pojedinih parametara u procesima dobijanja predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba.

4.8.1. Tehnika fermentacije

Tradicionalni, vekovni način pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba baziran je na primeni šaržne ili, u unapređenom obliku, ciklično-šaržne tehnike fermentacije.

Klasična proizvodnja hleba po indirektnom postupku, uz zames testa - kvasa direktno od brašna i vode sa ili bez dodatka kvasca i/ili dodatnih sirovina, njegovu fermentaciju u određenom trajanju i primenu dobijenog poluproizvoda- zrelog kvasa za zames hlebnog testa (Kovačević, 1991, 1997), odvija se uz primenu **šaržne tehnike fermentacije**: sve sirovine i proizvodna mikroflora dodaju se u fermentacioni medijum istovremeno, a nakon fermentacije u određenom trajanju kompletna količina dobijenog poluproizvoda koristi se u daljoj preradi (slika 12).

Slika 12 - Šematski prikaz tokova količina supstrata i gotovog proizvoda kod šaržne tehnike fermentacije

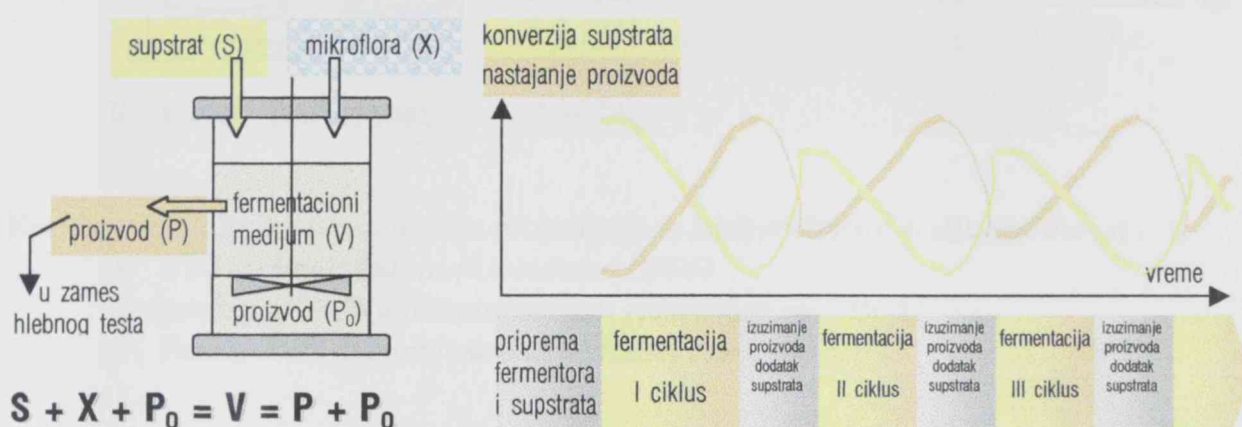


Šaržni, jednostepeni način pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba koristi se i kod brojnih savremenih rešenja za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba:

- postupci pripreme tečnih fermentata razvijeni u SAD, kao što su DoMaker i Amflow postupak (Pylar, 1973);
- postupci proizvodnje predfaza specifičnih namena kao što su acidofilni kvas, vitaminski kvas i sl., uz korišćenje čistih kultura namenski selekcionisanih proizvodnih mikroorganizama razvijeni u zemljama bivšeg Sovjetskog saveza (Bogatireva i Polandova, 1994; Polandova i sar., 1994);
- postupci proizvodnje Berlinskog kratkog kvasa i Detmoldskog jednostepenog kvasa razvijeni u Nemačkoj (Spicher i Stephan, 1997).

U klasičnom načinu proizvodnje hleba po indirektnom postupku proizvodnje ostavljanjem dela poluproizvoda - zrelog kvasa za potrebe korišćenja u zamesu svežeg kvasa za sutrašnju proizvodnju, kod indirektnog postupka u zanatskoj proizvodnji hleba počinje da se primenjuje **ciklično-šaržna tehnika fermentacije**: po završetku fermentacije deo dobijenog poluproizvoda predstavlja deo supstrata u sledećem ciklusu fermentacije, a ostatak se koristi u daljoj preradi (*slika 13*).

Slika 13 - Šematski prikaz tokova količina supstrata i gotovog proizvoda kod ciklično-šaržne tehnike fermentacije

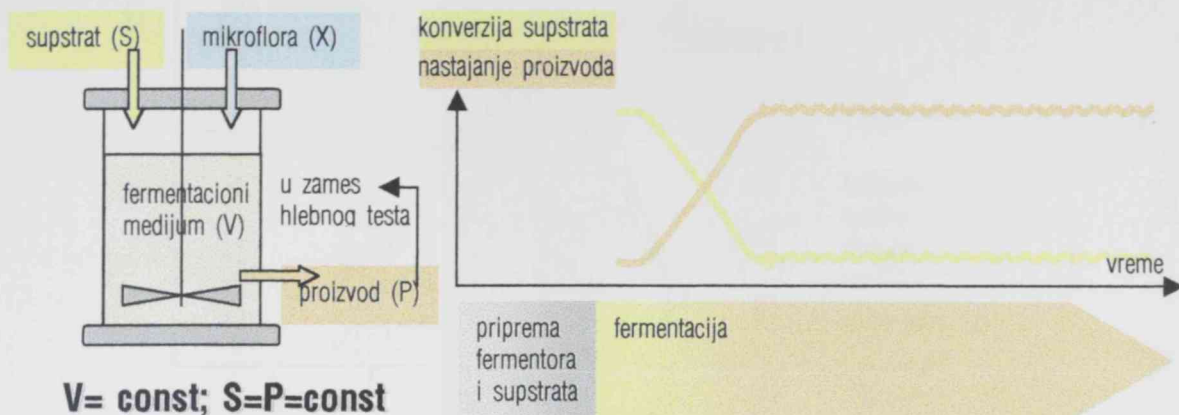


Navedeni postupci, kao što su Berlinski kratki postupak i Detmoldski jednostepeni postupak (*Spicher i Stephan, 1997*), izvode se takođe i uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije. Ciklično-šaržna tehnika fermentacije primenjena je i kod pojedinih postupaka pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba opisanih u literaturi:

- "Iserhäger" postupak (*Olms, 1982*)
- "Schaumsauer" - postupak proizvodnje u peni (*Spicher i Rabe, 1986*)
- Detmoldski trostepeni postupak (*Spicher i Rabe, 1986*)

U savremenom pristupu pripremi predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba mesto je našla i primena **kontinualne tehnike fermentacije** kod koje se kontinualno dovode nove količine inokulisiranog svežeg supstrata jednake količinama fermentisanog poluproizvoda koje se upućuju na dalju preradu (*slika 14*).

Slika 14 - Šematski prikaz tokova količina supstrata i gotovog proizvoda kod kontinualne tehnike fermentacije



Kontinualna tehnika fermentacije primenjuje se kod savremenih sistema kao što su:

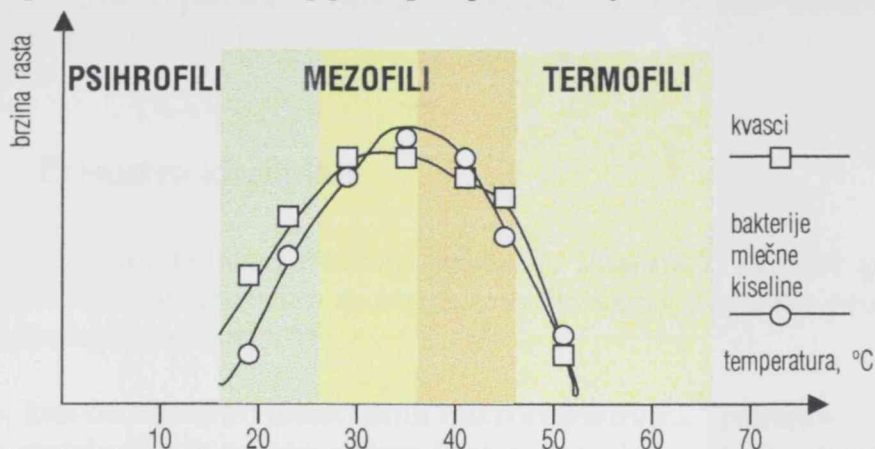
- VNI Reimelt sistem (*Unbehend, 1996*)
- postupak Fa.Wandelnin Bernau (*Härring i sar., 1995*)
- Peach-TUB-Reimelt sistem (*Meuser i sar., 1991*).

4.8.2. Temperatura

Obe grupe proizvodnih mikroorganizama koje učestvuju u fermentacionim procesima predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kvasci i bakterije mlečne kiseline, svrstavaju se u grupu mezofilnih mikroorganizama (*slika 15*). Pored približno istog temperaturnog opsega u kojem je moguće odvijanje životnih aktivnosti ove dve grupe mikroorganizama, obe grupe proizvodnih mikroorganizama karakterišu i približne vrednosti temperaturnih optimuma na kojim im je fermentativna aktivnost najintenzivnija (*Pejin, 1989; Spicher i Stephan, 1997*).

Međutim, istraživanja vezana za uticaj variranja temperature u opsegu u kom se odvija fermentativna aktivnost mikroflore u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, upućuju na mogućnost favorizovanja fermentativne aktivnosti jedne od grupa (kvasaca ili bakterija mlečne kiseline), ili jedne od podgrupa (homo- ili heterofermentativnih bakterija mlečne kiseline) u zavisnosti od primenjene temperature fermentacije.

Slika 15 - Temperaturni opseg i optimum fermentativne aktivnosti proizvodne mikroflora predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba



Uticaj temperature fermentacije na tokove rasta i razmnožavanja mikroflora predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kao i na tokove biohemisjskih transformacija ispitivao je veći broj autora. U nastavku biće istaknuti zaključci o trendovima uticaja temperature na tokove procesa i kvalitet gotovih proizvoda izvedeni na bazi ispitivanja sprovedenih uz primenu predfaza sa pšeničnim brašnom kao sirovinom:

- sa povišenjem temperature u opsegu do 25°C do 35°C raste krajnji kiselinski stepen (*Brümmer, 1991*);
- povišenje temperature supstrata na 35°C i više dovodi do smanjenja intenziteta razvoja gasa (*Brümmer, 1989*);
- kod supstrata sa brašnjima nižeg stepena izmeljavanja, niže temperature (25°C) utiču na blago povećanje udela mlečne kiseline i smanjenje udela sirćetne kiseline; kod integralnog brašna i brašna većeg stepena izmeljavanja ovaj uticaj nije zapažen (*Brümmer, 1989*);
- sa povećanjem temperature fermentacije opada randman proizvoda zbog većih gubitaka tokom fermentacije (*Brümmer i Unbehend, 1997*);
- povišenjem temperature fermentacije sa 25°C na 30°C ostvaruje se povećanje zapremine budućih gotovih proizvoda (*Brümmer i Unbehend, 1997*);
- povišenje temperature sa 25°C na 30°C rezultira boljom obradivošću hlebnog testa (*Brümmer i Unbehend, 1997*)

Ispitivanja uticaja temperature na tokove fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline ukazuju da više temperature (35-40°C, u zavisnosti od vrste) pogoduju rastu i razmnožavanju bakterija, dok nešto niže temperature (30-35°C, u zavisnosti od vrste) pogoduju produkciji većih količina kiselina (*Spicher, 1968*).

Prilikom prihvatanja istaknutih zaključaka vezanih za uticaj temperature na tokove mikroboloških i biohemisjskih procesa u predfazama indirektnog postupka proizvodnje

hleba treba imati u vidu da je njihova ispravnost pouzdana samo u slučaju kombinacije sirovinskog sastava supstrata i ostalih procesnih parametara proizvodnje koji su u pojedinačnim ispitivanjima korišćeni.

4.8.3. Prisustvo kiseonika

U pogledu potrebnih količina i uticaja prisustva kiseonika, zahtevi grupa proizvodnih mikroorganizama karakterističnih za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba se međusobno značajno razlikuju.

Kod kvasca, kao fakultativno anaerobnih mikroorganizama, prisustvo kiseonika rezultira regulacijom metaboličkih puteva putem Pasterovog efekta (*Pejin, 1989*). U slučaju da je koncentracija kiseonika rastvorenog u podlozi dovoljna, favorizuje se rast i razmnožavanje kvasnih ćelija, dok se u odsustvu kiseonika favorizuje odvijanje alkoholne fermentacije.

Metabolizam bakterija mlečne kiseline, kao mikroaerofilnih mikroorganizama, takođe zavisi od količine kiseonika rastvorenog u podlozi (*Spicher i Stephan, 1997*), pri čemu povećanje udela kiseonika rastvorenog u podlozi prvenstveno utiče na odnos fermentativne aktivnosti homo- i heterofermentativnih vrsta, pomerajući ga u korist heterofermentativne fermentacije, odnosno u pravcu nastajanja većih količina sirćetne kiseline (*Röcken, 1996*).

U praksi razvoja, izučavanja i primene različitih postupaka fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, postupci kod kojih se zasićenost podloge rastvorenim kiseonikom reguliše primenom aeracije su relativno malo izučavani, a još manje primenjivani. Međutim, treba istaći istraživanja vezana za proizvodnju predfaza izraženih baktericidnih i fungicidnih svojstava, bogatih sirćetnom kiselinom (*Röcken, 1996*), kao i postupke kod kojih se favorizuje umnožavanje broja kvasnih ćelija u peni koja nastaje zasićavanjem podloge koja sadrži brašno kao sirovinu kiseonikom iz vazduha uz primenu intenzivnog mešanja (*Spicher i Rabe, 1986*).

4.8.4. pH

Prilikom razmatranje pH podloge u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, potrebno je sintetski sagledati dva aspekta. S jedne strane, pH podloge se snižava kao posledica nastajanja kiselina koje su produkti metabolizma proizvodne mikroflora, dok s druge strane pH treba održati u optimalnim ili prihvatljivim granicama kad su u pitanju zahtevi proizvodnih mikroorganizama u pogledu koncentracije vodonikovih jona u podlozi.

Kod klasične proizvodnje hleba po indirektnom postupku, kao i kod savremenih postupaka kod kojih je brašno uključeno kao komponenta podloge, brašno deluje kao pufer koji obezbeđuje da uprkos nastajanju kiselina pH podloge ne padne ispod prihvatljivih granica (Pylar, 1973). Kod postupaka koji ne predviđaju korišćenje brašna kao komponente podloge uobičajno je dodavanje agenasa koji imaju puferujuća svojstva obrađenih pod tačkom 4.7.5.

Postuci kontinualne instrumentalne kontrole pH i regulisanja pH podloge dodavanjem rastvora kiselina, odnosno alkalija u podlogu, kod procesa fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba nisu ni izučavani, ni primenjivani, a ni prihvatljivi s obzirom da se radi o podlozi koja se u celosti ugrađuje u prehrambeni proizvod - hleb.

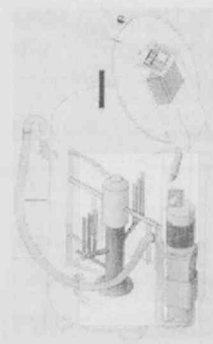
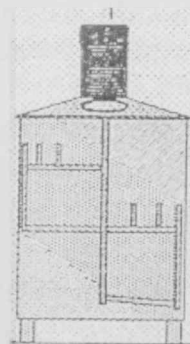
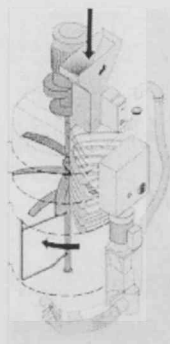
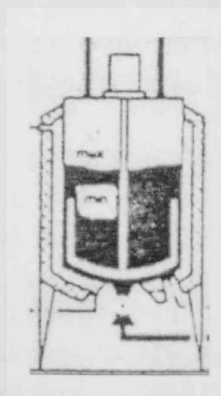
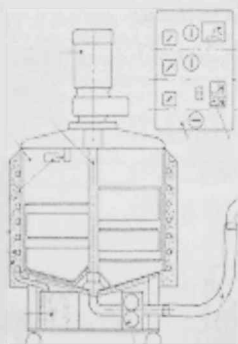
4.8.5. Mešanje fermentacionog medijuma

Problem načina i intenziteta mešanja podloge u procesima pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba postaje aktuelan tek kod izučavanja i osvajanja primene tečnih fermentacionih medijuma. Pri tome, mešanje fermentacionog medijuma, u zavisnosti od sastava, reoloških i uopšte koloidnih svojstava fermentacionog medijuma i primene aeracije usmereno je ka:

- postizanju ravnomernog dispergovanja čestica sastavnih sirovina podloge po zapremini fermentora tokom trajanja fermentacije i sprečavanju taloženja krupnijih čestica sastavnih sirovina podloge ili;
- pospešenju rastvaranja kiseonika u podlozi.

Savremena oprema za proizvodnju tečnih predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kod postupaka kod kojih je to potrebno, predviđa različite sisteme mešanja podloge, od kojih su neki prikazani na slici 16.

Slika 16 - Sistemi za mešanje kod savremene opreme za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba



(Thörmer, 1982;

Pagenstedt, 1983;

Olms, 1988;

Unbehend, 1996;

Spicher, 1997)

4.9. Primena indirektnog postupka proizvodnje hleba

Odnos prednosti i nedostataka indirektnog postupka proizvodnje hleba u realnom okruženju preduslova poslovanja pekarske industrije u različitim delovima sveta rezultira i razlikama u obimu primene indirektnog postupka u odnosu na direktni. Kad je u pitanju proizvodnja pšeničnog hleba, raspoloživost dovoljnih količina kvalitetnog presovanog kvasca, obezbeđena osavremenjavanjem i ekspanzijom industrijske proizvodnje kvasca u periodu posle drugog svetskog rata, je u najvećem delu sveta rezultirala prevagom prednosti organizaciono i vremenski racionalnijeg direktnog postupka nad prednostima indirektnog postupka vezanim za ostvarenje boljeg kvaliteta proizvoda i utrošak manje količine kvasca (Pyler, 1973; Spicher i Stephan, 1997; Kovačević, 1997).

Primena indirektnog postupka proizvodnje hleba je očuvana, delom unapređena, a i dalje se više ili manje osavremenjava u sledećim slučajevima:

- ◆ u proizvodnji ražanog hleba kod kog je adekvatno zakišeljavanje testa, koje se postiže tokom fermentacije predfaza u indirektnom postupku, neophodan preduslov postizanja odgovarajućeg kvaliteta hleba (Huber, 1961; 1963; 1964; 1967; Drews, 1970; Schünemann i Treu, 1993; Apet i Pashuk, 1997);
- ◆ u proizvodnji posebnih specijalnih vrsta proizvoda kod kojih se specifična svojstva proizvoda postižu upravo u okviru indirektnog postupka pripreme testa (Doose, 1985; Doma i sar., 1991; 1992; Boulet, 1996; Rudin i Cambrosio, 1996; Forschino i sar., 1999);
- ◆ u zemljama gde su rezultati naučno-istraživačkog rada, kao i razvoj i unapređenje opreme i postrojenja za mehanizovano-automatizovanu proizvodnju hleba po indirektnom postupku obezbedili potpuno ili delimično prevazilaženje nedostataka indirektnog postupka (Doerry, 1981; Kuzminsky i sar., 1990; Brümmer, 1991; Polandova i sar., 1994; Seifert, 1996);
- ◆ u delovima sveta gde stepen razvoja industrijske proizvodnje kvasca još uvek ne obezbeđuje dovoljne količine kvasca, te je indirektni postupak ostao u primeni zbog manje potrebne količine kvasca.

U okviru daljeg izlaganja biće dat osvrt na raširenost primene i nivo tehnološke razvijenosti postupaka u različitim delovima sveta. Ukratko će biti prikazano stanje u zemljama gde je primena indirektnog postupka na tehnički višem nivou ili u regionima

gde se indirektni postupak šire primenjuje za potrebe proizvodnje posebnih vrsta proizvoda. S obzirom na to da su istraživanja obuhvaćena ovim radom usmerena na optimizaciju indirektnog postupka proizvodnje **pšeničnog** hleba, problematika i stanje u primeni indirektnog postupka u proizvodnji ražanog hleba, iako tretirani u mnogobrojnim istraživanjima u svetu, ovim pregledom neće biti obuhvaćeni. U daljim razmatranjima će biti dokumentovana raznovrsnost mogućnosti primene indirektnog postupka za postizanje specifičnih svojstava specijalnih vrsta proizvoda, kao i pravci razvoja automatizovane opreme namenjene proizvodnji hleba po različitim šemama indirektnog postupka karakterističnim za pojedine regione u svetu. Posebna pažnja biće posvećena razvoju novih pristupa u primeni indirektnog postupka proizvodnje hleba. S druge strane biće prikazano trenutno stanje u pogledu primene indirektnog postupka proizvodnje hleba u pekarstvu naše zemlje.

4.9.1. Primena tradicionalnih indirektnih postupaka u proizvodnji specifičnih proizvoda

Postupci proizvodnje mnogih specifičnih tradicionalnih proizvoda u različitim zemljama sveta baziraju se na različitim šemama pripreme testa po indirektnom postupku, pri čemu biohemijski i mikrobiološki procesi koji se odvijaju u predfazama postupka proizvodnje čine osnovu postizanja senzornih i strukturno-mehaničkih svojstava karakterističnih za pojedine tradicionalne proizvode.

Među tradicionalnim pekarskim proizvodima proizvedenim uz primenu indirektnog postupka proizvodnje ističu se **panetoni** i srodni proizvodi (Colomba, Veneziana) karakteristični za Italiju (*Rudin i Cambrosio, 1996; Forschino i sar., 1999*), **brioši** i **francuski kiseli hleb** karakteristični za Francusku (*Boulet, 1996*), **baladi hleb** karakterističan za Egipat (*Doma i sar., 1991; 1992*) i **Sanfrancisko kiseli hleb** koji se već više od veka po tradicionalnom postupku proizvodi u SAD (*Kline i sar., 1970; Sugihara i sar., 1970; Spicher i Stephan, 1997*).

S obzirom na dugu tradiciju u proizvodnji ovih karakterističnih proizvoda, potražnja za odgovarajućim proizvodima je uslovljena i formiranim tradicijama u navikama potrošača odgovarajućeg podneblja. Stoga je indirektni postupak u proizvodnji ovih, a i sličnih proizvoda duge tradicije u drugim delovima sveta, opstao u primeni uprkos njegovoj dugotrajnosti i velike zahtevnosti u pogledu angažovanja radne snage.

U cilju ilustracije raznovrsnosti sirovinskih sastava i postupaka proizvodnje usmerenih ka dobijanju veoma različitih svojstava navedenih vrsta proizvoda, u *tabeli 11* dat je uporedni prikaz primenjenih postupaka i ciljnih senzornih i strukturno-mehaničkih svojstava ovih proizvoda.

Tabela 11 - Postupci proizvodnje tradicionalnih pekarskih proizvoda kod kojih se karakteristična svojstva ostvaruju primenom indirektnog postupka proizvodnje

	Panetoni Italija (Rudin, 1996)	Pšenični kiseli hleb Francuska (Boulet, 1996)	Baladi hleb Egipat (Doma, 1991)	Sanfrancisko kiseli hleb SAD (Spicher, 1997)
Sirovinski sastav kvasa brašno tečnost dodatne sirovine inokulum konzistencija	tip 400 voda i voćni sok – bakterije iz voća kao hlebno testo	tip 800 voda so, slad spontano malo kvasca prva faza tečna, ostale kao hlebo testo	tip 500–1000 voda – sultani starter (tradicionalni) kao hlebno testo	puno glutena voda – kvas (tradicionalni) kao hlebno testo
Fermentacija kvasa tehnika fermentacije trajanje fermentacije temperatura fermentacije	jednostepena 24–48 h 15–25°C	petostepena 26+24+18+10+12h 26,20,15,15,15°C	jednostepena 4 ili 12 h 32°C	ciklična ciklus 8 h 23–27°C
Proces proizvodnje završna fermentacija trajanje temperatura pečenje trajanje temperatura posebne napomene	4–5 h 30°C 60 minuta 200°C –	3 h 24–26°C 30–40 minuta 230°C –	min 15 min. 32°C 1–5 min 400°C max. meko testo	6–8 h 29–33°C 45–50 minuta 190–200°C obilno doziranje pare
Karakteristike proizvoda	rastresita, vazdušasta, izuzetno nežna sredina, specifičan oblik, izražena aroma na voće	veliki volumen, privlačna, hrskava kora izrazito aromatična sredina kiselog ukusa	pljosnat, okrugao oblik, specifičan ukus i svojstva kore, gotovo bez sredine	ukus izrazito aromatičan, izrazito kiseo, na sirćetnu kiselinu, kora debela

4.9.2. Automatizovana oprema i savremeni procesi za proizvodnju hleba po indirektnom postupku u svetu

U zavisnosti od navika potrošača, asortimana pekarskih proizvoda, strukture sirovinke baze, razvoja pratećih industrija kao što su industrije kvasca, aditiva i dodatnih sirovina, stepena opremljenosti, mehanizovanosti i preovlađujućeg kapaciteta pekarskih pogona, pravci razvoja automatizovanih postrojenja za pripremu predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba teku u različitim smerovima i različitom dinamikom u raznim delovima sveta (*Pagenstedt, 1983*).

U zemljama bivšeg **Sovjetskog Saveza i istočnoj Evropi** razvoj automatizovanih postrojenja za pripremu predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba počinje u periodu pre i nastavlja se nakon drugog svetskog rata (*Polandova i sar., 1988*). Ova postrojenja karakteriše uglavnom veoma veliki kapacitet dimenzionisan da podmiruje potrebe pekara kapaciteta iznad 5000 t hleba/dan (*Polandova i sar., 1994*). Procesi proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba razvijeni tridesetih i četrdesetih godina dvadesetog veka koncipirani su tako da višestepenim postupkom obezbeđuju prvenstveno umnožavanje proizvodne mikroflore - kvasca i/ili bakterija kiselinskog vrenja polazeći od čiste kulture mikroorganizama. U ovoj grupi procesa ističu se (*Polandova i sar., 1988*):

- ◆ "racionalna" šema dobijanja tečnog kvasca razrađena u periodu 1930 do 1935. godine. Ova šema predviđa prvo četvorostepenu proizvodnju zakišeljene komine sa sladovinom i ošećerenim brašnom kao podlogom, na kojoj se u drugoj fazi četvorostepenim postupkom umnožava kvasac;
- ◆ "moskovska" šema dobijanja tečnog kvasca predložena 1945. godine koja predstavlja varijantu "racionalne" šeme u kojoj je uključeno razblaživanje zakišeljene komine dobijene u prvoj fazi hladnom vodom;
- ◆ "džambulovska" šema dobijanja tečnog kvasca predviđa šaržno umnožavanje kvasca u prvoj fazi i korišćenje jedne varijante dolivnog postupka za umnožavanje kvasca na podlozi sa ošećerenim brašnom u drugoj fazi;
- ◆ "rostovska" šema dobijanja tečnog kvasca, razvijena 1940 godine po kojoj se umnožavanje kvasca obavlja na podlozi od ošećerenog brašna sa ekstraktom hmelja u toku trostepenog procesa.

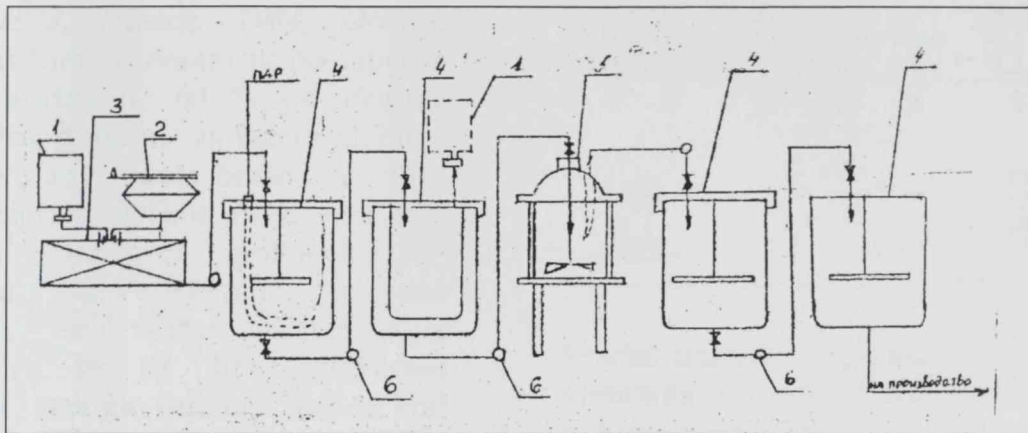
U novije vreme dalje se razvijaju šeme za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba po kojima se pored rasta i razvoja mikroflore ostvaruju i specifična svojstva dobijenih poluproizvoda - kvasova, sa posebnim namenama kao što su (*Bogatireva i Polandova, 1994*):

- ◆ kompleksni kvas i acidofilni kvas sa baktericidnim i fungicidnim svojstvima koji kao proizvodne mikroorganizme sadrže čiste kulture sojeva pekarskog kvasca i određenih vrsta bakterija mlečne kiseline;
- ◆ propionski kvas sa sojevima bakterija propionske kiseline kao proizvodnim mikroorganizmima i izraženim baktericidnim i fungicidnim svojstvima;

- ♦ vitaminski kvas sa vrstama kvasaca koje produkuju veće količine vitamina, posebno karotenoida, kao proizvodnim mikroorganizmima.

Za proizvodnju tečnog kvasca, odnosno kvasova različitih namena razrađena su aparativno-tehnološka rešenja koja, u različitim kombinacijama zavisnim od proizvodne šeme za koju se primenjuju i kapaciteta postrojenja, obuhvataju jedinice opreme koje obezbeđuju automatizovano odvijanje procesa. Primer jednog od ovakvih postrojenja prikazan je šematski na slici 17.

Slika 17 - Aparativno-tehnološka šema za dobijanje kompleksnog kvasa na ošecerenoj kuvanoj podlozi koja se primenjuje u Rusiji (Bogatireva i Polandova, 1994)



- 1 – sud za merenje količine vode; 2 – dozator sipkih komponenti;
3 – mašina za kuvanje; 4 – sudovi za mešanje;
5 – homogenizator; 6 – pumpni agregati

U Rusiji se devedesetih godina ovog veka oko 30 % od ukupne mase hleba proizvodi uz primenu tečnog kvasa kao izvora kvasca (Bogatireva i Polandova, 1994).

U SAD, potreba prevazilaženja nedostataka indirektnog postupka vezanih za veće potrebe u radnoj snazi, opremi i prostoru, je početkom pedesetih godina rezultirala otpočinjanjem razvoja kontinualnih automatizovanih postrojenja i postupaka koji će obezbediti prevazilaženje navedenih nedostataka, a kvalitet hleba približiti onom koji se ostvaruje primenom indirektnog postupka sa klasičnim načinom rada (Pyler, 1973; Doerry, 1986).

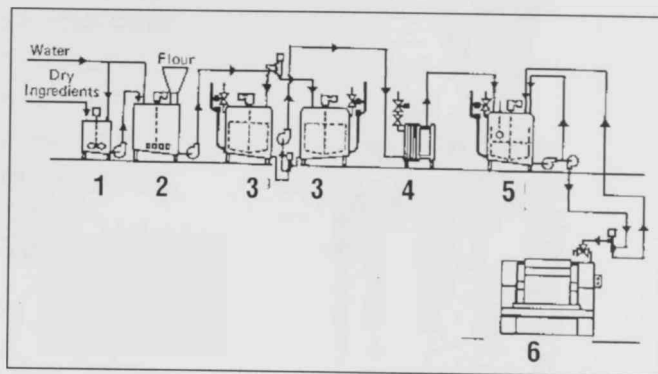
Prvi kontinualni sistemi za proizvodnju predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba obuhvatali su proizvodnju tečnog predfermenta u čiji sirovinski sastav su uključeni kvasac, hrana za kvasac, puferi, slad, šećer, mleko u prahu, so i oksidansi, u različitim odnosima u zavisnosti od primenjene recepture, dok brašno nije bilo predviđeno kao jedna od komponenti predfermenta (Euverard, 1967; Bothwick, 1971; Urhig, 1975). Izostavljanje brašna iz sastava predfermenta rezultira nizom prednosti, kao što su povoljnija reološka svojstva, manje štete u slučaju otkaza u proizvodnji, manje dimenzije

postrojenja i nepostojanje gubitaka u suvoj materiji brašna (Pylar, 1973), ali se primenom ovakvih postupaka ne postižu efekti indirektnog postupka proizvodnje vezani za poboljšanje strukturno-mehaničkih i senzornih svojstava hleba (Bayfield i sar., 1962; Kulp i sar., 1985). Uprkos tome, sedamdesetih godina u SAD, 70 do 80 % belog hleba proizvodilo se uz primenu ovakvih postupaka (Doerry, 1986).

Sledeći korak u razvoju kontinualnih automatizovanih sistema, na kom se radilo u SAD tokom sedamdesetih godina, bio je uvođenje brašna u sastav fermentacionog medijuma pred faza indirektnog postupka proizvodnje hleba (Pylar, 1973; Alesch, 1984; Doerry, 1986). Pri tome razvijani su postupci sa udelima brašna do 60 % od ukupne mase brašna potrebne za zames hlebnog testa. Povećanje udela brašna rezultira nepovoljnijim reološkim svojstvima koja otežavaju transport poluproizvoda, problemima u održavanju higijene postrojenja i većim dimenzijama postrojenja, te su šire prihvaćeni postupci sa manjim udelima brašna kod kojih se dobijaju tečni poluproizvodi - tečni kvasovi (Martinez-Anaya i sar., 1984; Kulp i Doerry, 1985). Tečni kvasovi dobijeni šaržnim ili kontinualnim postupkom se danas u SAD koriste u mnogim pekarama za dobijanje različitih pekarskih proizvoda, a u proizvodnji hleba primenjuje ih oko 50 % američkih pekara (Doerry, 1981; Kulp, 1986).

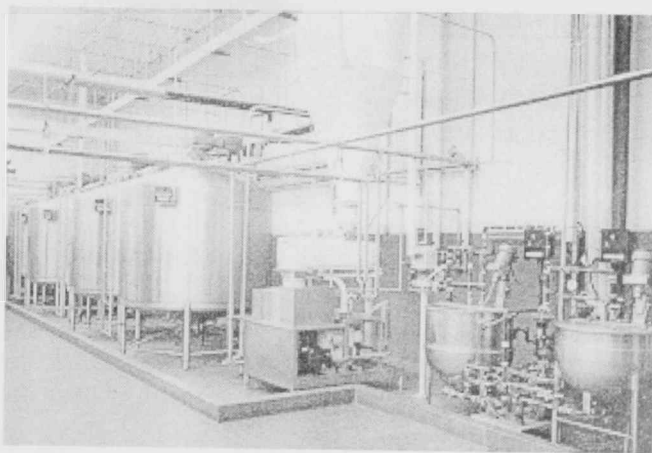
Za proizvodnju hleba po indirektnom postupku uz primenu tečnih fermentata američkim pekarama stoji na raspolaganju bogat izbor jedinica opreme i brojna rešenja postrojenja. Primer tipične linije koja se u SAD koristi za proizvodnju hleba uz primenu tečnog predfermenta sa ili bez brašna prikazan je na slici 18. Na slici 19 prikazan je izgled postrojenja u jednoj od pekara.

Slika 18 - Linija za proizvodnju hleba uz primenu tečnog predfermenta ili kvasa u SAD (Kulp, 1986)



1—mešač sastojaka; 2—rezervoar za mešenje;
3—fermentor; 4—izmenjivač toplote; 5—rezervoar
za čuvanje u pothlađenom stanju 6—mesilica

Slika 19 - Postrojenje za proizvodnju predfermenta u jednoj pekari u SAD (Pylar, 1973)



U zemljama **zapadne Evrope** automatizovana postrojenja za pripremu predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba dosta dugo nisu bila prihvaćena, već se indirektni postupak proizvodnje hleba sprovodio uz primenu tradicionalne tehnologije (*Brümmer, 1991*). No, prvenstveno s obzirom na široku primenu indirektnog postupka u ovim zemljama u proizvodnji ražanog hleba, početkom sedamdesetih godina pojavila su se prva jednostavnija postrojenja za automatizovanu pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, uglavnom manjeg kapaciteta.

Prva postrojenja dizajnirana od strane nemačkog proizvođača "**Thörmer Co.**" (*slika 20*) pojavila su se na tržištu sedamdesetih godina ovog veka (*Thörmer, 1982, 1989*).

Tokom sedamdesetih godina ponuda automatizovanih postrojenja za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba proširena je proizvodima i usavršenim postupcima nemačke firme "**Isernhäger Landkost Menge & Co**" (*Olms, 1982*).

Početkom osamdesetih godina javlja se ponuda sličnih postrojenja i od strane drugih zapadnoevropskih proizvođača kao što su "**Ismar**" (*slika 21*), "**DHW**", "**Mertes**", "**Profermenta**", "**Hematronic**" i drugi. Ponuda opreme uglavnom obuhvata šaržne fermentore manjeg kapaciteta, ali sa ugrađenim mogućnostima potpuno automatskog vođenja procesa i regulacije procesnih parametara proizvodnje.

Pekari u zemljama zapadne Evrope danas pridaju veliki značaj dobijanju ujednačenog, visokog kvaliteta poluproizvoda u indirektnom postupku proizvodnje kako ražanog, tako i pšeničnog hleba (*Seibel i Brümmer, 1991*). Stoga je nabavka automatizovanih postrojenja za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u ovom delu sveta u ekspanziji (*Brümmer, 1991*).

Slika 20 - Automatizovani uređaj za pripremu predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba- Thörmer Co.



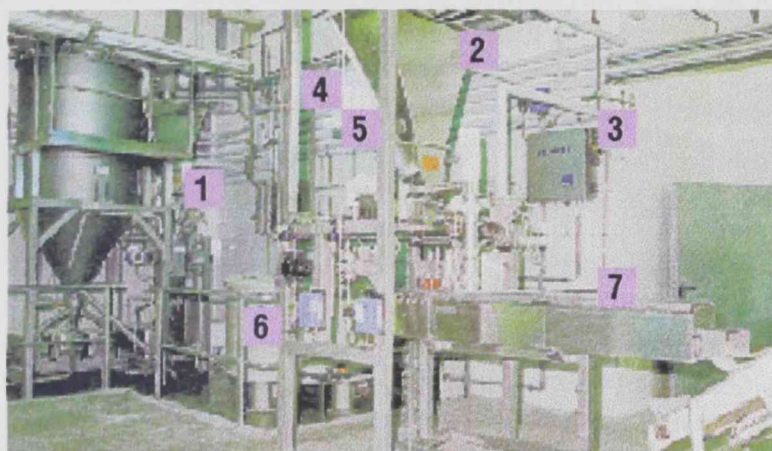
Slika 21 - Automatizovani uređaj za pripremu predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba- Ismar



Pored opisanih diskontinualnih postrojenja manjeg kapaciteta, u zapadnoj Evropi su razvijane i kontinualne linije za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, koje su namenjene opsluživanju pekarskih pogona većeg kapaciteta (*Foramitti, 1982; Vollmar i Meuser, 1991; Meuser i sar., 1991; Häring i sar., 1995; Unbehend, 1996; Seifert, 1996*).

Najrasprostranjenije u praksi je postrojenje austrijskog proizvođača VNI Reimelt, koje je patentirano u 15 zemlja sveta (*Brümmer, 1991*). Ovo postrojenje prikazano je na slici 22.

Slika 22 - Kontinualna linija za proizvodnju hleba uz primenu indirektnog postupka - VNI Reimelt



- 1-fermentacioni sistem;
- 2,3-sistem za manipulaciju sirovinama;
- 4-sistem za doziranje rastvora soli;
- 5-predmešač;
- 6-rezervoar rastvora soli;
- 7-kontinualni mikser;

Primena opisanih postrojenja rasprostranjenih u zemljama zapadne Evrope usmerena je, s obzirom na strukturu asortimana hleba u ovim zemljama, najvećim delom za proizvodnju ražanog hleba uz primenu indirektnog postupka. Međutim, u toku poslednje decenije i u ovim zemljama sve veća pažnja se posvećuje revitalizaciji indirektnog postupka za proizvodnju pšeničnog hleba (*Brümmer, 1987; 1988; 1989*). Mnogobrojni postupci, razvijeni primarno za potrebe prerade ražanog brašna, primenjivi su uglavnom i za proizvodnju pšeničnog hleba (*Spicher i Stephan, 1997*). Pri tome najviše su primenjivani sledeći postupci (*Meuser, 1983; Brümmer, 1996; Spicher i Stephan, 1997*):

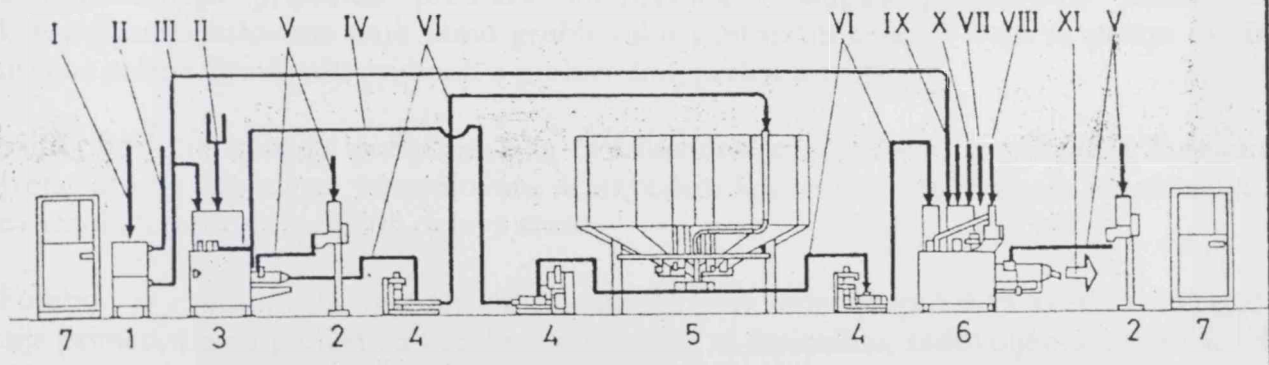
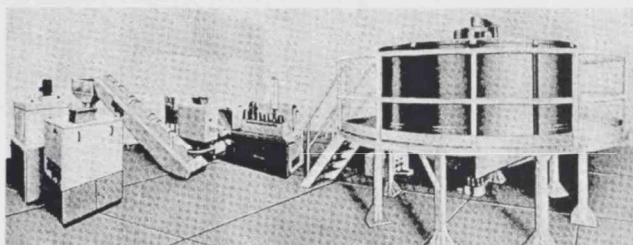
- ♦ "berlinski" kratki postupak kod kog se kratkotrajnom jednostepenom fermentacijom u trajanju od 4 h, uz primenu nešto više temperature (35°C) dobija poluproizvod sa kiselinskim stepenom oko 10, sa udelom brašna 45 % na masu brašna za zames;
- ♦ "detmoldski" jednostepeni postupak kod kog se dugotrajnijom fermentacijom u toku 20 h, pri nižoj temperaturi (20-28°C) dobija poluproizvod sa udelom brašna 35 % na masu brašna za zames hlebnog testa i kiselinskim stepenom oko 15;

- ◆ trostepeni postupak, kod koga se 50 % brašna tretira u toku fermentacije predfaza, na temperaturi 25 do 30 °C uz ostvarenje kiselinskog stepena 10 do 15;
- ◆ postupak sa slanim kiselim testom ("Salzsauer") kojim se uz korišćenje trećine od ukupne količine brašna za 24 h dobija poluproizvod kiselinskog stepena od 15 do 20 uz regulisanje temperature od 35 do 20 °C;
- ◆ "Isernhäger" postupak koji predviđa fermentaciju 48 h, uz održavanje temperature na 27 °C do maksimalnog zakišeljavanja (kiselinski stepen do 30) fermentacionog medijuma koji sadrži petinu od ukupne količine brašna.

Za postupke proizvodnje koji se primenjuju u zapadnoj Evropi, a posebno u Nemačkoj, i pored značajnih razlika u primenjenoj tehnici fermentacije, radnoj temperaturi i trajanju procesa, zajedničko je da su dizajnirani tako da se, pri datim uslovima, ostvari maksimalno mogući stepen zakišeljavanja. Ovakav trend razumljiv je kad se uzme u obzir značaj zakišeljavanja testa u proizvodnji ražanog hleba za koju su ovi postupci prvenstveno razvijani.

Pored navedenih postrojenja, treba pomenuti i liniju za kontinualni zames testa **mađarskog** proizvođača "Elgep". Ova linija je, za razliku od ostalih, namenjena kontinualnoj proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba konzistencije hlebnog testa ili nešto mekših, a kontrola procesnih parametara nije u tolikom stepenu obezbeđena kao kod postrojenja kod kojih se proizvodnja obavlja na tečnim medijumima (Elgep, 1980). Šematski prikaz ovog postrojenja dat je na slici 23.

Slika 23 - Linija za kontinualni zames testa po indirektnom postupku - Elgep



1-sud za suspendovanje kvasca; 2-dozator za brašno; 3-agregat za proizvodnju kvasa; 4-pumpa za kvas;
5-fermentor za kvas; 6-agregat za mešenje; 7-komandni ormani
I-kvasac; II-voda; III-suspenzija kvasca; IV-povratno vođenje kvasa; V-brašno; VI-kvas; VII-rastvor soli;
VIII-askorbinska kiselina; IX-dodatak za pečenje; X-pasta od starog hleba; XI-testo

Novija razmatranja pravaca razvoja automatizovanih postrojenja za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba prezentovana od strane eminentnih stručnjaka za ovu oblast (*Brümmer, 1991*) daju pregled performansi koje treba da zadovolji savremeno automatizovano postrojenje za pripremu predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba:

- automatsko odmeravanje i manipulacija sirovinama: vodom, mlinskim proizvodima i drugim sastojcima;
- kompjutersko programiranje vremena fermentacije, temperature fermentacije i prinosa testa;
- ugrađene mešalice sa mogućnošću podešavanja brzine mešanja i uređaji za usitnjavanje grubih komponenti ukoliko su potrebni;
- ugrađen sistem za održavanje temperature - razmenjivači toplote i/ili rashladni sistemi sa mogućnošću vremenskog programiranja ili automatskog reagovanja u zavisnosti od merenih vrednosti pokazatelja toka procesa;
- pumpni sistemi za pražnjenje posude fermentora, sa mogućnošću kontrolisanog izuzimanja određenog dela ili kompletnog sadržaja fermentora;
- jednostavno održavanje, pranje i sterilizacija;
- ugrađena merna tehnika za praćenje temperature fermentacionog medijuma, pH i, po mogućnosti, kiselinskog stepena;
- mogućnost kontinualnog registrovanja merenih vrednosti navedenih pokazatelja toka procesa;
- ugrađeni sistemi za aeraciju filtriranim vazduhom, ukoliko je to predviđeno.

Neka od automatizovanih postrojenja i postupaka u svetu nabrojane zahteve ispunjavaju u potpunosti, a neka samo delimično.

Treba istaći da izneti pregled postupaka i postrojenja razvijenih za potrebe automatizovane pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba pod kontrolisanim uslovima daje samo grubu sliku postojećih rešenja koja sa manje ili više uspeha nalaze širu ili užu primenu u proizvodnoj praksi u svetu.

Veliki broj postupaka i postrojenja za ovu namenu je patentiran u različitim zemljama sveta. Mnogi patenti su prezentovani ili navedeni kao osnov sprovedenih istraživanja u naučnoj literaturi iz različitih delova sveta.

Posebno je značajno da ni jedan od postupaka koje citira raspoloživa svetska literatura nije primeren u potpunosti, a veći broj postupaka ni delimično, zadovoljenju kompleksnih zahteva postavljenih kao ciljnih pri optimizaciji indirektnog postupka proizvodnje hleba u pravcima prezentovanim ovim radom.

4.9.3. Noviji pravci razvoja primene predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

Novija istraživanja i pravci razvoja proizvodnje i primene predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, pored permanentnog rada na unapređenju postojećih postupaka i postrojenja, teku uglavnom u dva pravca:

- ◆ industrijska proizvodnja stabilizovanih gotovih proizvoda namenjenih povećanju stabilnosti procesa i daljoj racionalizaciji proizvodnje u pekarskim pogonima;
- ◆ razrada kontrolisanih uslova proizvodnje koji obezbeđuju dobijanje poluproizvoda indirektnog postupka proizvodnje hleba kod kojih su, ili potencirane pojedine poznate prednosti ovog postupka, ili dolaze do izražaja alternativni efekti njihove primene.

Iako automatizovani postupci kod kojih se predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba sprovode pod kontrolisanim uslovima u mnogome doprinose prevazilaženju nedostataka ovog postupka i njegovoj revitalizaciji u proizvodnji hleba, značajna pažnja se i dalje usmerava na iznalaženje optimalnih mogućnosti za prevazilaženje pojava koje mogu uticati na smanjenje i neujednačenost kvaliteta gotovih proizvoda kao što su:

- ◆ subjektivne greške i otkazi opreme u pekarama (*Uleer, 1990*);
- ◆ nestabilnost mikrobioloških procesa u predfazama indirektnog postupka (*Böcker i sar., 1990; Brügemann i Meuser, 1991; Dieckmann i Seifert, 1992*);

U tom pravcu razvijeni su različiti oblici stabilizovanih gotovih proizvoda, kao što su:

- ◆ starter kulture sastavljene od selekcionisanih sojeva mikroorganizama putem čije primene se obezbeđuje dirigovano vođenje fermentacionih procesa u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba (*Böcker i sar., 1995*), kao i stabilnost dobijenih poluproizvoda u toku dužeg vremenskog perioda (*Weustink, 1989*), bez obzira da li se proizvodnja sprovodi uz primenu automatizovane opreme ili na tradicionalan način;
- ◆ stabilizovane industrijski proizvedene predfaze - kvas ili kiselo testo, u osušenom ili tečnom obliku (*Brümmer i Stephan, 1986; Spicher, 1987; 1989*) koje se, u cilju ostvarenja efekata indirektnog postupka, mogu nabaviti na tržištu i jednostavno dozirati prilikom zamesa hlebnog testa;
- ◆ gotove smeše koje pored ostalih komponenti sadrže i osušeno kiselo testo ili kvas, a u koje je u cilju dobijanja hlebnog testa potrebno samo dodati preporučenu količinu i vrstu tečnosti i zamesiti hlebno testo (*Brümmer i Stephan, 1986; Spicher, 1987; 1989*).

Ovi proizvodi u mnogome smanjuju mogućnost grešaka u radu i doprinose maksimalnoj racionalizaciji ostvarenja dela prednosti proizvodnje hleba po indirektnom postupku, ali treba istaći i njihove nedostatke. Kao prvo, prilikom primene procesa sušenja deo aktivnosti mikroflore, kao i deo isparljivih komponenata iz proizvoda se gubi. Stoga se u savremenim istraživanjima velika pažnja poklanja mogućnostima očuvanja vitalnosti mikroflore u procesu sušenja (*Bolduan, 1991*), kao i mogućnostima smanjenja gubitaka isparljivih sastojaka, kao što je sirćetna kiselina (*Röcken i sar., 1992*). Pored toga, cena ovih proizvoda koja uključuje troškove sušenja, pakovanja, ambalaže i distribucije, u svakom slučaju utiče na povećanje proizvodne cene gotovih pekarskih proizvoda.

U okviru savremenih istraživanja velika pažnja se posvećuje i pratećim efektima koji se mogu postići pažljivim namenskim usmeravanjem procesa fermentacije u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Jedan od efekata koji se potencira usmerenim, kontrolisanim postupkom proizvodnje u predfazama indirektnog postupka je baktericidno i fungicidno delovanje u gotovim pekarskim proizvodima, koje se ostvaruje povećanjem sadržaja i podešavanjem strukture kiselina koje poseduju ova svojstva. Ovi efekti postižu se:

- ◆ primenom posebno selekcionisanih sojeva mikroorganizama - bakterija sirćetne i/ili propionske kiseline koje proizvode veće količine ovih sastojaka (*Bogatireva i Polandova, 1994; Polandova i sar., 1994*)
- ◆ podešavanjem sastava podloge i procesnih parametara proizvodnje predfaza, kao što su udeo brašna, tehnika fermentacije, temperatura i trajanje fermentacije u smeru maksimalne produkcije ovih sastojaka (*Röcken, 1996*);
- ◆ obogaćenje sastava podloge materijama koje pogoduju povećanoj produkciji kiselina, prvenstveno akceptorima vodonika (*Röcken, 1996*).

Velika pažnja posvećuje se i mogućnostima povećanja nutritivne vrednosti gotovih pekarskih proizvoda putem primene namenski proizvedenih predfaza u indirektnom postupku proizvodnje hleba. U tom smislu radi se na:

- ◆ proizvodnji hleba i peciva obogaćenih vitaminom D namenjenih anemičnim osobama i osobama koje su pretrpele posledice radioaktivnog zračenja, uz primenu posebno selekcionisanih kvasaca koji proizvode veće količine karotenoida u predfazama indirektnog postupka (*Bogatireva i Polandova, 1994; Polandova i sar., 1994*);
- ◆ očuvanju sadržaja tiamina u pekarskim proizvodima tokom postupka proizvodnje dirigovanim vođenjem predfaza indirektnog postupka (*Ternes i Freund, 1988*);
- ◆ smanjenju sadržaja fitinske kiseline putem dirigovanog vođenja procesa proizvodnje predfaza u indirektnom postupku, u cilju povećanja raspoloživosti mineralnih materija, posebno kod pekarskih proizvoda bogatih mineralima i balastnim materijama, kao što su hleb od celog zrna, hleb sa mekinjama i sl. (*Lonkhuisen i Genderen, 1984*).

Kao jedna od mogućnosti primene indirektnog postupka, ispituje se i primenjuje uključivanje starog hleba u sirovinski sastav predfaza indirektnog postupka (*Meuser i sar., 1987; Olms, 1988; Brümmer, 1989; Spicher i Rabe, 1990*).

4.9.4. Primena indirektnog postupka u Jugoslaviji

U periodu posle drugog svetskog rata osnovni strateški cilj koji se postavio pred pekarsku proizvodnju u našoj zemlji predstavljalo je obezbeđenje dovoljnih količina hleba za ishranu celokupnog stanovništva. Neophodnost ovakvog strateškog opredeljanja u razvoju pekarstva u posleratnom periodu rezultirala je izgradnjom i opremanjem industrijskih pekara velikog kapaciteta u gotovo svakom većem mestu naše zemlje (*Beleslin i sar., 1975; 1980; Kaluđerski i sar., 1989; Stanimirović, 1989*), kao i nametanjem tehnoloških rešenja u procesu proizvodnje koja vode maksimalno racionalnom skraćenju trajanja proizvodnje, prvenstveno uvođenju intenzivnog zamesa u pripremu testa (*Bowe, 1984; Chamberlain, 1984*).

Izgradnju velikih proizvodnih kapaciteta u pekarskoj industriji pratilo je širenje proizvodnih kapaciteta i uvođenje savremenih postupaka u industriji kvasca, te je za potrebe pekara obezbeđena raspoloživost dovoljnih količina presovanog kvasca odgovarajućeg kvaliteta (*Borković i sar., 1980; Filipović i sar., 1994*).

Veća izraženost nedostataka indirektnog postupka proizvodnje hleba u pekarama velikog kapaciteta (tabela 3) vezana za njegovu veću zahtevnost u pogledu opreme, prostora i radne snage uz istovremeno obezbeđenje preduslova za primenu direktnog postupka vezano za veći utrošak kvasca, doveli su do gotovo potpunog potiskivanja primene indirektnog postupka iz pekara na području Jugoslavije.

Uporedo sa zamiranjem primene indirektnog postupka proizvodnje hleba u privredi u našoj zemlji, javljao je i naučni rad u ovoj oblasti. Shodno tome, u domaćoj literaturi, izuzev relativno zastarelih podataka vezanih za efekte primene indirektnog postupka (*Šenborn, 1963*), principe i značaj indirektnog postupka u proizvodnji hleba (*Kovačević i sar., 1985*) i relativno šturih podataka koji se mogu naći u opšte-stručnoj literaturi (*Kovačević, 1991; Kovačević, 1997*), u toku poslednjih decenija gotovo da i nema publikovanih saopštenja vezanih za ovu problematiku.

Napori ka prevazilaženju nedostataka koji su se prestankom primene indirektnog postupka proizvodnje hleba javili u pogledu senzornih i strukturnih svojstava hleba (*Beleslin i Bojat, 1974*) u našoj zemlji usmereni su u drugim pravcima, kao što je korišćenje dodatnih sirovina i aditiva u cilju poboljšanja arome hleba (*Bojat i Beleslin, 1979*) ili prestrukturiranje proizvodnih kapaciteta i asortimana proizvoda (*Vukobratović, 1994*).

U toku poslednjih godina u jugoslovenskim pekarama zabeleženi su pokušaji revitalizacije indirektnog postupka proizvodnje hleba. Kao motivacioni faktori za revitalizaciju indirektnog postupka proizvodnje hleba u našoj zemlji mogu se istaći:

- ◆ u postojećim, većinom društvenim pekarama većeg kapaciteta potreba ostvarenja ušteta u kvascu u cilju rasterećenja proizvodne cene hleba koja se često teško uklapa u administrativno diktirane, uglavnom niske cene hleba (*Dozet i Psodorov, 1993*);
- ◆ u novootvorenim, većinom privatnim savremenim pekarama zanatskog tipa želja za ostvarenjem što višeg nivoa kvaliteta hleba u cilju osvajanja tržišta i podizanja obima proizvodnje (*Mastilović i Psodorov, 1999*).

Podaci upoređenja prosečne ocene kvaliteta hleba iz jugoslovenskih pekara proizvedenog uz primenu indirektnog postupka sa prosečnom ocenom kvaliteta hleba iz jugoslovenskih pekara u kojim se primenjuje direktni postupak dati su u tabeli 12.

Tabela 12 - Prosečni kvalitet hleba iz jugoslovenskih pekara proizvedenog po indirektnom i direktnom postupku *

Pokazatelj	koeficijent važnosti	Postupak proizvodnje hleba			
		direktni		indirektni	
		ocena	broj bodova	ocena	broj bodova
Kiselinski stepen Volumen		1.6 2970		2.3 3435	
Ocena za volumen	4	4.9	19.7	5.0	20.0
Izgled kore	3	3.9	11.6	4.0	12.0
Izgled sredine	5	3.5	17.5	4.0	19.8
Miris kore i sredine	3	4.1	12.2	4.4	13.2
Ukus kore i sredine	5	4.0	19.9	4.3	21.4
UKUPNO BODOVA:		80.9		86.4	

*višegodišnji podaci ispitivanja hleba u laboratoriji
Zavoda za tehnologiju žita i brašna, Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu

Evidentno preimućstvo u kvalitetu hleba proizvedenog po indirektnom postupku, posebno u pogledu zapremine, izgleda sredine, kao i ukusa i mirisa kore i sredine, nameće razmišljanje o revitalizaciji indirektnog postupka u sve većem broju pekara. Međutim, pogotovo u pekarama velikog kapaciteta uz primenu klasičnog načina rada, indirektni postupak prvenstveno zbog prostornih, investicionih i organizacionih razloga ne uspeva da zaživi.

Iako su tehnolozi i vlasnici pekara upućeni u činjenicu da se na svetskom tržištu pekarske opreme nudi veliki izbor različite opreme i postrojenja koji obezbeđuju mogućnost automatskog vođenja predfaza koje predviđa indirektni postupak pripreme testa, u pekarama SR Jugoslavije (pa i bivše SFRJ) nikad nije nabavljeno, ni zaživelo ni jedno automatizovano savremeno postrojenje za potrebe primene u proizvodnji hleba po indirektnom postupku. Razloge za to treba tražiti prvenstveno u:

- ◆ velikoj ceni uvoznih postrojenja praćenih "know-how" tehnologijama vođenja predfaza pripreme testa po indirektnom postupku;
- ◆ nedovoljnoj informisanosti u pogledu podataka potrebnih za optimalni izbor postrojenja ili postupka iz raznovrsne ponude inostranih proizvođača;
- ◆ usmerenosti postupaka stranih proizvođača ka ostvarenju optimalnog kvaliteta hleba ili drugih pekarskih proizvoda primereno ukusu potrošača u zemljama porekla opreme;
- ◆ primerenosti postupaka sirovinskoj bazi zemlje proizvođača opreme;
- ◆ usklađenosti opreme sa kapacitetima, specifikacijama i stanjem opreme u pekarama zemlje proizvođača.

Ovakvo stanje u primeni i raspoloženju prema primeni indirektnog postupka u jugoslovenskim pekarama upućuje na postojanje prostora, pa i neophodnosti iniciranja naučno-istraživačkog i stručnog rada, kao i razvoja, projektovanja i proizvodnje opreme u pravcu obezbeđenja preduslova za revitalizaciju indirektnog postupka proizvodnje u pekarama naše zemlje.

Istrživanja koja čine podlogu ove disertacije, kao i deo objavljenih rezultata (*Dozet i sar., 1995; 1996; Popov i sar., 1996; Dozet i sar., 1998; Mastilović i sar., 1998*) predstavljaju prvi pokušaj da se i u našoj zemlji razvije ovakav postupak i postrojenje.

EKSPERIMENTALNI DEO

5.1

U ovom delu opisani su eksperimentalni postupci i rezultati istraživanja. Podaci su prikazani u tabelama i grafcima. Rezultati su u skladu sa teorijskim predviđanjima.

5.2

U ovom delu opisani su eksperimentalni postupci i rezultati istraživanja. Podaci su prikazani u tabelama i grafcima. Rezultati su u skladu sa teorijskim predviđanjima.

U ovom delu opisani su eksperimentalni postupci i rezultati istraživanja. Podaci su prikazani u tabelama i grafcima. Rezultati su u skladu sa teorijskim predviđanjima.

U ovom delu opisani su eksperimentalni postupci i rezultati istraživanja. Podaci su prikazani u tabelama i grafcima. Rezultati su u skladu sa teorijskim predviđanjima.

U ovom delu opisani su eksperimentalni postupci i rezultati istraživanja. Podaci su prikazani u tabelama i grafcima. Rezultati su u skladu sa teorijskim predviđanjima.

U ovom delu opisani su eksperimentalni postupci i rezultati istraživanja. Podaci su prikazani u tabelama i grafcima. Rezultati su u skladu sa teorijskim predviđanjima.

U ovom delu opisani su eksperimentalni postupci i rezultati istraživanja. Podaci su prikazani u tabelama i grafcima. Rezultati su u skladu sa teorijskim predviđanjima.

5. MATERIJAL I METODI

5.1. Materijal

Istraživanja su sprovedena isključivo uz korišćenje sirovina domaćeg porekla u cilju obezbeđenja stalne sirovinke baze u budućoj primeni razvijenog postupka, kao i njegovu potpunu nezavisnost od uvoza.

5.1.1. Brašno

Istraživanja su sprovedena na većem broju homogenizovanih uzoraka pšeničnog brašna tip 500 proizvedenih u jugoslovenskim mlinovima. Brašna su poticala od pšenica žetvi od 1991. do 1997. godine. Shodno kvalitetu pšenice u toku navedenih godina (*Dozet i sar., 1996; 1996a; 1997; Matković i sar., 1997*), za brašna korišćena u okviru ispitivanja zajednička karakteristika je relativno nizak sadržaj vlažnog glutena, uglavnom male rastegljivosti, što ova brašna svrstava u grupu "slabih" brašna kakva uglavnom i jesu na raspolaganju pekarima u našoj zemlji (*Šimurina i sar., 1997*). Praćenje trendova u kvalitetu pšenice u našoj zemlji ukazuje da su slična svojstva kvaliteta karakterisala i brašna od pšenice narednih žetvi (*Mastilović i sar., 1998; 1999*). Brašna su se međusobno značajnije razlikovala gotovo isključivo u pogledu aktivnosti enzimskog kompleksa.

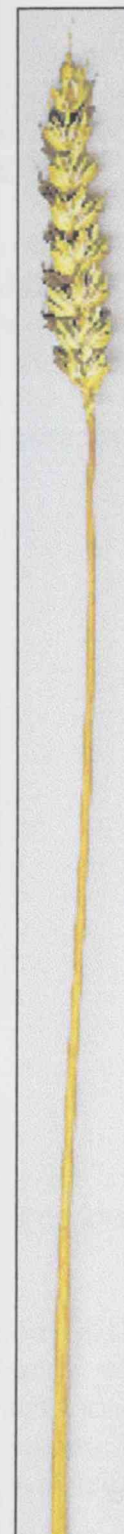
S obzirom da su brašna korišćena u ispitivanju bila približnog kvaliteta, u cilju prikazivanja opsega kvaliteta brašna sa kojim su vršena ispitivanja, u *tabeli 13* date su minimalne i maksimalne vrednosti pojedinih pokazatelja kvaliteta brašna.

Za većinu pokazatelja intervali variranja su veoma uski, što je značajno s obzirom da ukazuje na to da razlike u kvalitetu brašna nisu mogle biti izvor variranja krajnjih rezultata dobijenih u eksperimentima izvedenim uz korišćenje različitih uzoraka brašna. Ova konstatacija potvrđuje uporedivost rezultata variranja ostalih parametara čiji uticaj je ispitivan u okviru eksperimenata izvedenih uz korišćenje pojedinih uzoraka brašna.

Praktično jedini parametar koji se kreće u širem intervalu u zavisnosti od karakteristika pšenice u godini iz koje je brašno poticalo je amilolitička aktivnost brašna iskazana preko maksimalnog viskoziteta po amilografu. Stoga će u slučajevima kada je korišćeno amilolitički aktivnije brašno u razmatranjima rezultata to posebno biti istaknuto.

Tabela 13- Opseg variranja pokazatelja kvaliteta uzoraka brašna korišćenih za ispitivanje

Pokazatelj	minimalna vrednost	maksimalna vrednost
Sadržaj vlage, %	13,3	14,7
Sadržaj pepela, % na s.m.	0,50	0,60
Sadržaj proteina, % na s.m.	10,4	11,3
Kiselinski stepen	1,8	2,0
Sadržaj vlažnog glutena, %	22,0	26,0
FARINOGRAM		
Moć upijanja vode, %	54,8	57,4
Razvoj, min	1,5	2,0
Stabilitet, min	0,5	1,0
Stepen omekšanja, FJ	65	85
Kvalitetni broj	55,1	63,5
Kvalitetna grupa	B1	B1
EKSTENZOGRAM		
Energija, cm ²	67	91
Otpor (o), EJ	340	430
Rastegljivost (r), mm	111	140
Odnosni broj o/r	2,55	3,87
AMILOGRAM		
Maksimalni viskozitet, AJ	235	820





5.1.2. Proizvodni mikroorganizmi

5.1.2.1. Pekarski kvasac

Za potrebe ispitivanja korišćen je komercijalni formovani pekarski kvasac oba značajna domaća proizvođača - "Fermina" iz Senta i "Vrenja" iz Beograda, prihvatljivog i približno istog kvaliteta utvrđenog na bazi vremena dizanja testa po *JUS E.M8.020*.

Opseg variranja rezultata dobijenih merenjem vremena dizanja testa za uzorke kvasca korišćene u ispitivanju prikazan je u *tabeli 14*. Prikazani rezultati potvrđuju da je kvasac korišćen za ispitivanja bio približnog kvaliteta, odnosno da ni među uzorcima poreklom od istog proizvođača, ni među proizvođačima nije bilo značajnih odstupanja u kvalitetu.

Tabela 14 - Opseg variranja vremena dizanja testa uzoraka kvasca korišćenih za ispitivanje

Proizvođač		Vreme dizanja testa (<i>JUS E.M8.020/58</i>)	Proizvođač	
 Senta			 Beograd	
min	max		min	max
33	44	I vreme, min	31	42
9	10	II vreme, min	9	10
7	10	III vreme, min	7	9
49	64	Ukupno vreme, min:	47	61

5.1.2.2. Pivski kvasac

Ispitivanja širih mogućnosti primene optimiziranog postupka sprovedena su i uz korišćenje pivskog kvasca poreklom iz pivare Čelarevo. Za ispitivanja je korišćen kvasac ne stariji od 4 generacije, koji nije skladišten duže od 7 dana.

Sadržaj suve materije kvasca bio je 10 do 15 %. Kvasac dopremljen iz pivare podvrgnut je ispitivanju vremena dizanja testa po *JUS-u E.M8.020*. Činjenica da ni uz korišćenje većih udela kvasca testo nije dostizalo visinu zadatu metodom, potvrdila je da pivski kvasac direktno uzet iz pivare, bez prethodne revitalizacije i prilagođavanja na brašno kao podlogu i uslove proizvodnje u pekarama, ne može biti primenjen u savremenim tehnološkim postupcima proizvodnje hleba odgovarajućeg kvaliteta.

5.1.2.3. Bakterije mlečne kiseline

Iniciranje mlečnokiselinske fermentacije obavljano je spontano, aktivacijom bakterija mlečne kiseline prisutnih u brašnu. Određivanjem broja bakterija mlečne kiseline u brašnu utvrđeno je da je u uzorcima brašna korišćenog za ispitivanje bilo od $1,5 \cdot 10^3$ do $2,0 \cdot 10^3$ bakterija mlečne kiseline po gramu brašna.

Korišćenje preparata starter kultura ili čistih sojeva bakterija mlečne kiseline planom eksperimenta nije bilo predviđeno iz sledećih razloga:

- ◆ u našoj zemlji ne postoji proizvođač starter kultura bakterija mlečne kiseline;
- ◆ preparati bakterija mlečne kiseline stranih proizvođača namenjeni pekarstvu nisu prisutni na domaćem tržištu;
- ◆ cena hleba u našoj zemlji ne daje prostora da se u nju ugradi i cena koštanja preparata bakterija mlečne kiseline.
- ◆ jugoslovenske pekare nisu opremljene, ni kadrovski osposobljene za čuvanje, propagaciju i primenu kultura čistih sojeva bakterija mlečne kiseline.

U slučaju širenja primene indirektnog postupka proizvodnje hleba u našoj zemlji, primena starter kultura bakterija mlečne kiseline može biti obrađena kao nadogradnja rezultatima i rešenjima ostvarenim u ovom radu.

5.1.3. Voda

U toku sprovedenih ispitivanja korišćena je direktno vodovodska voda. Posebni postupci pripreme ili sterilizacije vode nisu primenjeni s obzirom da su eksperimenti sprovedeni pod realnim nesterilnim uslovima kakvi se sa aspekta rentabilnosti procesa mogu primeniti i u pekarama.

5.1.4. Dodatne sirovine

Dodatne sirovine uključene u ispitivanja usmerena ka optimizaciji procesa pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba korišćene su sa ciljem obezbeđenja optimalnih količina fermentabilnih izvora ugljenika i izvora azota, mikroelemenata i biogenih elemenata za proizvodnu mikrofloru. Kriterijumi za izbor dodatnih sirovina bili su njihova raspoloživost na domaćem tržištu i njihovo poreklo isključivo od prirodnih sirovina. Kao fermentabilni izvori ugljenih hidrata korišćeni su saharoza i sladni ekstrakt, dok su kao izvori mikro- i biogenih elemenata ispitani sladni ekstrakt kao sirovina dvostruke namene i sirova pšenična klica.

5.1.4.1. Saharoza

Saharoza je korišćena u obliku konzumnog, belog, kristal šećera kao sirovine najšire dostupnosti na tržištu.

5.1.4.2. Sladni ekstrakt

Za ispitivanje je korišćen upareni sladni ekstrakt, proizvod Bečejske pivare, prisutan na tržištu pod komercijalnim nazivom "MALTEX" (slika 24). Trenutni proizvodni kapaciteti ove sirovine u našoj zemlji nisu veliki, ali u slučaju obezbeđenja veće, rentabilne potrošnje, pivare mogu da obezbede praktično neograničene količine ovog proizvoda.

Slika 24 - Upareni sladni ekstrakt
"MALTEX"



Sirovina za proizvodnju "MALTEXA" je ječmeni slad. "MALTEX" je gust sirup, tamno smeđe boje, na nižim temperaturama gotovo čvrste konzistencije, a pri povišenim temperaturama polutečan.

Prema deklaraciji proizvođača, "MALTEX" karakteriše sadržaj suve materije od 80 do 82 %, od toga šećera do 65 %, proteina 5 do 6 %, mineralnih materija oko 1,6 %, vitamina oko 30 mg/kg.

5.1.4.3. Sirova pšenična klica

U ispitivanjima je korišćena sirova pšenična klica stepena čistoće predviđenog za klicu namenjenu ljudskoj ishrani (Sl.list SRJ 52/95). Sirova pšenična klica (slika 25) javlja se kao sporedni, za sada nedovoljno iskorišćen proizvod mlinarstva. Proizvodni kapaciteti mlinova u našoj zemlji mogu godišnje da obezbede oko 15.000 t ovog proizvoda. To je proizvod blede žute boje u obliku ljuspica, sipkave konzistencije. U sirovom stanju ima najveću nutritivnu vrednost, ali je njena trajnost, zbog visokog sadržaja masnih komponenti, relativno ograničena.

Slika 25 - Sirova pšenična klica



5.1.4.4. Ostale sirovine

Pored navedenih sirovina, koje su korišćene tokom optimizacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, za potrebe probnih pečenja korišćeni su kuhinjska so, askorbinska kiselina, biljna mast i kompleksni aditivi odgovarajućeg kvaliteta uobičajnog na domaćem tržištu.

Kao antipenušavac korišćeno je jestivo suncokretovo ulje.

5.2. Aparatura

Za potrebe laboratorijskih ispitivanja u zavisnosti od potreba regulacije procesnih parametara definisanih planom eksperimenata, korišćena je sledeća aparatura:

- a) za potrebe ispitivanja koja su uključivala potrebu regulacije brzine aeracije i/ili brzine mešanja korišćeni su laboratorijski fermentori švajcarskog proizvođača CHEMAP, Mannedorf, tipovi CBC 50 i PEC sličnih performansi, ali različiti po zapremini;
- b) za potrebe ispitivanja koja su sprovedena bez aeracije (u anaerobnim uslovima) korišćena je improvizovana laboratorijska aparatura sačinjena od staklenih balona odgovarajuće zapremine uz regulaciju temperature primenom laboratorijskog mikrobiološkog termostata.

5.2.1. Laboratorijski fermentor CHEMAP CBC-50

Laboratorijski fermentor CHEMAP CBC-50 (*slika 26*) je složen sistem koji omogućava kompjutersko vođenje fermentacije. Proces je moguće voditi preko računara ili preko OPC jedinice. Računar je povezan sa komandnim ormanom fermentora. Za vođenje i regulaciju procesa odgovoran je softverski paket ALCOM koji funkcioniše pod operativnim sistemom VENIX. Ovaj program omogućuje:

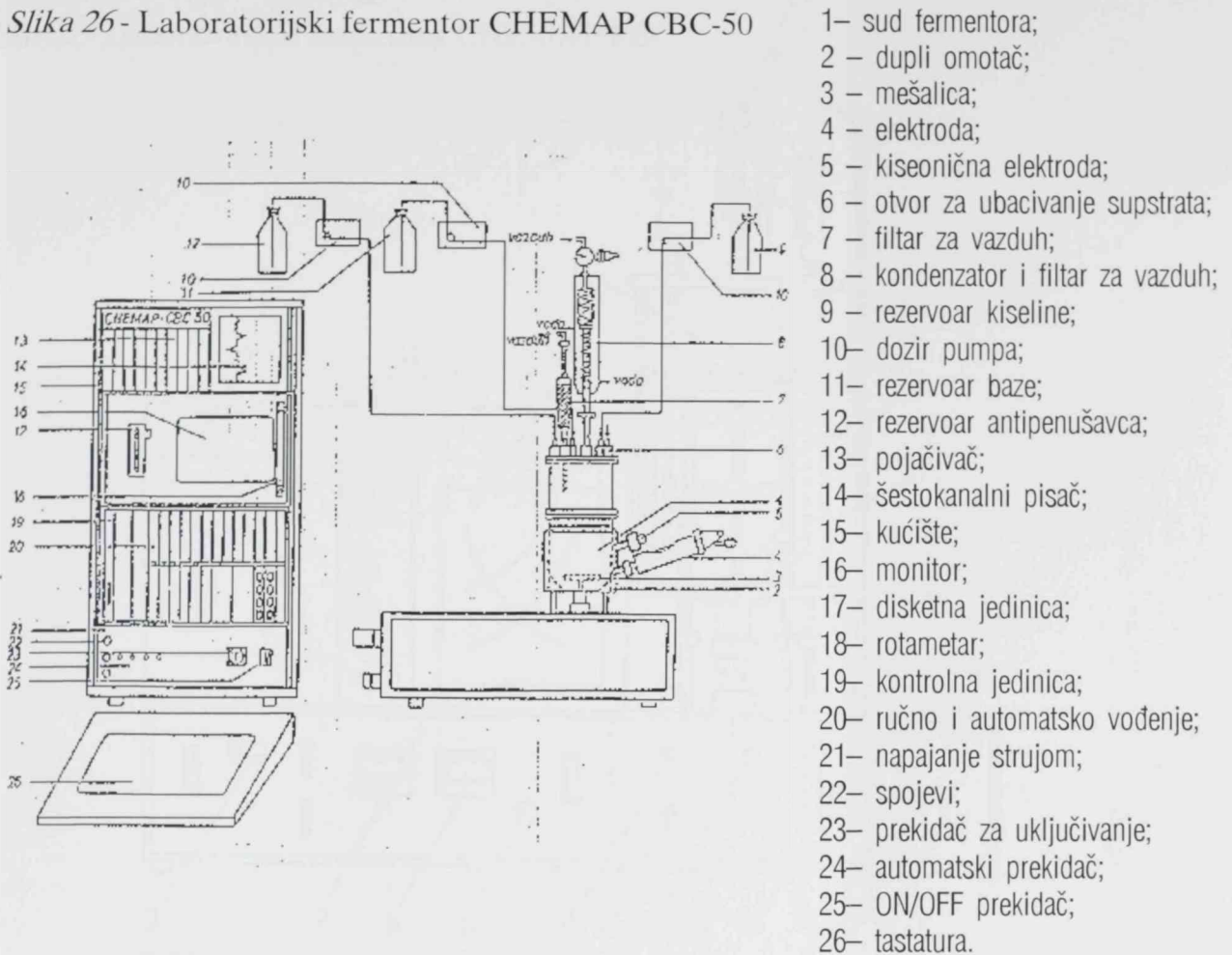
- ◆ programiranje celokupnog upravljanja procesom;
- ◆ pisanje programa u ALCOM jeziku;
- ◆ memorisanje podataka tokom procesa u odgovarajuće baze podataka, njihovo kasnije pretraživanje i statističku analizu.

Fermentor karakteriše radna zapremina od 7 l. Merno-regulaciona tehnika fermentora omogućava merenje i regulaciju sledećih veličina:

- ◆ temperatura;
- ◆ pH;
- ◆ brzina mešanja.

Brzina aeracije može se regulisti, a količina rastvorenog kiseonika se može samo meriti ali se ne reguliše.

Slika 26- Laboratorijski fermentor CHEMAP CBC-50



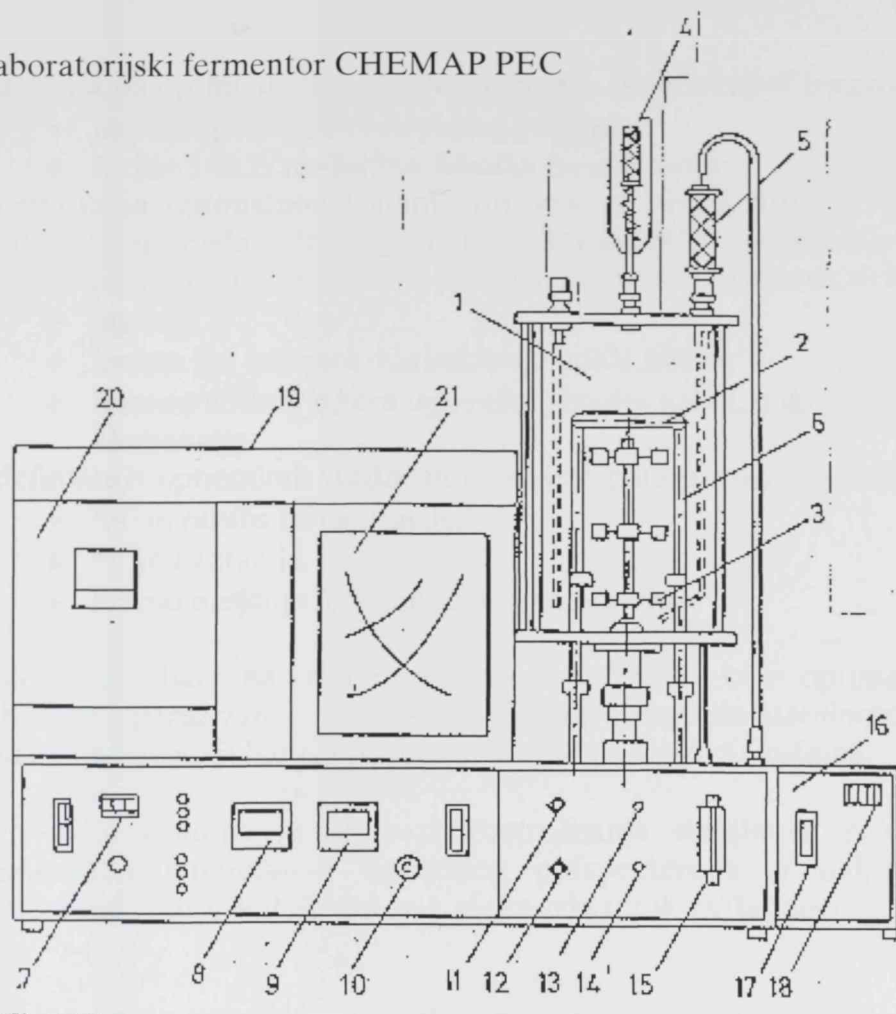
5.2.2. Laboratorijski fermentor CHEMAP PEC

Laboratorijski fermentor CHEMAP PEC (slika 27) karakteriše radna zapremina od 15 l. Ovaj fermentor snabdeven je sa dve turbinske mešalice na jednoj osovini. Posuda fermentora je od stakla, a mešalica, dno, vrh, grejna cev, priključci i cevovodi su od hrom-nikl čelika. Kod ovog bioreaktora mogu se kontrolisati sledeće veličine:

- ◆ broj obrtaja mešalice;
- ◆ protok vazduha;
- ◆ temperatura;
- ◆ pH;
- ◆ visina nivoa u posudi.

Rastvoreni kiseonik može se samo meriti, bez mogućnosti regulacije.

Slika 27 - Laboratorijski fermentor CHEMAP PEC



- | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 1- sud fermentora; | 8 - pokazivač temperature; | 15- rotametar; |
| 2 - grejna cev; | 9 - pokazivač broja obrtaja; | 16- regulaciona vaga; |
| 3 - mešalica; | 10- podešavanje broja obrtaja; | 17- prekidač; |
| 4 - kondenzator i filter za vazduh; | 11- ručni ventil za ulaz vode; | 18- programator; |
| 5 - filter za ulazni vazduh; | 12- ručni ventil za ulaz pare; | 19- komandna tabla; |
| 6 - cev za aeraciju; | 13- merni ventil za temperaturu; | 20- pH blok; |
| 7 - programator temperature; | 14- merni ventil za kondenzator; | 21- pisac. |

5.3. Plan eksperimenta

Plan eksperimenta, šematski prikazan na slici 28, projektovan je u skladu sa savremenim principima planiranja eksperimenata (Hadživuković, 1977), tako da obezbedi optimizaciju procesa u pogledu:

- a) definisanja optimalne tehnike fermentacije obuhvatajući ispitivanja:
 - ◆ jednostepenog i dvostepenog postupka;
 - ◆ šaržne i ciklično-šaržne tehnike fermentacije;
- b) definisanja optimalnog trajanja procesa za prvi i drugi stepen proizvodnje, odnosno optimalnog trajanja ciklusa u slučaju primene ciklično-šaržne tehnike;
- c) definisanja optimalnog sastava podloge u pogledu prisustva, vrste i udela:
 - ◆ brašna;
 - ◆ kvasca (sa težnjom minimizacije udela kvasca);
 - ◆ fermentabilnih izvora ugljenika i izvora azota, mikro- i biogenih elemenata;
- d) definisanja optimalnih vrednosti procesnih parametara proizvodnje uključujući:
 - ◆ temperaturu fermentacije;
 - ◆ brzinu aeracije;
 - ◆ brzinu mešanja fermentacionog medijuma.

Proces, koji je na bazi navedenih ispitivanja ocenjen kao optimalan sa aspekta postavljenih ciljeva istraživanja, dodatno je ispitan u pogledu stabilnosti, prilagođenosti dinamici rada u proizvodnji hleba i primenjivosti za alternativna rešenja.

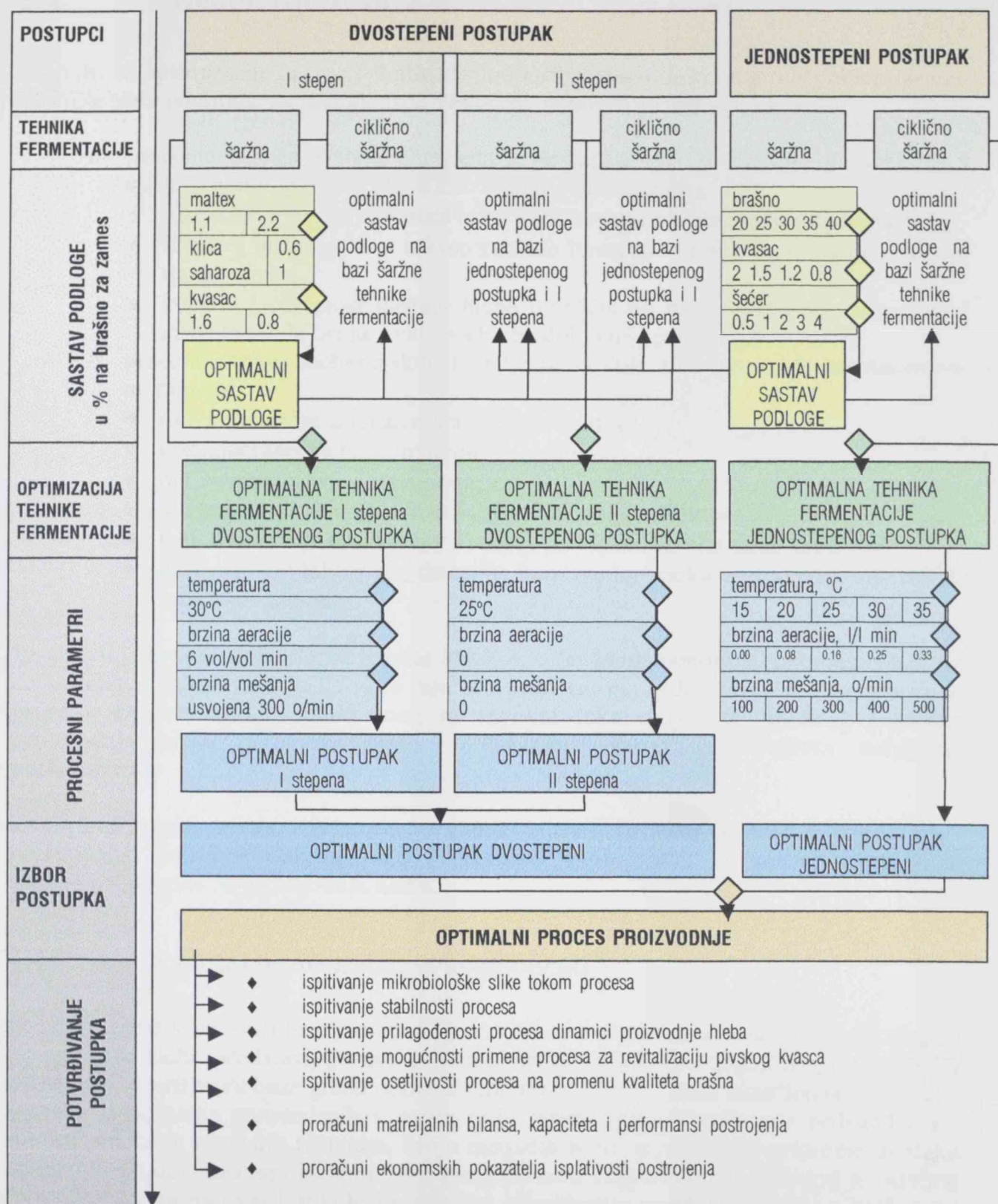
Stabilnost procesa ispitana je na bazi kontrolisanja stabilnosti pokazatelja sastava podloge, pokazatelja ponašanja dobijenog poluproizvoda u daljem tehnološkom postupku, kao i stalnosti kvaliteta gotovih proizvoda u toku višednevnog perioda primene procesa.

Istovremeno izvedena su ispitivanja prilagođenosti procesa dinamici rada u proizvodnji hleba utvrđivanjem mogućnosti čuvanja dobijenog poluproizvoda u zavisnosti od uslova čuvanja. Ispitivane su promene pokazatelja hemijskog sastava, pokazatelja ponašanja u daljem tehnološkom postupku i pokazatelji kvaliteta hleba kao gotovog proizvoda, pri čuvanju u toku višesatne pauze, karakteristične za dinamiku proizvodnje hleba u pekarama, pri različitim uslovima skladištenja.

Konačno, optimizovani proces ispitan je u pogledu mogućnosti primene za revitalizaciju pivskog kvasca kao nekonvencionalnog, alternativnog izvora kvasaca kao proizvodnih mikroorganizama.

S obzirom na brojnost mogućih kombinacija sirovina, sirovinskih sastava podloge, tehnike fermentacije i procesnih parametara proizvodnje, veliku pažnju je bilo neophodno posvetiti definisanju kombinacija ovih parametara koje će obezbediti maksimalno racionalnu šemu eksperimenta. Izbor kombinacija zasnovan je na maksimalnoj primeni postojećih raspoloživih saznanja i usmeren na ostvarenje preduslova za donošenje najverodostojnijih zaključaka vezanih za ostvarenje ciljeva postavljenih u ovom radu. Vrednosti i kombinacije navedenih parametara pod kojima je vršeno ispitivanje prikazane su na šemi datoj na slici 28.

Slika 28 - Šematski prikaz plana eksperimenta



5.4. Metodi ispitivanja

Za potrebe optimizacije procesa obuhvaćenih predfazama indirektnog postupka pripreme hlebnog testa odabrane su metode ispitivanja čiji rezultati su primenjivi za:

- a) praćenje uticaja sklopa parametara postupka koji se ispituje na svojstva i kvalitet hlebnog testa i hleba kao finalnog proizvoda:
 - ◆ tok razvoja gasa u hlebnom testu registrovan uz primenu fermentografa;
 - ◆ svojstva hlebnog testa tokom završne fermentacije registrovana uz primenu maturografa;
 - ◆ kvalitet i održivost svežine hleba utvrđeni na bazi zapremine, senzorne i instrumentale ocene kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem.
- b) praćenje toka biohemijskih i mikrobioloških procesa u fermentacionom medijumu:
 - ◆ sadržaj maltoze u fermentacionom medijumu;
 - ◆ kiselinski stepen fermentacionog medijuma ;
 - ◆ pH fermentacionog medijuma;
- c) utvrđivanje reoloških svojstava fermentacionog medijuma:
 - ◆ napon smicanja i relativni viskozitet pri različitim brzinama smicanja;
 - ◆ indeks toka i faktor konzistencije kao izvedeni pokazatelji karakteristični za reološke sisteme.

Broja ćelija kvasaca i bakterija mlečne kiseline u fermentacionom medijumu, s obzirom da sagledavanje mikrobiološke slike nije bio primarni cilj rada, određivan je samo kod procesa definisanog kao optimalnog sa aspekta toka daljeg tehnološkog postupka proizvodnje hleba, kvaliteta hleba i stabilnosti sastava i kvaliteta dobijenog poluproizvoda.

Za optimizovani proces izvršen je proračun bilansa sirovina, proračun kapaciteta i performansi potrebne opreme, kao i proračun ekonomskih pokazatelja isplativosti ugradnje u pogone za proizvodnju hleba.

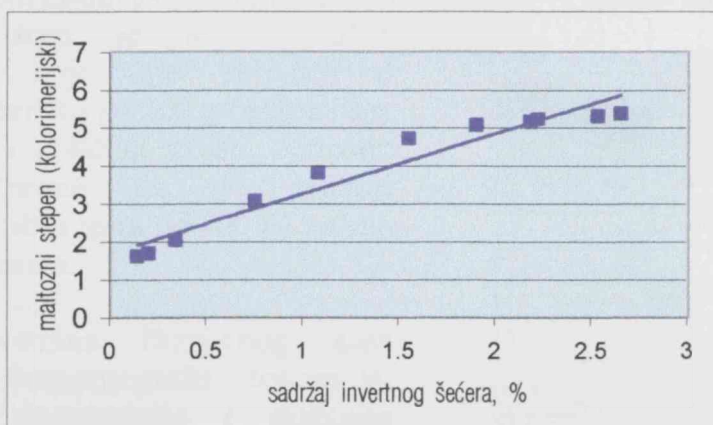
5.4.1. Sadržaj fermentabilnih komponenti

Fermentabilne komponente supstrata koji se koriste u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba predstavljaju mono- i disaharidi, koji, pored toga, imaju zajedničku osobinu da u prisustvu baze grade obojena jedinjenja. Ova osobina iskorišćena je da se za potrebe istraživanja sprovedenih u ovom radu razvije metod ispitivanja prilagođen po preciznosti, ceni, značenju rezultata, broju mogućih ispitivanja i brzini pripreme uzoraka za ispitivanje dinamici ispitivanja predviđenoj planom eksperimenata. Metod je razvijen modifikovanjem metoda fotokolorimetrijskog određivanja sadržaja maltoze u brašnu po Berliner-u i Schmidt-u (*Kaluđerski i Filipović, 1998*). Postupak je sledeći: odmeri se 25g

uzorka, doda se 25g destilovane vode i izvrši se zakišeljavanje u cilju prekidanja mikroboloških i biohemijskih procesa sa 3 do 4 kapi koncentrovane sumporne kiseline. Sadržaj se promućka i filtrira preko naboranog filter-papira. Od bistrog rastvora se uzme 15ml i kuva se sa 5ml 1N rastvora NaOH. Šećeri iz rastvora tokom zagrevanja u prisustvu NaOH grade melanoidna jedinjenja koja rastvor boje u žutu ili mrku boju. Intenzitet obojenja zavisi od sadržaja šećera i ovim metodom se određuje fotometrijski. Na osnovu apsorpcije očitane na Langeovom fotokolorimetru iz tablice se očitava pokazatelj koji ukazuje na nivo sadržaja fermentabilnih komponenti u supstratu (u brašnu sadržaj šećera izražen kao maltoza). S obzirom da se ovim metodom rezultati dobijaju indirektno, putem merenja fotokolorimetrijskih karakteristika rastvora uz korišćenje tablice odnosa apsorpcije i sadržaja maltoze razrađene za potrebe određivanja sadržaja maltoze u brašnu, dobijeni rezultati se ne mogu iskazati kao vrednosti sadržaja maltoze, već samo kao pokazatelj toka kretanja sadržaja fermentabilnih komponenti u supstratu tokom fermentacije. Za označavanje na ovaj način određenog pokazatelja udela fermentabilnih komponenti u podlozi u ovom radu usvojen je naziv "**maltozni stepen**".

U cilju obezbeđenja pravilnog tumačenja dobijenih rezultata, na većem broju uzoraka izvršeno je upoređenje rezultata dobijenih ovim metodom sa rezultatima dobijenim na istim uzorcima primenom daleko složenijeg, ali i pouzdanijeg metoda za određivanje invert šećera po Luff Schorlu (*Kaluđerski i Filipović, 1998*). Dobijeni rezultati su obrađeni statistički, pri čemu je među rezultatima dobijenim jednim i drugim metodom utvrđen visok koeficijent korelacije od 0,97, koji ukazuje na čvrstu pravolinijsku vezu rezultata. Regresiona prava i rasipanje rezultata dobijenih eksperimentalno u odnosu na računске vrednosti prikazani su na *slici 29*.

Slika 29 - Odnos rezultata određivanja sadržaja šećera metodom po Luff- Schorlu i fotokolorimetrijskog određivanja maltoznog stepena



Vezu između rezultata dobijenih fotokolorimetrijskim metodom sa rezultatima dobijenim metodom po Luff-Schorlu, na osnovu izvršene statističke obrade daje sledeća jednačina:

$$\text{SADRŽAJ INVERTNOG ŠEĆERA} = 0,6 \cdot \text{MALTOZNI STEPEN} - 0,93$$

5.4.2. Kiselinski stepen

Kiselinski stepen određivan je direktnom titracijom 10 g uzorka sa 0,1 N rastvorom NaOH uz dodatak 2 do 3 kapi fenolftaleina kao indikatora do pojave ruižičaste boje stabilne najmanje 30 sekundi, u skladu sa metodikom koja je za potrebe određivanja kiselinskog stepena predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba usvojena u svetu (*Polandova i sar., 1988; Spicher i Stephan, 1997*).

Kiselinski stepen definsan je kao broj mililitara 0,1 N rastvora NaOH potrebnog za neutralizaciju kiselih sastojaka u 10 g uzorka.

5.4.3. pH

Na pH metru tip MA-5737, proizvođač "Iskra", Slovenija meren je pH direktno u uzorku uzetom iz fermentora.

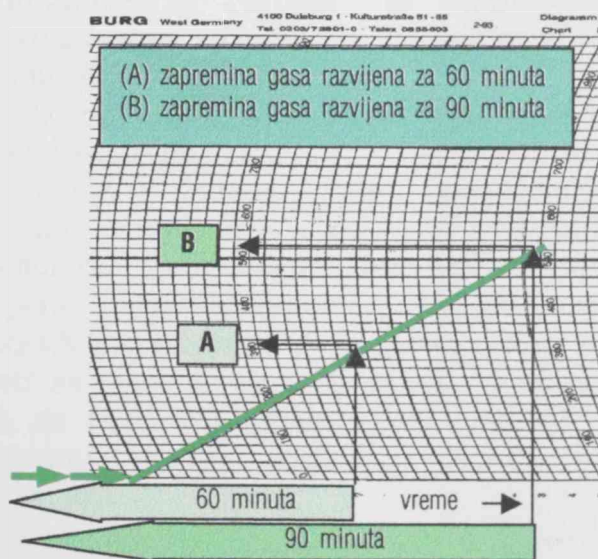
5.4.4. Fermentografska ispitivanja

Za određivanje dinamike i zapremine gasa koji se razvije u hlebnom testu zamešenom sa ispitivanim predfermentom ili kvasom primenjena su fermentografska merenja. Za merenja korišćen je fermentograf, Brabender, OHG, Duisburg, Nemačka (*slika 31*), u skladu sa uputstvom proizvođača.

Fermentografska merenja vršena su na hlebnom testu zamešenom na farinografskoj mesilici sa trajanjem zamesa 5 minuta. Za zames testa korišćen je masa brašna ekvivalentna delu koje nije uključen u recepturu kvasa, računato na 300 g brašna, 6 g, odnosno 2 % soli i količina kvasa, odnosno predfermenta potrebna da se ostvari konstantna konzistencija testa od 400 FJ nakon 5 minuta trajanja zamesa.

Dinamika i zapremina razvijenog gasa registrovani su na fermentografu tokom 90 minuta. Primena dugotrajnije i složenije metodike registrovanja razvoja gasa sa premesivanjima testa, u skladu sa preporukama proizvođača i uputstvima datim u literaturi (*Kaluđerski i Filipović, 1998*) nije bila moguća s obzirom na dinamiku uzorkovanja i kapacitet

Slika 30 - Metodika očitavanja zapremine gasa razvijenog u hlebnom testu sa fermentograma



5.4.6. Probno pečenje i ocena hleba

Ocena uticaja primene dobijenih poluproizvoda - tečnih predfermenata i tečnih kvasova na kvalitet hleba kao finalnog proizvoda izvršena je, za varijante postupka koje su se na bazi fermentografskih i maturografskih ispitivanja pokazale kao prihvatljive, sprovođenjem niza diferencijalnih probnih pečenja.

Probna pečenja su obavljana uz primenu intenzivnog zamesa. Pregled sirovinskog sastava hlebnog testa i parametara sprovođenja probnog pečenja prikazan je u *tabeli 15*.

Tabela 15 - Sirovinski sastav i parametri vođenja probnog pečenja

Parametar	Opis
Sirovinski sastav testa	
Brašno, %	udeo koji nije u kvasu za konzistenciju 400 FJ
Tečni kvas/predferment, %	
So, %	2 %
Aditiv, %	prema preporuci
Zames testa	
Tip meslice	mikser, Stephan
Trajanje zamesa, min	100 s, 1400 o/min
Konzistencija testa, FJ	400
Temperatura testa, °C	30
Vođenje testa	
Fermentacija testa u masi, min	15
Masa testanih komada, g	666
Intermedijarna fermentacija, min	10
Formiranje vekni	rol mašina, Gostol
Završna fermentacija	
Trajanje, min	do optimuma
Temperatura, °C	30
Relativna vlažnost vazduha, %	> 80 %
Pečenje	
Vrsta peći	etažna, Termotehnika
Temperatura, °C	220 ± 5
Trajanje pečenja	do mase 610–613 g

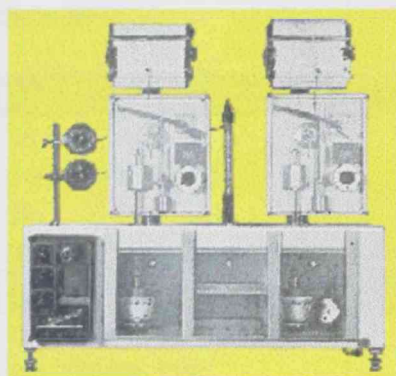


fermentografa. S druge strane, trajanje fermentacije od 90 minuta je praktično u skladu sa ukupnim trajanjem fermentacije hlebnog testa koja se trenutno primenjuje u većini pekara u praksi.

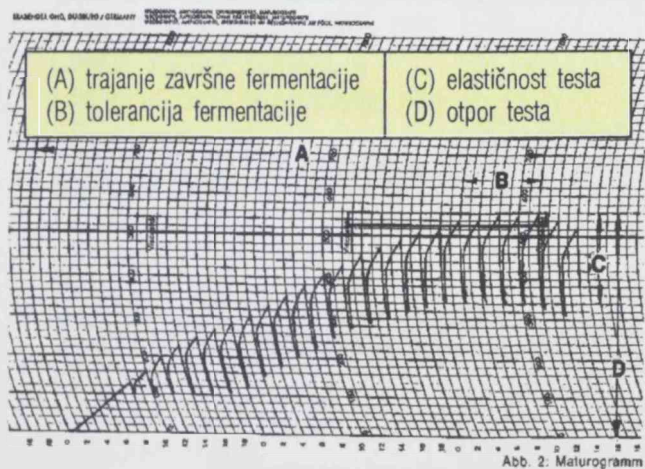
Zapremina razvijenog gasa je direktno očitavana sa dijagrama - fermentograma, za trajanje fermentacije od 60 i od 90 minuta kao što je prikazano na slici 30.

5.4.5. Maturografska ispitivanja

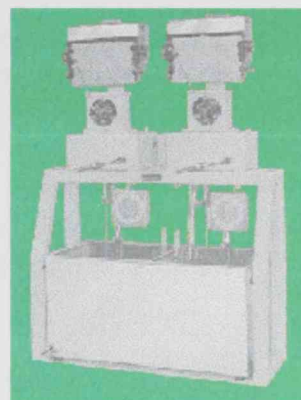
Slika 32 - Maturograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka



Slika 33 - Metodika očitavanja maturografskih pokazatelja



Slika 31 - Fermentograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka



Maturografska ispitivanja primenjivana su za registrovanje svojstava hlebnog testa zamešenog sa ispitivanim predfermentom ili kvasom u toku završne fermentacije. Merenje je vršeno na maturografu, Brabender, OHG, Duisburg, Nemačka (slika 32) u skladu sa uputstvom proizvođača.

Za potrebe maturografskih ispitivanja testo je mešeno na farinografskoj mesilici po metodici opisanoj za fermentografska ispitivanja.

Očitavanje pokazatelja kojima je okarakterisano ponašanje testa u toku završne fermentacije vršeno je direktno sa dijagrama - maturograma u skladu sa uputstvom proizvođača i metodikom navedenom u literaturi (Kaluderski i Filipović, 1998) kao što je prikazano na slici 33. Širok opseg karakteristika hlebnog testa tokom završne fermentacije dobijen pod ekstremnim uslovima variranja sastava podloge i procesnih parametara proizvodnje kvasova uslovio dobijanje relativno neuobičajenih vrednosti pojedinih pokazatelja, te je šablon koji se koristi za potrebe ocene dijagrama proširen tako, da kod nižih otpora testa obuhvati i ekstremno duga vremena tolerancije fermentacije.

Ocena kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem vršena je uz primenu senzornih i instrumentalnih metoda. Pored toga, hleb je ispitivan hemijskim metodom uz određivanje kiselinskog stepena sredine hleba. U cilju praćenja efekata postignutih u pogledu održivosti svežine hleba, ocena hleba obavljena je nakon 8, 24 i 48 sati nakon pečenja.

Kiselinski stepen hleba određivan je metodom po Neumann-u (*Pravilnik 74, 1988*).

Zapremina hleba merena je pomoću volumomera sa prosom, Instrumentaria, Zagreb, Hrvatska, a masa hleba na tehničkoj vagi preciznosti $\pm 0,1$ g. Specifična zapremina hleba u ml/g izračunavana je kao izvedeni pokazatelj odnosa izmerene zapremine i mase hleba.

Ocena senzornih svojstava hleba obavljena je po metodici preporučenoj u literaturi (*Kaluđerski i Filipović, 1998*) i uobičajenoj u prezentaciji rezultata senzorne ocene hleba u našoj zemlji. Senzornom ocenom hleba obuhvaćeni su ocena elastičnosti sredine hleba, ravnomernosti strukture pora, finoće pora, boje kore i fizičkih osobina kore opisnim ocenama. Na bazi brojnog vrednovanja opisnih ocena za elastičnost sredine hleba i finoću pora izračunat je vrednosni broj sredine hleba kao kompleksni pokazatelj kvaliteta sredine hleba u skladu sa preporukama iz literature (*Kaluđerski i Filipović, 1998; Dozet, 1991*).

Instrumentalna ocena kvaliteta hleba obavljena je merenjem pokazatelja stišljivosti sredine hleba uz primenu SUR Penetrometra, PNR 6, prema metodici opisanoj u literaturi (*Jančić i Beleslin, 1979*).

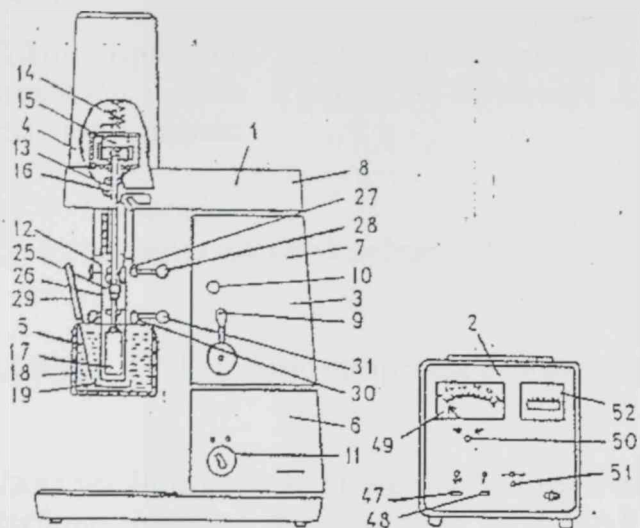
Pored ocene kvaliteta i hemijskih ispitivanja hleba, kao rezultat probnih pečenja korišćeni su i pokazatelji proistekli iz samog toka probnih pečenja: opisna ocena testa nakon zamesa, opisna ocena ponašanja testa tokom obrade i završne fermentacije i iskustveno određeno optimalno trajanje završne fermentacije.

5.4.7. Reološka svojstva

Reološka svojstva ispitivanih uzoraka kvasa određivana su merenjima na rotacionom viskozimetru RHEOTEST-2, VEB MLW Prüfgeräte-Verk, Mendingen, Sitz Freitel. Šema mernog instrumenta RHEOTEST -2 prikazana je na *slici 34*.

Ovaj rotacioni viskozimetar može da meri prividni viskozitet u granicama od 2 do 38000 mPas, pri čemu se brzina smicanja može menjati u granicama od 1, 5 do 1310 s⁻¹, odnosno napon smicanja u granicama 2,8 do 560 N/m².

Slika 34 - Rotacioni viskozimetar RHEOTEST - 2



1 - viskozimetar; 2 - merna jedinica; 3 - motor; 4 - merna glava; 5 - cilindar mernog sistema; 6 - osnova; 7 - zupčanik za promenu brzina; 8 - most uređaja; 9 - poluga za pomicanje zupačanika; 10 - skala; 11 - dugme za promenu brzina; 12 - merna osovina; 13 - osovina motora; 14 - dinamometar; 15 - potenciometar; 16 - ručica za oblast; 17 - merni cilindar; 18 - merni sud; 19 - sud za regulisanje temperature; 20 - merna cev; 21 - poklopac; 22 - poklopac; 23 - isečak; 24 - matica; 25 - spojnica; 26 - grlo za povezivanje; 27 - spojni prsten; 28 - poluga; 29 - termometar; 30 - spojni prsten; 31 - spojna poluga; 32 - merni konus; 33 - razvodna ploča; 34 - merna ploča; 35 - element za merenje temperature; 36 - spojni prsten; 37 - spojna poluga; 38 - ulazni otvor; 39 - izlazni otvor; 40 - komora za regulisanje temperature; 41 - mikrometar; 42 - komora; 43 - gumena cev; 44 - držač

RHEOTEST-2 ima 5 različitih sistema mernih cilindara, koji se međusobno razlikuju po geometrijskim dimenzijama i označeni su oznakama N, S₁, S₂, S₃ i H. U tabeli 16 je prikazan odnos mase test-materijala u zavisnosti od mernih cilindara.

Tabela 16 - Masa test-materijala koja se ubacuje u merni cilindar RHEOTETA-2

Merni sistem	N	S ₁	S ₂	S ₃	H
Masa test materija, g	10	25	40	50	17

Sa instrumenta se očitava ugao skretanja (α), na osnovu koga se pomoću poznate konstante (z) za određeni par koaksijalnih cilindara računa napon smicanja (τ):

$$\tau = \alpha \cdot z$$

Brzina smicanja (D) uzimana je iz tablica u zavisnosti od uslova rada cilindra pri kojima je vršeno merenje.

5.4.8. Mikrobiloška ispitivanja

Tokom ispitivanja optimizovanog postupka pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba izvršeno je ispitivanje kretanja ukupnog broja grupa proizvodnih mikroorganizama:

- ◆ kvasaca i
- ◆ bakterija mlečne kiseline.

5.4.8.1. Uzimanje i priprema uzoraka za mikrobiloška ispitivanja

Uzoci predfermenta za mikrobiološka ispitivanja, zapremine 10 do 20 ml, uzimani su pod sterilnim uslovima iz bioreaktora CHEMAP - PEC u epruvete, i pripremana je serija razblaženja za određivanje ukupnog broja kvasaca.

Uzorci tečnog kvasa, zapremine 20 do 30 ml uzimani su iz staklene posude koja je korišćena kao bioreaktor u drugom stepenu optimizovanog postupka, pod sterilnim uslovima u erlenmajer zapremine 500 ml sa staklenim perlama. Nakon homogenizacije uzorka u trajanju od 15 minuta na tresilici (THYS-2, MLW ILMENAU), pod sterilnim uslovima je 10 ml uzorka prenošeno u erlenmajer sa 90 ml sterilne vodovodske vode i 10 g staklenih perlica i homogenizovano još 15 minuta na tresilici. Po završenoj homogenizaciji pripremana je serija razblaženja za određivanje ukupnog broja kvasaca i ukupnog broja bakterija mlečne kiseline, uz homogenizaciju na vibratoru (EV-100, Tehtnica, Železniki).

5.4.8.2. Određivanje ukupnog broja kvasaca

Ukupan broj kvasaca određivan je direktnim i indirektnim metodom. Za utvrđivanje ukupnog broja kvasaca direktnim metodom korišćen je metod po Koch-u i metod direktnog brojanja kvasnih ćelija u Neubauer-ovoj komori (*Vrbaški i Markov, 1992*). Za određivanje ukupnog broja kvasaca korišćen je Novi sladni agar (*Vrbaški i Markov, 1992*). Prilikom određivanja ukupnog broja kvasaca u cilju suzbijanja rasta bakterijske populacije, podlozi Novi sladni agar dodavan je 1 ml rastvora penicilina G (500.000 I.J.). Rastvor sadrži 1 g penicilina po 1 ml.

5.4.8.3. Određivanje ukupnog broja bakterija mlečne kiseline

Određivanje broja bakterija mlečnokiselinskog vrenja vršeno je samo indirektnim metodom. Za određivanje je korišćen agarizovani (1,5 %) MRS bujon ("Torlak", Beograd) sa antimikotikom. Za gornji ili sendvič sloj kod određivanja bakterija mlečne kiseline, u cilju stvaranja mikroaerobnih i anaerobnih uslova, korišćen je MRS agar sa antimikotikom, koga je dodavano u oba sloja po 15 mg na 100 ml podloge. Za suzbijanje rasta kvasaca u podlogu su dodavani antimikotici amfotericin B, mikonazol i batracen. Međutim, kao najbolji antibiotik pokazao se actidion ili naromycin A, odnosno cikloheksimid.

5.4.9. Ostali eksperimentalni metodi

Za potrebe kontrole kvaliteta brašna primenjivani su metodi određivanja sadržaja vlage, sadržaja mineralnih materija, kiselinskog stepena, sadržaja proteina, farinografskih, ekstenzografskih i amilografskih svojstava propisani zakonskom regulativom (*Pravilnik, Sl.list SFRJ 73/1988*) i metodi uobičajeni u praksi i opisani u literaturi, kao što je određivanje sadržaja vlažnog glutena (*Kaluđerski i Filipović, 1998*).

Kvalitet pekarskog kvasca kontrolisan je metodom određivanja vremena dizanja testa (*JUS E.M8.020, 1958*).

5.4.10. Računski metodi

5.4.10.1. Izračunavanje reoloških parametara

U cilju potvrđivanja zaključaka o reološkom modelu po kome se ponašaju dobijeni kvasovi, izračunavani su parametri karakteristični za reološko ponašanje fluida (*Daković, 1971; 1985*):

- ◆ faktor konzistencije (K);
- ◆ indeks toka (n).

Ovi parametri određivani su na osnovu podataka funkcionalne zavisnosti $\tau = f(D)$, odnosno jednačine:

$$\ln \tau = \ln K + n \cdot \ln D$$

Ova jednačina je prava linija u koordinatama ($\ln D$; $\ln \tau$). Faktor konzistencije (K) se izračunava iz odsečka ($\ln K$), a indeks toka (n) je nagib prave. Izračunavanja su obavljena na personalnom računaru uz primenu programa MS Excel 97 (*Chester, 1994*).

5.4.10.2. Statistički metodi

Za potrebe statističke obrade podataka korišćene su metode opisane u literaturi (*Hadživuković, 1973.*). Za statističku obradu podataka, obavljen u personalnom računaru, korišćen je program MS Excel 97 (*Chester, 1994.*).

5.4.10.3. Proračun bilansa sirovina i performansi postrojenja

Na osnovu sastava podloge i procesnih parametara za koje je na bazi sprovedenih ispitivanja utvrđeno da daju optimalne efekte sa aspekta ciljeva postavljenih u ovom radu, izvršen je obračun bilansa sirovina i performansi postrojenja u zavisnosti od kapaciteta pekarskog pogona u kome bi se postupak primenio.

Obračun bilansa sirovina, kapaciteta postrojenja i performansi opreme obavljen je za tipične kapacitete pekara koji su uobičajeni u našoj zemlji:

- ◆ savremene pekare zanatskog tipa kapaciteta oko 3000 kom hleba/dan i
- ◆ industrijske pekare kapaciteta oko 10.000 komada hleba/dan.

U proračunima su korišćeni savremeni principi projektovanja biohemijskih reaktora (*Levenspiel, 1979; Popov, 1998.*), kao i postojeća saznanja o utrošku i vrstama sirovina u proizvodnji hleba u našoj zemlji (*Kovačević, 1991; 1997.*).

5.4.10.4. Ekonomski pokazatelji

S obzirom na to da je kao jedan od preduslova za revitalizaciju primene indirektnog postupka proizvodnje hleba u našoj zemlji sagledana potreba ostvarenja odgovarajućih vrednosti ekonomskih pokazatelja eksploatacije postrojenja, na bazi trenutnih odnosa cena sirovina, energenata i radne snage, i ušteda koje bi se ostvarile primenom optimizovanog postupka razvijenog u ovom radu izvršen je obračun ekonomskih pokazatelja karakterističnih za analizu isplativosti investicija (*Barbić i sar., 1981.*).

Na osnovu sagledavanja očekivanih ušteda u troškovima i efekata u prihodima poslovanja pekare uz primenu optimizovanog postupka, dat je osvrt na karakteristične pokazatelje ekonomske efikasnosti postrojenja kao što su vreme povraćaja investicionih ulaganja, povećanje prihoda po zaposlenom radniku, povećanje dobiti preduzeća i drugi prateći efekti značajni za ocenu prihvatljivosti investicije.

6. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja sprovedenih u okviru istraživačkog zadatka postavljenog u ovom radu su prikazani logičkim redosledom koji je obezbedio da se uz racionalno planirani eksperiment postepeno izvedu parametri procesa proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, optimalnog sa aspekta postavljenih ciljeva:

- ◆ ostvarenja maksimalno mogućih ušteda, posebno ušteda u kvascu;
- ◆ postizanja odgovarajuće stabilnosti procesa;
- ◆ održavanja reoloških svojstava fermentacionog medijuma u granicama koje obezbeđuju razvoj potpuno automatizovanog postrojenja;
- ◆ ostvarenja kvaliteta hleba u skladu sa zahtevima domaćeg tržišta - velike zapremine, elastične sredine, bogate arome i ukusa, male mrvljivosti i dobre mazivosti;
- ◆ ostvarenja maksimalno povoljnih efekata na svojstva hlebnog testa.

Pri tome optimizacija kreće od definisanja optimalnog sirovinskog sastava supstrata kao osnovnog preduslova za iniciranje fermentativnih aktivnosti proizvodne mikroflore, nastavlja se optimizacijom uslova okoline koji će rezultirati maksimalnim efektima fermentativne aktivnosti proizvodne mikroflore putem definisanja procesnih parametara proizvodnje, da bi se završila upoređenjem šaržne i ciklično-šaržne tehnike fermentacije, u cilju davanja prednosti tehnici koja daje optimalne rezultate.

Rezultati ispitivanja su diskutovani posebno za jednostepeni postupak, kao jednostavniji i u pogledu opreme manje zahtevan, a posebno za dvostepeni postupak, kao fleksibilniji u pogledu mogućnosti prilagođavanja sastava podloge i procesnih parametara proizvodnje zahtevima pojedinih grupa proizvodnih mikroorganizama.

Dalja diskusija usmerena je na potvrđivanje performansi optimizovanog procesa na bazi rezultata ispitivanja njegove stabilnosti u toku višednevne eksploatacije, njegove prilagođenosti dinamici proizvodnje hleba, mogućnosti njegove primene za revitalizaciju pivskog kvasca i njegove osetljivosti u odnosu na variranje kvaliteta brašna kao jedne od osnovnih sirovina.

U nastavku su prezentovani rezultati proračuna bilansa sirovina, kapaciteta i performansi opreme u okviru idejnog rešenja postrojenja potrebnog za eksploataciju razvijenog postupka u praksi u zavisnosti od kapaciteta pekarskog pogona kome je postrojenje namenjeno.

Konačno su dati rezultati obračuna ekonomskih pokazatelja isplativosti uvođenja razvijenog postupka u pekarske pogone, kao preduslova nalaženja njegove primene u praksi.

6.1. Jednostepeni postupak

Jednostepeni postupak proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba najmanje je zahtevan u pogledu strukture opreme potrebne za njegovo sprovođenje, pa shodno tome je i investiciono pristupačniji.

Klasičan pristup proizvodnji hleba po indirektnom postupku u našoj zemlji zasnovan je na primeni jednostepenog postupka. Pri tome bez obzira da li predviđaju primenu šaržne ili ciklično-šaržne tehnike fermentacije, za sve do sada u praksi primenjivane postupke je zajedničko da se odvijaju u supstratima konzistencije približne hlebnom testu, takve da omogućava ručno manipulisanje dobijenim poluproizvodom - kvasom.

U istraživanjima sprovedenim u ovom radu optimizacija jednostepenog postupka, uz primenu šaržne tehnike fermentacije, obuhvatila je:

- ◆ optimizaciju sirovinskog sastava sa aspekta udela kvasca, udela dodatnog izvora fermentabilne komponente (šećera) i udela brašna pri pretpostavljenim povoljnim vrednostima procesnih parametara fermentacije;
- ◆ optimizaciju vrednosti procesnih parametara fermentacije - temperature, brzine aeracije i brzine mešanja, za utvrđeni optimalni sastav fermentacionog medijuma - kvasa.

Uz korišćenje utvrđenog optimalnog sirovinskog sastava kvasa i utvrđenih optimalnih vrednosti procesnih parametara fermentacije ispitana je i mogućnost primene ciklično-šaržne tehnike fermentacije uz upoređenje dobijenih rezultata sa onim koji su dobijeni primenom šaržne tehnike fermentacije.

6.1.1. Optimizacija sirovinskog sastava

Optimizacija sirovinskog sastava fermentacionog medijuma za jednostepeni postupak proizvodnje u pogledu udela kvasca, šećera i brašna sprovedena je uz korišćenje konstantnih vrednosti procesnih parametara fermentacije koji su na bazi poznavanja zahteva proizvodne mikroflore i ciljnih efekata procesa pretpostavljeni kao povoljni:

Temperatura fermentacije	30°C
Brzina aeracije	0,25 vol/vol min
Brzina mešanja	300 o/min

S obzirom da je kao jedan od ciljeva optimizacije postavljeno ostvarenje povoljnih reoloških svojstava kvasa kao fermentacionog medijuma, u sirovinski sastav kvasa je uključena kompletna količina vode potrebna za zames hlebnog testa. Pored toga, imajući u vidu negativan uticaj prisustva kuhinjske soli na fermentativnu aktivnost kvasca (*Salovaara, 1983*), s obzirom na postavljani cilj ostvarenja ušteda u kvascu, kuhinjska so je iz sastava kvasa kao supstrata potpuno izostavljena.

Udeli pojedinih sirovina u sastavu kvasova su definisani i izražavani u odnosu na brašno za zames hlebnog testa kao osnovu za obračun (100 %). Ovakav način definisanja sirovinskog sastava kvasa, koji se i inače koristi u praktičnoj primeni indirektnog postupka u proizvodnji hleba, a u većini slučajeva i u prezentovanju rezultata istraživačkog rada, usvojen je jer omogućava:

- ◆ stalni uvid u sirovinski sastav budućeg hlebnog testa;
- ◆ direktnu vezu obračuna potrebne količine sirovine za pripremu kvasa za zadatu količinu hleba.

6.1.1.1. Udeo kvasca

Kao jedan od osnovnih ciljeva istraživanja obuhvaćenih u ovom radu postavljeno je ostvarenje ušteda u kvascu putem primene odgovarajućeg indirektnog postupka proizvodnje hleba. Stoga je optimizacija udela kvasca u kvasu predstavljala prvi korak u optimizaciji indirektnog postupka proizvodnje hleba. Pri tome optimizacija udela kvasca pretpostavila je izbor minimalnog udela kvasca koji će, uz primenu odgovarajućeg postupka tokom proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba, obezbediti prihvatljiva svojstva hleba i hlebnog testa.

Uzevši u obzir da se u proizvodnji hleba u našoj zemlji koriste udeli kvasca od 2 do 4 % na brašno za zames (2 do 2,5 % kod primene brzohodnog zamesa; 2,5 do 4 % kod primene intenzivnog zamesa) definisani su i udeli kvasca pri kojima je vršeno ispitivanje mogućnosti minimizacije udela kvasca:

Udeo u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	2,0	1,5	1,2	0,8
Udeo u kvasu kao supstratu, %	2,22	1,67	1,35	0,90

Pored navedenih udela brašna, sirovinski sastav kvasa obuhvatao je sledeće komponente:

Komponenta	U odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	U kvasu kao supstratu, % za udeo kvasca			
		2,0	1,5	1,2	0,8
Voda	56,5	62,78	63,13	63,34	63,63
Brašno	30	33,33	33,52	33,63	33,78
Šećer	0,5	0,55	0,56	0,56	0,56
Jestivo ulje (antipenušavac)	1,0	1,11	1,12	1,12	1,13

a) Kvalitet hleba

Ostvarenje odgovarajućeg kvaliteta hleba je osnovni preduslov primene bilo kog tehnološkog postupka u proizvodnoj praksi pekarskih pogona. Stoga je prilikom minimizacije udela kvasca na prvom mestu sagledana mogućnost proizvodnje hleba prihvatljivog kvaliteta uz primenu ispitivanih udela kvasca. Probno pečenje je izvedeno uz primenu intenzivnog zamesa testa i uz održavanje parametara proizvodnje, kao što su konzistencija testa i trajanje završne fermentacije, na optimalnom nivou. Ocena hleba obavljena je 24 h nakon pečenja. Kvalitet hleba dobijenog sa kvasovima podvrgnutim fermentaciji u trajanju od 4 h upoređen je sa kvalitetom hleba dobijenog uz primenu direktnog zamesa testa. Rezultati ocene kvaliteta hleba prikazani su u tabeli 17.

Tabela 17 - Kvalitet hleba dobijenog uz primenu indirektnog i direktnog postupka pripreme testa u zavisnosti od udela kvasca

Pokazatelj kvaliteta	Direktni zames					Zames sa kvasom nakon 4 h fermentacije kvasa				
	Udeo kvasca, % (u odnosu na brašno za zames hlebnog testa)									
	3	2	1,5	1,2	0,8	2	1,5	1,2	0,8	
Prinos zapremine, ml/100 g brašna	632	616	610	624	578	559	615	580	559	
Specifična zapremina, ml/g	4,30	4,25	4,20	4,32	4,00	3,82	4,31	4,03	3,90	
Penetrometarski broj	75	73	60	52	56	58	65	55	49	
Vrednosni broj sredine	5,5	4,2	3,5	3,1	2,7	4,2	3,8	3,2	3,8	
Odnos visine i prečnika hleba	86/125	82/123	82/121	82/119	85/122	85/116	82/117	83/113	83/115	

Vrednosti pokazatelja kvaliteta hleba sa smanjenjem udela kvasca pokazuju blagi nepravilan trend opadanja, kako kod hleba mešenog direktnim postupkom, tako i kod hleba zamešenog sa kvasom nakon 4 h fermentacije kvasa.

U pogledu prinosa zapremine, specifične zapremine i dimenzija vekne hleb je u globalu prihvatljivog, solidnog, može se reći i približnog kvaliteta bez obzira na primenjeni postupak i primenjeni udeo kvasca. Međutim, treba istaći da je ovakav odnos navedenih pokazatelja pre svega posledica primene optimalnih parametara proizvodnje hleba, pre svega dovoljno dugog trajanja završne fermentacije, tokom izvođenja probnih pečenja.

Tendencija opadanja kvaliteta hleba sa opadajućim udelom kvasca, bez obzira na primenjene optimalne parametre izvođenja probnog pečenja, izražena je prvenstveno kroz narušavanje svojstava sredine hleba. Trend opadanja penetrometskog broja kao mere stišljivosti sredine i vrednosnog broja sredine hleba kao merila senzorno ocenjenih elastičnosti sredine i finoće strukture pora, sa smanjenjem udela kvasca uočava se kako kod direktno zamešenog hleba, tako i kod hleba zamešenog sa kvasom nakon 4 h fermentacije kvasa. Međutim, treba istaći da su pri istim udelima kvasca vrednosti ovih pokazatelja povoljnije kod hleba zamešenog po indirektnom postupku uz primenu fermentacije kvasa u trajanju 4 h, nego kod direktno mešenog hleba.

b) Svojstva hlebnog testa

Proizvodnja hleba u praksi pekarskih pogona pretpostavlja prilagođenost svojstava i ponašanja testa, u pogledu trajanja pojedinih tehnoloških operacija i procesa tokom obrade i završne fermentacije, performansama opreme i zacrtanim proizvodnim kapacitetima pogona. Stoga su ostvarenje prihvatljivih vrednosti u pogledu dinamike razvoja gasa u hlebnom testu i potrebnog trajanja završne fermentacije neophodni preduslovi praktične primenjivosti proizvodnog postupka.

Uticaj ispitivanih udela kvasca na svojstva hlebnog testa zamešenog sa proizvedenim kvasovima u odnosu na direktno zamešeno hlebno testo, sagledan je na bazi zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu, registrovane na fermentografu, i potrebnog optimalnog trajanja završne fermentacije, registrovane maturografski i iskustveno prilikom izvođenja probnih pečenja. Rezultati ispitivanja prikazani su u *tabeli 18*.

Prilikom tumačenja dobijenih rezultata usvojene su uslovne vrednosti merenih parametara pri kojim se svojstva hlebnog testa mogu smatrati prihvatljivim sa aspekata ponašanja u tehnološkom postupku proizvodnje hleba i kvaliteta gotovog proizvoda i to:

- ◆ za zapreminu gasa koja se razvije tokom 60 minuta fermentacije hlebnog testa usvojene su vrednosti preko 400 ml kao prihvatljive, a preko 300 ml kao uslovno prihvatljive;
- ◆ za potrebno optimalno trajanje završne fermentacije, s obzirom da se radi o laboratorijskim uslovima, usvojene su vrednosti do 100 minuta kao prihvatljive, a do 120 minuta kao uslovno prihvatljive.

Tabela 18 - Uticaj udela kvasca i trajanja fermentacije kvasa na svojstva hlebnog testa

Pokazatelji	Leganda:	Udeo kvasca, % (u odnosu na brašno za zames hlebnog testa)							
			3,0	2,0	1,5	1,2	0,8		
		prihvatljivo							
		uslovno prihvatljivo							
		neprihvatljivo							
RAZVOJ GASA									
Fermento-gram	Zapremina gasa razvijena za 60 minuta								
	♦ direktno zamešeno testo		600	400	280	210	100		
	♦ 4 h fermentacije kvasa			580	350	250	140		
	♦ 8 h fermentacije kvasa			420	380	280	170		
OPTIMALNO TRAJANJE ZAVRŠNE FERMENTACIJE									
Iskusvena ocena	Trajanje završne fermentacije, min								
	♦ direktno zamešeno testo		87	100	105	127	142		
	♦ 4 h fermentacije kvasa			76	90	120	132		
	♦ 8 h fermentacije kvasa			110	97	115	125		
Maturo-gram	Trajanje završne fermentacije, min								
	♦ direktno zamešeno testo		92	110	130	144	148		
	♦ 4 h fermentacije kvasa			98	110	136	166		
	♦ 8 h fermentacije kvasa			100	114	118	168		

Uzevši u obzir navedene kriterijume, na osnovu svojstava hlebnog testa minimalni udeo kvasca, koji pri primenjenim uslovima eksperimenta može biti prihvaćen, je 1,5% na brašno za zames hlebnog testa.

Kod ovog udela kvasca svojstva hlebnog testa koja se ostvaruju nakon 4, odnosno 8 h fermentacije kvasa su uglavnom na približnom nivou. Kod nižih udela kvasca (1,2 i 0,8%) povoljnija svojstva hlebnog testa ostvaruju se pri trajanju fermentacije kvasa od 8 h, dok se kod višeg udela kvasca (2%) povoljnija svojstva hlebnog testa ostvaruju nakon trajanja fermentacije kvasa od 4 h.

c) Izbor optimalnog udela kvasca

Prema navedenim rezultatima **udeo kvasca od 1,5%** na brašno za zames hlebnog testa, pri kojem su ostvarena prihvatljiva svojstva hlebnog testa i prihvatljiv kvalitet hleba, odabran je kao uslovno minimalni udeo kvasca pri kojem su obavljena dalja ispitivanja usmerena ka optimizaciji sastava podloge i procesnih parametara jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Dalje smanjenje udela kvasca uslovljeno je optimizacijom samog postupka proizvodnje.

6.1.1.2. Udeo šećera

Prisustvo dovoljnih udela jedinjenja iz kojih proizvodni mikroorganizmi mogu da asimiluju ugljenik i da ih koriste kao izvor energije predstavlja preduslov za ostvarenje odgovarajuće fermentativne aktivnosti proizvodne mikroflore. Za obe proizvodne grupe mikroorganizama u kvasu kao predfazi indirektnog postupka proizvodnje hleba, pekarski kvasac i bakterije mlečne kiseline, fermentabilnu komponentu, koja može poslužiti kao izvor ugljenika i energije, predstavljaju ugljeni hidrati i to pojedini mono-, di- i trisaharidi.

Deo potreba proizvodne mikroflore u procesu fermentacije kvasa zadovoljavaju sopstveni ili enzimskom razgradnjom nastali šećeri iz brašna. U zavisnosti od polaznog udela šećera u brašnu, enzimske aktivnosti brašna, udela brašna, koncentracije i aktivnosti prisutne mikroflore nivo sadržaja fermentabilnih šećera u kvasu kao supstratu potrebno je dovesti na optimalan nivo dodavanjem dodatnih izvora fermentabilne komponente.

S druge strane, udeli šećera u supstratu iznad optimalnih mogu dovesti do povećanja osmotskog pritiska supstrata i njegovog približavanja vrednosti osmotskog pritiska unutar ćelija proizvodnih mikroorganizama, što rezultira otežanim transportom hranjivih materija u ćelije mikroorganizama i time inhibira njihovu fermentativnu aktivnost.

Za potrebe optimizacije udela šećera u kvasu proizvedenom po jednostepenom postupku izvršena su ispitivanja uticaja dodatka različitih udela saharoze u obliku konzumnog, belog kristal šećera na tok fermentacije kvasa i svojstva hlebnog testa.

Ispitivanja su obavljena sa sledećim udelima šećera:

Udeo u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	4,0	3,0	2,0	1,0	0,5
Udeo u kvasu kao supstratu, %	4,30	3,26	2,20	1,11	0,56

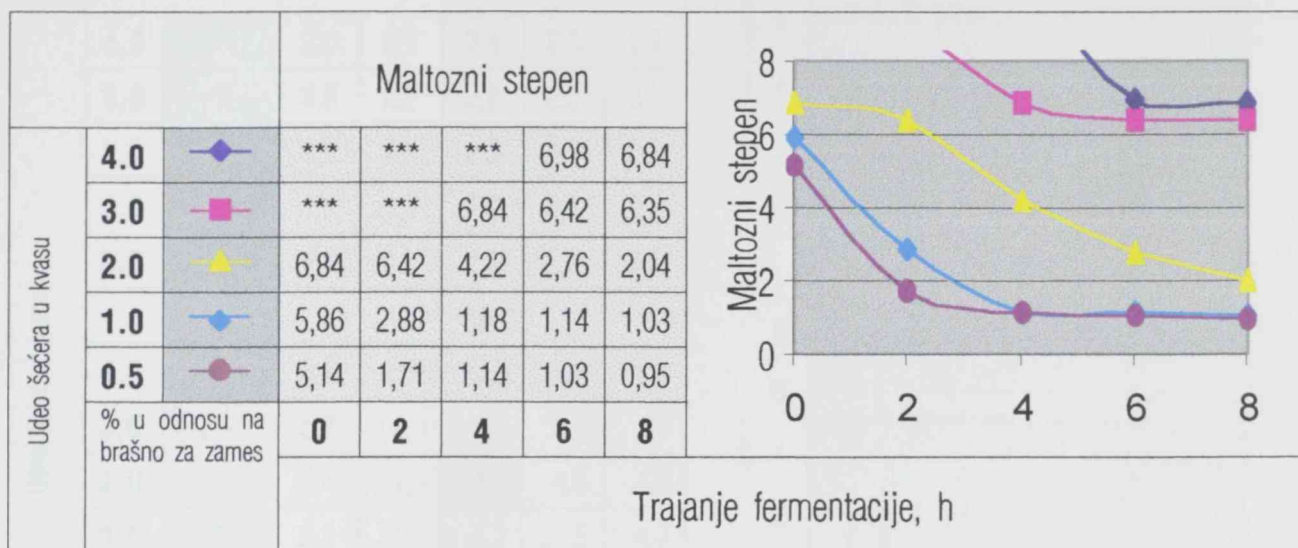
Pored navedenih udela šećera sirovinski sastav kvasa obuhvatao je sledeće komponente:

	U odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	U kvasu kao supstratu, % za udeo brašna				
		4,0	3,0	2,0	1,0	0,5
Voda	56,5	60,75	61,41	62,09	62,78	63,13
Brašno	30	32,25	32,61	32,97	33,33	33,52
Kvasac	1,5	1,61	1,63	1,65	1,67	1,68
Jestivo ulje (antipenušavac)	1,0	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12

a) Tok fermentacije

Uticaj udela šećera uključenog u sirovinski sastav kvasa na fermentativnu aktivnost proizvodne mikroflore praćen je na osnovu rezultata ispitivanja maltoznog stepena u kvasu tokom 8 h trajanja fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 19 i na slici 35.

Tabela 19; slika 35 - Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima šećera



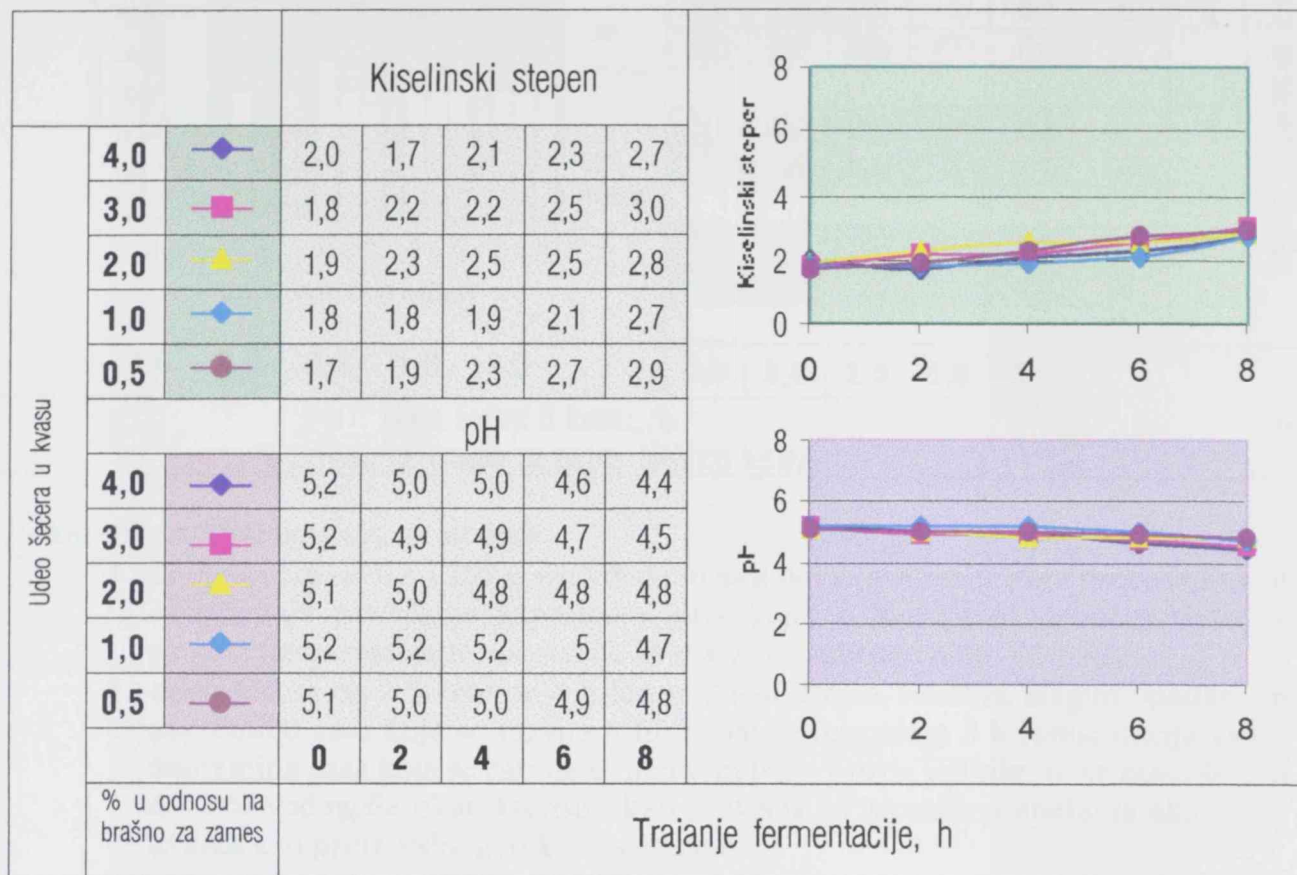
*** vrednosti više od mernog opsega metode

Prikazani rezultati ukazuju na sledeće:

- ◆ pri udelima šećera od 0,5 i 1 % fermentativna asimilacija šećera iz podloge otpočinje odmah i teče ustaljenim tokom do trenutka iscrpljivanja podloge u pogledu sadržaja fermentabilnih šećera. Maltozni stepen u podlozi opada do donjih graničnih vrednosti pri udelu šećera od 0,5 % već nakon 2 h fermentacije, a pri udelu šećera od 1 % nakon 4 h fermentacije;
- ◆ udeo šećera od 2 % rezultira usporenom asimilacijom fermentabilnih šećera iz podloge tokom prvih 2 h fermentacije, da bi nakon tog vremena ravnomeran trend opadanja maltoznog stepena ukazao na dalje normalno odvijanje fermentativne aktivnosti proizvodne mikroflore;
- ◆ kod udela šećera od 3 i 4 % uprkos činjenici da su vrlo visoki udeli fermentabilne komponente prisutni u podlozi sa dodatkom ovih količina šećera van mernog opsega korišćene metode, može se konstatovati da tokom 8 h fermentacije maltozni stepen kao pokazatelj sadržaja fermentabilne komponente u kvasu ostaje na nivou vrlo visokih vrednosti, što ukazuje da ovi udeli šećera već deluju inhibitory na fermentativnu aktivnost proizvodne mikroflore u kvasu.

Tok fermentativne aktivnosti populacije bakterija mlečne kiseline sagledan je na bazi kiselinskog stepena i pH kao merila nastajanja kiselina kao produkata metabolizma ove grupe mikroorganizama. Rezultati ispitivanja prikazani su u *tabeli 20* i na *slici 36*.

Tabela 20; slika 36 - Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima šećera

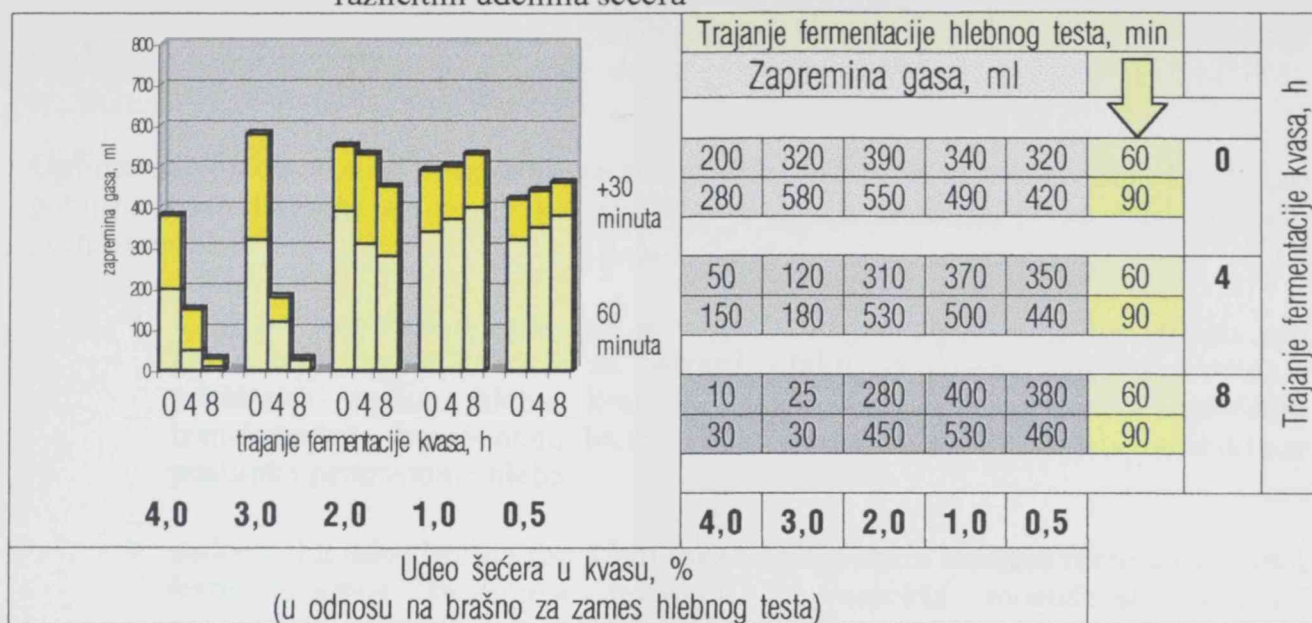


Bez obzira na primenjeni udeo šećera u kvasu, tokom 8 h trajanja fermentacije kiselinski stepen blago raste, a pH blago opada. Trendovi kretanja ovih pokazatelja ukazuju da pri primenjenim uslovima fermentacije nije došlo do značajnije fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline u kvasu, što je i razumljivo s obzirom da je vršena aeracija supstrata, a da bakterije mlečne kiseline pripadaju grupi mikroaerofilnih mikroorganizama.

b) Svojstva hlebnog testa

Ispitivanje uticaja udela šećera uključenog u sirovinski sastav kvasa izvršeno je na bazi merenja zapremine gasa na fermentografu koja se razvije u hlebnom testu tokom 60, odnosno 90 minuta fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su u *tabeli 21* i na *slici 37*.

Tabela 21; slika 37 - Zapremina gasa razvijena u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim udelima šećera



Prikazani rezultati upućuju na sledeće:

- ♦ udeli šećera od 0,5 i 1% u sirovinskom sastavu kvasa rezultiraju procesima koji obezbeđuju povećanje zapremine gasa koja se razvija u hlebnom testu sa produžnjem trajanja fermentacije kvasa do 4, odnosno 8 h.
- ♦ udeo šećera od 2 % nakon 4 h fermentacije kvasa, rezultira blagim opadanjem zapremine gasa koja se razvija u hlebnom testu, nakon 8 h fermentacije kvasa zapremina gasa koja se razvija u hlebnom testu opada još više, te se udeo šećera od 2 % već može okarakterisati kao previsok sa aspekta pospešenja aktivnosti kvasca kao proizvodnog mikroorganizma.
- ♦ viši udeli šećera (3 i 4%) inhibiraju aktivnost kvasca kao proizvodnog mikroorganizma što rezultira značajnim smanjenjem zapremine razvijenog gasa u hlebnom testu već nakon 4 h fermentacije kvasa, dok nakon 8 h fermentacije kvasa razvoja gasa gotovo uopšte nema;
- ♦ povećanje udela šećera do 3 % deluje stimulatивно na razvoj gasa u direktno zamešenom testu (0 h fermentacije kvasa) dok udeo od 4 % deluje inhibitorно i u direktno zamešenom hlebnom testu.

c) Izbor optimalnog udela šećera

Kao **optimalan** udeo saharoze u obliku konzumnog kristal šećera, kao dodatnog izvora fermentabilne komponente u kvasu definsan je **udeo šećera od 1%**, s obzirom da veći udeli šećera deluju delimično (2%) ili potpuno (3 i 4%) inhibitorно na aktivnost proizvodne mikroflore, dok niži udeo šećera (0,5%) rezultira manje povoljnim osobinama hlebnog testa u pogledu zapremine gasa koja se razvija tokom njegove fermentacije.

6.1.1.3. Udeo brašna

Optimizacija udela brašna u supstratu jednostepenog postupka za proizvodnju kvasa kao poluproizvoda indirektnog postupka proizvodnje hleba izvršena je na bazi sledećih pretpostavki:

- ♦ u sastav supstrata neophodno je uključiti sa dovoljnim udelom brašno kao jednu od sirovina kako bi se ostvarili efekti na aromu, svojstva sredine i održivost svežine hleba koji su posledica biohemijskih i koloidnih transformacija komponenti brašna tokom fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba;
- ♦ maksimalni udeo brašna mora biti takav da obezbedi stabilna reološka svojstva fermentacionog medijuma povoljna sa aspekta mogućnosti primene automatizovanih dozirnih i pumpnih sistema.

Polazeći od navedenih pretpostavki izvršena su ispitivanja uticaja udela brašna na tok fermentacionih procesa u kvasu kao supstratu, na razvoj gasa u hlebnom testu i reološka svojstav kvasa kao fermentacionog medijuma u zavisnosti od trajanja fermentacije za sledeće udele brašna:

Udeo u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	40	35	30	25	20
Udeo u kvasu kao supstratu, %	40,00	36,84	33,33	29,41	25,0

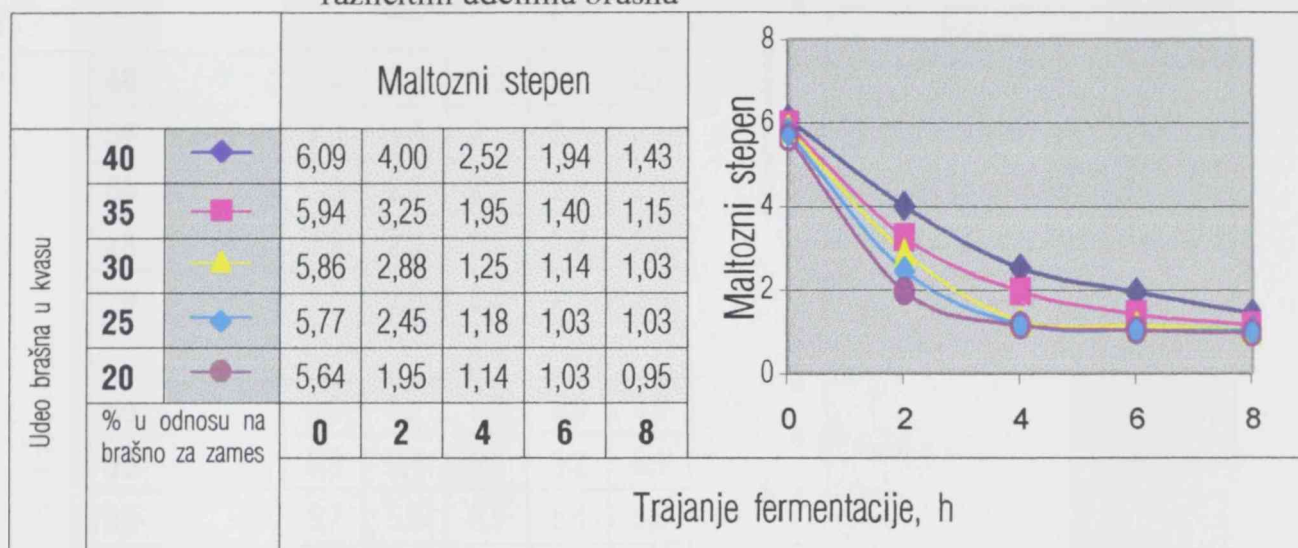
Pored navedenih udela brašna sirovinski sastav kvasa obuhvatao je sledeće komponente:

	U odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	U kvasu kao supstratu, % za udeo brašna				
		40	35	30	25	20
Voda	56,5	40,00	59,48	62,78	66,47	70,26
Svež pekarski kvasac	1,5	1,50	1,58	1,67	1,76	1,88
Šećer	1,0	1,00	1,05	1,11	1,18	1,25
Jestivo ulje (antipenušavac)	1,0	1,00	1,05	1,11	1,18	1,25

a) Tok fermentacije

Uticao različitih udela brašna u kvasu kao podlozi na fermentativnu aktivnost proizvodne mikroflore, praćen je na bazi ispitivanja maltoznog stepena kao zbirnog pokazatelja sadržaja fermentabilnih komponenti supstrata. Rezultati ispitivanja maltoznog stepena za različite udele brašna u kvasu i trajanja fermentacije kvasa prikazani su u *tabeli 17* i na *slici 35*.

Tabela 22; slika 38 - Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima brašna



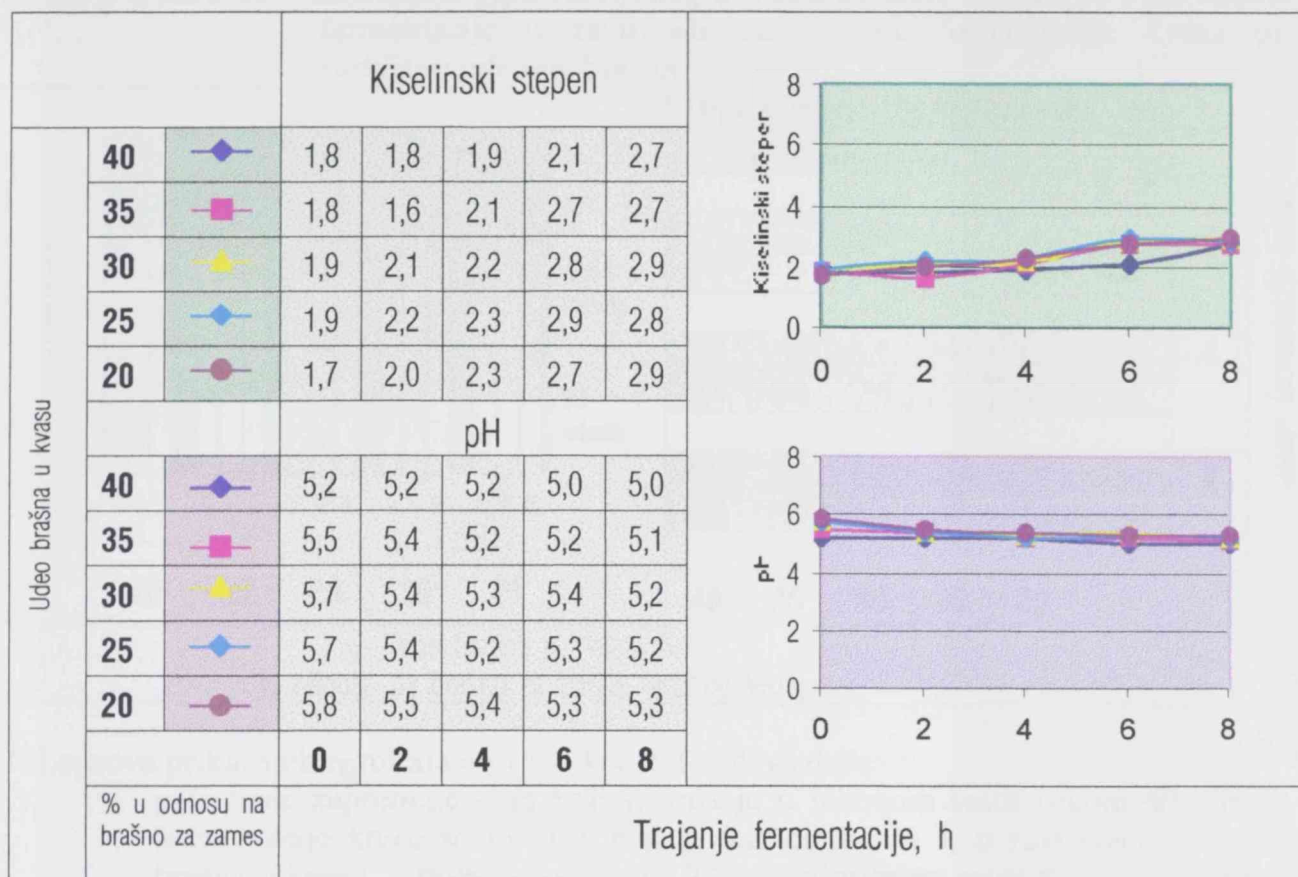
Prikazani podaci ukazuju na sledeće:

- ◆ povećanje udela brašna u kvasu neznatno utiče na povećanje maltoznog stepena u supstratu na početku fermentacije;
- ◆ niži udeli brašna u kvasu rezultiraju bržim opadanjem maltoznog stepena, kao mere sadržaja fermentabilne komponente, u kvasu. Ovakav trend, s jedne strane, može se tumačiti kao posledica intenzivnije fermentativne aktivnosti mikroflore u kvasovima sa manjim udelom brašna, dok, s druge strane treba imati u vidu da je ovakav trend delom sigurno i posledica sniženja udela kvasca u kvasu sa povećanjem udela brašna s obzirom na to da je udeo kvasca definisan kao konstantan u odnosu na brašno za zames hlebnog testa;
- ◆ pri nižim udelima brašna (20, 25 i 30 %) odnos fermentativne aktivnosti proizvodne mikroflore prema prvobinom sadržaju fermentabilnih šećera i nastajanju dodatnih količina fermentabilnih šećera usled enzimske razgradnje brašna, uslovio je da je do opadanja maltoznog stepena do donjih graničnih vrednosti došlo nakon 4 h fermentacije. Kod većih udela brašna od 35, odnosno 40%, do iscrpljenja podloge u pogledu fermentabilne komponente došlo je nakon 6, odnosno 8 h fermentacije.

Istaknuti rezultati ukazuju na to da se, sa povećanjem udela brašna u kvasu, produžava potrebno trajanje fermentacije kvasa.

Rezultati određivanja kiselinskog stepena i pH kao indikatora nastajanja kiselina pod uticajem fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline za različite udele brašna u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa prikazani su u tabeli 18 i na slici 36.

Tabela 23; slika 39 - Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim udelima brašna

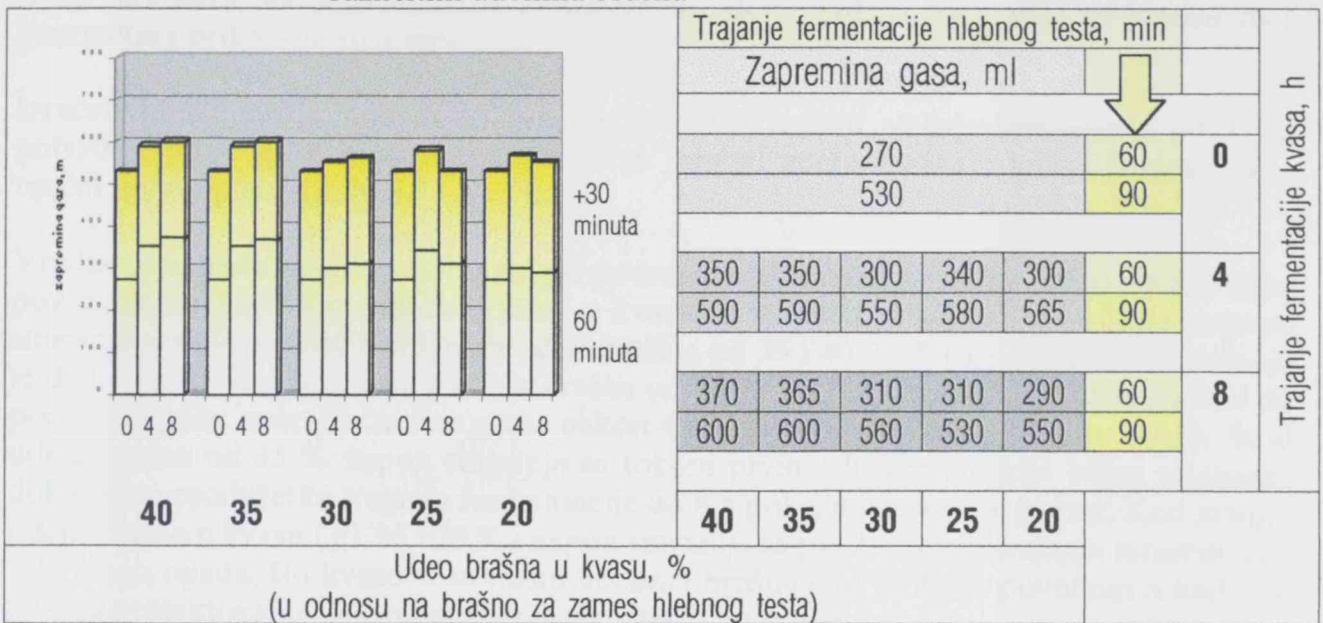


Prikazani rezultati ukazuju na vrlo blagi, ravnomeran trend porasta stepena kiselosti i sniženja pH kvasa tokom svih 8 h trajanja fermentacije koliko je sprovedeno ispitivanje, nezavisno od udela brašna u kvasu. Treba istaći da se, pri vrednostima procesnih parametara proizvodnje kvasa pod kojim je izvedeno ispitivanje, posebno s obzirom na primenjenu aeraciju u cilju favorizovanja umnožavanja ćelija kvasca, izrazitiji trend zakišeljavanja podloge, usled nastajanja kiselina kao produkata metabolizma mikroaerofilnih bakterija mlečne kiseline, nije ni očekivao. Nepostojanje značajnih razlika u trendovima nastajanja kiselina u ispitivanom opsegu udela brašna u podlozi, kao i prednost kvasova sa nižim udelima brašna u pogledu intenziviranja fermentativne aktivnosti populacije kvasaca u saglasnosti su sa zaključcima do kojih je u svojim istraživanjima došao Brümmer (1988; 1991).

b) Svojstva hlebnog testa

Uticaj udela brašna u kvasu na osobine hlebnog testa zamešenog sa kvasovima nakon 4, odnosno 8 h fermentacije kvasa registrovan je fermentografski na bazi zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu tokom 60, odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 19i na slici 37.

Tabela 24; slika 40 - Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim udelima brašna



Na osnovu prikazanih rezultata može se konstatovati sledeće:

- ♦ povećanje zapremine gasa koji se razvije u hlebnom testu tokom 60 minuta fermentacije kreće se za kvas koji je fermentisao 4 h, u zavisnosti od udela brašna u kvasu, u rasponu od 11 do 30% u odnosu na zapreminu gasa koja se za isto vreme razvije u direktno zamešenom testu (0 h fermentacije kvasa). Za kvas koji je fermentisao 8 h ove vrednosti se kreću u rasponu od 7 do 37 % u zavisnosti od udela brašna u kvasu. Relativno povećanje zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu tokom 90 minuta fermentacije je manje, i u zavisnosti od udela brašna u kvasu i trajanja fermentacije kvasa kreće se u rasponu od 0 do 13%;
- ♦ veći porast zapremine gasa koja se razvije tokom fermentacije hlebnog testa zamešenog sa kvasom u odnosu na direktno zamešeno testo registrovan je kod većih udela brašna u kvasu (35 i 40 %);
- ♦ kod kvasova sa manjim udelom brašna (20, 25 i 30 %) značajniji efekti na povećanje zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu postignuti su nakon 4h fermentacije kvasa, dok su kod kvasova sa većim udelom brašna (35 i 40%) efekti povoljniji nakon 8 h fermentacije kvasa.

c) Reološka svojstva kvasova

Rezultati ispitivanja uticaja udela brašna u kvasu na reološka svojstva kvasova izražena preko vrednosti napona smicanja u zavisnosti od brzine smicanja, za trajanja fermentacije kvasa 0, 4 i 8 h prikazani su uporedo na *slici 41*.

S obzirom na uočenu eksponencijalnu zavisnost napona smicanja od brzine smicanja karakterističnu za pseudoplastično ponašanje fluida izračunati su karakteristični parametri ovog reološkog modela - faktor konzistencije (K) i indeks toka (n). Vrednosti ovih parametara prikazane su u *tabeli 25*.

Izračunate vrednosti indeksa toka su u svim ispitivanim slučajevima manje od 1 što potvrđuje da se tečni kvasovi u ispitivanom opsegu udela brašna u kvasu ponašaju kao tipični pseudoplastični fluidi.

Vrednosti napona smicanja dobijene pri povećanim brzinama smicanja pokazuju značajno povećanje sa porastom udela brašna u kvasu, a posebno izraženo povećanje napona smicanja uočava se kod ispitivanih udela brašna od 35 i 40 %. Drugo značajno zapažanje je da kod najvećeg ispitivanog udela brašna od 40 % tokom fermentacije kvasa dolazi do porasta napona smicanja uočenog već nakon 4 h, a posebno nakon 8 h fermentacije. Kod udela brašna od 35 % napon smicanja se tokom prvih 4 h fermentacije blago smanjuje, dok tokom produžetka trajanja fermentacije do 8 h pokazuje značajan porast. Kod manjih udela brašna u kvasu (20, 25 i 30 %) napon smicanja sa produženjem trajanja fermentacije vrlo blago opada, što kvasove sa nižim udelima brašna čini reološki povoljnijim kad je u pitanju projektovanje i eksploatacija automatskih postrojenja.

Vrednosti faktora konzistencije se povećavaju sa povećanjem udela brašna u kvasu, što je u saglasnosti sa istaknutim tendencijama kretanja napona smicanja u zavisnosti od udela brašna u kvasu.

d) Izbor optimalnog udela brašna u kvasu

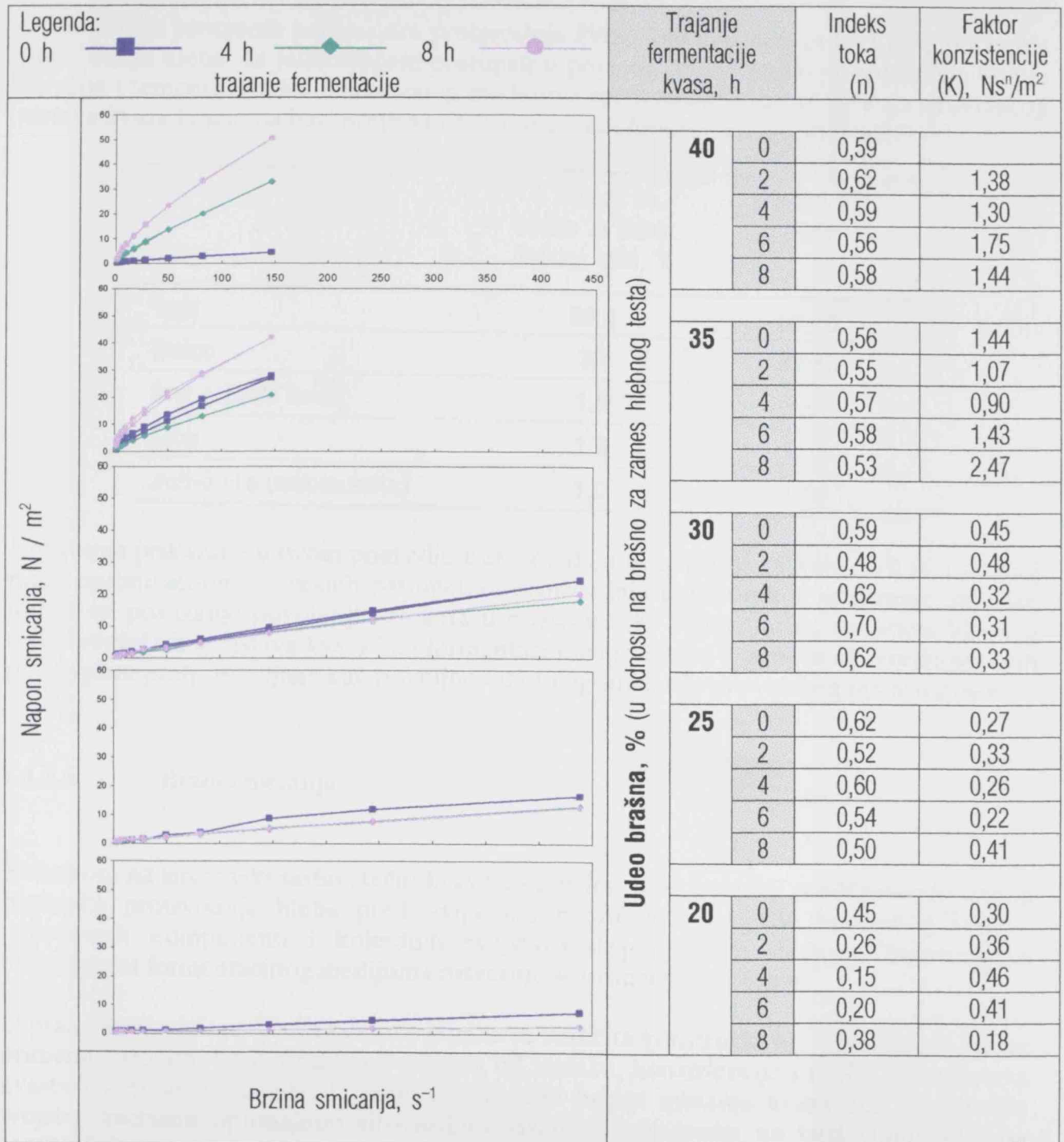
Imajući u vidu da je:

- ◆ pri nižim udelima brašna u kvasu relativno povećanje zapremine gasa koja se razvija u hlebnom testu zamešenom sa kvasom u odnosu na direktno zamešeno hlebno testo, manje nego pri većim udelima brašna u kvasu;
- ◆ pri višim udelima brašna u kvasu neophodno duže trajanje fermentacije kvasa;
- ◆ pri višim udelima brašna u kvasu variranje reoloških svojstava kvasa tokom trajanja fermentacije izraženije i to u smeru povećanja napona smicanja.

kao optimalan odabran je **udeo brašna u kvasu od 30 %**, kao kompromisni u smislu minimizacije negativnih trendova manjeg povećanja razvoja gasa u hlebnom testu kod nižih udela brašna i potrebe dužeg trajanja fermentacije i variranja reoloških svojstava kvasa kod viših udela brašna.

Slika 41 - Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja za različite udele brašna u kvasu nakon trajanja fermentacije kvasa 0, 4 i 8 h

Tabela 25 - Uticaj udela brašna u kvasu i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)



6.1.2. Optimizacija procesnih parametara

Optimizacija procesnih parametara proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba za jednostepeni postupak u pogledu brzine mešanja, specifične brzine aeracije i temperature fermentacionog medijuma sprovedena je uz korišćenje sirovinskog sastava kvasa koji je na bazi prethodnih ispitivanja definisan kao optimalan:

	u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	u kvasu kao supstratu, %
Voda	56,5	62,78
Brašno	30	33,33
Svež pekarski kvasac	1,5	1,67
Šećer	1,0	1,11
Jestivo ulje (antipenušavac)	1,0	1,11

Ispitivanja prikazana u ovom poglavlju treba da daju odgovor na pitanje da li je, i u kojoj meri, optimizacijom procesnih parametara proizvodnje uključenih u ispitivanje, moguće uticati na postizanje povoljnijih efekata u pogledu toka fermentacije, svojstava hlebnog testa i reoloških svojstava kvasa kao fermentacionog medijuma u odnosu na vrednosti ovih parametara pretpostavljene kao povoljne tokom optimizacije sirovinskog sastava kvasa.

6.1.2.1. Brzina mešanja

S obzirom na sirovinski sastav, tečni kvas kao supstrat u proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba predstavlja složen sistem u pogledu hemijskog sastava rastvorenih komponenti i koloidnih svojstava dispergovanih čestica. Odgovarajuća homogenost fermentacionog medijuma ostvaruje se primenom mešanja.

U praksi proizvodnje tečnih kvasova koriste se različita konstruktivna rešenja mešalica uz primenu različitih brzina mešanja zavisno od sastava, konzistencije i reoloških svojstava kvasova koji se proizvode. U cilju optimizacije brzine mešanja kvasa kog karakterišu svojstva zacrtana optimalnim sirovinskim sastavom utvrđenim na bazi ciljnih efekata zacrtanih u ovom radu, sprovedena su ispitivanja uticaja brzine mešanja pomoću turbinske mešalice u laboratorijskom fermentoru CHEMAP CBC 50 za sledeće brzine mešanja:

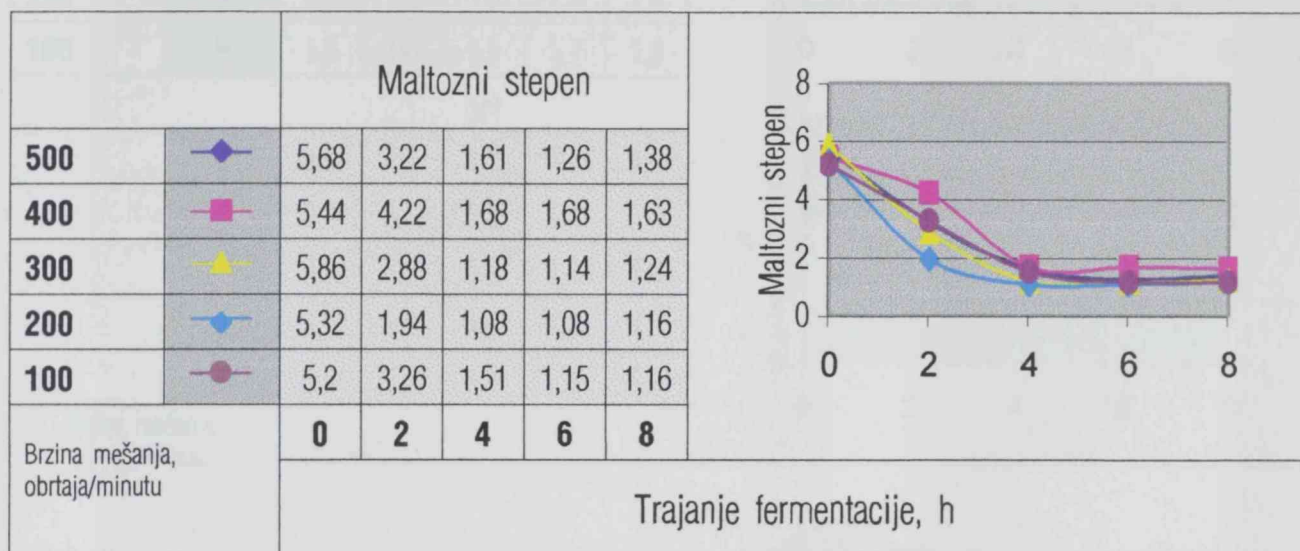
Brzina mešanja, obrtaja/minutu	500	400	300	200	100
--------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Ispitan je uticaj brzine mešanja na tok fermentacionih procesa u kvasu, razvoj gasa u hlebnom testu i reološka svojstva kvasa. Ispitivanja su izvedena pri brzini aeracije 0,25 vol/vol min i temperaturi fermentacionog medijuma 25 °C.

a) Tok fermentacije

Rezultati ispitivanja sadržaja fermentabilnih komponenti iskazanog preko maltoznog stepena u kvasu za različite brzine mešanja u zavisnosti od trajanja fermentacije prikazani su u tabeli 26 i na slici 42.

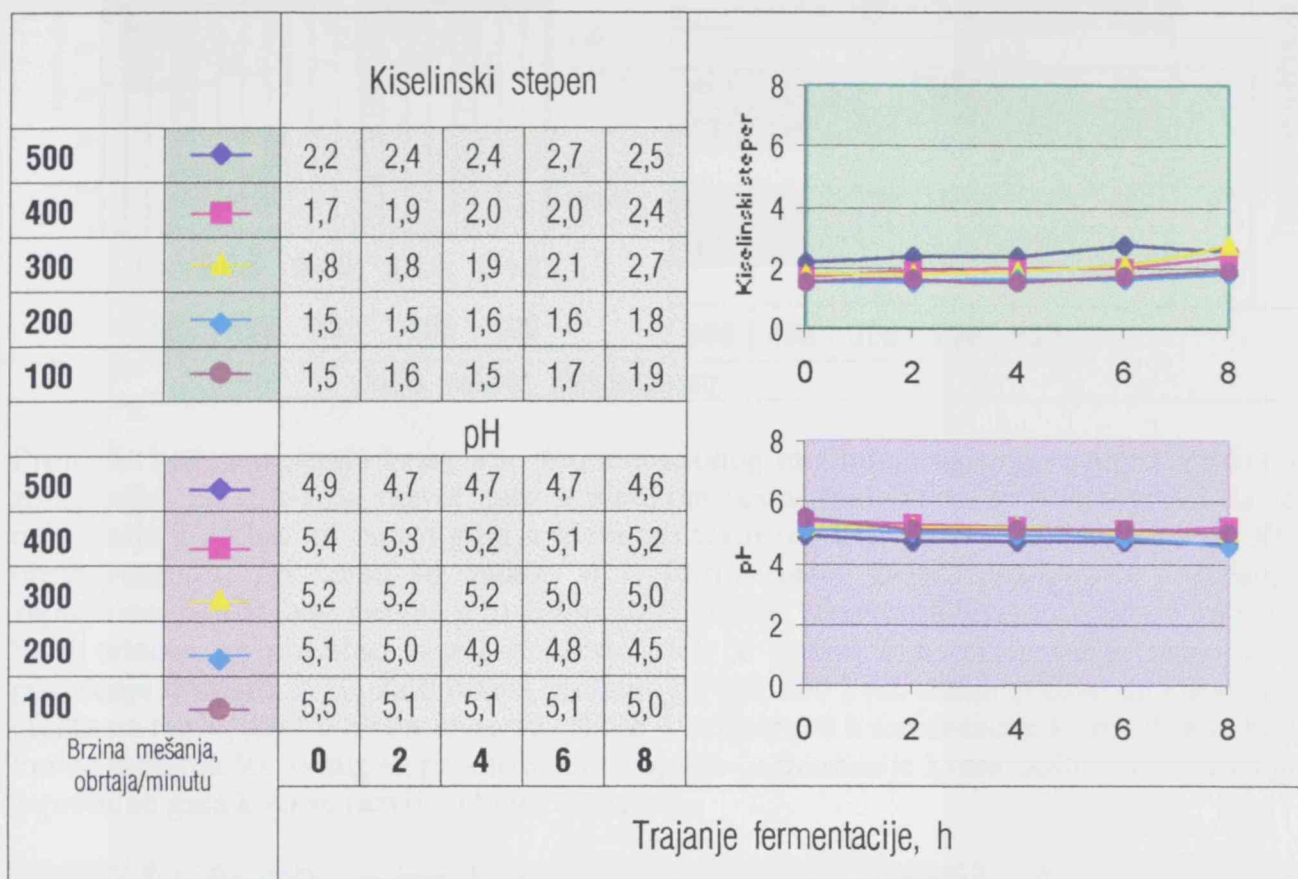
Tabela 26; slika 42 - Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma



Prikazani podaci ukazuju da u dinamici potrošnje fermentabilnih komponenti supstrata nema značajnih razlika bez obzira na primenjenu brzinu mešanja, što ukazuje da se pri svim ispitivanim brzinama mešanja ostvaruje odgovarajuća homogenost fermentacionog medijuma, odnosno da su sve ispitivane brzine mešanja dovoljne da ne dođe do raslojavanja ili taloženja fermentacionog medijuma. Manje razlike u dinamici potrošnje fermentabilnih komponenti, za koje se ne može tvrditi da su značajne, uočavaju se u prva 4 h fermentacije, pri čemu je opadanje maltoznog stepena najbrže u prvim satima fermentacije kod brzina mešanja od 200 i 300 o/min, što ukazuje i na najintenzivniju fermentativnu aktivnost mikroflora pri ovim brzinama mešanja. Bez obzira na primenjenu brzinu mešanja maltozni stepen u podlozi opada do donjih graničnih vrednosti nakon 4 h fermentacije.

Uticaj brzine mešanja na tok nastajanja kiselina kao produkata metabolizma bakterija mlečne kiseline praćen je na osnovu promene kiselinskog stepena i pH fermentacionog medijuma tokom 8 h fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su u *tabeli 27* i na *slici 43*.

Tabela 27; slika 43 - Kiselinski stepen i pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma

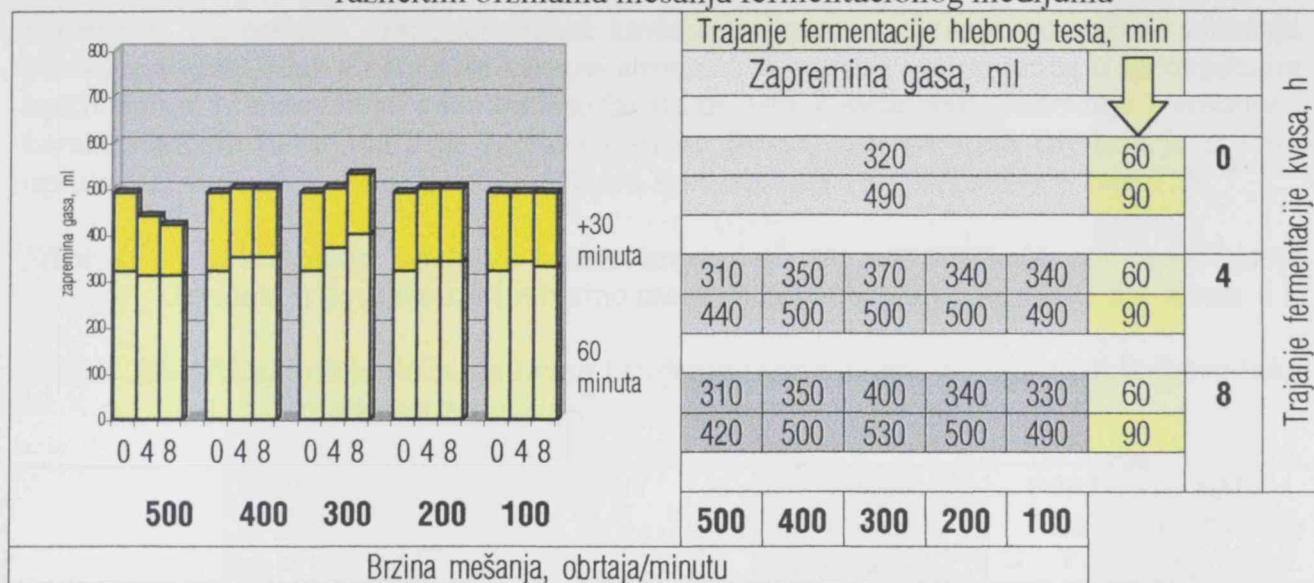


Kao što se i pretpostavilo, s obzirom na primenjene uslove aeracije, fermentativna aktivnost mikroaerofilne mikroflora mlečnokiselinskog vrenja, bez obzira na primenjenu brzinu mešanja nije rezultirala nastajanjem većih količina kiselina kao produkata metabolizma. Za sve ispitivane brzine mešanja registrovan je blagi trend opadanja pH i blagi trend porasta kiselinskog stepena.

b) Svojstva hlebnog testa

Uticaj brzine mešanja fermentacionog medijuma na svojstva hlebnog testa registrovan je fermentografski na bazi zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu tokom 60, odnosno 90 minuta fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su u *tabeli 28* i na *slici 44*.

Tabela 28; slika 44 - Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim brzinama mešanja fermentacionog medijuma



Promena brzine mešanja kvasa kao fermentacionog medijuma uglavnom nije rezultirala značajnijim efektima na razvoj gasa u hlebnom testu. Ipak mora se konstatovati da je najpovoljniji efekat na razvoj gasa u hlebnom testu registrovan kod brzine mešanja 300 obrtaja/minutu, pri čemu je, nakon 4 h fermentacije kvasa, postignuto povećanje zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu tokom 60 minuta fermentacije od oko 15 % u odnosu na direktno zamešeno testo, dok je nakon 8 h fermentacije kvasa ovo povećanje dostiglo 25 %. Kod brzina mešanja od 100, 200 i 400 o/min gotovo da i nije bilo efekta na razvoj gasa u hlebnom testu tokom 4, odnosno 8 h fermentacije kvasa, dok je kod brzine mešanja 500 o/min sa produženjem trajanja fermentacije kvasa došlo i do opadanja zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu.

c) Reološka svojstva kvasa

Funkcionalna zavisnost napona smicanja od primenjene brzine smicanja registrovana za različite brzine mešanja fermentacionog medijuma nakon 8 h fermentacije prikazana je na slici 45. Uporedo je prikazana kriva funkcionalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja registrovana za kvas istog sirovinskog sastava pre početka fermentacije.

Prikazane krive ukazuju na postojanje eksponencijalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja bez obzira na primenjenu brzinu mešanja fermentacionog medijuma.

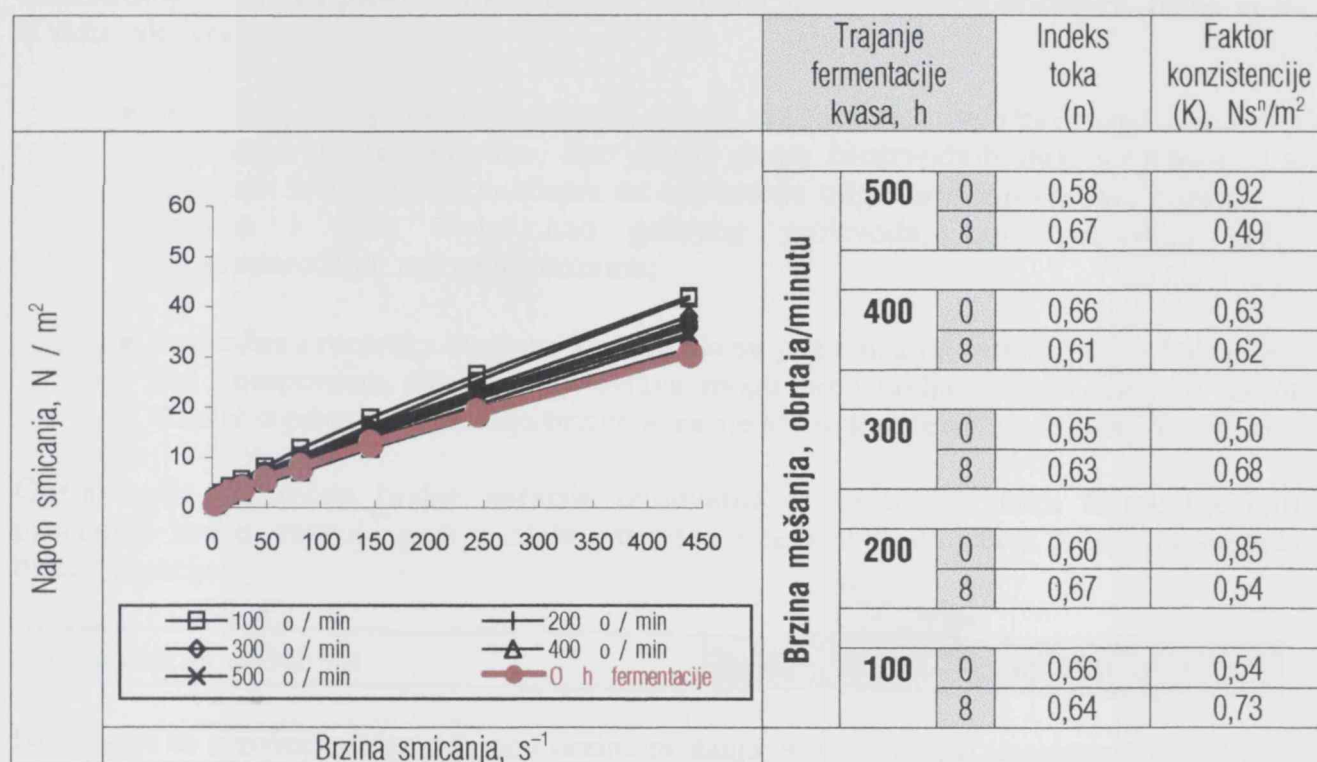
Pored toga treba istaći da u vrednostima napona smicanja pri različitim brzinama smicanja, nakon 8 h fermentacije kvasa nisu registrovane značajne razlike bez obzira na primenjenu brzinu mešanja fermentacionog medijuma. Izmerene vrednosti napona smicanja pri pojedinim brzinama smicanja nakon 8 h fermentacije kvasa ne razlikuju se

znatno ni u odnosu na vrednosti registrovane u kvasu istog sirovinskog sastava pre početka fermentacije.

S obzirom na uočenu eksponencijalnu zavisnost napona smicanja od brzine smicanja potvrđen je zaključak da se tečni kvasovi sirovinskog sastava primenjenog u sprovedenim ispitivanjima ponašaju kao pseudoplastični fluidi. Istu konstataciju potvrđuju i vrednosti karakterističnih parametara za pseudoplastične fluide, indeksa toka (n) koji je u svim ispitivanim slučajevima manji od 1, i faktora konzistencije (K) prikazane u tabeli 29.

Slika 45 - Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja pre otpočinjanja fermentacije i za različite brzine mešanja nakon trajanja fermentacije kvasa 8 h

Tabela 29 - Uticaj brzine mešanja kvasa i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)



d) Izbor optimalne brzine mešanja

S obzirom na to da brzina mešanja fermentacionog medijuma nije pokazala značajan uticaj na tok zakišeljavanja kvasova, kao ni na reološka svojstva kvasova, na bazi zapažanja da rezultira najbržim tokom fermentacije registrovanim na bazi opadanja udela fermentabilnih komponenti i najznačajnijim povećanjem razvoja gasa u hlebnom testu, kao **optimalna brzina mešanja** definisana je brzina od **300 obrtaja/minutu**.

6.1.2.2. Brzina aeracije

Prisustvo dovoljnih količina rastvorenog kiseonika u fermentacionom medijumu putem Pasterovog efekta deluje povoljno na brzinu rasta i razmnožavanja ćelija pekarskog kvasca. S obzirom na to da je u ovom radu ostvarenje ušteda u kvascu postavljeno kao jedan od osnovnih ciljeva, favorizovanje umnožavanja broja kvasnih ćelija postavljeno je kao jedan od imperativa istraživanja.

Međutim, prilikom optimizacije brzine aeracije u procesu proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu jednostepenog postupka, treba imati u vidu i sledeće:

- ♦ u kvasu je neophodno obezbediti uslove i za fermentativnu aktivnost populacije bakterija mlečne kiseline, kao druge grupe proizvodnih mikroorganizama u procesu fermentacije značajne za ostvarenje odgovarajućih efekata vezanih za aromu i ukus hleba kao gotovog proizvoda, koje pripadaju grupi mikroaerofilnih mikroorganizama;
- ♦ koloidna i reološka svojstva kvasa koja su posledica prisustva brašna kao jedne od komponenti sirovinskog sastava mogu predstavljati ograničavajući faktor kad je u pitanju povećanje brzine aeracije kvasa kao fermentacionog medijuma.

Optimizacija specifične brzine aeracije obuhvatila je ispitivanja toka fermentacionih procesa u kvasu, razvoja gasa u hlebnom testu i reoloških svojstava kvasa za sledeće brzine aeracije:

Brzina aeracije, vol/vol min	0,330	0,250	0,165	0,080	0,000
------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

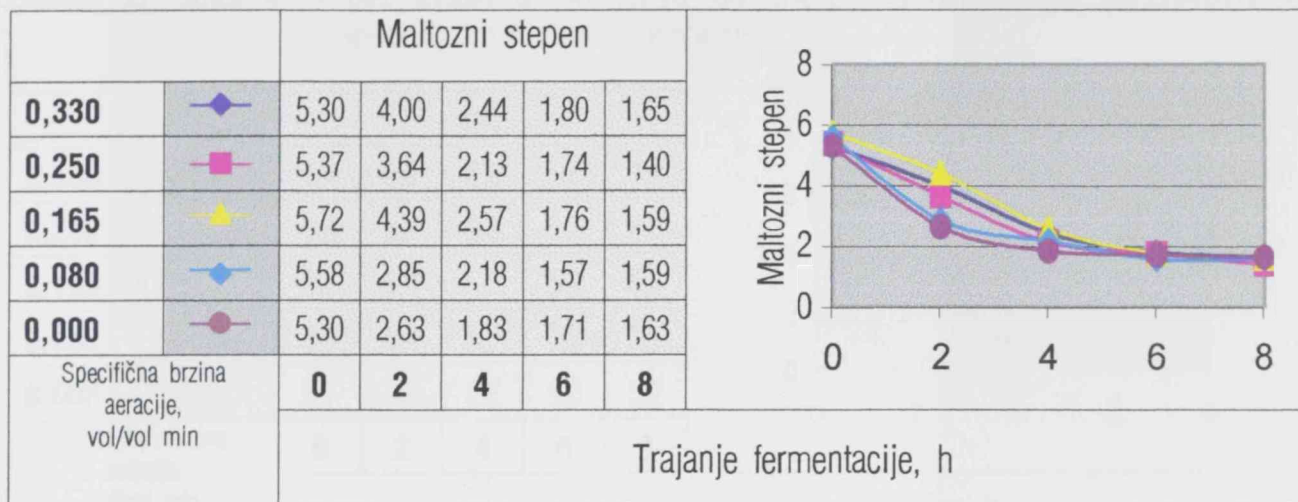
Ispitivanja su sprovedena uz primenu brzine mešanja 300 o/min i pri temperaturi 25 °C.

Treba istaći da je planom ispitivanja bila predviđena i primena još veće specifične brzine aeracije od 0,500 vol/vol min. Međutim, povećanje specifične brzine aeracije iznad 0,330 vol/vol min rezultiralo je stvaranjem veoma velikih količina pene koju nije bilo moguće suzbiti ni znatnijim povećanjem primenjenih doza jestivog ulja kao antipenušavca. Stoga su brzine aeracije iznad 0,330 vol/vol min okarakterisane kao neprimenjive u slučaju pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba koje u sirovinski sastav uključuju brašno.

a) Tok fermentacije

Rezultati ispitivanja sadržaja fermentabilnih komponenti u kvasu, sagledanog preko maltoznog stepena, za različite specifične brzine aeracije u zavisnosti od trajanja fermentacije prikazani su u tabeli 30 i na slici 46.

Tabela 30; slika 46 - Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim specifičnim brzinama aeracije



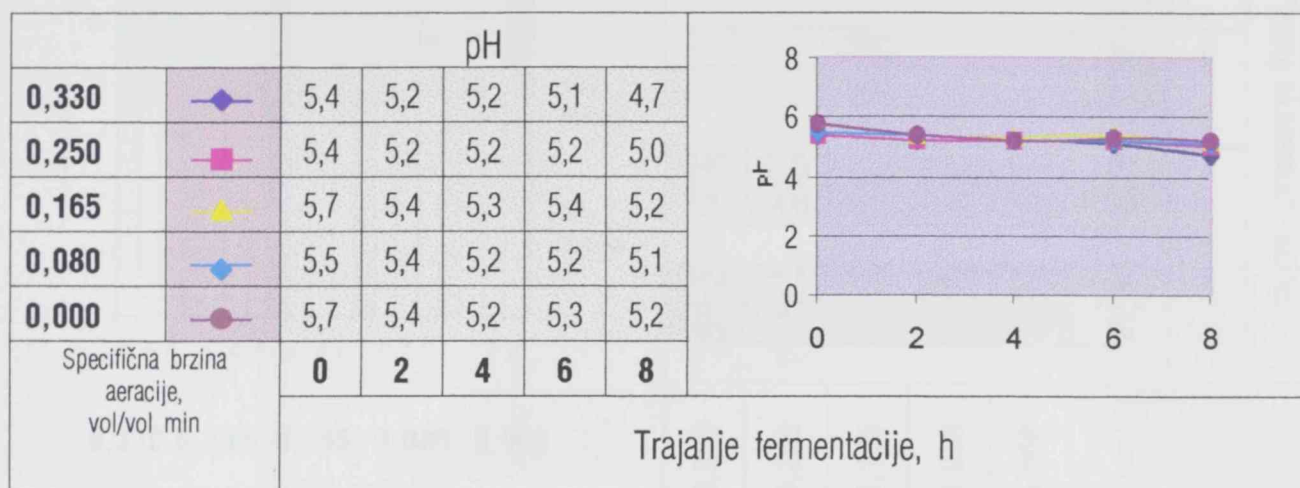
Opadanje maltoznog stepena u podlozi u toku prva 4 h fermentacije ukazuje na intenzivnu fermentativnu aktivnost prisutne mikroflore bez obzira na primenjenu brzinu aeracije. Opadanje maltoznog stepena je za manje intenzitete specifične brzine aeracije (0,000 i 0,080 vol/vol min) u toku prvih sati fermentacije nešto brže, te se minimalne granične vrednosti maltoznog stepena u podlozi dostižu nakon 4 h fermentacije. Kod većih intenziteta aeracije (0,165; 0,250 i 0,330 vol/vol min) opadanje maltoznog stepena je nešto sporije što ukazuje na manje intenzivnu fermentativnu aktivnost proizvodne mikroflore. U ovim slučajevima maltozni stepen dostiže granične vrednosti kod kojih je podloga iscrpljena u pogledu sadržaja fermentabilne komponente nakon 6 h fermentacije.

Tok fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline praćen je na bazi pH fermentacionog medijuma. Rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tabeli 31 i na slici 47.

Iako je očekivano da kod manjih vrednosti specifične brzine aeracije dođe do izražaja fermentativna aktivnost mikroaerofilnih bakterija mlečne kiseline, vrlo blago opadanje pH fermentacionog medijuma registrovano kod svih primenjenih brzina aeracije, ukazuje da čak ni u slučaju oglada bez aeracije (specifična brzina aeracije 0,000 vol/vol min) nije došlo do značajnijeg aktiviranja ove grupe mikroorganizama. Tumačenje ovakve pojave može se dati kroz sledeće pretpostavke:

- ♦ radom mešalice obezbeđuje se dovoljna količina rastvorenog kiseonika u podlozi da favorizuje fermentativnu aktivnost kvasca i inhibira fermentativnu aktivnost bakterija mlečne kiseline;
- ♦ u kvasu preovladava fermentativna aktivnost pekarskog kvasca, s obzirom na to da je broj ćelija pekarskog kvasca višestruko veći (s obzirom na teorijski broj dodatih ćelija kvasca i teorijski broj ćelija bakterija mlečne kiseline dodat sa brašom).

Tabela 31; slika 47 - pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim specifičnim brzinama aeracije



S obzirom da na bazi izmerenih vrednosti pH nije uočen značajniji trend nastajanja kiselina, kiselinski stepen nije određivan.

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja uticaja primenjene brzine aeracije i trajanja fermentacije kvasa na razvoj gasa u hlebnom testu dobijeni merenjem razvijene zapremine gasa na fermentografu u toku 60, odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa prikazani su u tabeli 32 i na slici 48.

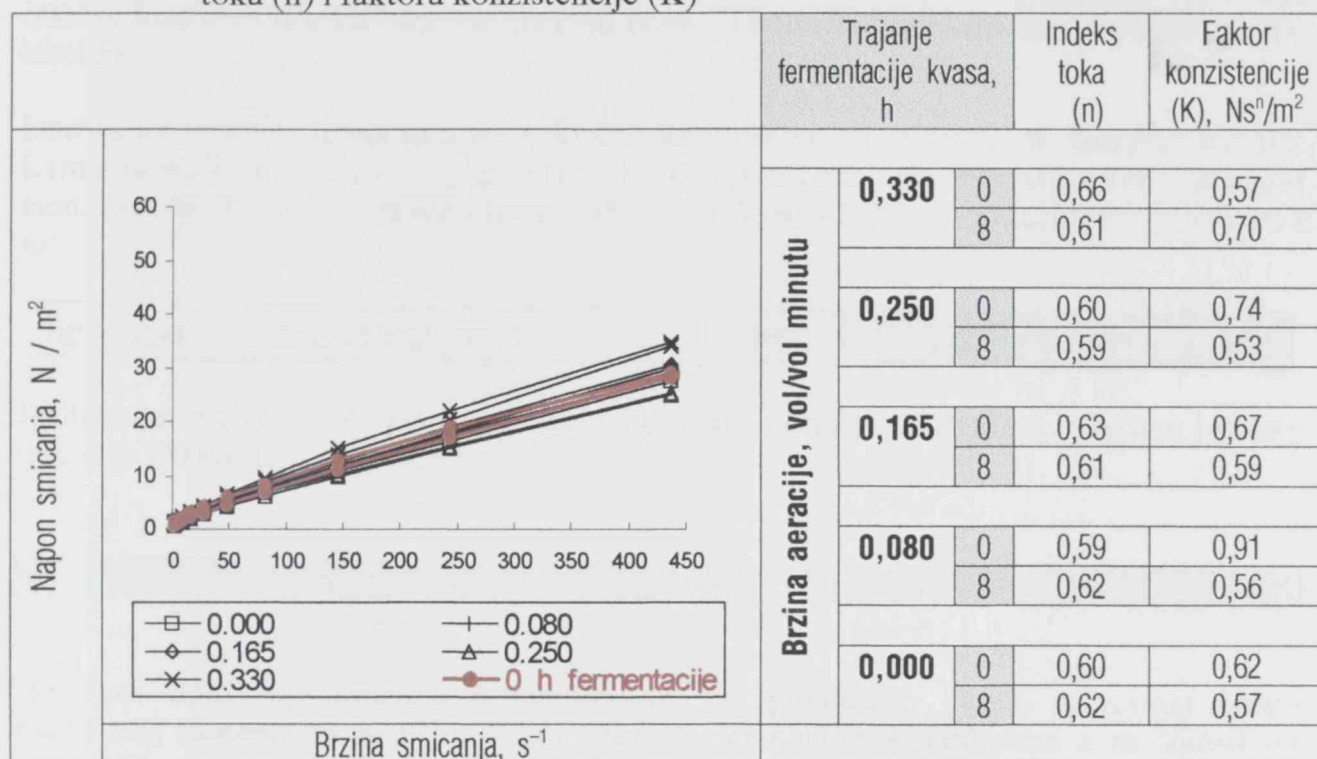
Na osnovu prikazanih rezultata može se zapaziti sledeće:

- ♦ izraženiji efekti na povećanje zapremine gasa koji se razvije u hlebnom testu zamešenom sa kvasom koji je fermentisao u toku 4 h u odnosu na direktno mešeno testo (0 h fermentacije kvasa) ostvaruju se prilikom primene manjih specifičnih brzina aeracije (0,000; 0,080 i 0,165 vo/vol min)
- ♦ efekti na povećanje zapremine gasa koji se razvije u hlebnom testu manji su kod kvasa koji je fermentisao 8 h u odnosu na kvas koji je fermentisao 4 h bez obzira na primenjenu brzinu aeracije;

S obzirom na uočenu eksponencijalnu zavisnost napona smicanja od brzine smicanja potvrđen je zaključak da se tečni kvasovi, sirovinskog sastava primenjenog u sprovedenim ispitivanjima ponašaju kao pseudoplastični fluidi. Istu konstataciju potvrđuju i vrednosti karakterističnih parametara za pseudoplastične fluide, indeksa toka (n) koji se u svim ispitivanjima slučajevima manji od 1, kao i vrednosti faktora konzistencije (K) prikazane u tabeli 33.

Slika 49 - Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja pre otpočinjanja fermentacije i za različite specifične brzine aeracije nakon trajanja fermentacije kvasa 8 h

Tabela 33 - Uticaj specifične brzine aeracije i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)



d) Izbor optimalne brzine aeracije

S obzirom na to da je rezultirala najpovoljnijim efektima na povećanje zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu u odnosu na direktno zamešeno testo za jednostepeni postupak definisana je **optimalna specifična brzina aeracije od 0,080 vol/vol min.**

Imajući u vidu da su ispitivanja usmerena na optimizaciju sirovinskog sastava kvasa bila izvršena uz primenu brzine aeracije od 0,250 vol/vol min koja je rezultirala manje povoljnim efektima na razvoj gasa u hlebnom testu može se očekivati da će optimizovani postupak dati veće efekte u pogledu ovog pokazatelja od onih dobijenih tokom prikazanih ispitivanja.

6.1.2.3. Temperatura

Mikroorganizmi obe grupe proizvodne mikroflore koji učestvuju u fermentacionim procesima u kvasu kao predfazi indirektnog postupka proizvodnje hleba - pekarskog kvasca i bakterija mlečne kiseline, pripadaju grupi mezofilnih mikroorganizama. Variranje temperature u opsegu prihvatljivom za mezofilne mikroorganizme, u opštem slučaju, kod pekarskog kvasca rezultira favorizovanjem razmnožavanja na nižim temperaturama odnosno alkoholne fermentacije na višim, dok kod heterogene populacije bakterija mlečne kiseline utiče na odnos aktivnosti homo- i heterofermentativnih bakterija mlečne kiseline.

Ispitivanja uticaja temperature u kvasu kao složenom biološkom sistemu na tok fermentativnih procesa, razvoj gasa u hlebnom testu i reološka svojstva fermentacionog medijuma izvršeno je u opsegu temperatura karakterističnom za mezofilnu mikrofloru i to:

Temperatura fermentacionog medijuma, °C	35	30	25	20	15
---	----	----	----	----	----

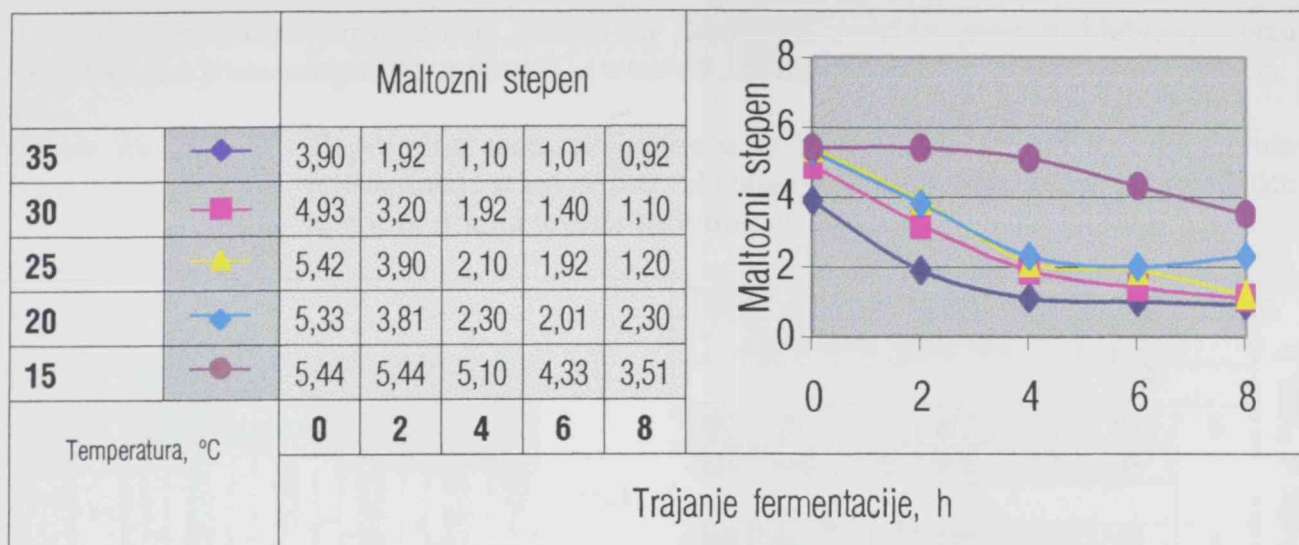
Ispitivanja su izvršena uz primenu specifične brzine aeracije od 0,080 vol/vol min i brzine mešanja 300 o/min.

a) Tok fermentacije

Rezultati ispitivanja sadržaja fermentabilnih komponenti u kvasu, iskazanog preko maltoznog stepena, za različite temperature fermentacionog medijuma u zavisnosti od trajanja fermentacije prikazani su u *tabeli 34* i na *slici 50*.

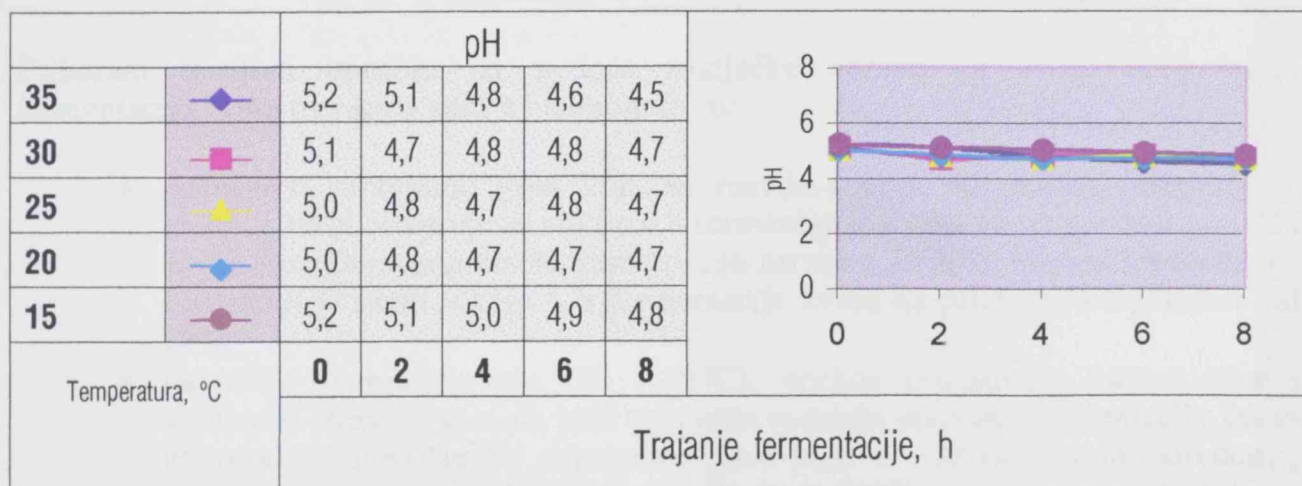
Dinamika opadanja maltoznog stepena supstrata različita je u zavisnosti od primenjene temperature fermentacionog medijuma. Na najnižoj temperaturi uključenoj u plan ispitivanja (15°C) blaži trend opadanja maltoznog stepena tokom celokupnog trajanja fermentacije kvasa od 8 h ukazuje, kao što je i očekivano, na usporeno odvijanje fermentacionih procesa na ovoj temperaturi. Dinamika potrošnje fermentabilnih komponenti iz kvasa od strane proizvodne mikroflore je za temperature 20, 25 i 30°C približno sličnih karakteristika. Na temperaturi 35 °C aktivnost prisutne mikroflore, sudeći po bržem opadanju maltoznog stepena, je intenzivnija. Manje vrednosti maltoznog stepena utvrđene u kvasu temperature 35°C pre početka fermentacije (0 h) verovatno su posledica otpočinjanja intenzivnog previranja još u toku pripreme kvasa na ovoj temperaturi.

Tabela 34; slika 50 - Maltozni stepen u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma



Ispitivanje uticaja temperature na fermentativnu aktivnost bakterija mlečne kiseline na različitim temperaturama izvršeno je na bazi merenja pH kvasa tokom fermentacije. Rezultati određivanja pH prikazani su u tabeli 35 i na slici 51.

Tabela 35; slika 51 - pH kvasa u zavisnosti od trajanja fermentacije pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma

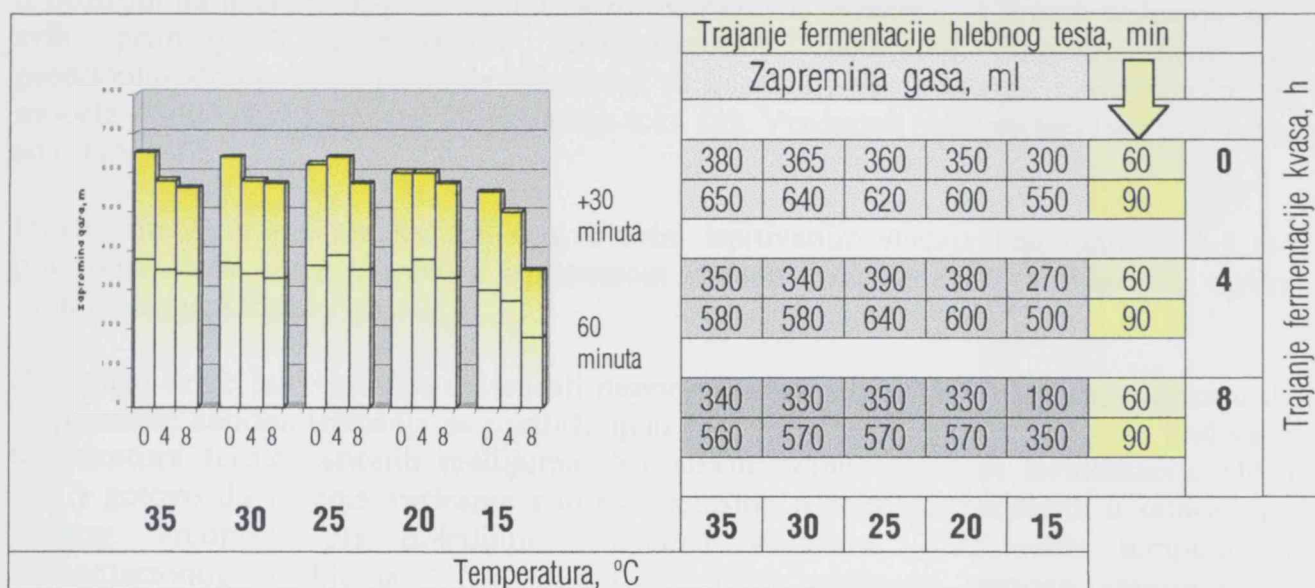


Na svim temperaturama, obuhvaćenim planom ispitivanja, pH fermentacionog medijuma tokom 8 h fermentacije blago opada. Najveći pad pH, iako ne značajno različit u odnosu na ostale temperature, ostvaren je na temperaturi 35°C, što je u skladu sa zaključcima o pogodovanju viših temperatura nastajanju kiselina u kvasu do kojih je u svojim istraživanjima došao Brümmer (1991).

b) Svojstva hlebnog testa

Uticaj temperature fermentacije kvasa na dinamiku razvoja gasa u hlebnom testu registrovanu fermentografski prikazan je u tabeli 36 i na slici 52.

Tabela 36; slika 52 - Zapremina gasa razvijenog u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa pri različitim temperaturama fermentacionog medijuma



Prikazani rezultati upućuju na sledeće zaključke vezane za uticaj temperature fermentacije kvasa na razvoj gasa u hlebnom testu:

- ◆ povećanje zapremine gasa koja se razvije tokom 60 minuta fermentacije hlebnog testa ostvaruje se nakon 4 h fermentacije kvasa na temperaturama 20 i 25 °C. Povećanje zapremine gasa koja se razvije tokom 90 minuta fermentacije ostvareno je samo tokom 4 h fermentacije kvasa uz primenu temperature od 25°C;
- ◆ na višim temperaturama (30 i 35°C), uprkos intenzivnoj fermentativnoj aktivnosti registrovanoj na bazi opadanja sadržaja maltoze, fermentacija kvasa ne rezultira povećanjem zapremine gasa koja se razvije tokom određenog vremena fermentacije hlebnog testa, što je u skladu sa zaključcima koje je u svojim istraživanjima izveo *Brümmer (1991)*;
- ◆ niska temperatura fermentacije kvasa (15°C) rezultira značajnim smanjenjem zapremine gasa koja se razvije tokom fermentacije hlebnog testa zamešenog sa kvasom, u odnosu na direktno zamešeno testo;
- ◆ povećanje temperature utiče na povećanje zapremine gasa koja se razvije u direktno zamešenom testu (0 h fermentacije).

c) Reološka svojstva kvasa

Rezultati ispitivanja reoloških svojstava kvasova izraženih preko funkcionalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja za trajanja fermentacije kvasa 0, 4 i 8 h, uporedno za temperature 15, 20, 25, 30 i 35°C na kojima je vršeno ispitivanje, prikazani su na *slici 53*.

S obzirom na uočenu eksponencijalnu zavisnost napona smicanja od brzine smicanja, kod svih primenjenih temperatura fermentacionog medijuma, karakterističnu za pseudoplastično ponašanje fluida izračunati su karakteristični parametri ovog reološkog modela - faktor konzistencije (K) i indeks toka (n). Vrednosti ovih parametara prikazane su u *tabeli 37*.

Izračunate vrednosti indeksa toka su u svim ispitivanim slučajevima manje od 1 što potvrđuje da se tečni kvasovi u ispitivanom opsegu temperatura ponašaju kao tipični pseudoplastični fluidi.

Prikazane krive funkcionalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja ukazuju da su promene napona smicanja sa produženjem trajanja fermentacije kvasa veće kod viših temperatura fermentacionih medijuma. Na niskim temperaturama fermentacije (15 i 20°C) gotovo da i nema variranja napona smicanja u toku fermentacije u odnosu na početne vrednosti pri pojedinim brzinama smicanja. Kod viših temperatura fermentacionog medijuma (30 i 35°C) izmerene vrednosti napona smicanja pri pojedinačnim brzinama smicanja se nakon 4, posebno nakon 8 h fermentacije kvasa povećavaju u odnosu na vrednosti izmerene pri istim brzinama smicanja pre početka fermentacije kvasa (0 h fermentacije), što ukazuje na manju stabilnost reoloških svojstava kvasa na višim temperaturama fermentacije.

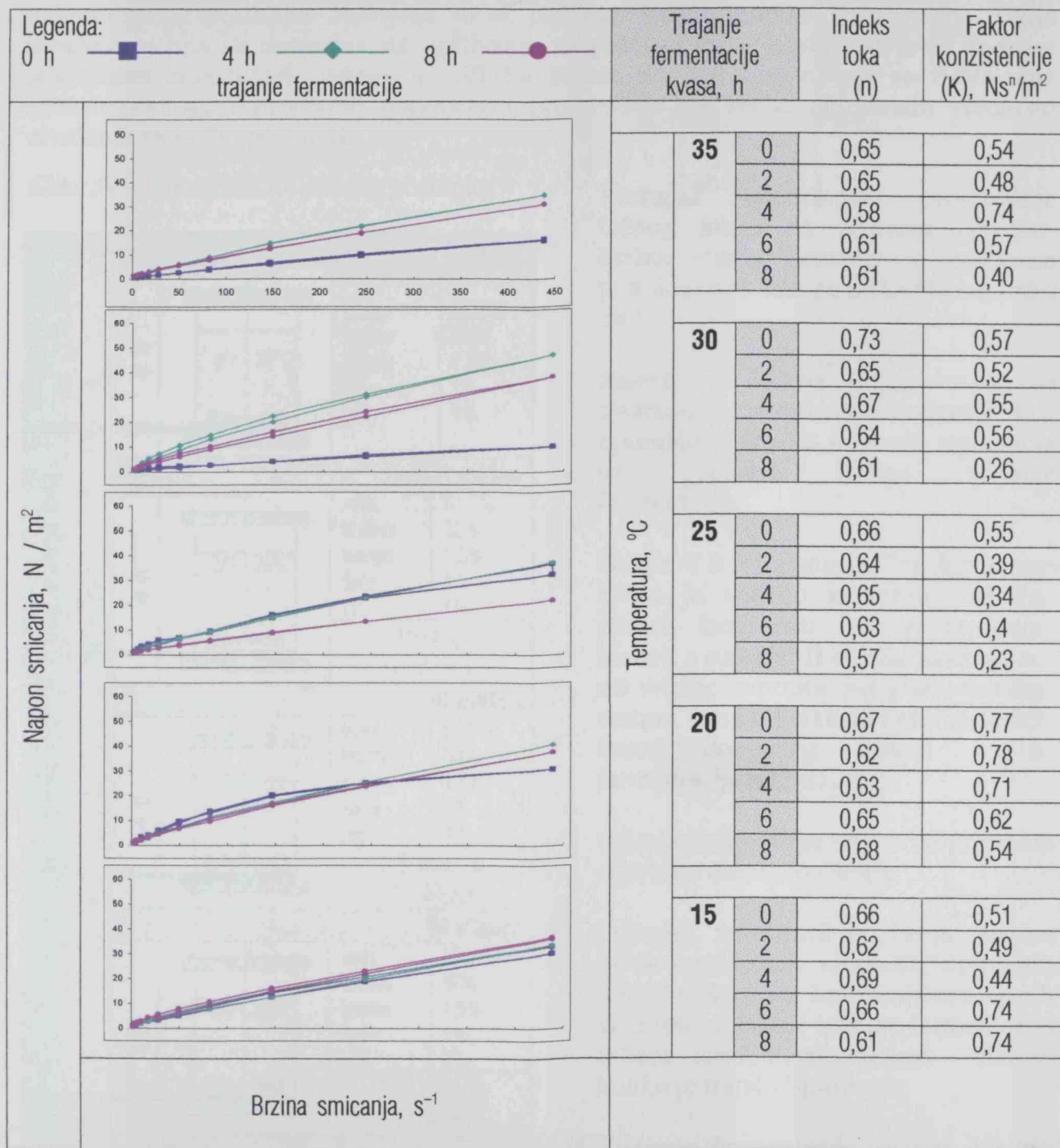
d) Izbor optimalne temperature fermentacije

Kao **optimalna** temperatura fermentacionog medijuma za jednostepeni postupak proizvodnje tečnog kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba definisana je **temperatura od 25°C** s obzirom na to da su pri ovoj temperaturi registrovani najbolji efekti u pogledu povećanja zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu zamešenom sa kvasom u odnosu na direktno mešeno testo.

Temperature iznad i ispod navedene ne rezultiraju povoljnim efektima na razvoj gasa u hlebnom testu, a više temperature fermentacije kvasa, pored toga, pokazuju i negativan efekat na stabilnost reoloških svojstava kvasa.

Slika 53 - Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja za različite temperature fermentacionog medijuma nakon trajanja fermentacije kvasa 0, 4 i 8 h

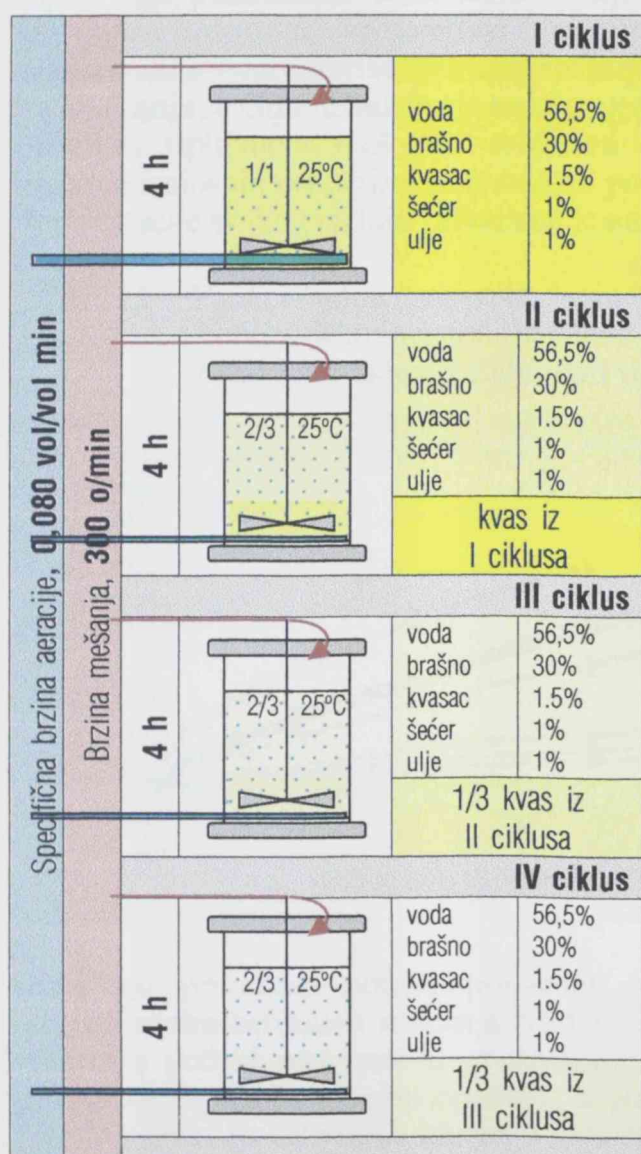
Tabela 37 - Uticaj temperature fermentacionog medijuma i trajanja fermentacije na vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K)



6.1.3. Optimizacija tehnike fermentacije

Ispitivanja usmerena ka optimizaciji sirovinskog sastava podloge i procesnih parametara proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu jednostepenog postupka obavljena su uz primenu šaržne tehnike fermentacije. Dalja istraživanja bila su usmerena na ispitivanje mogućnosti da se efekti ostvareni šaržnim postupkom intenziviraju primenom ciklično-šaržne tehnike fermentacije uz održavanje sastava podloge i procesnih parametara proizvodnje na nivou optimalnih vrednosti utvrđenih za šaržni postupak.

Slika 54 - Šema ciklično-šarnog postupka



Postupak jednostepene proizvodnje tečnog kvasa uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije realizovan je u skladu sa šemom prikaznom na slici 54.

Supstrat I ciklusa pripreman je sa sirovinskim sastavom utvrđenim kao optimalnim tokom opisanih ispitivanja uz primenu šaržne tehnike fermentacije.

Nakon 4 h fermentacije 2/3 dobijenog kvasa je vađeno iz fermentora (u praksi korišćeno za proizvodnju hleba), a supstrat II ciklusa sastojao se od svežeg suptrata istog sirovinskog sastava kao i u I ciklusu i preostale 1/3 kvasa dobijenog nakon 4 h fermentacije u I ciklusu.

Isti postupak primenjen je za pripremu supstrata narednih ciklusa.

Procesni parametri održavani su na nivou optimalnih vrednosti utvrđenih tokom prikazanih ispitivanja obavljenih uz primenu šaržne tehnike fermentacije tokom fermentacije sedam ciklusa koliko je trajalo ispitivanje.

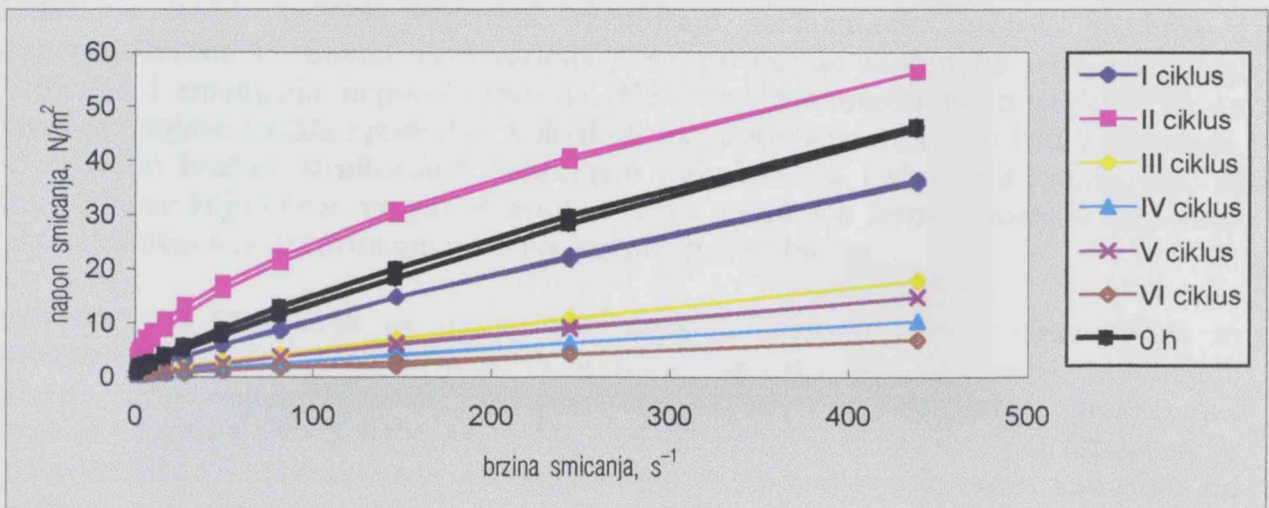
Trajanje fermentacije svakog ciklusa bilo je 4 h.

Tokom fermentacije kvasa navedenog sastava i uz primenu navedenih procesnih parametara uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije, već nakon tri ciklusa fermentacije, registrovane su sledeće negativne pojave:

- ◆ vrlo intenzivno stvaranje pene koja se nije mogla suzbiti ni primenom značajno povećanih doza jestivog ulja kao antipenušavca, što bi u praksi uzrokovalo povećane troškove suzbijanja pene;
- ◆ povećanje zapremine fermentacionog medijuma uprkos održavanju njegove mase na konstantnom nivou, što bi u praksi uzrokovalo potrebu projektovanja fermentora značajno veće zapremine;
- ◆ otežano izuzimanje kvasa iz fermentora, što bi u praksi rezultiralo otežanim transportom i doziranjem kvasa.

Navedeni problemi, s jedne strane, uzrokovali su dobijanje nepouzdanih rezultata ispitivanja pokazatelja toka fermentacije kvasa, dok s druge strane, predstavljaju dovoljan razlog da se ispitivani postupak sa primenom ciklično-šaržne tehnike fermentacije okarakteriše kao neprihvatljiv za primenu u praksi. Stoga će u daljem razmatranju, u cilju iznalaženja uzroka opisanih negativnih pojava, biti prikazani samo rezultati ispitivanja reoloških svojstava dobijenih kvasova. Funkcionalna zavisnost napona smicanja od brzine smicanja za polazni supstrat i kvasove dobijene nakon 4 h fermentacije svakog ciklusa prikazana je na slici 55.

Slika 55 - Funkcionalna zavisnost brzine smicanja i napona smicanja kod kvasova dobijenih uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije u zavisnosti od broja sprovedenih ciklusa pri trajanju fermentacije ciklusa 4 h



Kao što prikazani podaci pokazuju, vrednosti napona smicanja izmerene pri pojedinačnim brzinama smicanja od III ciklusa pa nadalje, dakle od trenutka kad su vizuelno uočeni problemi u proizvodnji kvasa uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije, vrlo značajno opadaju. S obzirom na uočenu eksponencijalnu zavisnost napona smicanja od brzine smicanja koja upućuje na zaključak da se, bez obzira na broj ciklusa fermentacije, radi o pseudoplastičnim fluidima, izračunate su vrednosti

parametara koji karakterišu ovaj reološki model - indeks toka (n) i faktor konzistencije (K), za fermentacione medijume na početku i nakon 4 h fermentacije svakog ciklusa. Ove vrednosti prikazane su u tabeli 38.

Tabela 38 - Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije u zavisnosti od trajanja fermentacije i broja sprovedenih ciklusa

	Trajanje fermentacije, h	Ciklus					
		I	II	III	IV	V	VI
Indeks toka (n)	0	0.62	0.63	0.65	0.53	0.58	0.54
	4	0.62	0.65	0.61	0.52	0.60	0.41
Faktor konzistencije (K), Ns^n/m^2	0	0.89	0.73	0.62	0.36	0.33	0.34
	4	0.60	1.18	0.29	0.27	0.29	0.25

Vrednosti indeksa toka, koje za sve vreme ispitivanja ostaju u opsegu vrednosti manjih od 1 upućuju da kvasovi bez obzira na sprovedeni broj ciklusa zadržavaju svojstva pseudoplastičnih fluida. Opadanje vrednosti faktora konzistencije potvrđuje opisane promene u reološkim svojstvima fermentacionog medijuma sa povećanjem broja ciklusa.

Kao uzrok ovakve pojave može se pretpostaviti mogućnost da aeracija i mešanje fermentacionog medijuma, uz intenziviranje fermentativne aktivnosti mikroflora nakon dodavanja svežih količina supstrata, rezultiraju nastajanjem aerosola vazduha u suspenziji brašna što dovodi do stvaranja pene, povećanja zapremine fermentacionog medijuma i smanjenja napona smicanja. Ne treba zanemariti ni mogućnost da su navedene pojave možda i posledica koloidnih transformacija makromolekula supstrata, prvenstveno brašna uzrokovanih bubrenjem hidrokoloida i skrobnih zrnaca, kao ni druge pojave kojim bi se moglo objasniti ovakvo ponašanje fermentacionog medijuma tokom fermentacije uz primenu ciklično-šaržnog postupka.

Naravno, ova tumačenja na nivou ispitivanja predviđenih ovim radom mogu se posmatrati samo kao pretpostavke, no kako je cilj rada bilo definisanje optimalnih uslova proizvodnje kvasova kao predfaze indirektnog postupka u praksi, ova istraživanja nisu sprovedena već je zaključeno da ciklično-šaržna tehnika fermentacije nije primeniva kod postupaka proizvodnje kvasova koji u sirovinski sastav kao jednu od komponenata uključuju brašno, a koji predviđaju primenu aeracije fermentacionog medijuma. Primena ciklično-šaržne tehnike fermentacije dodatno je ispitana u postupku koji ne predviđa primenu aeracije i mešanja u okviru optimizacije dvostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Prema tome kao **optimalna**, za proizvodnju kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba sa sirovinskim sastavom i uz primenu procesnih parametara utvrđenih u ovom radu, uz primenu jednostepenog postupka, definisana je **šaržna tehnika fermentacije**.

6.1.4. Ocena optimalnog jednostepenog postupka

Na osnovu izvršenih ispitivanja usmerenih ka optimizaciji sirovinskog sastava, procesnih parametara i tehnike fermentacije jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba definisan je optimalan jednostepeni postupak sa aspekta postizanja ciljnih efekata zacrtanih u ovom radu. Pregled parametara kojim je definisan izvedeni optimalan jednostepeni postupak dat je u tabeli 39 i ilustrovan na slici 56.

Tabela 39; slika 56 - Parametri optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba

Tehnika fermentacije	šaržna	
Sirovinski sastav (u odnosu na brašno za zames)		
Voda, %	56.5	
Brašno, %	30	
Kvasac, %	1.5	
Šećer, %	1	
Ulje, %	1	
Procesni parametri		
Temperatura, °C	25	
Specifična brzina aeracije, vol/vol min	0.080	
Brzina mešanja, o/min	300	

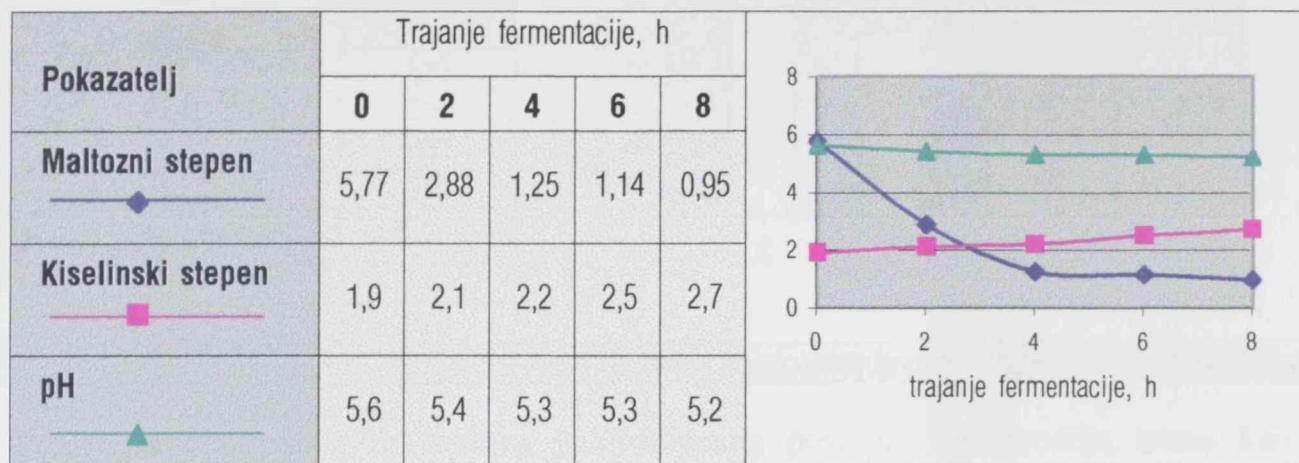
Ocena optimalnog jednostepenog postupka obavljena je na bazi:

- ♦ toka fermentacionih procesa tokom proizvodnje praćenih na osnovu dinamike potrošnje fermentabilnih komponenti sagledane preko vrednosti maltoznog stepena i dinamike nastajanja kiselina kao produkata metabolizma;
- ♦ ostvarenih efekata na svojstva hlebnog testa definisanih dinamikom razvoja gasa tokom fermentacije registrovanom na fermentografu i svojstvima testa tokom završne fermentacije registrovanim na maturografu;
- ♦ efekata na kvalitet i održivost svežine hleba registrovanih na bazi pokazatelja ocene hleba dobijenog probnim pečenjem;
- ♦ reoloških svojstava kvasa registrovanih merenjem zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja.

6.1.4.1. Tok fermentacije

Rezultati ispitivanja maltoznog stepena, kiselinskog stepena i pH fermentacionog medijuma tokom 8 h fermentacije prikazani su u tabeli 40 i na slici 57.

Tabela 40; slika 57 - Tok fermentacije kvasa uz primenu optimalnog jednostepenog postupka

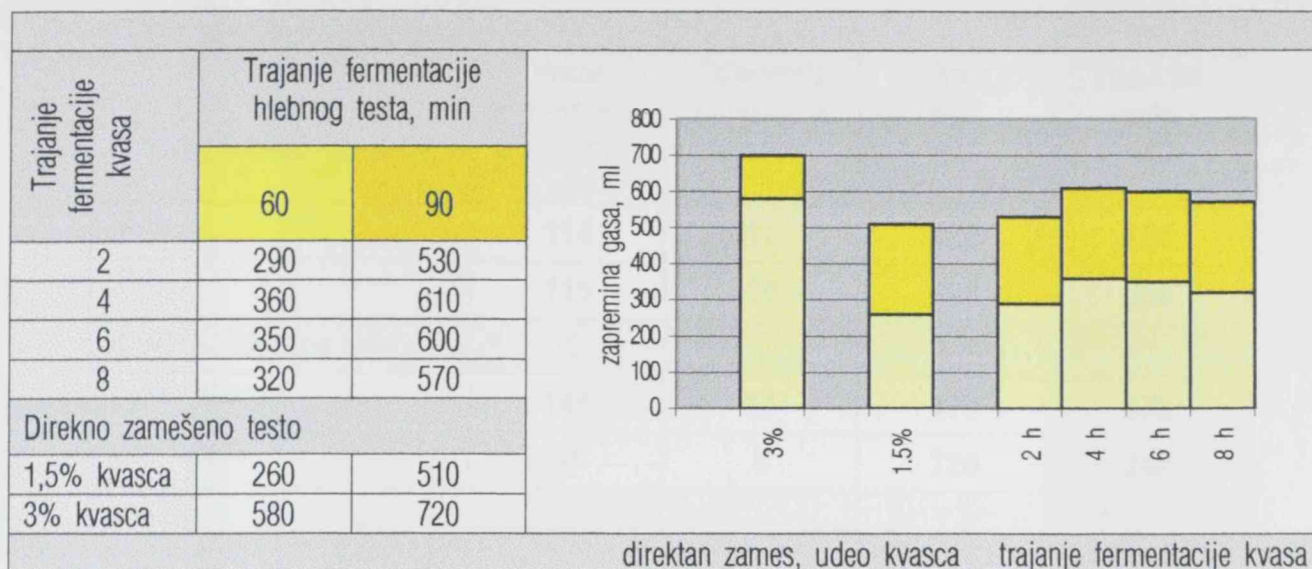


Za razliku od većine postupaka opisanih u literaturi (*Spicher i Stephan, 1997; Seifert, 1999*) definisani postupak, optimalan sa aspekta zahteva pekarske proizvodnje i potrošača u našoj zemlji, karakteriše intenzivnija fermentativna aktivnost pekarskog kvasca, iskazana preko opadanja maltoznog stepena, dok je fermentativna aktivnost bakterija mlečne kiseline manjeg intenziteta. Definisani optimalni postupak karakteriše povećanje kiselinskog stepena za svega oko 0,8 odnosno do krajnje vrednosti od 2,7 postignute nakon 8 h fermentacije. Jednostepeni postupci razvijeni u primenjeni u svetu usmereni su ka mnogo značajnijem povećanju kiselinskog stepena. Tako se tokom fermentacije kvasa uz primenu Detmoldskog jednostepenog postupka (*Seifert, 1999*) dostiže kiselinski stepen 17, dok primena Berlinskog kratkog jednostepenog postupka (*Spicher i Stephan, 1997*) za 3 h fermentacije povećava kiselinski stepen na oko 10.

6.1.4.2. Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja uticaja trajanja fermentacije kvasa uz primenu definisanog optimalnog jednostepenog postupka na zapreminu gasa koja se razvije tokom 60, odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa zamešenog sa dobijenim kvasovima u odnosu na direktno zamešeno testo sa različitim udelima kvasca, registrovani na fermentografu, prikazani su u tabeli 41 i na slici 58.

Tabela 41; slika 58 - Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka na razvoj gasa u hlebnom testu u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa



Primenom definisanog optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba postiže se povećanje zapremine gasa koji se razvije tokom 60 minuta fermentacije hlebnog testa za 23 do 38 % zamešenog sa kvasom u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa u odnosu na direktno zamešeno testo. Povećanje zapremine gasa koja se razvije tokom 90 minuta fermentacije hlebnog testa zamešenog sa kvasom u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa je nešto manje i iznosi 12 do 18%. Ovakav odnos ukazuje da primena definisanog optimalnog postupka proizvodnje kvasa dovodi do promene dinamike razvoja gasa u hlebnom testu u pravcu povećanja razvoja gasa u prvom satu fermentacije, što je najverovatnije posledica postignute aktivacije kvasca koja dovodi do skraćivanja ili izostajanja lag faze u fermentativnoj aktivnosti kvasca nakon zamesa hlebnog testa. Najznačajniji efekti na razvoj gasa u hlebnom testu postižu se nakon 4, pa i nakon 6 h fermentacije kvasa. Nakon 8 h fermentacije kvasa ovi efekti se smanjuju.

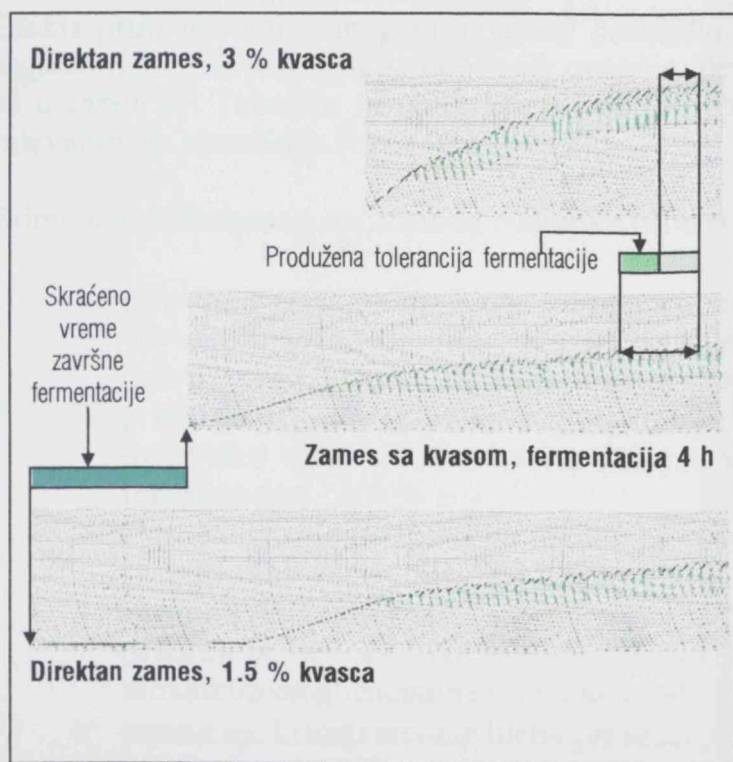
Primenom definisanog postupka proizvodnje kvasa, bez obzira na trajanje fermentacije kvasa, ne postiže se nivo razvoja gasa u hlebnom testu kakav je utvrđen u direktno mešenom testu sa udelom kvasca 3 %, koji se redovno primenjuje u proizvodnji.

Rezultati ispitivanja uticaja trajanja fermentacije kvasa uz primenu definisanog optimalnog jednostepenog postupka na svojstva hlebnog testa zamešenog sa dobijenim kvasovima u odnosu na direktno zamešeno testo sa različitim udelima kvasca u toku završne fermentacije, registrovani na maturografu, prikazani su u tabeli 42 i na slici 59.

Tabela 42 - Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka pripreme kvasa na svojstva testa tokom završne fermentacije

Testo zamešeno sa kvasom	Vreme završne fermentacije, min	Tolerancija fermentacije min	Otpor testa, MJ	Elatsicitet testa, MJ
Trajanje fermentacije kvasa				
4 h	114	12	480	200
8 h	116	10	480	200
Direktno zamešeno testo				
1,5% kvasca	144	14	470	175
3% kvasca	67	6	720	240

Slika 59 - Poređenje maturografskih svojstava testa zamešnog sa kvasom proizvedenim uz primenu optimalnog jednostepenog postupka i direktno zamešnog testa



Primenom definisanog optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje tečnog kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba, uz trajanje fermentacije kvasa od 4 h, postignuti su sledeći efekti:

- ◆ skraćenje vremena završne fermentacije u odnosu na direktno zamešeno testo sa istim udelom (1,5%) kvasca za 30 minuta odnosno za oko 20 %;
- ◆ produženje tolerancije fermentacije, odnosno stabiliteta testa u optimumu fermentacije u odnosu na direktno zamešeno testo sa dvostruko većim udelom kvasa (3%) za 6 minuta, odnosno za 100 %.

Isti efekti, ali nešto manje izraženi zapažaju se i kod primene kvasa nakon 8 h fermentacije.

6.1.4.3. Kvalitet i održivost svežine hleba

Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje kvasa na kvalitet i održivost sredine hleba sagledani su na osnovu upoređenja pokazatelja ocene kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem i to:

- ◆ hleba proizvedenog uz primenu tečnog kvasa dobijenog definisanim optimalnim postupkom nakon 4, odnosno 8 h fermentacije;
- ◆ hleba proizvedenog uz primenu klasičnog indirektnog postupka pripreme testa (1/3 brašna, zamešena sa 1/3 vode i celokupnom količinom kvasca i šećera fermentiše 4 h na temperaturi 30 °C) sa udelima kvasca 1,5 i 2 %;
- ◆ hleba proizvedenog uz primenu direktnog postupka pripreme testa sa udelima kvasca 1,5 i 3 %.

Za zames hlebnog testa primenjivan je intenzivni postupak. Ocena kvaliteta hleba obavljena je na 8, 24 i 48 h nakon pečenja.

Efekti primene definisanog optimalnog postupka pripreme kvasa na kvalitet hleba, sagledani na bazi pokazatelja dobijenih ocenom hleba na 24 h nakon pečenja prikazani su u *tabeli 43*. Tabelom su obuhvaćeni i podaci o trajanju završne fermentacije, kao relevantni za tumačenje rezultata.

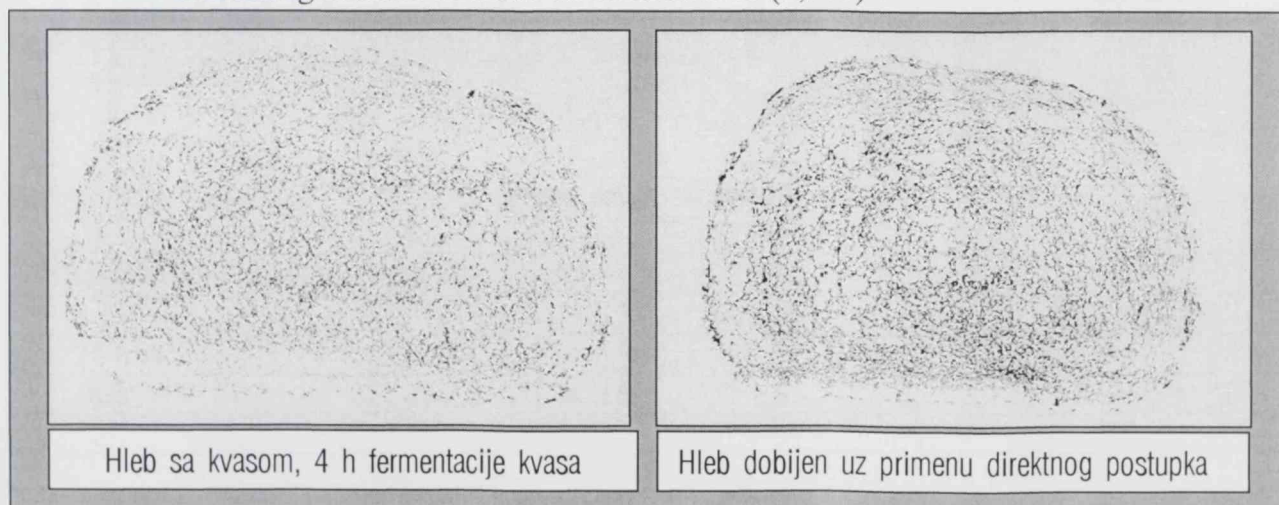
Primenom definisanog optimalnog postupka proizvodnje kvasa postižu se sledeći efekti:

- ◆ povećanje zapremine hleba u odnosu na direktno zamešen hleb sa istim udelom kvasca, kao i u odnosu na hleb zamešen uz primenu klasičnog indirektnog postupka, uz kraće trajanje završne fermentacije;
- ◆ približna zapremina hlebu koji se dobija uz primenu direktnog postupka sa dvostruko većim udelom kvasca (3%), doduše uz produženo trajanje završne fermentacije;
- ◆ elastičnost sredine hleba na nivou one ostvarene primenom direktnog zamesa sa dvostruko većim udelom kvasca (3%);
- ◆ ravnomernija struktura sredine, što se može videti i na otiscima hleba prikazanim na *slici 60*, uprkos lošijem kvalitetu reprodukcija uslovljenom tehničkim mogućnostima u vreme izvođenja ispitivanja;
- ◆ smanjenje krtosti sredine hleba pri sečenju;
- ◆ blago poboljšanje svojstava arome i ukusa u odnosu na hleb dobijen uz primenu direktnog postupka.

Tabela 43 - Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka pripreme kvasa na kvalitet hleba

	Direktni postupak		Klasičan indirektni postupak		Optimalni jednostepeni postupak	
	1,5 % kvasca	3 % kvasca	1,5 % kvasca	2 % kvasca	4 h ferm. kvasa	8 h ferm. kvasa
Trajanje završne fermentacije, min	124	87	121	99	112	115
Zapremina hleba, ml	2440	2545	2355	2400	2500	2335
Specifična zapremina, ml/g						
Odnos visine i prečnika	82/113	87/128	78/115	83/117	78/117	82/125
Elastičnost sredine	zadovoljava	vrlo dobra ⁺	zadovoljava	dobra ⁺	vrlo dobra	vrlo dobra ⁻
Ravnomernost pora	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna	ravnomerna	ravnomerna	ravnomerna	ravnomerna
Finoća strukture pora	malo gruba ⁺	skoro fina	malo gruba ⁻	m.gruba	malo gruba ⁺	skoro fina ⁺
Miris i ukus	neutralan	neutralan	blago aromatičan nakiseo	blago aromatičan nakiseo	blago aromatičan	blago aromatičan
Svojstva pri rezanju	krta sredina	krta sredina	manje krta sredina	manje krta sredina	manje krta sredina	manje krta sredina
Kiselinski stepen sredine	1.7	1.7	2.3	2.3	1.8	1.9

Slika 60 - Uporedni prikaz izgleda sredine hleba proizvedenog sa kvasom dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka i hleba proizvedenog uz primenu direktnog zamesa sa istim udelom kvasca (1,5%)

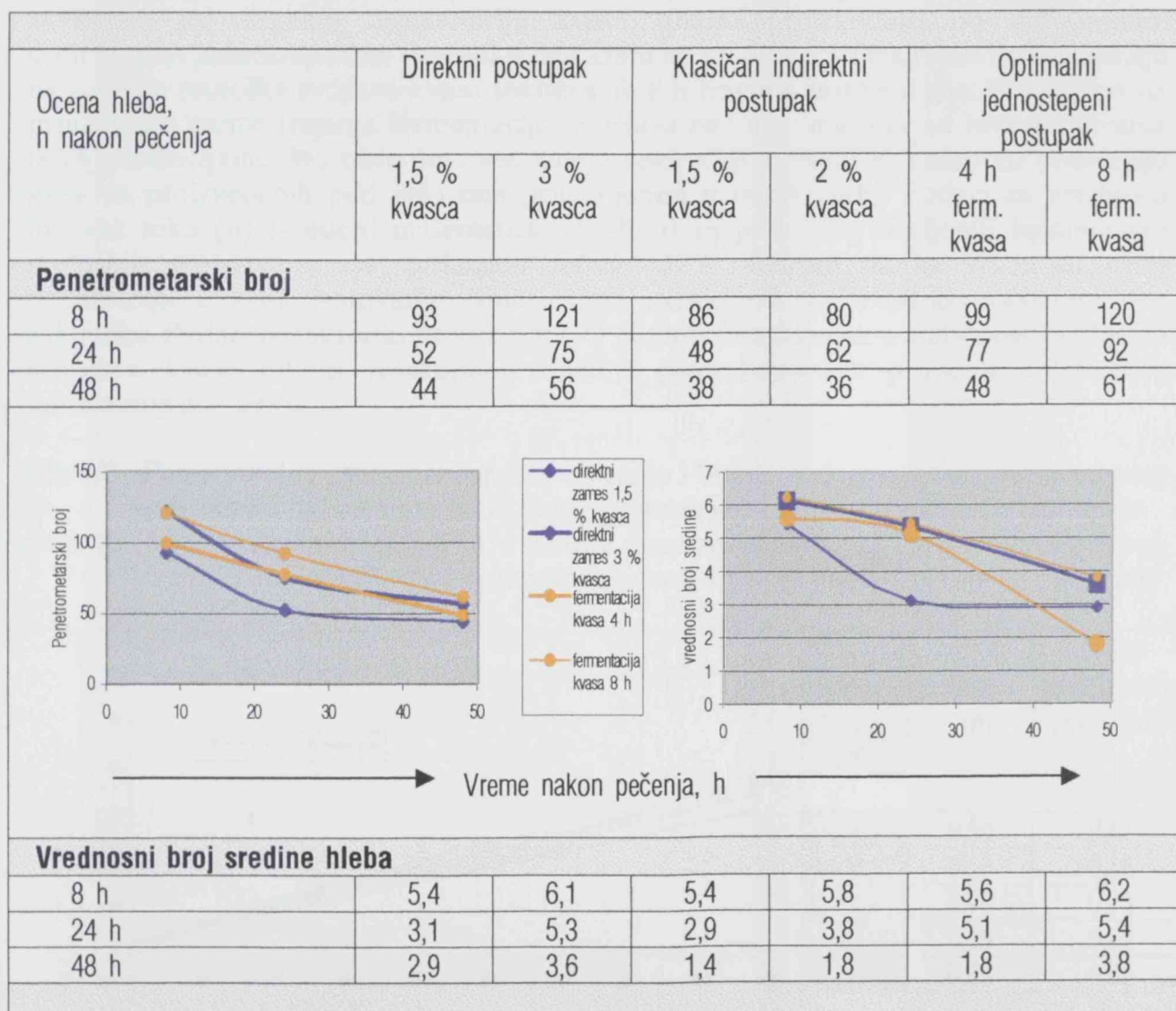


Posebno treba istaći da primenom definisanog optimalnog jednostepenog postupka nije postignuta poželjna blago nakisela nota ukusa i arome proizvoda, kao ni značajnije povećanje stepena kiselosti sredine koje predstavlja preduslov poboljšanja održivosti hleba sa aspekta zaštite od mikrobioloških kvarova. Ovi efekti, s obzirom na nedovoljno povećanje stepena kiselosti kvasa nisu ni očekivani.

Rezultati praćenja efekata primene definisanog optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba na održisot svežine hleba prikazani su u tabeli 44 i na slici 61.

Tabela 44 - Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka pripreme kvasa na održivost svežine hleba

Slika 61 - Vrednosti penetrometarskog broja i vrednosnog broja sredine tokom vremena proteklog nakon pečenja u zavisnosti od načina pripreme testa i kvasa



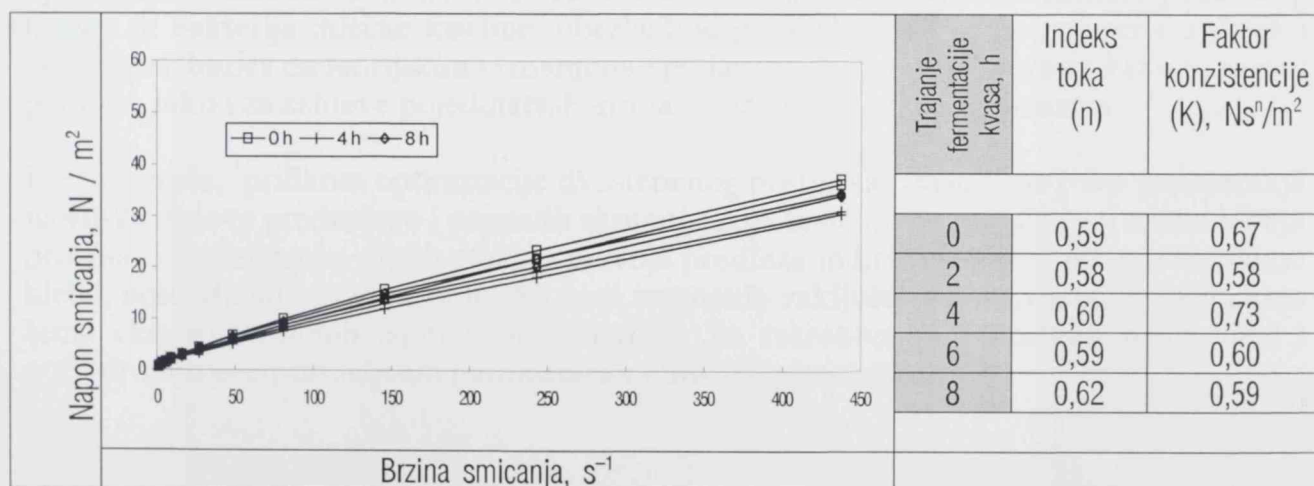
Hleb zamešen sa kvasom karakteriše blaži trend opadanja penetrometarskog broja i vrednosnog broja sredine hleba u odnosu na hleb zamešen uz primenu direktnog postupka, posebno u prva 24 h nakon pečenja. Opadanje vrednosti ovih pokazatelja kod hleba zamešenog sa kvasom u periodu nakon 24, pa do 48 h nakon pečenja zadržava isti ravnomeran trend ili se ubrzava, dok je u ovom periodu opadanje ovih vrednosti kod direktno mešenog hleba sporije. Ovakav trend kretanja pokazatelja održivosti svežine hleba rezultira optimalnim uticajem primene indirektnog postupka na održivost sredine hleba tokom prvih 24 h nakon pečenja, što je, s obzirom na dinamiku potrošnje hleba u domaćinstvima naše zemlje, i najznačajnije.

6.1.4.4. Reološka svojstva kvasa

Rezultati ispitivanja funkcionalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja u zavisnosti od trajanja fermentacije kvasa tokom proizvodnje po definisanom optimalnom jednostepenom postupku prikazani su na slici 62. Prikazane krive ukazuju na stabilna reološka svojstva kvasa tokom svih 8 h trajanja fermentacije. Bez obzira na primenjeno vreme trajanja fermentacije zavisnost napona smicanja od brzine smicanja je eksponencijalna, što potvrđuje već iznete zaključke o pseudoplastičnom ponašanju kvasova proizvedenih pod uslovima primenjenim u ovom radu. Podaci za vrednosti indeksa toka (n) izvedeni matematičkom obradom podataka dobijenih ispitivanjem reoloških svojstava kvasa, prikazani tabeli 45, s obzirom da su vrednosti ovog pokazatelja u svim ispitivanim slučajevima manje od 1, dodatno potvrđuju ove zaključke. Podaci za faktor konzistencije (K) potvrđuju zaključak o stabilnosti reoloških svojstava kvasa tokom celokupnog trajanja proizvodnje uz primenu definisanog optimalnog postupka.

Slika 62 - Funkcionalna zavisnost napona smicanja i brzine smicanja kvasa proizvedenog uz primenu definisanog optimalnog postupka za različita trajanja fermentacije

Tabela 45 - Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K) za kvasove proizvedene uz primenu definisanog optimalnog postupka za različita trajanja fermentacije



6.2. Dvostepeni postupak

Rezultati ispitivanja dobijeni tokom optimizacije jednostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba ukazali su na ograničene mogućnosti podešavanja parametara pod kojima se odvija proizvodnja, pa samim tim i na ograničene efekte koji se primenom jednostepenog postupka mogu postići.

Primena dvostepenog postupka otvara šire mogućnosti podešavanja parametara proizvodnje pri kojima će se odvijati fermentacije tokom prvog, odnosno drugog stepena. Ova prednost dvostepenog postupka je kod proizvodnje kvasa posebno značajna s obzirom na to da u fermentacionim procesima proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba učestvuju dve grupe proizvodnih mikroorganizama, u globalu sličnih, ali u detaljima različitih zahteva u pogledu sastava podloge i uslova okoline koji utiču na usmeravanje i intenzitet odvijanja njihove fermentativne aktivnosti.

Osnovna prednost dvostepenog postupka, prema tome, leži u činjenici da je njegovom primenom moguće obezbediti optimizaciju sastava podloge i procesnih parametara fermentacije usmerenu ka optimizaciji fermentativne aktivnosti kvasca u jednom, odnosno ka optimizaciji fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline u drugom stepenu.

Naravno, ne treba zanemariti činjenicu da primena dvostepenog postupka pretpostavlja i udvostručenje zahteva u pogledu opreme koju treba ugraditi u postrojenje, pa su samim tim i ulaganja u postrojenje veća nego u slučaju jednostepenog postupka.

Činjenica da se kod dvostepeneog postupka sastav podloge i procesni parametri optimizuju u skladu sa zahtevima jedne određene grupe mikroorganizama, pekarskog kvasca ili bakterija mlečne kiseline, obezbeđuje preduslove da se optimizacija u daleko većoj meri bazira na teorijskim saznanjima i podacima iz literature, veznim kako za sastav podloge, tako i za zahteve pojedinačnih grupa proizvodnih mikroorganizama.

U tom smislu, prilikom optimizacije dvostepenog postupka izvršena su prvo razmatranja teorijske osnove preduslova i poznatih saznanja koja upućuju na mogućnosti usmeravanja procesa ka postizanju ciljnih efekata razvoja predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, postavljenih u ovom radu. Na bazi izvedenih zaključaka postavljena je racionalna šema eksperimentalnih ispitivanja usmerenih ka razrešavanju preostalih nedoumica i potvrđivanju pretpostavljenih parametara optimalnog postupka.

6.2.1. Teorijske pretpostavke razvoja dvostepenog postupka

Polaznu tačku u razmatranju teorijske osnove kao baze za optimizaciju dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba predstavlja sagledavanje sličnosti i specifičnosti zahteva grupa proizvodnih mikroorganizama, kvasaca i bakterija mlečne kiseline, u pogledu sastava podloge i uslova pod kojima se odvija njihova fermentativna aktivnost.

a) Sastav podloge

Obe grupe proizvodnih mikroorganizama koje učestvuju u fermentativnim procesima koji se odigravaju tokom proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, kvasci i bakterije mlečne kiseline, kao fermentabilne izvore ugljenika i energije koriste ugljene hidrate, odnosno određene mono-, di- i trisaharide. Pri tome razlike u mogućnosti asimilacije pojedinih ugljenih hidrata, kao što prikazuju rezultati u *tabeli 5*, javljaju se kako među grupama (rodovima) proizvodnih mikroorganizama, tako i među vrstama pojedinačnih rodova, pa i u okviru iste vrste u zavisnosti od uslova okoline pod kojima se odvija fermentacija. Međutim, treba istaći da glukozu, maltozu i saharozu kao preovlađujuće ugljene hidrate iz grupe mono-, odnosno disaharida u kompleksnim sirovinama koje su korišćene u ovom radu (*tabele 9 i 10*), kao što su brašno, sladni ekstrakt i pšenična klica, podjednako mogu da usvajaju gotovo sve vrste obe grupe proizvodnih mikroorganizama.

Na intenzitet i efekte fermentativne aktivnosti obe grupe proizvodnih mikroorganizama povoljno utiče i prisustvo odgovarajućih izvora azota, minerala i vitamina. Navedene kompleksne podloge u većoj ili manjoj meri se približavaju optimalnim udelima ovih komponenti sa aspekta zahteva proizvodnih mikroorganizama.

Prema tome, optimizacijom sastava podloge i za kvasce i za bakterije mlečne kiseline kao proizvodne mikroorganizame ostvaruje se potreban preduslov za odvijanje fermentativne aktivnosti, ali samim sastavom podloge nije moguće u značajnijoj meri uticati na favorizovanje fermentativne aktivnosti jedne od grupa proizvodnih mikroorganizama.

Stoga, sastav podloge treba definisati tako da u pogledu prisutne, odnosno dodate koncentracije mikroorganizama i udela izvora fermentabilnih i ostalih materija, predstavlja stabilan sistem u toku određenog trajanja fermentacije.

b) Prisustvo kiseonika

Pekarski kvasac i bakterije mlečne kiseline, kao proizvodni mikroorganizmi procesa fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, pokazuju značajne razlike u pogledu uticaja količine kiseonika rastvorenog u podlozi na njihovu fermentativnu aktivnost.

U prisustvu dovoljnih količina kiseonika rastvorenog u podlozi favorizovani su rast i razmnožavanje kvasnih ćelija, dok anaerobni uslovi pogoduju favorizovanju alkoholne fermentacije kao fermentativnog procesa koji se odvija pod dejstvom kvasaca (*Pejin, 1989*).

Kad je u pitanju populacija bakterija mlečne kiseline, treba istaći da aerobni uslovi inhibiraju fermentativnu aktivnost ove grupe proizvodnih mikroorganizama (*Spicher, 1997*). Mikroaerobni uslovi, odnosno prisustvo malih količina kiseonika rastvorenog u podlozi pogoduje favorizovanju fermentativne aktivnosti heterofermentativnih vrsta bakterija mlečne kiseline, što ima za posledicu pomeranje odnosa nastalih količina mlečne i sirćetne kiseline u korist sirćetne kiseline (*Röcken, 1996*).

Razlika u odnosu grupa proizvodnih mikroorganizama koje učestvuju u fermentativnim procesima u proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba prema količinama kiseonika rastvorenog u podlozi predstavlja prvu osnovu za diferenciranje uslova proizvodnje prvog i drugog stepena dvostepenog postupka na:

- ◆ aerobni stepen u kom se favorizuju aktivacija, rast i razmnožavanje kvasca i
- ◆ anaerobni stepen u kom se favorizuje fermentativna aktivnost bakterija mlečne kiseline.

c) Temperatura

Iako i kvasci i bakterije mlečne kiseline pripadaju grupi mezofilnih mikroorganizama i pokazuju fermentativnu aktivnost u istom temperaturnom opsegu (*slika 15*), postoje značajne razlike u pogledu efekata fermentacije koji se ostavaruju od strane jedne, odnosno druge grupe proizvodnih mikroorganizama u zavisnosti od temperature fermentacionog medijuma.

Kod pekarskog kvasca nešto niže temperature utiču na favorizovanje rasta i razmnožavanja, dok više pogoduju odvijanju alkoholne fermentacije (*Pejin, 1989*). Vezano konkretno za ponašanje kvasca u proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, treba istaći zapažanja *Brümmera i Unbehenda (1997)* koja se odnose na smanjenje zapremine hleba kao finalnog proizvoda pri primeni temperatura ispod 30°C tokom proizvodnje kvasa, kao i konstataciju istog autora (*1989*) koja se odnosi na uočeni negativan uticaj temperatura viših od 30 °C na razvoj gasa u hlebnom testu.

Kad su u pitanju bakterije mlečne kiseline, treba imati u vidu zapažanja da više temperature (35 do 40°C) pogoduju intenzivnijem razmnožavanju, dok na nižim temperaturama nastaju veće količine kiselina (*Spicher, 1968*), kao i konstataciju da na temperaturama nižim od 30°C heterogena populacija homo- i heterofermentativnih bakterija produkuje veće količine mlečne kiseline (*Brümmer, 1989*).

Navedena saznanja vezana za uticaj temperature na fermentativnu aktivnost grupa proizvodnih mikroorganizama upućuju na mogućnost delimičnog uticaja na usmeravanje toka fermentativnih procesa prvog, odnosno drugog stepena dvostepene proizvodnje predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba regulisanjem zadate temperature fermentacionog medijuma.

Na bazi istaknutih saznanja pretpostavljeni su sastavi podloge i procesni parametri oba stepena dvostepenog postupka koji bi trebalo da rezultiraju povoljnim efektima sa aspekta postizanja ciljeva postavljenih u ovom radu.

Za **aerobni stepen** usmeren ka optimizaciji uslova za aktivaciju, rast i razmnožavanje kvasnih ćelija koncipirani su sastavi podloge uz korišćenje tri različite kompleksne sirovine - pšeničnog brašna, sladnog ekstrakta i sirove pšenične klice, koje potencijalno mogu predstavljati izvor fermentabilnih šećera, azota, minerala i vitamina potrebnih za rast i razmnožavanje kvasnih ćelija. Imajući u vidu navedena saznanja vezana za uticaj temperature fermentacionog medijuma na metabolizam kvasca i efekte na kvalitet budućih krajnjih proizvoda, kao optimalna za ovaj stepen pretpostavljena je temperatura od 30°C. U ovom stepenu neophodno je primeniti brzinu aeracije koja će obezbediti dovoljne količine rastvorenog kiseonika u podlozi. Za podloge bez brašna usvojena brzina aeracije od 6 vol/vol min, a za podlogu sa brašnom kao izvorom fermentabilnih materija brzina aeracije od 0,50 vol/vol min, kao maksimalno moguća brzina aeracije koju je bilo moguće primeniti s obzirom na problem stvaranja pene istaknut i u okviru rezultata koji se odnose na optimizaciju jednostepenog postupka. S obzirom na potrebu postizanja maksimalne homogenosti fermentacionog medijuma i ravnomernosti raspodele kiseonika po celokupnoj zapremini fermentacionog medijuma u ovom stepenu predviđeno je mešanje fermentacionog medijuma brzinom od 300 obrtaja/minutu.

Uz navedene pretpostavke, pored eksperimentalnog potvrđivanja efikasnosti koncipiranog postupka fermentacije aerobnog stepena, preostalo je da se na bazi eksperimentalnih ispitivanja izvrši krajnja optimizacija sastava podloge u pogledu vrste i udela izvora fermentabilne komponente i udela kvasca koji se koristi za inokulaciju podloge, kao i optimizacija tehnike fermentacije.

U okviru **anaerobnog, acidogenog stepena** usmerenog ka optimizaciji uslova za aktivaciju populacije bakterija mlečne kiseline, brašno je uključeno u sastav podloge kao obavezna komponenta s obzirom na to da istovremeno predstavlja i izvor proizvodnih mikroorganizama. Na osnovu istraživanja usmerenih ka optimizaciji jednostepenog postupka usvojen je udeo brašna od 30 % na brašno za zames hlebnog testa. Favorizovanje uslova za fermentativnu aktivnost mikroaerofilnih bakterija mlečne kiseline u ovom stepenu je uslovalo izostanak aeracije i mešanja fermentacionog medijuma. Težeći ka favorizovanju produkcije kiseline, uz izbegavanje produkcije većih udela sirćetne kiseline koja može imati negativne efekte na ukus hleba, kao optimalna za ovaj stepen usvojena je temperatura fermentacije od 25°C.

Eksperimentalna ispitivanja vezana za optimizaciju anaerobnog, acidogenog stepena dvostepenog postupka proizvodnje predafa indirektnog postupka proizvodnje hleba, pored potvrde efikasnosti pretpostavljenog postupka, treba da daju podatke na bazi kojih će se izvršiti izbor optimalne tehnike fermentacije za ovaj stepen.

Pored definisanja optimalnog sastava podloge, procesnih parametara i tehnike fermentacije za svaki stepen dvostepenog postupka proizvodnje predafa indirektnog postupka proizvodnje hleba, otvara se i potreba definisanja redosleda aerobnog i anarebnog stepena. Prema podacima iz literature (*Bogatireva i Polandova, 1994*) postavljanje acidogenog stepena kao prvog ima za efekat smanjenje mogućnosti infekcije u drugom stepenu s obzirom na sniženje pH podloge usled nastajanja kiselina, što deluje inhibitorno na štetnu mikrofloru. Međutim, u odnosu na ciljne efekte i preduslove proizvodnje predafa indirektnog postupka proizvodnje hleba postavljene u ovom radu, sagledan je niz nedostataka ovakvog pristupa:

- ◆ s obzirom na to da je inokulacija podloge bakterijama mlečne kiseline predviđena isključivo spontano, preko brašna kao izvora ove grupe proizvodnih mikroorganizama, u slučaju da se acidogeni stepen postavi kao prvi, onemogućava se korišćenje podloga bez brašna pogodnijih za umnožavanje kvasca s obzirom na to da se ograničavaju mogućnosti aeracije;
- ◆ sniženje pH podloge u prvom stepenu, u slučaju da je to acidogeni stepen, iako može pozitivno da deluje na suzbijanje štetne mikroflore, pomera vrednost pH u oblast koja je takođe manje povoljna i sa aspekta fermentativne aktivnosti kvasca;
- ◆ povećanje broja ćelija bakterija mlečne kiseline u prvom stepenu moglo bi dovesti do potiskivanja fermentativne aktivnosti kvasnih ćelija usled konkurentnog trošenja fermentabilnih komponenti i od strane bakterija mlečne kiseline;

Imajući u vidu navedene efekte pretpostavljena je sledeća koncepcija dvostepenog postupka proizvodnje predafa indirektnog postupka proizvodnje hleba:

- I stepen** aktivacija, rast i razmnožavanje dodatog pekarskog kvasca na kompleksnoj podlozi prirodnog porekla uz primenu aeracije i mešanja na temperaturi 30°C;
- II stepen** aktivacija populacije bakterija mlečne kiseline poreklom iz brašna kao obavezne komponente podloge, bez primene aeracije i mešanja, na temperaturi 25°C; adaptacija kvasca na brašno kao podlogu i na anaerobne uslove; odvijanje biohemijskih i koloidnih transformacija brašna kao komponente podloge.

6.2.2. Eksperimentalna ispitivanja dvostepenog postupka

Laboratorijska eksperimentalna ispitivanja usmerena ka finalnoj optimizaciji dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba obuhvatila su sledeće korake:

- ♦ optimizaciju sirovinskog sastava supstrata u pogledu odnosa udela izvora fermentabilne komponente u podlozi i dodate količine kvasca u zavisnosti od trajanja fermentacije u I stepenu;
- ♦ optimizaciju tehnike fermentacije I, odnosno II stepena uz primenu optimalnog odnosa udela izvora fermentabilne komponente i dodate količine kvasca u I stepenu;

Procesni parametri primenjeni u I i II stepenu održavani su na nivou optimalnih vrednosti pretpostavljenih na bazi teorijskih razmatranja:

I stepen	Temperatura fermentacije	30°C
	Brzina aeracije	
	–za podloge bez brašna	6 vol/vol min
	–za podloge sa brašnom	0,50 vol/vol min
	Brzina mešanja	300 o/min
II stepen	Temperatura fermentacije	25°C
	Brzina aeracije	0
	Brzina mešanja	0

6.2.2.1. Sirovinski sastav supstrata

Optimizacija sirovinskog sastava supstrata u pogledu odnosa udela izvora fermentabilne komponente u podlozi i dodate količine kvasca u zavisnosti od trajanja fermentacije u I stepenu izvršena je uz korišćenje sladnog ekstrakta kao izvora fermentabilne komponente i uz korišćenje šaržne tehnike fermentacije u I i II stepenu.

Optimizacija je bazirana na praćenju toka fermentacije I i II stepena na bazi vrednosti sadržaja maltoze i pH određivanih tokom trajanja fermentacije, kao i na sagledavanju efekata koji se postižu u pogledu svojstava hlebnog testa zamešenog sa poluproizvodima dobijenim u pojedinim fazama fermentacije, sagledanim na osnovu razvoja gasa u hlebnom testu.

Ispitivanje je obavljeno uz variranje trajanja fermentacije supstrata I stepena (predfermenta) od 2, preko 4 do 6 h i praćenje fermentacije supstrata II stepena (kvasa) u toku 8 h. U ispitivanja su uključena dva sirovinska sastava predfermenta kao supstrata I stepena:

- ◆ sirovinski sastav **A** nižeg udela fermentabilne komponente i višeg udela kvasca (sadržaj kvasca na nivou minimalnog prihvatljivog u jednostepnom postupku);
- ◆ sirovinski sastav **B** višeg udela fermentabilne komponente i nižeg udela kvasca:

	U odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %		U predfermentu kao supstratu, %	
	sastav A	sastav B	sastav A	sastav B
Voda	55,9	55,6	94,8	94,3
Sladni ekstrakt	1,1	2,2	1,9	3,8
Svež pekarski kvasac	1,6	0,8	2,8	1,4
Jestivo ulje (antipenušavac)	0,3	0,3	0,5	0,5

Kvas kao supstrat II stepena imao je sledeći sirovinski sastav:

	u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	u kvasu kao supstratu, %
Predferment	59	67
Brašno	30	33

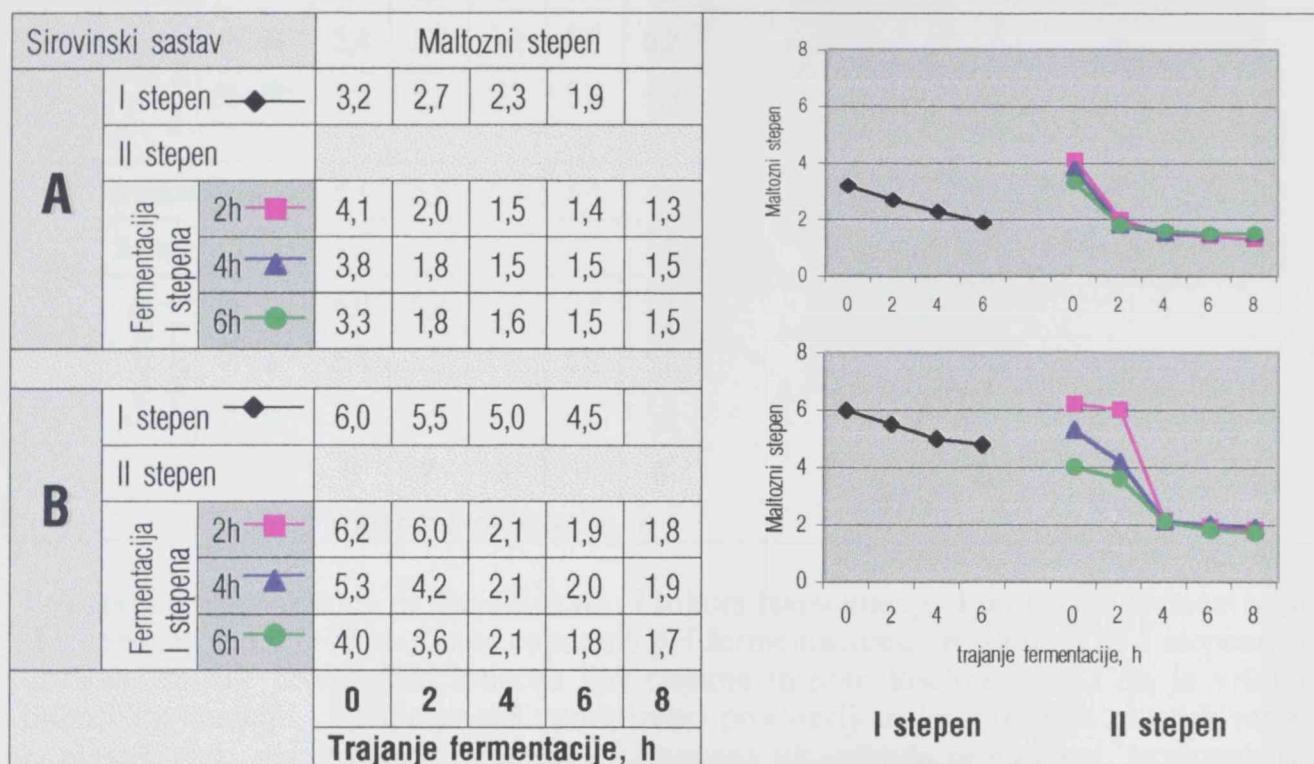
a) Tok fermentacije

Rezultati praćenja toka fermentacije sagledanog na bazi maltoznog stepena u fermentacionom medijumu, za 6 h fermentacije predfermenta kao supstrata I stepena i za 8 h fermentacije kvasa kao supstrata II stepena, uz prethodnu fermentaciju predfermenta od 2, 4 odnosno 6 h prikazani su u *tabeli 46* i na *slici 63* za oba sastava predfermenta uključena u ispitivanje.

Maltozni stepen, bez obzira na primenjeni sirovinski sastav predfermenta kao supstrata I stepena opada ravnomerno tokom fermentacije predfermenta u I stepenu. U II stepenu opadanje maltoznog stepena je ravnomerno do trenutka dostizanja donjih graničnih vrednosti sadržaja maltoze, kada praktično dolazi do iscrpljivanja fermentabilne

komponente iz podloge. Kod sirovinskog sastava predfermenta A, koji predviđa viši udeo kvasca, a niži udeo fermentabilne komponente do iscrpljivanja fermentabilne komponente iz podloge dolazi veća nakon 2 h fermentacije, dok se kod sirovinskog sastava B, sa nižim udelom kvasca i višim udelom izvora fermentabilne komponente ova pojava registruje tek nakon 4 h fermentacije. Ovakvi rezultati ukazuju na neuravnotežen udeo kvasca i izvora fermentabilne komponente, što onemogućava dovoljno dugo trajanje fermentacije.

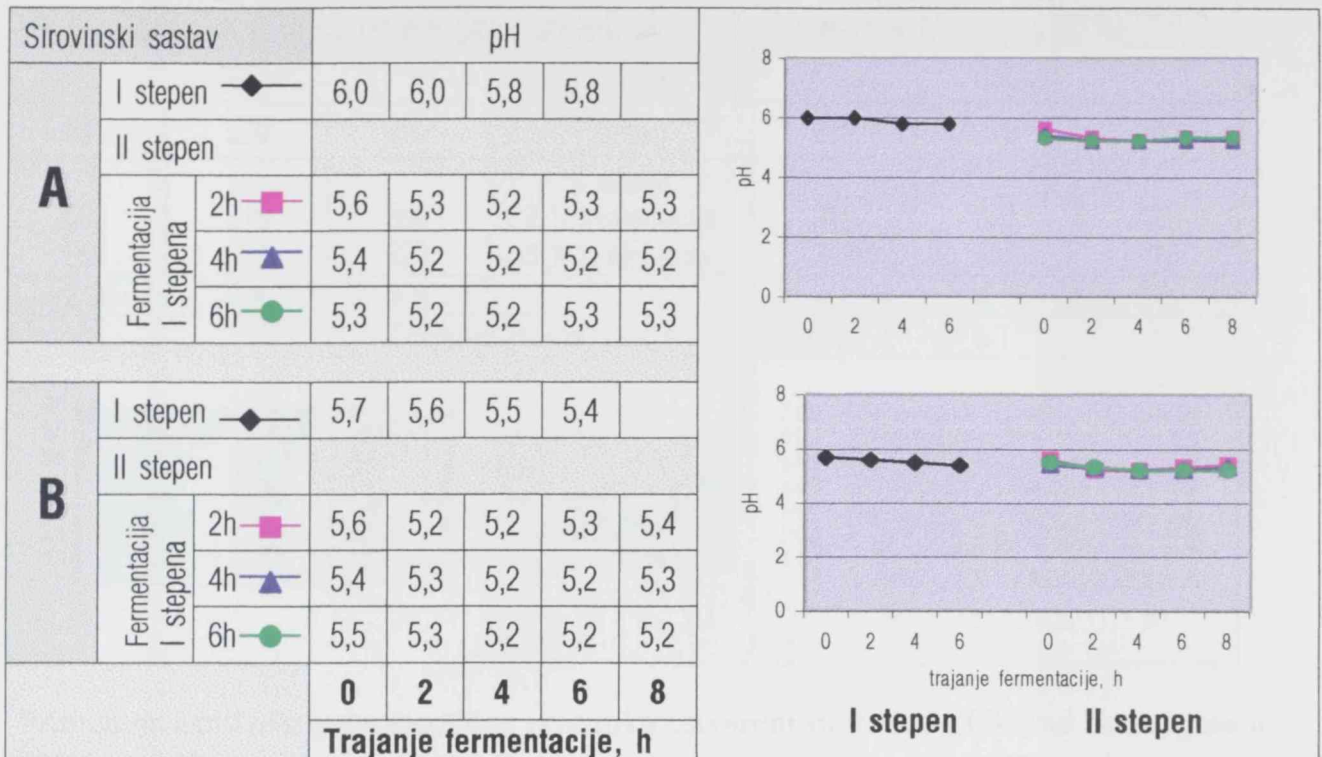
Tabela 46; slika 63 - Maltozni stepen tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i različite sastave supstrata I stepena



Treba istaći i da se kod sirovinskog sastava B, koji predviđa niži udeo kvasca i viši udeo izvora fermentabilne komponente, zapažaju značajne razlike maltoznom stepenu na početku II stepena, u zavisnosti od prethodno primenjenog trajanja fermentacije I stepena, dok kod sirovinskog sastava A to nije slučaj. Ovo zapažanje upućuje na zaključak da je kod sirovinskog sastava A već tokom prvih sati fermentacije I stepena usled visokog sadržaja kvasca i nižeg sadržaja fermentabilne komponente došlo do utroška najvećeg dela dodate fermentabilne komponente.

Efekti primenjenog dvostepenog postupka na zakišeljavanje podloge usled nastajanja kiselina kao produkata fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline, praćeni merenjem pH podloge tokom fermentacije, u zavisnosti od trajanja fermentacije i sirovinskog sastava I stepena prikazani su u tabeli 47 i na slici 64.

Tabela 47; slika 64 - pH tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena



Prikazani podaci ukazuju na činjenicu da ni tokom fermentacije I, ni tokom fermentacije II stepena nije došlo do znatnijeg opadanja pH fermentacionog medijuma. U I stepenu, s obzirom da nije izvršena inokulacija bakterijama mlečne kiseline, kao i da je vršena intenzivna aeracija, opadanje pH uzrokovano produkcijom kiselina nije ni očekivano. Izostanak pada pH tokom fermentacije II stepena ukazuje da primenjeni postupak sa trajanjem fermentacije II stepena obuhvaćenim ispitivanjem nije rezultirao značajnijom aktivacijom mlečnokisele mikroflora brašna, što ukazuje na potrebu dalje optimizacije II stepena u pogledu trajanja i tehnike fermentacije.

b) Svojstva hlebnog testa

Uticaj sirovinskog sastava i trajanja fermentacije predfermenta kao supstrata I stepena na svojstva hlebnog testa sagledan je na osnovu zapremine gasa koja se razvije tokom 90 minuta fermentacije hlebnog testa na fermentografu. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 48 i na slici 65.

Tabela 48; slika 65 - Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različita trajanja fermentacije i sastave supstrata I stepena

Sirovinski sastav A				Sirovinski sastav B		
Zapremina gasa na fermentografu razvijena za 90 min fermentacije hlebnog testa, ml						
480			Direktan zames	250		
540	520	490	I stepen	270	270	290
			II stepen			
600	615	590	2 h fermentacije	315	370	430
650	650	620	6 h fermentacije	310	400	420
2 h	4 h	6 h		2 h	4 h	6 h

Trajanje fermentacije I stepena, h						
------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Trajanje (h)	Direktan zames	0 h II stepen	2 h II stepen	6 h II stepen
0	480	-	-	-
2	-	540	520	490
4	-	600	615	590
6	-	650	650	620

Legend:

- direktan zames
- 0 h II stepen
- 2 h II stepen
- 6 h II stepen

Trajanje (h)	Direktan zames	0 h II stepen	2 h II stepen	6 h II stepen
0	250	-	-	-
2	-	270	270	290
4	-	315	370	430
6	-	310	400	420

Primenom ispitivanog dvostepenog postupka ostvareni su sledeći efekti na razvoj gasa u hlebnom testu:

- ♦ tokom fermentacije predfermenta kao supstarta I stepena postignuto je za sirovinski sastav A povećanje zapremine gasa koja se razvije u hlebno testu od 2 do 12 % u odnosu na direkno zamešeno testo sa istim udelom kvasca. Za sirovinski sastav B ovo povećanje iznosilo je u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta od 8 do 16 %;
- ♦ tokom dalje fermentacije kvasa kao supstrata II stepena povećanje zapremine gasa u optimalnom slučaju kod sirovinskog sastava A dostiže 35 % u odnosu na direktno zamešeno testo, a kod sirovinskog sastava B čak 72 % što ukazuje na vrlo značajne efekte koji se primenom ispitivanog dvostepenog postupka mogu ostvariti u pogledu ostvarenja ušteda u kvascu.

c) Izbor optimalnog sirovinskog sastava

S obzirom na ostvarenje većih ušteda u kvascu, uravnotežen odnos sadržaja fermentabilne komponente i koncentracije kvasca u I stepenu i ostvarenje većih efekata na razvoj gasa u hlebnom testu nakon fermentacije II stepena kao **optimalan** definisan je **sirovinski sastav preferemnta A, sa udelom kvasca 0,8 % i udelom sladnog ekstrakta 2,2 %** na brašno za zames hlebnog testa.

6.2.2.2. Tehnika fermentacije

Optimizacija tehnike fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba izvršena je uz korišćenje sirovinskog sastava predfermenta B, registrovanog kao optimalnog sa aspekta odnosa udela fermentabilne komponente i udela kvasca u supstratu. Sirovinski sastav kvasa kao supstrata II stepena bio je isti kao u ispitivanjima prikazanim pod tačkom 6.2.2.1.

S obzirom da je u ispitivanjima prikazanim pod tačkom 6.2.2.1. konstatovano da se primenom šaržne tehnike fermentacije u II stepenu ne ostvaruju odgovarajući efekti u pogledu aktivacije populacije bakterija mlečne kiseline iz brašna, ispitivanjima je obuhvaćeno praćenje toka fermentacije I i II stepena i praćenje uticaja primene dobijenih poluproizvoda na razvoj gasa u hlebnom testu za sledeće kombinacije tehnika fermentacije u I, odnosno II stepenu:

Kombinacija	Tehnika fermentacije	
	I stepen	II stepen
1	šaržna	ciklično-šaržna
2	ciklično-šaržna	ciklično-šaržna

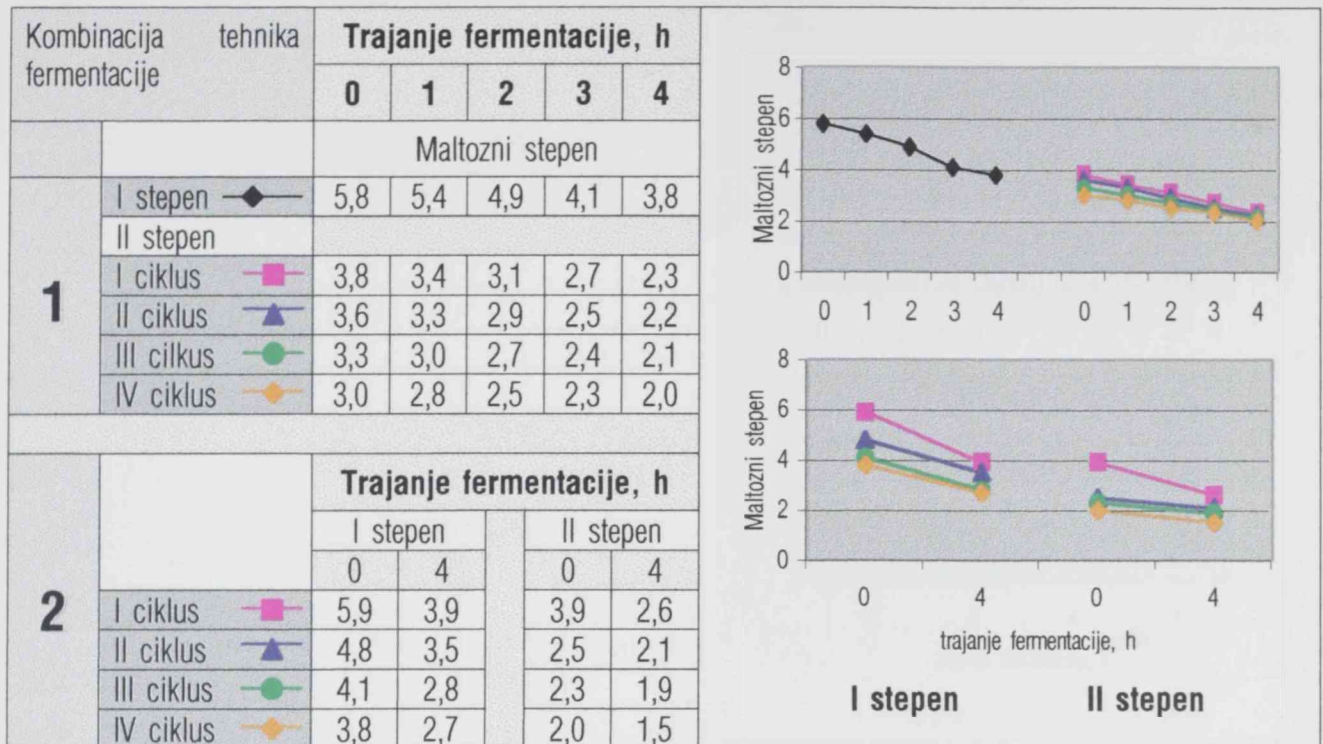
a) Tok fermentacije

Podaci dobijeni ispitivanjem maltoznog stepena u supstratu I, odnosno II stepena tokom trajanja fermentacije u zavisnosti od primenjene kombinacije tehnika fermentacije prikazani su u *tabeli 49* i na *slici 66*.

Primena šaržne tehnike fermentacije u I stepenu i ciklično-šaržne tehnike u II stepenu, kao što ukazuju prikazani podaci rezultiraju sledećim efektima:

- ◆ maltozni stepen u I stepenu permanentno ravnomerno opada tokom sva 4 h fermentacije što ukazuje na ujednačenu fermentativnu aktivnost kvasca tokom trajanja fermentacije;
- ◆ maltozni stepen u II stepenu takođe ravnomerno, ali blaže opada, što ukazuje na nastavak ujednačene fermentativne aktivnosti prisutne mikroflore;
- ◆ sa povećanjem broja ciklusa sprovednih u II stepenu nivo maltoznog stepena u podlozi se vrlo blago smanjuje, a kod III, odnosno IV ciklusa praktično se zadržava na istom nivou što ukazuje na postizanje ravnoteže fermentativne aktivnosti mikroflore i dodatih količina fermentabilne komponente.

Tabela 49; slika 66 - Maltozni stepen tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različite kombinacije tehnike fermentacije I i II stepena



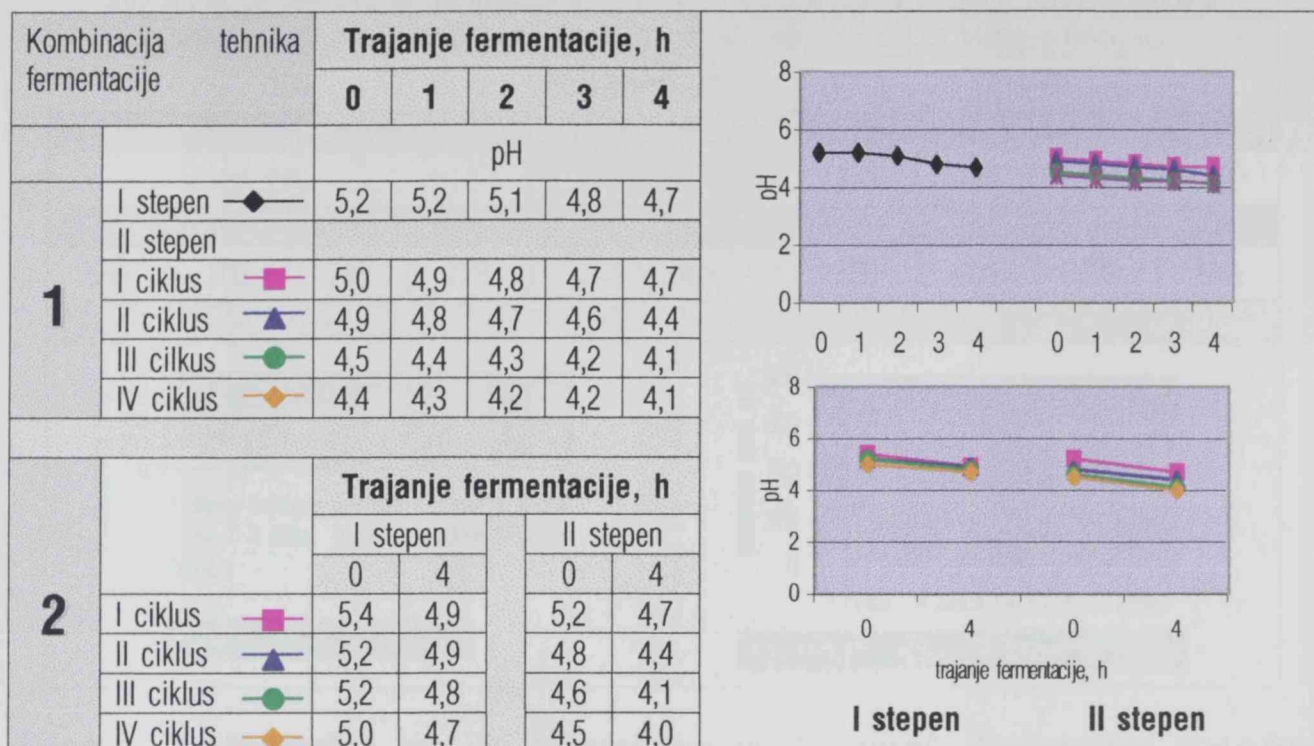
Primenom ciklično-šaržne tehnike fermentacije u I i II stepenu ostvaruju se unekoliko različiti efekti u pogledu maltoznog stepena koji se mogu rezimirati na sledeći način:

- ♦ tokom sva četiri ispitivana ciklusa maltozni stepen i u I i u II stepenu ravnomerno opada, što ukazuje na ujednačenu aktivnost prisutne mikroflore, međutim
- ♦ i u I i u II stepenu, sa povećanjem broja sprovedenih ciklusa, nivo maltoznog stepena znatno opada, što ukazuje da se primenom ove kombinacije tehnika fermentacije ne postiže ravnoteža fermentivne aktivnosti mikroflore i dodatih količina fermentabilne komponente, već se podloga u pogledu sadržaja fermentabilne komponente vremenom lagano iscrpljuje.

Uticaj primenjene kombinacije tehnika fermentacije u I odnosno II stepenu na aktivaciju mikroflore mlečnokiselinskog vrenja u drugom stepenu praćen je na osnovu merenih pH vrednosti fermentacionog medujuma. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 50 i na slici 67.

U prvom stepenu, bez obzira na primenjenu tehniku fermentacije pH vrlo blago opada. Veća variranja pH nisu bila ni očekivana, a ni poželjna, s obzirom da mikroflora mlečnokiselinskog vrenja nije uneta u predferment kao supstrat I stepena.

Tabela 50; slika 67 - pH tokom fermentacije I i II stepena dvostepenog postupka u zavisnosti od trajanja fermentacije za različite kombinacije tehnika fermentacije I i II stepena



U II stepenu primenjena ciklično-šaržna tehnika fermentacije, bez obzira na to da li je u I stepenu primenjena šaržna ili ciklično-šaržna tehnika, sa povećanjem broja sprovedenih ciklusa, dovodi do sniženja pH koje ukazuje na produkciju većih količina kiselina, odnosno na adekvatnu aktivaciju bakterija mlečne kiseline iz brašna. S druge strane značajno je istaći i da nakon tri odnosno četiri ciklusa opadanje postaje blaže, odnosno uspostavlja se stabilna produkcija kiselina.

Vrednosti pH registrovane uz primenu dvostepenog postupka proizvodnje predфаза indirektnog postupka proizvodnje hleba, uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije u II stepenu su na nivou vrednosti koje prema literaturnim podacima utiču na formiranje kiselkaste note ukusa hleba kao gotovog proizvoda i poboljšanje mikrobiološke održivosti hleba usled mikrobicidnog dejstva kiselina (*Barber i Ortola, 1990*).

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati praćenja uticaja tehnike fermentacije primenjene u I, odnosno II stepenu na zapreminu gasa koja se razvije u hlebnom testu registrovani na fermentografu prikazani su tabeli 51 i na slici 68.

Tabela 51; slika 68 - Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim nakon 4 h fermentacije I i II stepena, u zavisnosti od primenjene tehnike fermentacije u I i II stepenu

Kombinacija tehnika fermentacije 1				Kombinacija tehnika fermentacije 2				
Zapremina gasa na fermentografu razvijena za 90 min fermentacije hlebnog testa, ml								
190				Direktan zames	190			
svi ciklusi II stepena				ciklus	I	II	III	IV
250				I stepen	250	180	120	80
I	II	III	IV	ciklus	I	II	III	IV
550	700	740	720	II stepen	550	600	620	640

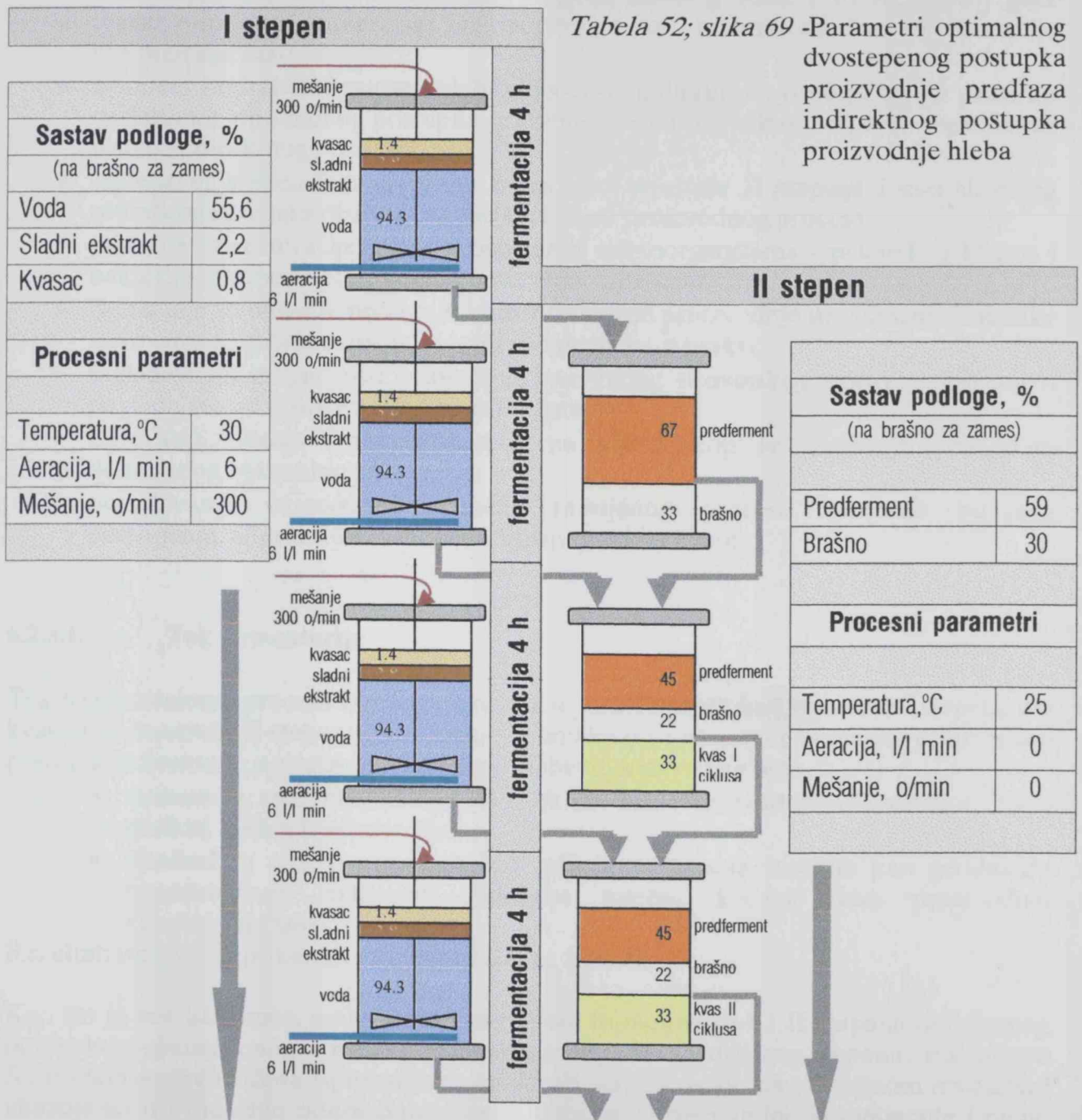
Primena ciklično-šaržne tehnike fermentacije u II stepenu dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba rezultira vrlo značajnim povećanjem zapremine gasa koji se razvije u hlebnom testu zamešenom sa kvasom dobijenim nakon 4 h fermentacije II stepena u odnosu na direktno zamešeno testo. U slučaju primene ciklično-šaržne tehnike fermentacije u I stepenu ovo povećanje iznosi do 235 % u odnosu na direktno zamešeno testo, a kod primene šaržne tehnike fermentacije u I stepenu penje se čak do 310 %. Ovako veliki uticaj na razvoj gasa u hlebnom testu obezbeđuje ostvarenje vrlo značajnih ušteda u kvascu što je jedan od osnovnih ciljeva ovog rada. Primena ciklično-šaržne tehnike fermentacije u I stepenu sa povećanjem broja sprovedenih ciklusa dovodi do smanjenja zapremine gasa koji se razvije u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom, što je verovatno posledica iscrpljivanja podloge u pogledu sadržaja fermentabilne komponente u I stepenu. Ova konstatacija dodatno govori u prilog tome da primena ciklično-šaržne tehnike fermentacije nije pogodna za I stepen.

c) Izbor optimalne kombinacije tehnika fermentacije

Na bazi postignute stabilnosti toka procesa u pogledu odnosa aktivnosti proizvodne mikroflore, sadržaja fermentabilne komponente u podlozi i nastajanja kiselina kao produkata fermentacije, kao i maksimalnih postignutih efekata na razvoj gasa u hlebnom testu, kao **optimalna** definisana je **šaržna tehnika fermentacije u I i ciklično-šaržna tehnika fermentacije u II stepenu** dvostepenog postupka.

6.2.3. Ocena optimalnog dvostepenog postupka

Na bazi izvršenih ispitivanja i teorijskih razmatranja definisan je optimalan dvostepeni postupak pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sa aspekta postizanja ciljnih efekata zacrtanih u ovom radu. Pregled parametara kojim je definisan izvedeni optimalni postupak dat je u tabeli 52 i ilustrovan na slici 69.



Ocena optimalnog dvostepenog postupka obavljena je na bazi:

- ◆ sagledavanja toka fermentacije na bazi kretanja sadržaja fermentabilne komponente i nastajanja produkata fermentacije u predfermentu kao supstratu I stepena i kvasu kao supstratu II stepena;
- ◆ uticaja primenjenog postupka na svojstva hlebnog testa i to na razvoj gasa registrovan fermentografski i svojstva testa tokom završne fermentacije registrovana maturografski;
- ◆ kvaliteta i održivosti svežine hleba dobijenog indirektnim postupkom uz primenu definisanog optimalnog postupka pripreme predfaza u odnosu na hleb zamešen uz primenu direktnog postupka;
- ◆ sagledavanja reoloških svojstava kvasa kao supstrata II stepena i kao složenog reološkog sistema s obzirom na sastav, tokom proizvodnog procesa;
- ◆ praćenja koncentracije grupa proizvodnih mikroorganizama - pekarskog kvasca i bakterija mlečne kiseline tokom proizvodnog procesa;
- ◆ ispitivanja stabilnosti procesa tokom višednevne proizvodnje uz primenu dinamike ispitivanja primerene dinamici proizvodnje hleba u praksi;
- ◆ sagledavanja mogućnosti primene alternativnog sirovinskog sastava supstrata u pogledu izvora fermentabilne komponente;
- ◆ ispitivanja uticaja kvaliteta brašna na efekte koji se ostvaruju primenom definisanog optimalnog postupka;
- ◆ sagledavanja mogućnosti primene razvijenog procesa, odnosno budućeg postrojenja, alternativno, za revitalizaciju pivskog kvasca.

6.2.3.1. Tok fermentacije

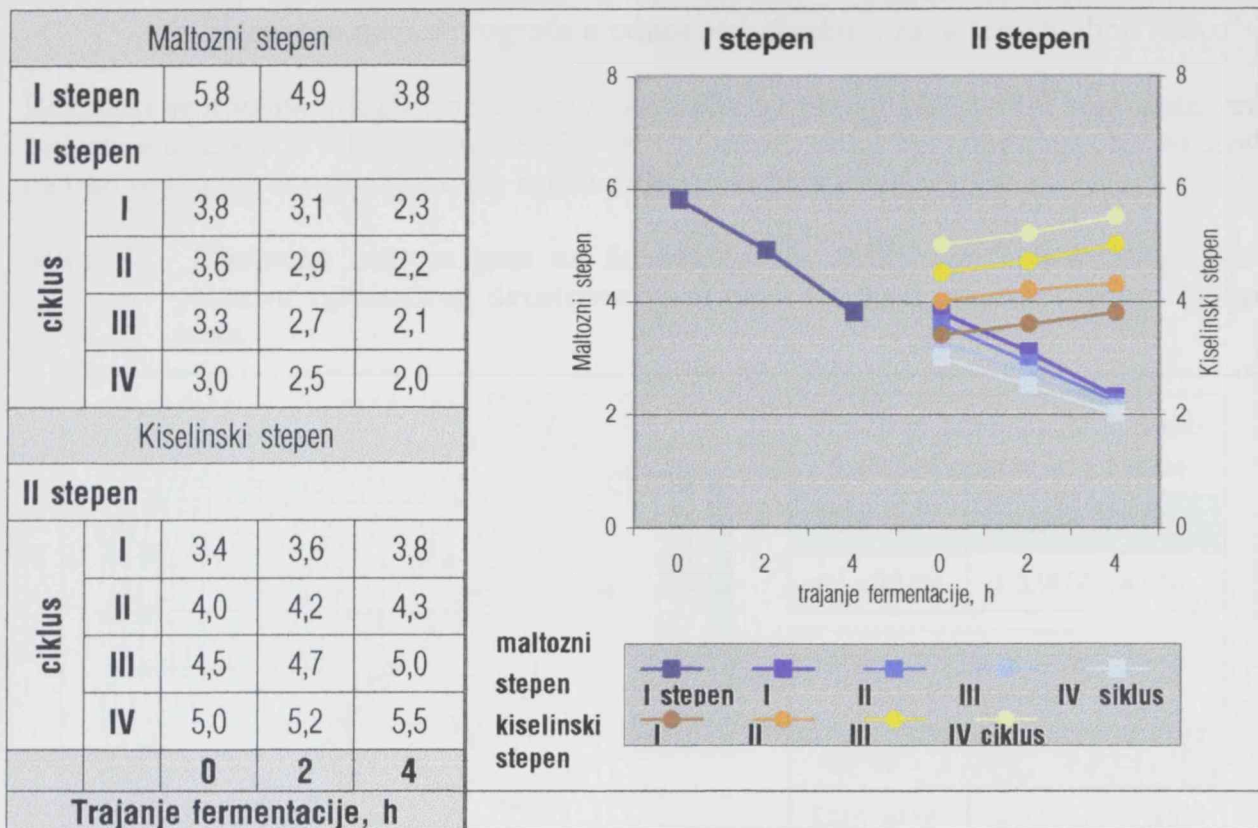
Tok fermentacionih procesa koji se odigravaju u predfermentu kao supstratu I stepena, i u kvasu kao supstratu II stepena definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sagledan je na bazi:

- ◆ maltoznog stepena podloge kao merila udela fermentabilnih komponenti u podlozi tokom fermentacije;
- ◆ kiselinskog stepena podloge kao merila nastajanja kiselina kao produkata fermentacione aktivnosti bakterija mlečne kiseline kao proizvodnih mikroorganizama.

Rezultati ispitivanja prikazani su u *tabeli 53* i na *slici 70*.

Kao što je već istaknuto, maltozni stepen tokom fermentacije I i II stepena definisanog optimalnog dvostepenog postupka ravnomerno opada. U drugom stepenu, tokom sva četiri ciklusa obuhvaćena ispitivanjem, maltozni stepen ostaje na približnom nivou, što ukazuje na uravnotežen odnos unosa novih količina fermentabilne komponente i njene potrošnje tokom fermentativne aktivnosti prisutne mikroflore.

Tabela 53; slika 70 - Tok fermentacije predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu optimalnog dvostepenog postupka



Kiselinski stepen tokom četiri ciklusa drugog stepena obuhvaćena ispitivanjem ravnomerno raste tokom svakog ciklusa, a u svakom narednom ciklusu nivo ostvarenih vrednosti kiselinskog stepena se povećava. Međutim, s obzirom na relativno manje opadanje pH tokom ovog procesa, prikazano pod tačkom 6.2.2.2. (tabela 49) treba istaći da, uprkos nastajanju kiselina, ne dolazi do nepoželjnog prekomernog zakišeljavanja supstrata, što se verovatno može pripisati dobrim puferujućim svojstvima podloge. Vrednosti kiselinskog stepena koje se u kvasu dostižu su na nivou vrednosti kod kojih se prema rezultatima *Brümmera (1989a, b)* ostvaruju povoljni efekti na kvalitet i senzorna svojstva pšeničnog hleba.

6.2.3.2. Svojstva hlebnog testa

Uticaj primene definsanog optimalnog dvostepenog postupka na svojstva hlebnog testa u zavisnosti od broja ciklusa proizvodnje sprovednih u II stepenu sagledan je na bazi:

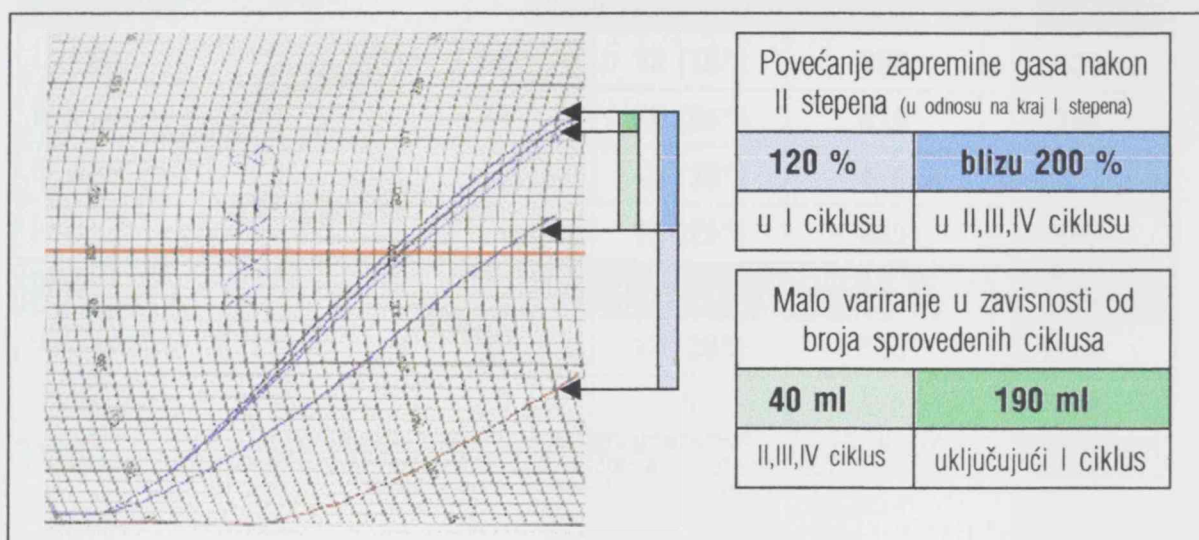
- ♦ efekata koji se postižu na zapreminu gasa koja se razvije tokom određenog trajanja fermentacije hlebnog testa zamešenog sa kvasovima dobijenim nakon

različitog broja sprovedenih ciklusa u II stepenu u odnosu na testo zamešeno sa predfermentom dobijenim nakon I stepena, registrovanih na fermentografu;

- ◆ efekata na svojstva testa zamešnog sa kvasovima dobijenim nakon različitog broja sprovedenih ciklusa u II stepenu, tokom završne fermentacije, registrovana na maturografu u odnosu na direktno zamešeno hlebno testo.

Rezultati ispitivanja uticaja primenjenog postupka na razvoj gasa u hlebnom testu već su prikazani u *tabeli 51* i ilustrovani na *slici 68*. Ostvareni efekti biće dodatno prodiskutovani na bazi dobijenih fermentografskih krivih prikazanih na *slici 71*.

Slika 71 - Dinamika razvoja gasa na fermentografu u hlebnom testu dobijenom uz primenu optimalnog dvostepenog postupka i direktno zamešenom hlebno testu



Prikazani odnosi zapremina gasa koje se razviju tokom fermentacije hlebnog testa još jednom potvrđuju najvažnije efekte na razvoj gasa koji se ostvaruju primenom definisanog optimalnog dvostepenog postupka:

- ◆ vrlo značajno povećanje zapremine gasa koja se razvije u hlebno testu, što upućuje na ostvarenje velikih ušteda u kvascu;
- ◆ malo variranje zapremine gasa u zavisnosti od broja sprovedenih ciklusa drugog stepena (sa izuzetkom I stepena), što ukazuje na izuzetnu stabilnost procesa.

Rezultati maturografskog praćenja uticaja primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na svojstva testa tokom završne fermentacije u odnosu na direktno zamešeno testo sa istim udelom kvasca (0,8 %) i sa udelom kvasca uobičajenim u proizvodnji po direktnom postupku (3 %) prikazani su u *tabeli 54*. U cilju detaljnijeg sagledavanja postignutih efekata na *slici 72* uporedo je prikazan izgled maturografskih krivih dobijenih za direktno zamešeno hlebno

testo i hlebno testo zamešeno sa kvasom proizvedenim uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka.

Tabela 54 - Uticaj primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na svojstva testa tokom završne fermentacije registrovana na maturografu

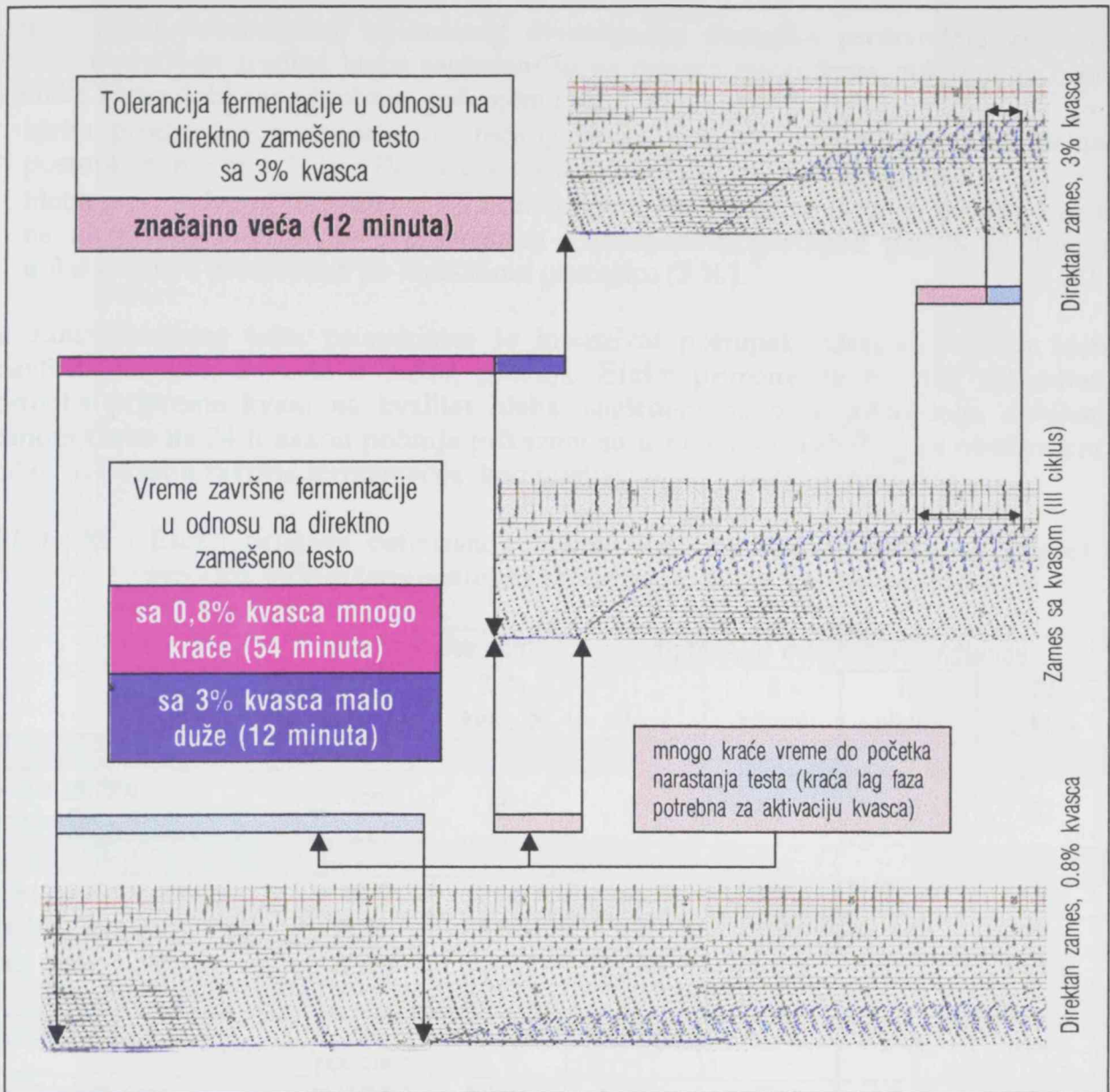
Trajanje fermentacije kvasa	Vreme završne fermentacije, min	Tolerancija fermentacije min	Otpor testa, MJ	Elatsicitet testa, MJ
Testo zamešeno sa kvasom				
I ciklus	96	12 (18*)	390	130
II ciklus	68	16 (24*)	410	160
III ciklus	70	16 (18*)	470	190
IV ciklus	74	16 (20*)	450	180
Direktno zamešeno testo				
0.8% kvasca	124	12 (26*)	150	110
3% kvasca	58	6	410	140

*rezultati očitani uz proširenje šablona za ocenu dijagrama

Rezultati ispitivanja uticaja primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na svojstva testa tokom završne fermentacije upućuju na postizanje sledećih efekata:

- ◆ značajno skraćanje trajanja završene fermentacije u odnosu na direktno zamešeno testo sa istim udelom kvasca (0,8%);
- ◆ postizanje trajanja završne fermentacije sa 0,8 % kvasca koliko je uneto u proces u odnosu na brašno za zames, na nivou koji se približava trajanju završne fermentacije kod direktno zamešenog testa sa čak 3 % kvasca;
- ◆ usklađenost utvrđenog vremena trajanja završne fermentacije sa zahtevima postupaka i opreme koji se primenjuju u proizvodnoj praksi;
- ◆ izuzetno velika tolerancija fermentacije (iznad maksimalno predviđenih vrednosti ocenom za utvrđeni otpor testa) koja upućuje na malu osetljivost testa tokom proizvodnje hleba;
- ◆ značajno veći otpor testa u odnosu na direktno zamešeno testo sa istim udelom kvasca (0,8%), što upućuje na mogućnost postizanja veće zapremine hleba;
- ◆ nešto veća elastičnost testa u odnosu na direktno zamešeno testo, što ukazuje na bolje ponašanje testa prilikom obrade.

Slika 72 - Upoređenje maturografskih svojstava testa zamešenog sa kvasom proizvedenim uz primenu optimalnog dvostepenog postupka i direktno zamešenog testa



Pored opisanih efekata sagledanih na bazi pokazatelja predviđenih ocenom maturograma, sa prikazanih dijagrama se može uočiti i značajno kraće vreme potrebno za otpočinjanje narastanja testa u odnosu na direktno zamešeno testo sa istim udelom kvasca (0,8%), što ukazuje na vrlo uspešnu aktivaciju kvasca primenom razvijenog dvostepenog postupka.

6.2.3.3. Kvalitet i održivost svežine hleba

Efekti primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje kvasa na kvalitet i održivost sredine hleba sagledani su na osnovu upoređenja pokazatelja ocene kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem i to:

- ♦ hleba proizvedenog uz primenu tečnog kvasa dobijenog definisanim optimalnim postupkom nakon I, II III i IV ciklusa proizvodnje sprovednih u II stepenu;
- ♦ hleba proizvedenog uz primenu direktnog postupka pripreme testa sa udelom kvasca na nivou polaznog udela u razvijenom dvostepenom postupku (0,8 %) i udelom uobičajenim u proizvodnji po direktnom postupku (3 %).

Za zames hlebnog testa primenjivan je intenzivni postupak. Ocena kvaliteta hleba obavljena je na 8, 24 i 48 h nakon pečenja. Efekti primene definisanog optimalnog postupka pripreme kvasa na kvalitet hleba, sagledani na bazi pokazatelja dobijenih ocenom hleba na 24 h nakon pečenja prikazani su u *tabeli 55*. Tabelom su obuhvaćeni i podaci o trajanju završne fermentacije, kao relevantni za tumačenje rezultata.

Tabela 55 - Efekti primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na kvalitet hleba

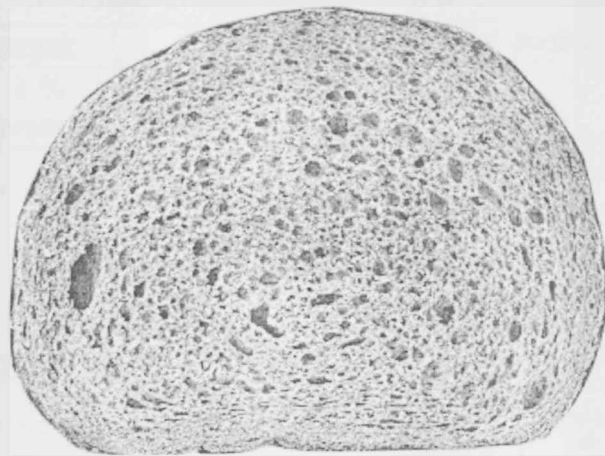
	Direktni postupak		Optimalni dvostepeni postupak			
	0.8 % kvasca	3 % kvasca	I ciklus	II ciklus	III ciklus	IV ciklus
Trajanje završne fermentacije, min	120	65	90	85	80	82
Zapremina hleba, ml	1670	1900	1850	1950	1930	1930
Specifična zapremina, ml/g	3,34	3,84	3,77	3,98	3,98	3,94
Odnos visine i prečnika	62/95	71/113	70/109	74/108	72/108	73/107
Elastičnost sredine	ne zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava ⁺	dobra	dobra ⁻	dobra
Ravnomernost pora	ravnomerna	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna
Finoća strukture pora	malo gruba ⁻	fina	skoro fina ⁺	fina	fina	fina
Miris i ukus	neutralan	neutralan	blago aromatičan	blago aromatičan, bl. nakiseo	blago aromatičan, bl. nakiseo	blago aromatičan, nakiseo
Svojstva pri rezanju	krta sredina	krta sredina	manje krta	manje krta	manje krta	manje krta
Kiselinski stepen sredine	1,7	1,7	1,9	2,3	2,5	2,8
0						

Primena definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba rezultirala je od II ciklusa drugog stepena, pa nadalje nakon III i IV ciklusa, dobijanjem hleba veće zapremine od one ostvarene uz primenu direktnog zamesa sa skoro četiri puta većim udelom pekarskog kvaca (3% u odnosu na 0,8%) uz neznatno duže trajanje završne fermentacije. Pored toga, hleb dobijen uz primenu razvijenog indirektnog postupka, karakteriše bolja elastičnost sredine, izraženija svojstva arome i ukusa i manja krtost sredine pri rezanju.

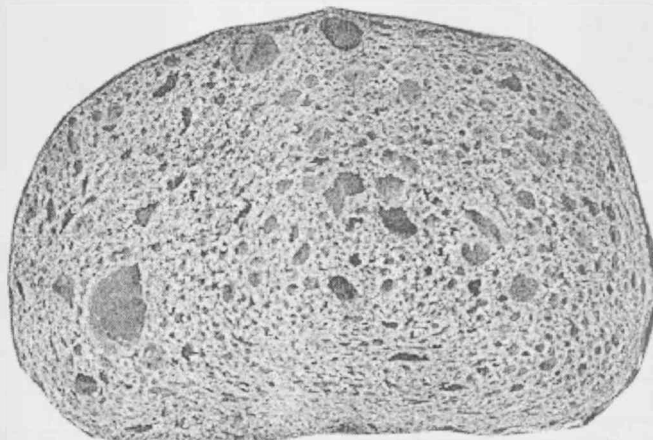
Kiselinski stepen hleba je blago povišen, što prema istraživanjima koje su sprovedli Barber i sar. (1990, 1992) može rezultirati smanjenjem podložnosti hleba mikrobiološkom kvarenju usled napada plesni. S druge strane, kiselinski stepen hleba je ostao u granicama predviđenim jugoslovenskim Pravilnikom (Sl.list SRJ 52/95), a i na nivou koji obezbeđuje prihvatljivost za domaćeg potrošača, s obzirom na to da zakišeljavanje, pa samim tim ni intenzitet kiselog ukusa nisu preterani.

Izgled hleba dobijenog probnim pečenjem sa kvasom proizvedenim po definisanom optimalnom dvostepenom postupku u odnosu na hlebove dobijene uz primenu direktnog postupka sa 3% i sa 0,8% kvasca prikazan je na slici 73.

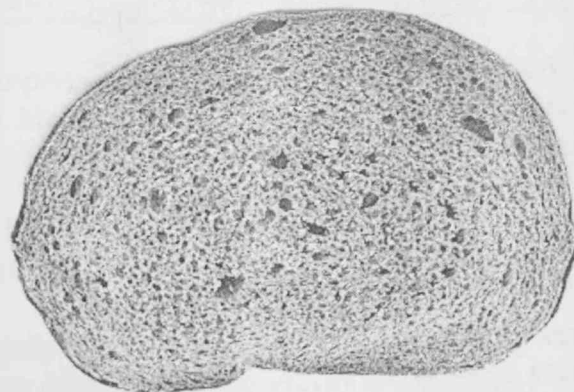
Slika 73 - Uporedni prikaz izgleda sredine hleba proizvedenog sa kvasom dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka i hleba proizvedenog uz primenu direktnog zamesa sa istim (0,8%) i u proizvodnji uobičajenim udelom kvasca (3%)



Direktni zames 3 % kvasca



Zames sa kvasom

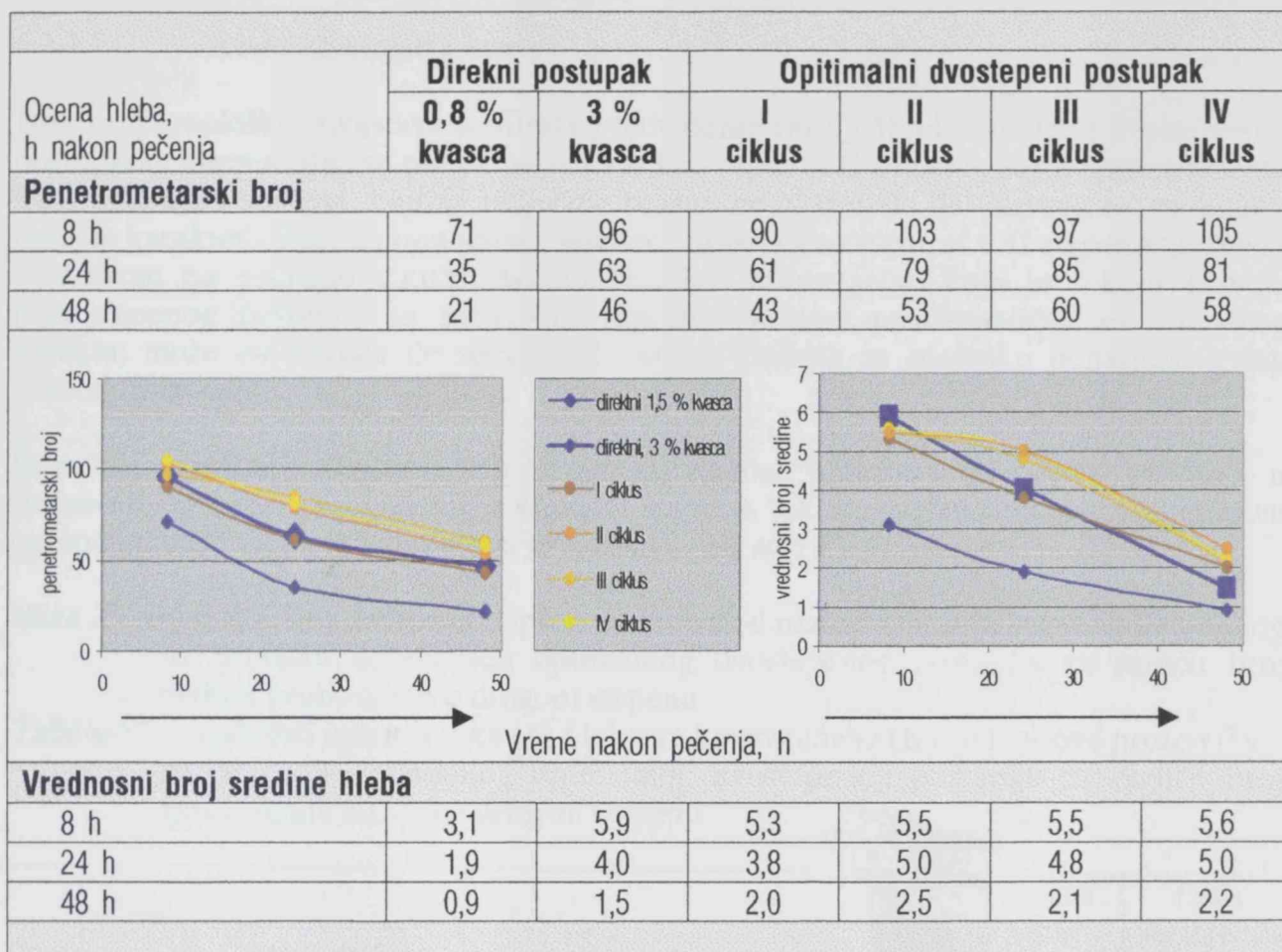


Direktni zames 0,8% kvasca

Rezultati praćenja efekata primene definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba na održivost svežine hleba prikazani su u tabeli 56 i na slici 74.

Tabela 56 - Efekti primene optimalnog dvostepenog postupka pripreme kvasa na održivost svežine hleba

Slika 74 - Vrednosti penetrometarskog broja i vrednosnog broja sredine tokom vremena proteklog nakon pečenja u zavisnosti od načina pripreme testa i kvasa



Nakon I ciklusa fermentacije drugog stepena razvojenog dvostepenog postupka ostvaruje se nivo i dinamika opadanja kvaliteta hleba tokom vremena slična onoj utvrđenoj kod hleba dobijenog uz primenu direktnog zamesa sa 3 % kvasca. Nakon II, i narednih ciklusa sa dobijenim kvasovima ostvaruju se, u pogledu stišljivosti sredine, kako svežeg hleba, tako i hleba odležalog 24, odnosno 48 h nakon pečenja, povoljnije vrednosti u odnosu na hleb dobijen uz primenu direktnog zamesa sa 3 % kvasca.

Posebno treba istaći da kod hleba zamešenog sa kvasom (sa izuzetkom kvasa dobijenog nakon I ciklusa) elastičnost i finoća pora iskazane preko vrednosnog broja sredine tokom

stajanja hleba se mnogo sporije narušavaju nego kod direktno zamešenog hleba, posebno u toku prva 24 h nakon pečenja, što ukazuje na izražene pozitivne efekte na održivost svežine hleba.

Kvalitet hleba dobijenog uz primenu direktnog postupka sa istim udelom kvasca (0,8%) je, bez obzira na vreme proteklo nakon pečenja, na daleko nižem nivou nego kod hleba proizvedenog uz primenu razvijenog optimalnog dvostepenog postupka.

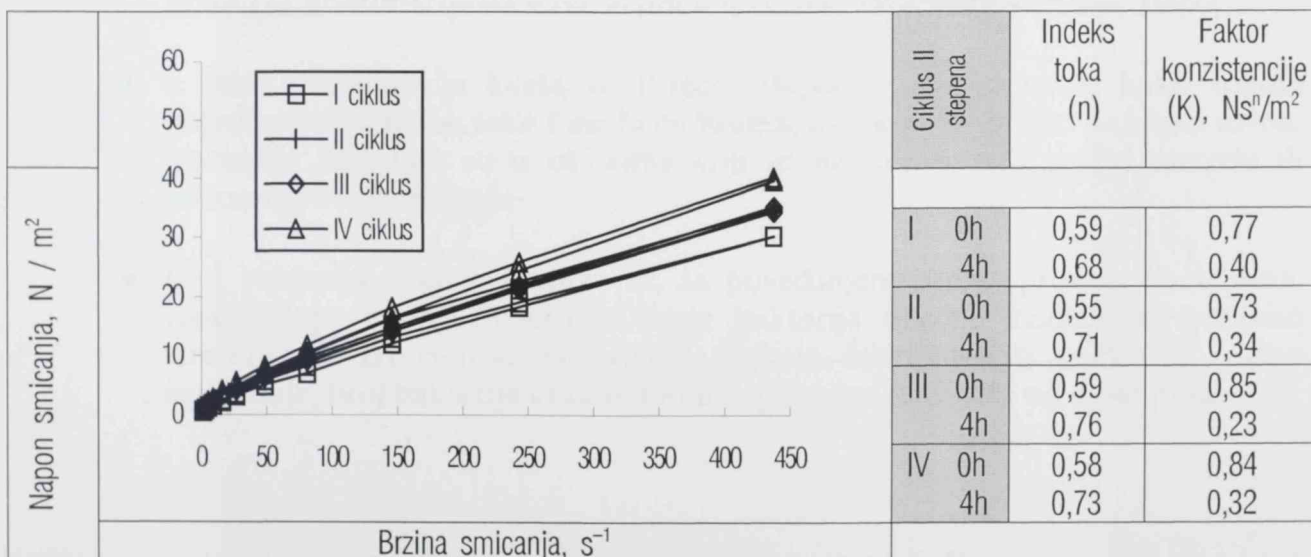
6.2.3.4. Reološka svojstva kvasa

Ispitivanja reoloških svojstava supstrata predviđenih razvijenim optimalnim dvostepenim postupkom interesantna su pre svega za kvas kao supstrat II stepena. Sastav predfermenta kao supstrata I stepena, koji ne uključuje brašno ne bi trebalo da odstupa od reološkog modela karakterističnog za njutnovske sisteme. Brašno kao supstrat u II stepenu, posebno s obzirom na primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije, koja je tokom razvoja jednostepenog postupka sa aeracijom registrovana kao problematična sa reološkog aspekta, može da dovede do specifičnih pojava vezanih za reološko ponašanje kvasa tokom proizvodnje.

Rezultati ispitivanja funkcionalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja u zavisnosti od broja sprovedenih ciklusa II stepena tokom proizvodnje po definisanom optimalnom dvostepenom postupku prikazani su na slici 75.

Slika 75 - Funkcionalna zavisnost napona smicanja od brzine smicanja kvasa proizvedenog uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka za različit broj ciklusa proizvodnje u drugom stepenu

Tabela 57 - Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K) za kvasove proizvedene uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka za različit broj sprovedenih ciklusa u drugom stepenu



Prikazane krive ukazuju na stabilna reološka svojstva kvasa tokom sva četiri ciklusa koliko je vršeno ispitivanje dvostepenog postupka. Bez obzira na sprovedeni broj ciklusa, zavisnost napona smicanja od brzine smicanja je eksponencijalna, što potvrđuje već iznete zaključke o pseudoplastičnom ponašanju kvasova proizvedenih pod uslovima primenjenim u ovom radu.

Podaci za vrednosti indeksa toka (n) izvedeni matematičkom obradom podataka dobijenih ispitivanjem reoloških svojstava kvasa, prikazani *tabeli 57*, s obzirom da su vrednosti ovog pokazatelja u svim ispitivanim slučajevima manje od 1, dodatno potvrđuju ove zaključke. Podaci za faktor konzistencije (K) potvrđuju zaključak o stabilnosti reoloških svojstava kvasa tokom celokupnog trajanja proizvodnje uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka.

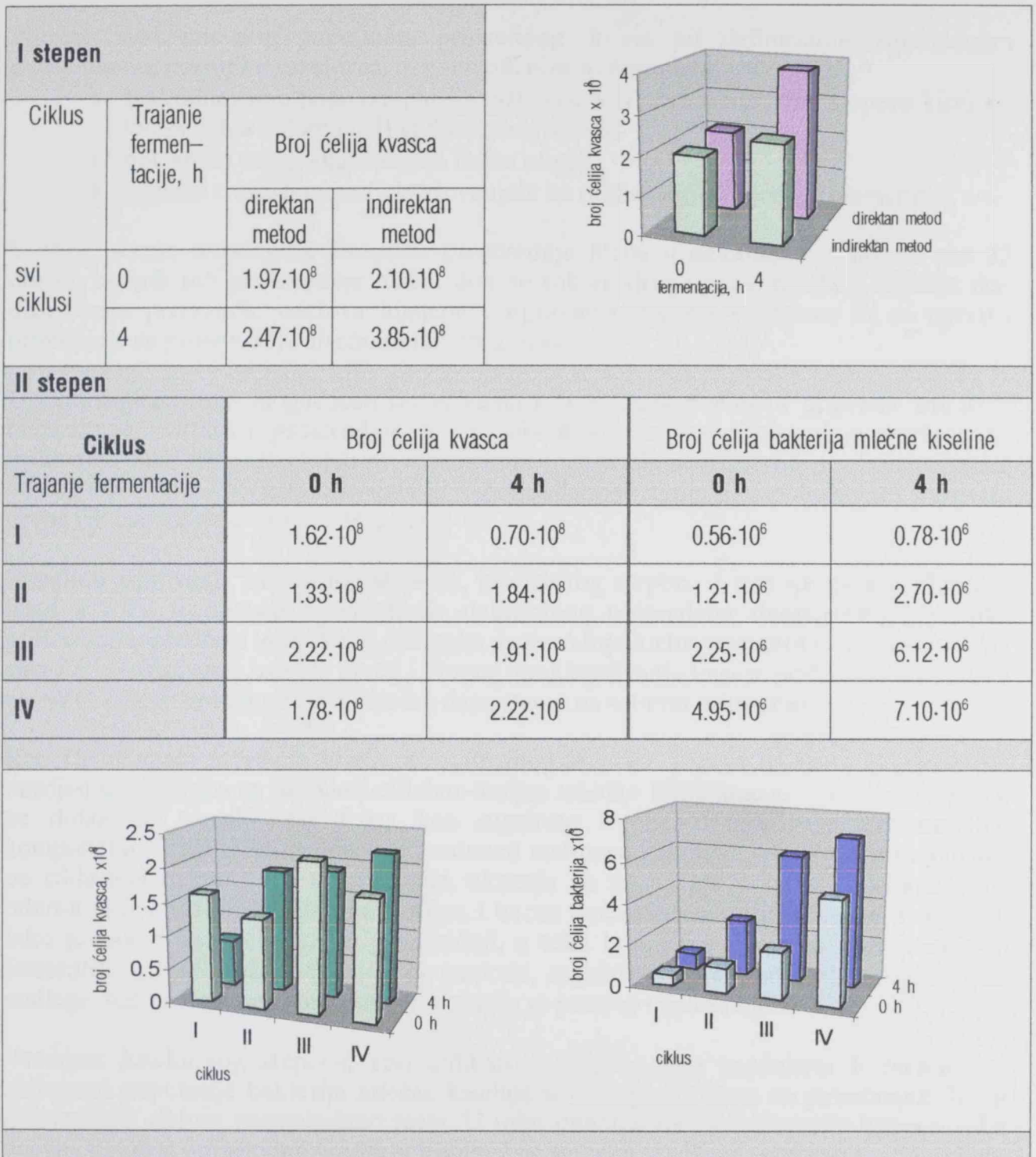
6.2.3.5. Mikroflora

Rezultati ispitivanja broja ćelija kvasca utvrđeni u predfermentu u zavisnosti od trajanja fermentacije i broja ćelija kvasca i bakterija mlečne kiseline registrovanih u kvasu u zavisnosti od trajanja fermentacije i broja sprovedenih ciklusa proizvodnje prikazani su u *tabeli 58* i na *slici 76*.

Prikazani rezultati upućuju na sledeće konstatacije:

- ♦ u toku fermentacije predfermenta u prvom stepenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka registrovano je povećanje broja ćelija kvasca, kako primenom indirektno, tako i primenom direktne metode određivanja. Direktnom metodom je utvrđen veći broj kvasca nego indirektnom, što je u skladu sa konstatacijama navedenim u literaturi (*Spicher i Stephan, 1997*);
- ♦ u toku fermentacije kvasa u drugom stepenu, broj kvasaca, kako tokom pojedinačnih ciklusa, tako i među ciklusima, ostaje na približno na istom nivou. Variranja rezultata su u okvirima koji se mogu pripisati greški metode ili nehomogenosti podloge;
- ♦ broj bakterija mlečne kiseline se, sa povećanjem broja sprovedenih ciklusa, značajno povećava. Povećanje broja bakterija mlečne kiseline je posebno izraženo od III ciklusa pa nadalje. Tokom četiri ciklusa koliko je vršeno ispitivanje, broj bakterija mlečne kiseline povećao se za više od deset puta.

Tabela 58; slika 76 - Kretanje broja ćelija kvasca i bakterija mlečne kiseline kao proizvodnih mikroorganizama tokom definisanog optimalnog dvostepenog postupka



6.2.3.6. Stabilnost tokom višednevne proizvodnje i usklađenost sa dinamikom proizvodnje hleba

Potreba svakodnevnog pokretanja proizvodnje kvasa po definisanom optimalnom dvostepenom postupku rezultirala bi pojavom niza nedostataka:

- ◆ svakodnevnom pojavom partija različitog kvaliteta, zbog nižeg stepena kiselosti kvasa iz I, a delom i iz II ciklusa proizvodnje;
- ◆ potrebom većeg angažovanja radne snage;
- ◆ velikim svakodnevnom angažovanjem na održavanju higijene postrojenja.

S druge strane uobičajena dinamika proizvodnje hleba u pekarama obuhvata oko 12 obično noćnih sati proizvodnje hleba, dok se tokom druge polovine dana obavlja deo distribucije proizvoda, održava higijena i ispravnost pogona i opreme ili se oprema primenjuje za proizvodnju alternativnih programa.

U cilju sagledavanja mogućnosti povezivanja proizvodnog postupka pripreme predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba tokom višednevne proizvodnje izvršena su ispitivanja toka fermentacionih procesa u kvasu uz primenu kvasa od prethodnog dana, odstojalog 12 h na sobnim uslovima ili u pothlađenom stanju kao polazne 1/3 supstrata prvog ciklusa dnevne proizvodnje.

Rezultati ispitivanja maltoznog stepena, kiselinskog stepena i razvoja gasa u hlebnom testu u toku trodnevne eksploatacije definisanog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba prikazani su u *tabeli 59* i na *slici 77*. U toku pauze između prvog i drugog dana ispitivanja kvas je pothlađen u frižideru na +4°C, dok je između drugog i trećeg dana stajao na sobnim uslovima.

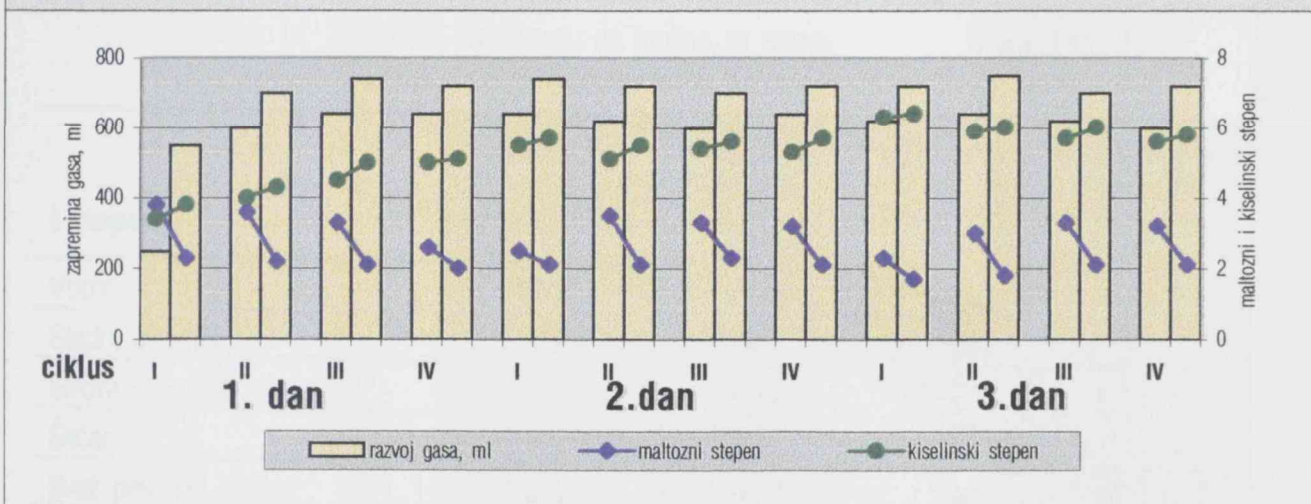
Kao što ukazuju utvrđene vrednosti maltoznog stepena, tokom tri dana eksploatacije razvijenog postupka uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije u drugom stepenu, ne dolazi do iscrpljivanja kvasa kao supstrata u pogledu sadržaja fermentabilne komponente. Relativno ujednačene vrednosti maltoznog stepena ostvarene po danima i po ciklusima nakon 4 h fermentacije, ukazuju na postizanje potpuno uravnoteženog odnosa aktivnosti proizvodne mikroflore i unosa fermentabilne komponente u supstrat. Iako je nakon dnevne pauze u proizvodnji, u toku koje kvas manje ili više intenzivno fermentiše u toku dužeg vremenskog perioda, registrovan veći pad maltoznog stepena podloge, tokom dnevne proizvodnje ravnoteža se ponovo uspostavlja.

Vrednost kiselinskog stepena, kao indikatora kiselina kao produkata fermentativne aktivnosti populacije bakterija mlečne kiseline u toku prvog dana sa povećanjem broja sprovedenih ciklusa permanentno raste. U toku dugotrajnije fermentacije kvasa u toku dnevne pauze u proizvodnji vrednost kiselinskog stepena se još više povećava, ali u skladu sa rezultatima *Brümmera (1989)* ostaje u prihvatljivim granicama. Posebno je važno istaći da u toku drugog, odnosno trećeg dana eksploatacije postupka, porast kiselinskog stepena nije tako izražen kao tokom prvog dana, što ukazuje da se nakon sprovođenja većeg broja

proizvodnih ciklusa polako uspostavlja ravnoteža aktivnosti bakterija mlečne kiseline što rezultira relativnom stabilizacijom kiselinskog stepena, pa samim tim i kiselosti budućeg hleba kao gotovog proizvoda.

Tabela 59; slika 77 - Ispitivanje toka fermentacije kvasa i efekata na razvoj gasa u hlebnom testu u toku trodnevne eksploatacije razvijenog optimalnog dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

Trajanje fermentacije	1. dan				2. dan				3. dan			
	ciklus				ciklus				ciklus			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Maltozni stepen												
0 h	3,8	3,6	3,3	2,6	2,5	3,5	3,3	3,2	2,3	3,0	3,3	3,2
4 h	2,3	2,2	2,1	2,0	2,1	2,1	2,3	2,1	1,7	1,8	2,1	2,1
Kiselinski stepen												
0 h	3,4	4,0	4,5	5,0	5,5	5,1	5,4	5,3	6,3	5,9	5,7	5,6
4 h	3,8	4,3	5,0	5,1	5,7	5,5	5,6	5,7	6,4	6,0	6,0	5,8
Zapremina gasa razvijena tokom 90 minuta fermentacije hlebnog testa, ml												
0 h	250	600	640	640	640	620	600	640	620	640	620	600
4 h	550	700	740	720	740	720	700	720	720	750	700	720



U pogledu razvoja gasa u hlebnom testu, već nakon drugog ciklusa postižu se odgovarajući efekti na povećanje razvoja gasa u odnosu na direktno zamešeno testo, a gotovo potpuno identičan nivo zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu zamešenom sa kvasovima zadržava se tokom sva tri dana praćenja stabilnosti procesa.

Prema prikazanim rezultatima, čuvanje kvasa u toku dnevne pauze u proizvodnji, i na sobnim uslovima i u pothlađenom stanju rezultira očuvanjem kvalitetnih svojstava kvasa i obezbeđuje njegovu primenu u proizvodnji narednog dana.

6.2.3.7. Primena različitih sirovina u supstratu

Raspoloživost sladnog ekstrakta kao izvora fermentabile komponente, na tržištu, kao i njegova cena uslovljavaju da se, u cilju obezbeđenja stalne sirovinske baze za primenu dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u praksi, definišu sirovine koje mogu alternativno da se primene, kao i da se sagledaju efekti njihove primene u odnosu na definisani sirovinski sastav sa sladnim ekstraktom kao sirovinom.

U ispitivanja su uključene isključivo sirovine prirodnog porekla, pristupačnih cena i raspoložive na domaćem tržištu u dovoljnim, praktično neograničnim količinama. Optimalan odnos udela fermentabilne komponente i kvasca u predfermentu kao supstratu I stepena, utvrđen uz korišćenje sladnog ekstrakta kao sirovine, komponovan je uz korišćenje kombinacije pšenične klice i konzumnog kristal šećera. Ispitivanjem su obuhvaćeni sledeći sirovinski sastavi supstrata I i II stepena:

	U odnosu na brašno za zames hlebno testa, %		U supstratu, %	
	sastav A (sa MALTEX-om)	sastav B (sa klicom)	sastav A (sa MALTEX-om)	sastav B (sa klicom)
I stepen				
Voda	55,6	56,5	94,3	95,2
Sladni ekstrakt	2,2	–	3,8	–
Sirova pšenična klica	–	0,6	–	1,0
Šećer	–	1,1	–	1,9
Svež pekarski kvasac	0,8	0,8	1,4	1,4
Jestivo ulje (antipenušavac)	0,3	0,3	0,5	0,5
II stepen				
Supstrat I stepena	59	59	67	67
Pšenično brašno tip 500	30	30	33	33

Ispitivanja su obuhvatila praćenje toka fermentacije na bazi sadržaja maltoze i kiselinskog stepena, kao i praćenje uticaja primene dobijenih poluproizvoda na razvoj gasa u hlebnom testu.

a) Tok fermentacije

Uticaj primene kombinacije sirove pšenične klice i saharoze na tok fermentativnih procesa u predfermentu i kvasu kao supstratima sagledan je na bazi kretanja maltoznog stepena i kiselinskog stepena tokom fermentacije I, odnosno II stepena. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 60 i na slici 78.

Tabela 60; slika 78 - Tok fermentacije supstrata I i II stepena definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena

Stepen	Ciklus	Sastav A (sa MALTEX-om)		Sastav B (sa klicom)		Sastav A		Sastav B	
		0 h	4 h	0 h	4 h	Sadržaj maltoze	Kiselinski stepen	Sadržaj maltoze	Kiselinski stepen
Trajanje fermentacije		0 h	4 h	0 h	4 h				
Maltozni stepen									
I	svi	5.8	2.8	5.4	1.1				
II	I	3.8	2.3	3.0	1.9				
	II	3.6	2.2	2.7	1.8				
	III	3.3	2.1	2.6	1.8				
	IV	3.0	2.0	2.6	1.7				
Kiselinski stepen									
II	I	3.4	3.8	3.1	3.7				
	II	4.0	4.3	3.3	3.5				
	III	4.5	5.0	3.5	4.1				
	IV	5.1	5.5	4.7	4.9				

U slučaju primene kombinacije pšenične klice i saharoze u supstratu u odnosu na supstrat sa sladnim ekstraktom zapaža se sledeće:

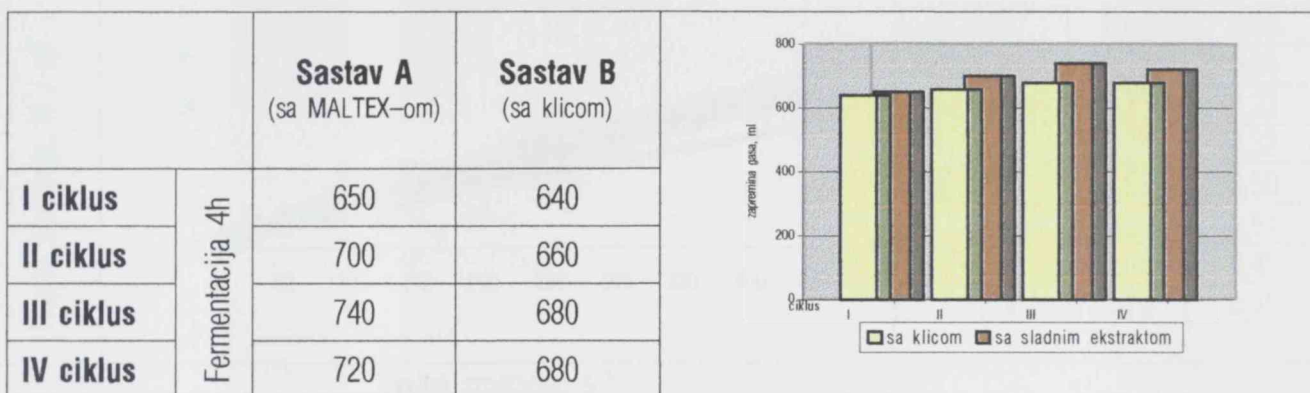
- ◆ nešto brže opadanje maltoznog stepena kako u I, tako i u II stepenu što ukazuje na nešto intenzivniju fermentativnu aktivnost kvasca;

- ◆ nešto sporijim porastom kiselinskog stepena sa povećanjem broja sprovedenih ciklusa drugog stepena, što ukazuje na nešto manji intenzitet fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline. Ipak treba istaći da se i u slučaju primene alternativnog sirovinskog sastava supstrata postiže adekvatno zakišeljavanje.

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja efekata alternativne primene kombinacije pšenične klice i saharoze u supstratu umesto sladnog ekstrakta na razvoj gasa u hlebnom testu prikazani su u *tabeli 61* i na *slici 79*.

Tabela 61; slika 79 - Razvoj gasa u hlebnom testu zamešnom sa poluproizvodima dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena



U slučaju primene supstrata sa pšeničnom klicom i saharozom umesto sa sladnim ekstraktom, dobijene su za 1,5 do 8,5 % manje zapremine gasa koje se razviju u hlebnom testu. Međutim, treba istaći da su, u odnosu na povećanja razvoja gasa u hlebnom testu koja se ostvaruju primenom definisanog dvostepenog postupka, ova smanjenja gotovo zanemarljiva, te se može zaključiti da se alternativni sirovinski sastav supstrata uspešno može primeniti za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba po definisanom dvostepenom postupku.

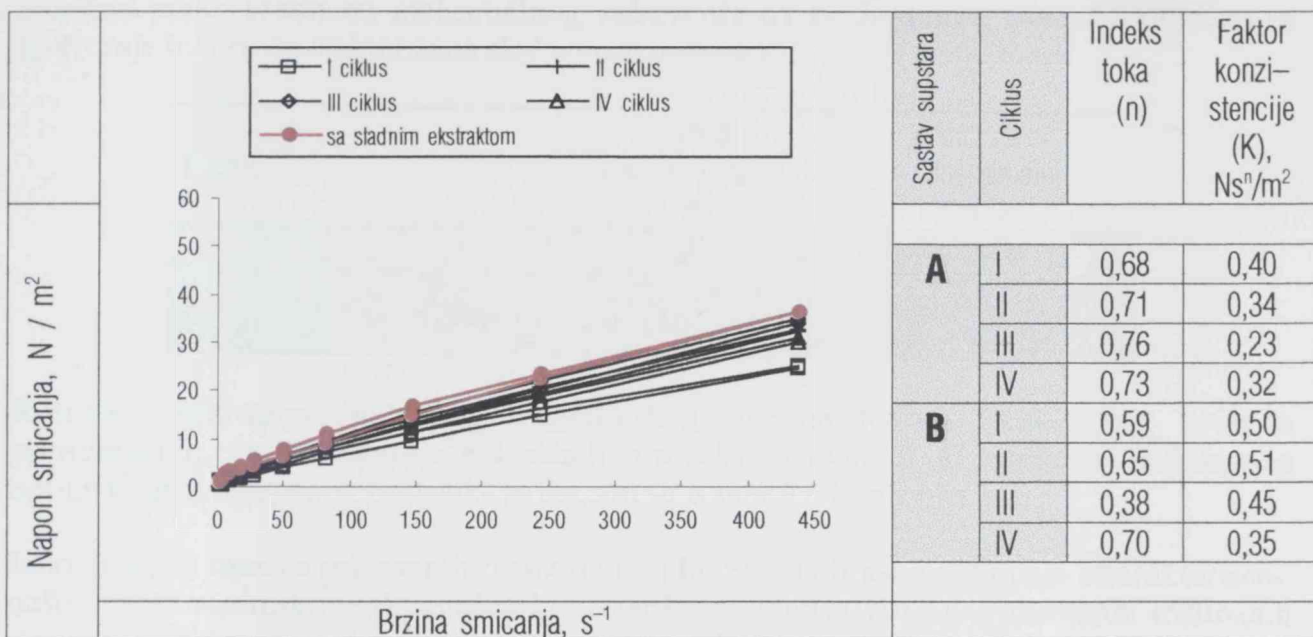
c) Reološka svojstva

U cilju sagledavanja eventualnog uticaja primene alternativnog sirovinskog sastava predfermenta na reološka svojstva kvasa konstruisani su dijagrami funkcionalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja, u kvasovima dobijenim uz primenu kombinacije pšenične klice i saharoze nakon jednog, dva, tri i četiri ciklusa fermentacije u drugom

stepenu. Uporedo je prikazana kriva funkcionalne zavisnosti napona smicanja od brzine smicanja registrovana za kvas dobijen nakon četiri ciklusa fermentacije u drugom stepenu uz primenu sladnog ekstrakta kao sirovine. Navedene krive prikazane su na slici 80.

Slika 80 - Reološka svojstva kvasova dobijenih uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za različite sirovine u supstratu I stepena

Tabela 62 - Vrednosti indeksa toka (n) i faktora konzistencije (K) za kvasove proizvedene uz primenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka za različite sirovine u supstratu I stepena



Mala odstupanja izmerenih vrednosti napona smicanja pri pojedinim brzinama smicanja među kvasovima dobijenim uz primenu pšenične klice i saharoze u supstratu u zavisnosti od broja ciklusa fermentacije u drugom stepenu, kao i približan nivo ovih vrednosti, vrednostima registrovanim u slučaju primene sladnog ekstrakta kao sirovine, ukazuju da su, i u slučaju uključenja pšenične klice u supstrat I stepena, reološka svojstva kvasova dobijenih uz primenu definisanog dvostepenog postupka, stabilna.

Imajući u vidu da je i u ovom slučaju uočena eksponencijalna zavisnost napona smicanja i brzine smicanja, što još jednom potvrđuje da se kvasovi dobijeni uz primenu ispitivanih postupaka ponašaju kao pseudoplastični fluidi, izračunate su karakteristične vrednosti ovog reološkog modela - indeks toka (n) i faktor konzistencije (K).

Vrednosti ovih pokazatelja prikazane u tabeli 62 potvrđuju kako tvrdnju da se radi o pseudoplastičnim fluidima, tako i konstataciju o potignutoj stabilnosti reoloških svojstava fermentacionih medijuma.

6.2.3.8. Stabilnost procesa u zavisnosti od kvaliteta brašna

Kao što je istaknuto, za istraživanja sprovedena u ovom radu korišćeni su uzorci brašna sa kvalitetom na nivou prosečnog kvaliteta kojim je raspolagala pekarska industrija u našoj zemlji u toku devedesetih godina. Najznačajnije razlike u kvalitetu brašna, u zavisnosti od karakteristika proizvodne godine, javljaju se u pogledu njegove enzimске aktivnosti. U cilju sagledavanja stabilnosti razvijenog optimalnog dvostepenog postupka u odnosu na realne granice variranja kvaliteta brašna u pekarama, tok fermentacije I i II stepena i uticaj primene dobijenih kvasova na razvoj gasa u hlebnom testu su ispitani uz korišćenje tri uzorka brašna međusobno različita u pogledu sadržaja glutena i enzimске aktivnosti iskazane preko vrednosti maksimalnog viskoziteta na amilogramu. Brašna korišćena za ispitivanje bila su okarakterisana sledećim svojstvima:

Brašno	Sadržaj vlažnog glutena, %	Amilogram, maksimalni viskozitet, AJ
I	22	820
II	23	235
III	26	480







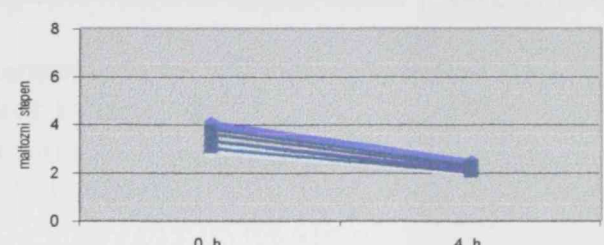
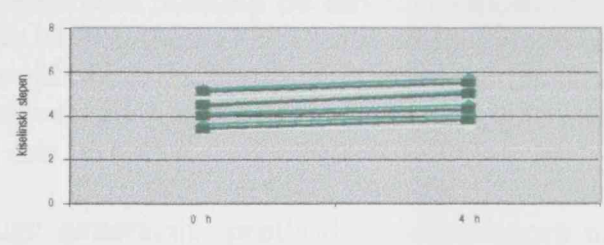
Rezultati ispitivanja maltoznog i kiselinskog stepena tokom fermentacije kvasova pripremljenih uz korišćenje navedenih uzoraka brašna u II stepenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka prikazani su u *tabeli 63* i na *slici 81*.

Iako bi se, na osnovu prikazanih rezultata moglo reći, da brašno II koje je okarakterisano nešto višom enzimskom aktivnošću karakteriše za nijansu viši nivo utvrđenih maltoznih stepena u kvasu kao i nešto intenzivnije opadanje ovog pokazatelja, s obzirom na preciznost korišćenih metoda, kao i s obzirom na to da se u zavisnosti od broja sprovedenih ciklusa rezultati preklapaju, ove razlike ne treba posmatrati kao značajne. Viši sadržaj glutena u brašnu, s obzirom da za brašno III nisu uočene razlike u pogledu toka utroška fermentabilne komponente u odnosu na druga dva brašna okarakterisana nižim sadržajem glutena, ne utiče na tok fermentacionih procesa u kvasu uz primenu definisanog dvostepenog postupka.

Postignute vrednosti kiselinskog stepena međusobno se više razlikuju u zavisnosti od broja sprovedenih ciklusa za isto brašno, nego u zavisnosti od kvaliteta korišćenog brašna, te se može zaključiti da razlike u kvalitetu brašna ne utiču značajno na fermentativnu aktivnost populacije bakterija mlečne kiseline.

Ove zaključke ipak treba posmatrati sa rezervom, s obzirom da bi veće variranje kvaliteta brašna, eventualno moglo rezultirati i razlikama u tokovima fermentacionih procesa, međutim u periodu u kom je vršeno ispitivanje na domaćem tržištu nije bilo moguće obezbediti uzorke brašna sa većim odstupanjima kvaliteta.

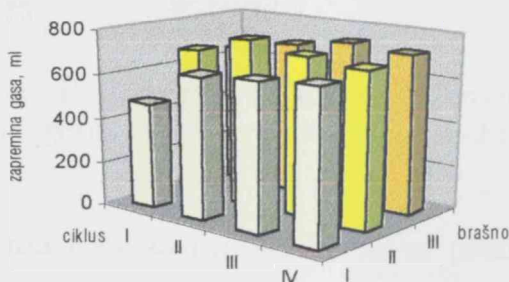
Tabela 63; slika 81 - Tok fermentacije supstrata II stepena definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba za brašna različitog kvaliteta

Brašno	I		II		III			I	II	III
	0h	4h	0h	4h	0h	4h				
Trajanje fermentacije							Maltozni stepen			
							Kiselinski stepen			
Maltozni stepen										
I ciklus	3,2	2,1	4,1	2,5	3,8	2,3				
II ciklus	3,1	2,0	4,0	2,4	3,6	2,2				
III ciklus	2,9	1,9	3,9	2,3	3,3	2,0				
IV ciklus	2,9	1,9	3,3	2,1	3,0	2,0				
Kiselinski stepen										
I ciklus	3,3	3,5	3,6	4,0	3,4	3,8				
II ciklus	3,6	3,9	4,1	4,5	4,0	4,3				
III ciklus	4,1	4,6	4,4	5,1	4,5	5,0				
IV ciklus	4,8	5,3	5,2	5,7	5,1	5,5				

Uticao kvalitetnih svojstava brašna primenjenog kao sirovine u pripremi kvasa u II stepenu definisanog optimalnog dvostepenog postupka na postignute efekte u pogledu razvoja gasa u hlebnom testu prikazan je u tabeli 64 i na slici 82.

Tabela 64; slika 82 - Razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa poluproizvodima dobijenim uz primenu definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sa brašnom različitog kvaliteta

Brašno	I	II	III
Zapremina gasa razvijena za 90 min, ml			
I ciklus	480	680	650
II ciklus	640	760	700
III ciklus	660	720	740
IV ciklus	680	700	720



Kod brašna I najnižeg sadržaja glutena i najmanje enzimske aktivnosti registrovane su nešto manje zapremine gasa razvijene u hlebnom testu, ali u celini ove razlike, s obzirom na postignute efekte u odnosu na razvoj gasa u direktno zamešenom hlebnom testu, ne treba smatrati značajnim.

6.2.3.9. Mogućnost primene procesa za revitalizaciju pivskog kvasca

Primenom pivskog kvasca kao nusproizvoda industrije piva kao alternativne sirovine u proizvodnji hleba mogu se ostvariti sledeći efekti:

- ◆ uštede u troškovima proizvodnje za pekare koje u blizini imaju pivare koje ih mogu snabdevati pivskim kvascem;
- ◆ proizvodnja specijalnih vrsta hleba namenjenih krugu potrošača koji pretenduje na korišćenje proizvoda na bazi pivskog kvasca;
- ◆ prevazilaženje nestašice ili nemogućnosti nabavke kvasca u slučaju elemenarnih nepogoda, ratnog stanja ili drugih kriznih uslova.

Iako je mogućnost primene pivskog kvasca u pekarstvu poznata od davnina (*Monckton, 1967*) direktno doziranje pivskog kvasca u zames hlebnog testa ne rezultira odgovarajućim efektima u proizvodnji hleba. S obzirom na neophodnost aktivacije i adaptacije pivskog kvasca pre njegove konačne primene u pekarstvu, pristupilo se ispitivanju mogućnosti korišćenja razvijenog dvostepenog postupka za ove svrhe.

Ispitivanja su izvršena na pivskom kvascu druge generacije, prethodno odgorčenom uz primenu 0,5%-nog rastvora NaHCO_3 (*Sredojević, 1997*) uz korišćenje sledećeg sirovinskog sastava predfermenta kao supstrata I stepena:

	u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	u odnosu na supstrat, %
Voda	48,4	80,6
Sladni ekstrakt	4,35	7,3
Odgorčen pivski kvasac	7,25	12,1

Primenjivani su procesni parametri i sastav supstrata II stepena u skladu sa definisanim vrednostima za optimalni dvostepeni postupak proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Rezultati ispitivanja toka fermentacije predfermenta i kvasa pripremljenih sa pivskim kvascem dati su u *tabeli 65*.

U prvom stepenu maltozni stepen ravnomerno opada, što ukazuje na iniciranje fermentativne aktivnosti pivskog kvasca kao proizvodnog mikroorganizma kojim je inokulisana podloga. U drugom stepenu opadanje sadržaja maltoze je sporije, što verovatno upućuje na neprilagođenost pivskog kvasca na brašno kao podlogu.

Tabela 65 -Tok fermentacije definisanog optimalnog dvostepenog postupka uz korišćenje pivskog kvasca

Trajanje fermentacije	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h
Maltozni stepen					
I stepen	5,1	4,1	3,5	3,3	2,9
II stepen	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3
pH					
I stepen	5,0	4,5	4,8	4,8	4,8
II stepen	4,9	4,9	5,1	5,0	5,0

Tokom I stepena pH vrlo blago opada, dok u drugom stepenu gotovo stagnira, što ukazuje na izostanak značajnije fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline. No, uzevši u obzir da tokom prvog ciklusa nije zapaženo značajnije aktiviranje bakterija mlečne kiseline ni u slučaju primene pekarskog kvasca, ovakav efekat se mogao i očekivati. S druge strane, izostanak fermentativne aktivnosti bakterija mlečne kiseline verovatno pogoduje favorizovanju pivskog kvasca kao proizvodnog mikroorganizama, što je u ovom slučaju i poželjno.

Rezultati ispitivanja uticaja aktivacije pivskog kvasca primenom definisanog optimalnog dvostepenog postupka na razvoj gasa u hlebnom testu prikazani su u tabeli 66.

Tabela 66 - Uticaj aktivacije pivskog kvasca primenom definisanog optimalnog dvostepenog postupka na razvoj gasa u hlebnom testu

Trajanje fermentacije	0 h	2 h	4 h
Zapremina gasa razvijena na fermentografu tokom 90 minuta fermentacije hlebnog testa, ml			
I stepen	170	300	420
II stepen	420	370	230

Kao što prikazani rezultati ukazuju, tokom fermentacije predfermenta kao supstrata I stepena, sa produženjem trajanja fermentacije se zapremina gasa koja se razvije u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom, u odnosu na hlebno testo zamešeno na početku fermentacije značajno povećava. Ovo povećanje nakon 2 h fermentacije predfermenta iznosi oko 75 %, a nakon 4 h fermentacije blizu 150 %. Ove vrednosti ukazuju da se prvi stepen razvijenog postupka za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba uspešno može koristiti za aktivaciju pivskog kvasca.

U drugom stepenu se zapremina gasa koja se razvije u hlebnom testu sa dobijenim kvasovima sa produženjem trajanja fermentacije kvasa smanjuje, što upućuje na zaključak da prilikom aktivacije pivskog kvasca treba primeniti jednostepeni postupak uz zames hlebnog testa direktno sa dobijenim predfermentom.

6.3. Uporedna ocena jednostepenog i dvostepenog postupka

U okviru sprovedenih istraživanja razvijena su dva postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba optimizovana sa aspekta ostvarenja ciljeva zacrtanih u ovom radu - jednostepeni i dvostepeni postupak.

Oba razvijena postupka u većoj ili manjoj meri rezultiraju efektima koji opravdavaju njihovu primenu u praksi. Međutim, prilikom izbora postupka treba voditi računa o prednostima i nedostacima jednog, odnosno drugog postupka, te se na bazi postavljenih ciljeva i mogućnosti opredeliti za pogodniji.

Pregled karakteristika jednostepenog i dvostepenog postupka, sa opisom prednosti i nedostataka koje određeni postupak ima u pogledu pojedinih karakteristika, dat je u tabeli 67.

Tabela 67 - Uporedni pregled karakteristika jednostepenog i dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba

Karakteristika	Jednostepeni postupak	Dvostepeni postupak
Potrebna oprema	manji zahtevi	veći zahtevi
Cena postrojenja	niža	viša
Trajanje postupka	kraće, 4h	duže, > 8h
Uštede u kvascu	do 50 % (min. udeo kvasca 1,5 %)	do 75 % (min. udeo kvasca do 0,8 %)
Efekti na razvoj gasa u hlebnom testu	manji – povećanje do 40 %	vrlo veliki – povećanje do 300 %
Efekti na svojstva testa tokom završne frementacije		
– u odnosu na direktni zames sa istim udelom kvasca	skraćenje potrebnog trajanja fermentacije	vrlo veliko skraćenje potrebnog trajanja fermentacije
– u odnosu na direktni zames sa uobičajenim udelom kvasca	povećana tolerancija duže vreme	vrlo značajno povećana tolerancija malo duže vreme

Karakteristika	Jednostepeni postupak	Dvostepeni postupak
Efekti na kvalitet hleba		
Zapremina u odnosu na direktni zames sa istim udelom kvasca	veća	vrlo značajno veća
Zapremina u odnosu na direktni zames sa uobičajenim udelom kvasca	manja	ista ili malo veća
Održivost svežine	nedovoljni efekti u odnosu na hleb proizveden po direktnom postupku	poboljšana u odnosu na hleb proizveden po direktnom postupku
Aroma i ukus	blago aromatičan ne postiže se kiselkast ukus	poboljšana aroma ostvarena kisela nota ukusa
Kiselinski stepen hleba	malo povećan, nedovoljno za ostvarenje efekata suzbijanja razvoja plesni	povećan dovoljno za ostvarenje efekata suzbijanja razvoja plesni na hlebu
Struktura sredine	ravnomernije pore smanjena krtost sredine pri rezanju	smanjena krtost sredine pri rezanju
Stabilnost procesa	odgovarajuća, zbog kratkotrajnosti manje značajna	Odogovrajuća tokom vremena i u odnosu na kvalitet i vrstu sirovina
Mogućnosti variranja procesnih parametara	ograničene u pogledu aeracije	vrlo velike
Alternativne primene	–	za revitalizaciju pivskog kvasca

Na osnovu datog pregleda u celini se može konstatovati da:

- ♦ **jednostepeni postupak** ima prednosti u pogledu manje cene postrojenja za njegovu eksploataciju i kraćeg trajanja procesa;
- ♦ **dvostepeni postupak** ima prednosti u pogledu efekata koji se ostvaruju njegovom primenom, stabilnosti procesa i mogućnosti njegove alternativne primene.

6.4. Idejno rešenje postrojenja

Pored poznavanja efekata koji se ostvaruju primenom postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, čemu su posvećena dosadašnja izlaganja u ovom radu, dodatni preduslov za procenu prihvatljivosti razvijenog postupka u praksi predstavlja razrada idejnog rešenja postrojenja sa opisom tehnološkog postupka, bilansom sirovina, specifikacijom opreme, prostora i radne snage.

Stoga su u ovom poglavlju date osnovne karakteristike opšteg idejnog rešenja postrojenja za primenu jednostepenog, odnosno dvostepenog postupka za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba namenjenog ugradnji u postojeće pekarske pogone.

Idejna rešenja su izrađena na primerima dva tipa pekara, koji se najčešće sreću u našoj zemlji:

- a) idejno rešenje postrojenja za jednostepeni postupak, razrađeno na primeru njegove primene u savremenoj pekari zanatskog tipa, kapaciteta 3000 komada hleba/dan;
- b) idejno rešenje postrojenja za dvostepeni postupak, razrađeno na primeru njegove primene u industrijskoj pekari, kapaciteta 10.000 komada hleba/dan.

6.4.1. Idejno rešenje postrojenja za jednostepenu proizvodnju kvasa u savremenoj pekari zanatskog tipa

Savremene pekare zanatskog tipa su u našoj zemlji doživele ekspanziju krajem osamdesetih i tokom devedesetih godina. Pored hleba, ove pekare uglavnom proizvode i širok asortiman peciva, a često i drugih proizvoda. Proizvodnja hleba se u ovim pekarama obavlja po direktnom postupku, najčešće uz primenu zamesa na spiralnoj mesilici. Savremene pekare zanatskog tipa najvećim delom su u privatnom vlasništvu, a vlasnici u oštroj konkurenciji za osvajanje tržišta u cilju potpunijeg korišćenja ili proširenja proizvodnih kapaciteta veliku pažnju usmeravaju na mogućnosti poboljšanja kvaliteta proizvoda. Shodno tome, u mnogim pekarama ovog tipa, rađeno je na uvođenju indirektnog postupka u proizvodnji hleba, ali se, zbog nedostataka indirektnog postupka, u većini slučajeva od ovih pokušaja odustalo.

Kapacitet ovih pekara je u proseku na nivou oko 3000 komada hleba/dan. U tom smislu dohodak koji pekara ostvaruje može da pokrije samo ograničene iznose investiranja u nova postrojenja.

Imajući u vidu navedene karakteristike savremenih pekara zanatskog tipa, kao optimalno za primenu u ovom tipu pekare postavlja se postrojenje za jednostepenu proizvodnju kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba, kao investiciono pristupačnije, sa efektima više izraženim u pogledu kvaliteta hleba, a manje u pogledu ostvarenja ušteda.

6.4.1.1. Opis tehnološkog postupka

Tehnološki postupak jednostepene proizvodnje kvasa odvija se u skladu sa šemom prikazanom na slici 83.

Proizvodnja kvasa uz primenu jednostepenog šaržnog postupka inicira se četiri sata pre početka redovne proizvodnje hleba. U fermentor se doziraju potrebne sirovine i to:

- ◆ brašno se dozira preko usipnog koša uz dopremu ugrađenim transporterom preko automatske vage sa sitom ili ručnim usipanjem preko poluautomatskog sita;
- ◆ kvasac se dozira u obliku ranije pripremljene suspenzije iz suda za suspendovanje kvasca;
- ◆ dodatne sirovine (šećer i deo predviđene količine jestivog ulja kao antipenušavca) doziraju se preko sistema za doziranje ili uz ručnu odvagau;
- ◆ deo vode potrebne temperature se dozira pre dodavanja ostalih komponenti (70 do 80 %), a ostatak nakon stvaranja guste suspenzije bez grudvica. Ukupna količina vode koja se dozira umanjuje se za količinu vode upotrebijenu za suspendovanje kvasca.

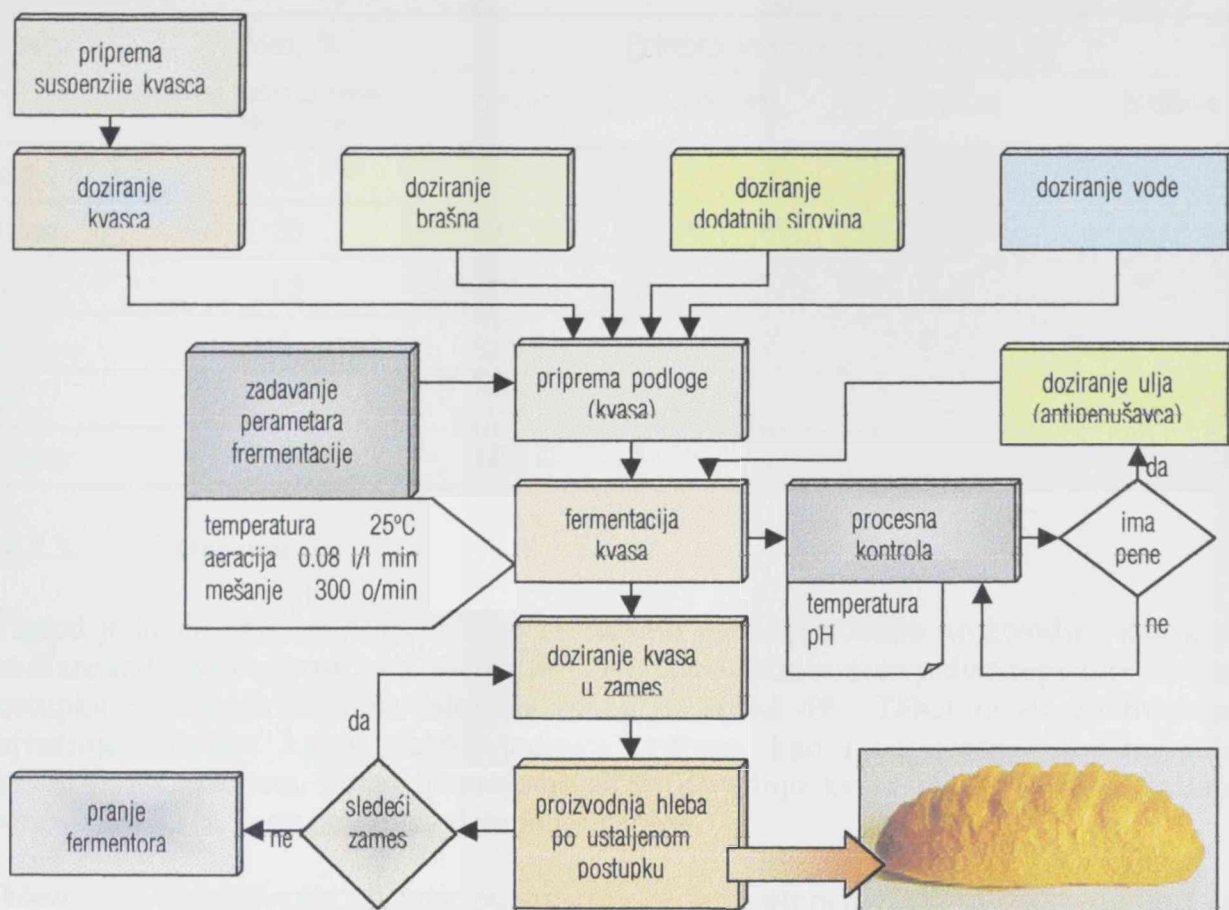
U fermentoru se uz primenu mehaničke mešalice homogenizuje supstrat uz istovremeno zadavanje parametara fermentacije na komandnoj tabli fermentora.

Fermentacija supstrata, pre njegove primene u daljoj proizvodnji traje oko 4 h. Tokom fermentacije kontroliše se temperatura i pH supstrata preko ugrađene merne tehnike fermentora. Takođe se vizuelno ili automatski vrši kontrola stvaranja pene i po potrebi vrši se doziranje dodatnih količina jestivog ulja kao antipenušavca.

Zreo kvas se dozira preko pumpe direktno u zames testa u potrebnoj količini. Fermentacija kvasa uz primenu optimalnih procesnih parametara se nastavlja do 8 h, nakon čega se kontrola procesnih parametara isključuje, a kvas iz fermentora se porciono dozira u dalje zamese hlebnog testa do završetka dnevne proizvodnje.

Po završetku dnevne proizvodnje fermentor se pere i priprema za proizvodni ciklus narednog dana.

Slika 83 - Šema tehnološkog postupka jednostepene proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba



6.4.1.2. Bilans sirovina

Za proizvodnju pretpostavljenih 3000 komada hleba uobičajene mase 0,600 kg, uz pretpostavljeni randman od 1,38 kg hleba/kg brašna, potrebna je količina brašna od:

$$3000 \text{ komada hleba} \cdot 0,600 \text{ kg} / 1,38 \text{ kg/kg brašna} \approx 1.300 \text{ kg brašna}$$

Dnevni, nedeljni, mesečni i godišnji bilans sirovina potrebnih za proizvodnju kvasa uz primenu optimalnog sirovinskog sastava za jednostepeni šaržni postupak proizvodnje, utvrđen u ovom radu i preciziran pod tačkom 6.1.7, prikazan je u tabeli 68.

Tabela 68 - Bilans sirovina za proizvodnju kvasa uz primenu jednostepenog šaržnog postupka za potrebe pekare kapaciteta 3000 kom hleba/dan

Sirovina	Udeo, % (na brašno za zames hlebnog testa)	Potrebna količina za proizvodnju, kg			
		dnevno	nedeljno	mesečno	godišnje
Voda	56,5	735	5145		
Brašno	30	390 (1300*)	2730 (15400)	11.700 (66000)	136500 (770000)
Kvasac	1,5	19.5	136.5	585	6825
Šećer	1	13	91	390	4550
Ulje	1	13	91	390	4550
Ukupno:		1170.5			

6.4.1.3. Oprema

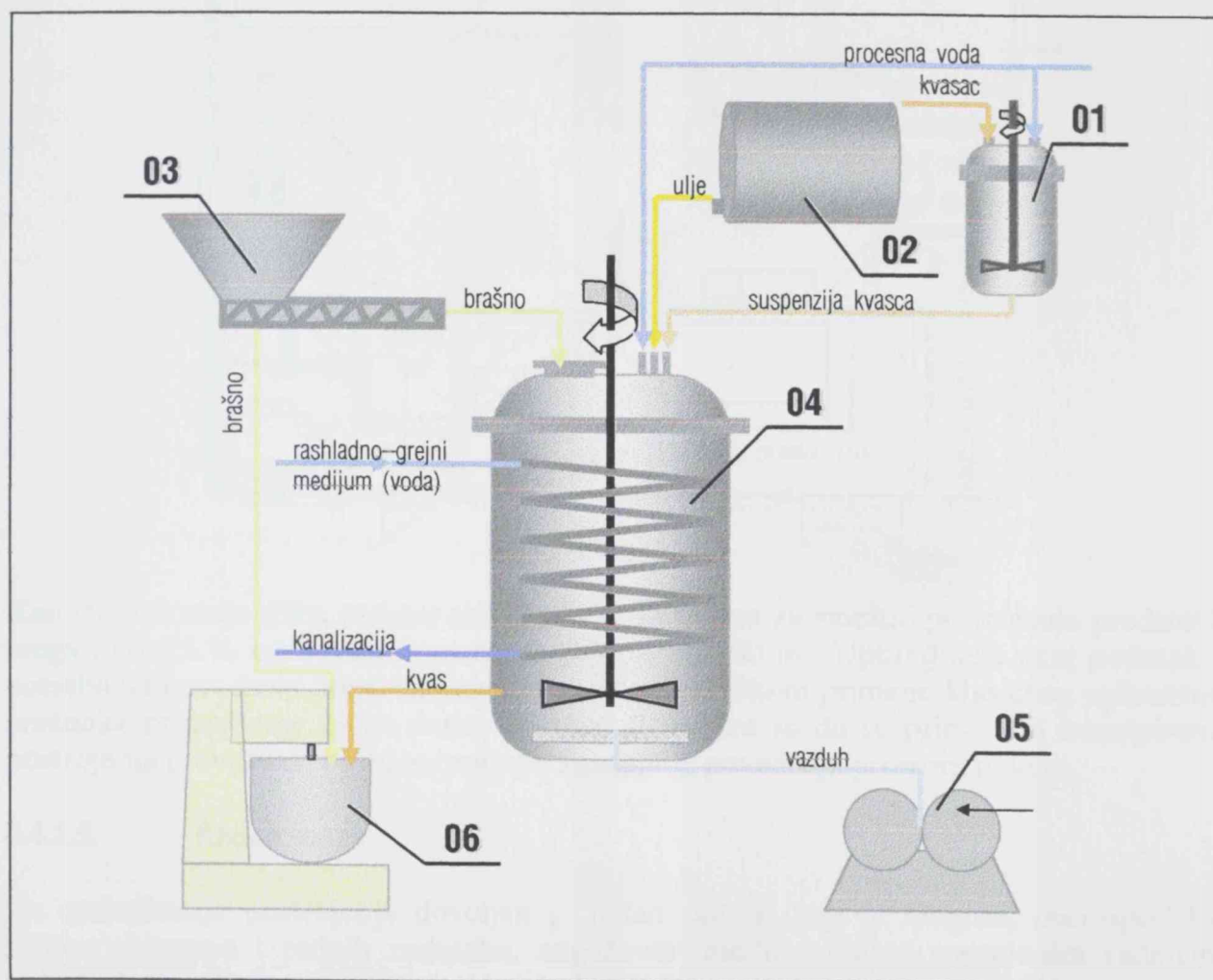
Pregled jedinica opreme potrebnih sa realizaciju automatizovane proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba po definisanom jednostepenom šaržnom postupku pod kontrolisanim uslovima dat je u *tabeli 69*. Tabelom su obuhvaćene i najvažnije tehničke karakteristike jedinica opreme, kao i napomene o proračunima dimenzija i kapaciteta. Šema postrojenja za proizvodnju kvasa uz primenu definisanog jednostepenog šaržnog postupka data je na *slici 84*.

Tabela 69 - Specifikacija opreme postrojenja za jednostepenu šaržnu proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima za potrebe pekare kapaciteta 3000 komada hleba/dan

Pozicija	Naziv opreme	Tehničke karakteristike
01	Sud za suspenziju kvasca	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven armaturom za dovod procesne vode i mešalicom; zapremina suda za dnevnu proizvodnju u slučaju pripreme suspenzije kvasca u trostrukoj količini vode oko 100l; prečnik suda cca. 0,44 m; visina cca.0,65 m (odnos prečnika i visine 2:3)
02	Rezervoar jestivog ulja	Cilindrični sud od sintetskog materijala sa ravnim dnom i dancem zapremine za podmirenje nedeljene potrošnje ulja oko 150 l; prečnik suda cca 0,50 m; visina 0,75 m (odnos prečnika i visine 2:3)
03	Jednica za doziranje brašna	postojeća oprema alternativno: a) bunker za brašno kapaciteta za dvonedeljnu proizvodnju 30 t, sa transporterom za dopremu brašna do automtske vage iznad mesilice – potrebna ugradnja transportera i vage za doziranje brašna u fermentor. b) podna vaga i poluautomatsko sito za brašno, primena za ručno doziranje brašna u fermentor bez potrebnih adaptacija

Pozicija	Naziv opreme	Tehničke karakteristike
04	Fermentor sa mehaničkom mešalicom i sistemom za razmenu toplote	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem; snabdeven armaturom za dovod procesne vode, suspenzije kvasca, ulja i vazduha, sa otvorom za unos brašna i drugih sipkavih komponenti; ugrađena mešalica i uređaj za razmenu toplote; zapremina suda za dnevnu proizvodnju cca. 1,75 m ³ ; prečnik suda cca. 1,15 m; visina cca.1.7 m (odnos prečnika i visine 2:3)
05	Duvaljka vazduha	Centrifugalna duvaljka sa mogućnošću obezbeđenja 0,1 do 1 m ³ vazduha u minutu
06	Mesilica za testo	postojeća

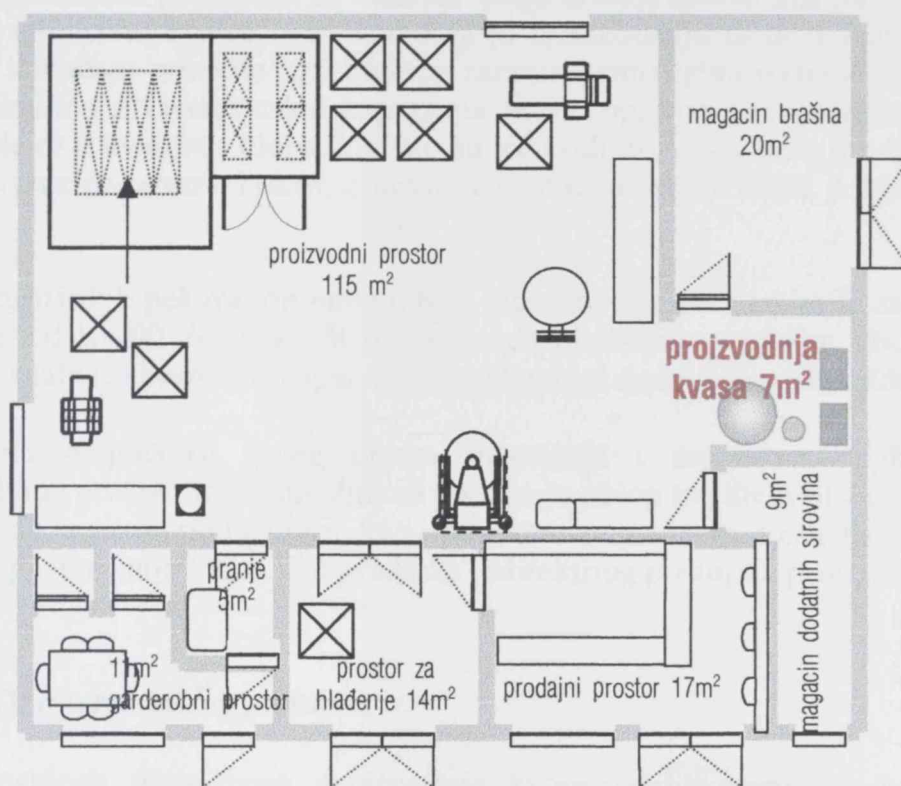
Slika 84 - Šema postrojenja za proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima uz primenu jednostepenog šaržnog postupka (pozicije tabela 69)



6.4.1.4. Prostor

S obzirom na dimenzije opreme date u *tabeli 68* postrojenje za proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima uz primenu jednostepenog šaržnog postupka moglo bi se bez problema smestiti u raspoloživi prostor većine postojećih pekara. Primer mogućnosti smeštaja postrojenja u pogonu savremene pekare zanatskog tipa prikazan je na *slici 85*.

Slika 85 - Postrojenje za proizvodnju kvasa uz primenu jednostepenog šaržnog postupka u savremenoj pekari zanatskog tipa kapaciteta 3000 komada hleba/dan



Kao što prikazuje slika, prostor od oko 7 m², potreban za smeštaj postrojenja predstavlja svega oko 3,5 % od ukupnog prostora pekare od 200 m². Upoređujući ovaj podatak sa potrebama povećanja prostora pekare potrebnog prilikom primene klasičnog indirektnog postupka proizvodnje hleba datim u *tabeli 3*, uočava se da se primenom koncipiranog postrojenja prevazilazi problem potrebe značajnog povećanja prostora pekare.

6.4.1.5. Radna snaga

Za opsluživanje postrojenja dovoljan je jedan radnik, kog je moguće, preraspodelom radnog vremena i radnih zadataka, angažovati među redovno zaposlenim radnicima pekare, što znači da praktično nema potrebe dodatnog angažovanja radne snage.

6.4.2. Idejno rešenje postrojenja za dvostepenu proizvodnju kvasa u industrijskoj pekari

Ekspanzija industrijskih kapaciteta u našoj zemlji šezdesetih i sedamdesetih godina rezultirala je u oblasti prerade brašna izgradnjom velikog broja industrijskih pekara. Ove pekare, postojeće u gotovo svakom većem naselju, karakteriše proizvodnja hleba gotovo isključivo po direktnom postupku. U velikom broju slučajeva ove pekare su opremljene mikserima za intenzivni zames testa kod kog je fermentacija testa u masi svedena na minimum, a i u slučaju primene brzohodnog zamesa primenjena trajanja fermentacije u masi su maksimalno skraćena usled kapaciteta ostale opreme i prostornih ograničenja. Stoga su problemi u kvalitetu hleba, kao što su loša održivost svežine, mrvljivost i krtost sredine i slabo izraženi aroma i ukus, osnovni nedostaci u proizvodima dobijenim u ovom tipu pekare.

Kapaciteti industrijskih pekara, opremljenih sa jednom, dve, pa i tri linije za proizvodnju hleba kreću se od 10.000 do preko 50.000 komada hleba/dan međutim, zbog navedenih nedostataka u kvalitetu hleba ovi kapaciteti su uglavnom nedovoljno iskorišćeni.

Imajući u vidu mogućnost većeg obima investicija i mogućnost njihove otplate povećanjem obima proizvodnje zahvaljujući podizanju nivoa kvaliteta hleba i ostvarenjem značajnih ušteta, u ovom tipu pekara, kao optimalno za primenu postavlja se postrojenje za dvostepenu proizvodnju kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.

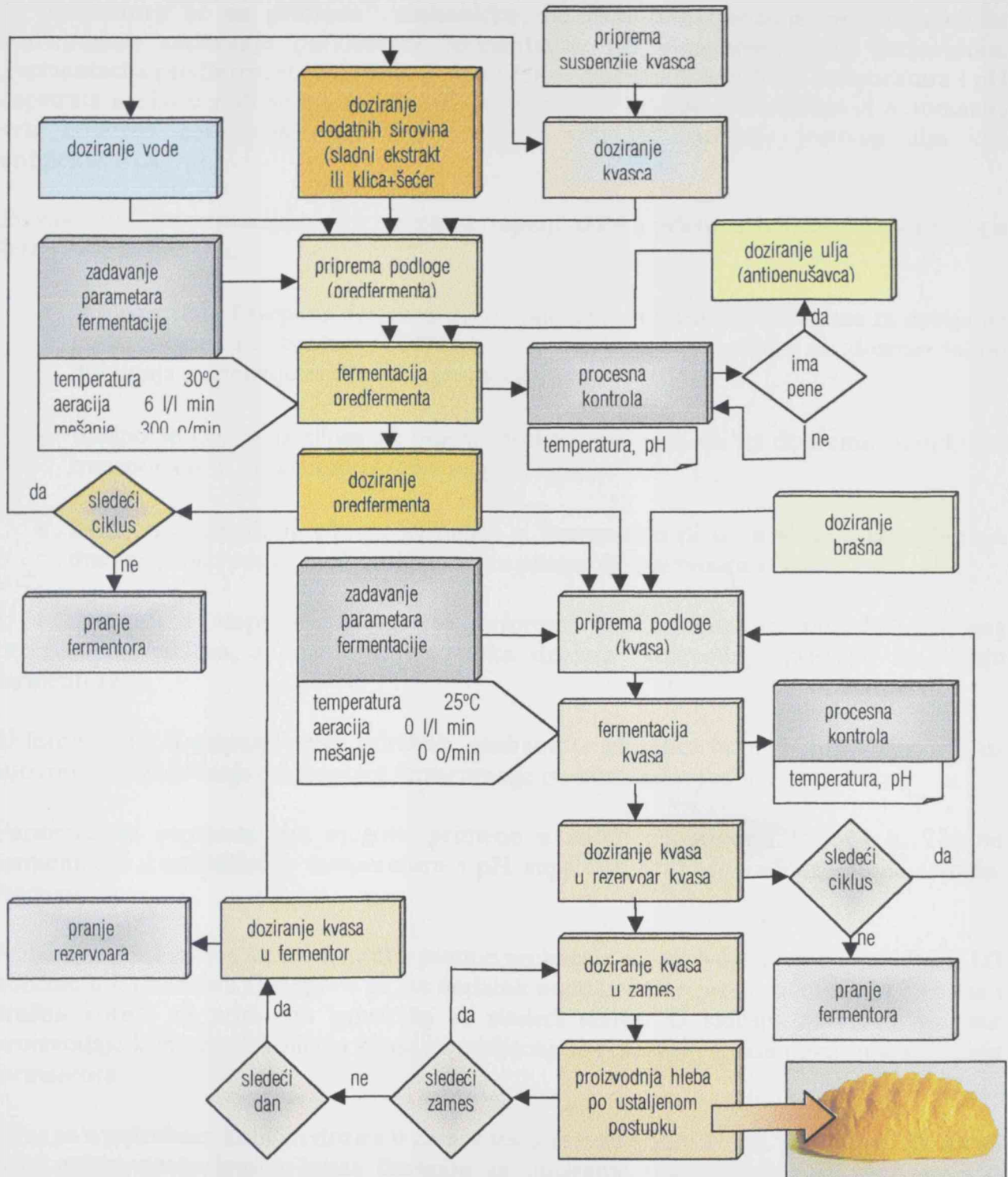
6.4.2.1. Opis tehnološkog postupka

Tehnološki postupak dvostepene proizvodnje kvasa odvija se u skladu sa šemom prikazanom na slici 86.

Proizvodnja kvasa uz primenu dvostepenog postupka inicira se oko osam sati pre početka redovne proizvodnje hleba. U fermentor I stepena se doziraju potrebne sirovine za proizvodnju predfermenta i to:

- ◆ voda potrebne temperature, se dozira u fermentor pre dodavanja ostalih komponenti, a količina vode se smanjuje za količinu upotrebljenu za suspendovanje kvasca;
- ◆ kvasac se dozira u obliku ranije pripremljene suspenzije iz suda za suspendovanje kvasca;
- ◆ u slučaju korišćenja sladnog ekstrakta vrši se njegovo doziranje iz rezervoara pomoću pumpe, dok se u slučaju alternativnog korišćenja kombinacije sirove pšenične klice i šećera ove sirovine doziraju preko sistema za doziranje ili uz ručnu odvagu;

Slika 86 - Šema tehnološkog postupka dvostepene proizvodnje kvasa kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba



U fermentoru se uz primenu mehaničke mešalice homogenizuje predferment uz istovremeno zadavanje parametara fermentacije na komandnoj tabli fermentora. Fermentacija predfermenta traje 4 h. Tokom fermentacije kontrolišu se temperatura i pH supstrata preko ugrađene merne tehnike fermentora. Takođe se vizuelno ili automatski vrši kontrola nastajanja pene i po potrebi vrši se doziranje jestivog ulja kao antipenušavca.

Po završetku fermentacije predfermenta u trajanju od 4 h pristupa se doziranju sirovina u fermentor II stepena:

- ◆ iz fermentora I stepena dozira se prvo količina predfermenta potrebna za dobijanje guste suspenzije brašna (70-80%), a ostatak predfermenta se dozira nakon dobijanja suspenzije brašna bez grudvica;
- ◆ brašno se dozira iz silosa za brašno preko usipnog koša uz dopremu ugrađenim transporterom preko automatske vage sa sitom;
- ◆ kvas od prethodnog ciklusa se nalazi u fermentoru ili se, u slučaju otpočinjanja dnevne proizvodnje, prebacuje pomoću pumpe iz rezervoara kvasa.

U fermentoru I stepena pristupa se pripremi prefermenta za potrebe sledećeg proizvodnog ciklusa, a u slučaju završetka dnevne proizvodnje pristupa se pranju fermentora.

U fermentoru II stepena se uz primenu mehaničke mešalice homogenizuje supstrat uz istovremeno zadavanje parametara fermentacije na komandnoj tabli fermentora.

Fermentacija supstrata pre njegove primene u daljoj proizvodnji traje 4 h. Tokom fermentacije kontrolišu se temperatura i pH supstrata preko ugrađene merne tehnike fermentora.

Količina od 2/3 zrelog kvasa se preko pumpe prebacuje u rezervoar kvasa, a preostala 1/3 količine u fermentoru II stepena se uz dodatak nove količine predfermenta iz I stepena i brašna koristi za pripremu supstrata za sledeći ciklus. U slučaju završetka dnevne proizvodnje kompletna količina kvasa se prebacuje u rezervoar kvasa i pristupa se pranju fermentora.

Kvas se u potrebnoj količini dozira u zames testa iz rezervoara kvasa. Rezervoar kvasa se pere nakon prebacivanja kvasa čuvanog za iniciranje proizvodnje narednog dana u fermentor II stepena.

6.4.2.2. Bilans sirovina

Za proizvodnju pretpostavljenih 10000 komada hleba, uobičajene mase 0,600 kg uz pretpostavljeni randman od 1,38 kg hleba/kg brašna, potrebna je količina brašna od:

$$10000 \text{ komada hleba} \cdot 0,600 \text{ kg} / 1,38 \text{ kg/kg brašna} \approx 4.350 \text{ kg brašna}$$

Dnevni, nedeljni, mesečni i godišnji bilans sirovina potrebnih za proizvodnju kvasa uz primenu optimalnog sirovinskog sastava za dvostepeni ciklično-šaržni postupak proizvodnje, utvrđenog u ovom radu i preciziranog pod tačkom 6.2.4. prikazan je u *tabeli 70*.

Tabela 70 - Bilans sirovina za proizvodnju kvasa uz primenu dvostepenog ciklično-šaržnog postupka za potrebe pekare kapaciteta 10000 kom hleba/dan

Sirovina	Udeo, % (na brašno za zames hlebnog testa)	Potrebna količina za proizvodnju, kg				
		za ciklus	dnevno	nedeljno	mesečno	godišnje
Voda	56.5	820	2460	17220	73800	861000
Brašno	30	435	1305	9135	3915	456750
Kvasac	0.8	11.6	34.8	243.6	1044	12180
Ulje	0.3	4.35	13.05	91.35	391.5	4567.5
Dodatne sirovine (sastav A)						
Sladni ekstrakt	2.2	32	96	672	2880	33600
Dodatne sirovine (sastav B)						
Pšenična klica	0.6	8.7	26.1	182.7	783	9135
Šećer	1.1	15.95	47.85	334.95	1435.5	16747.5

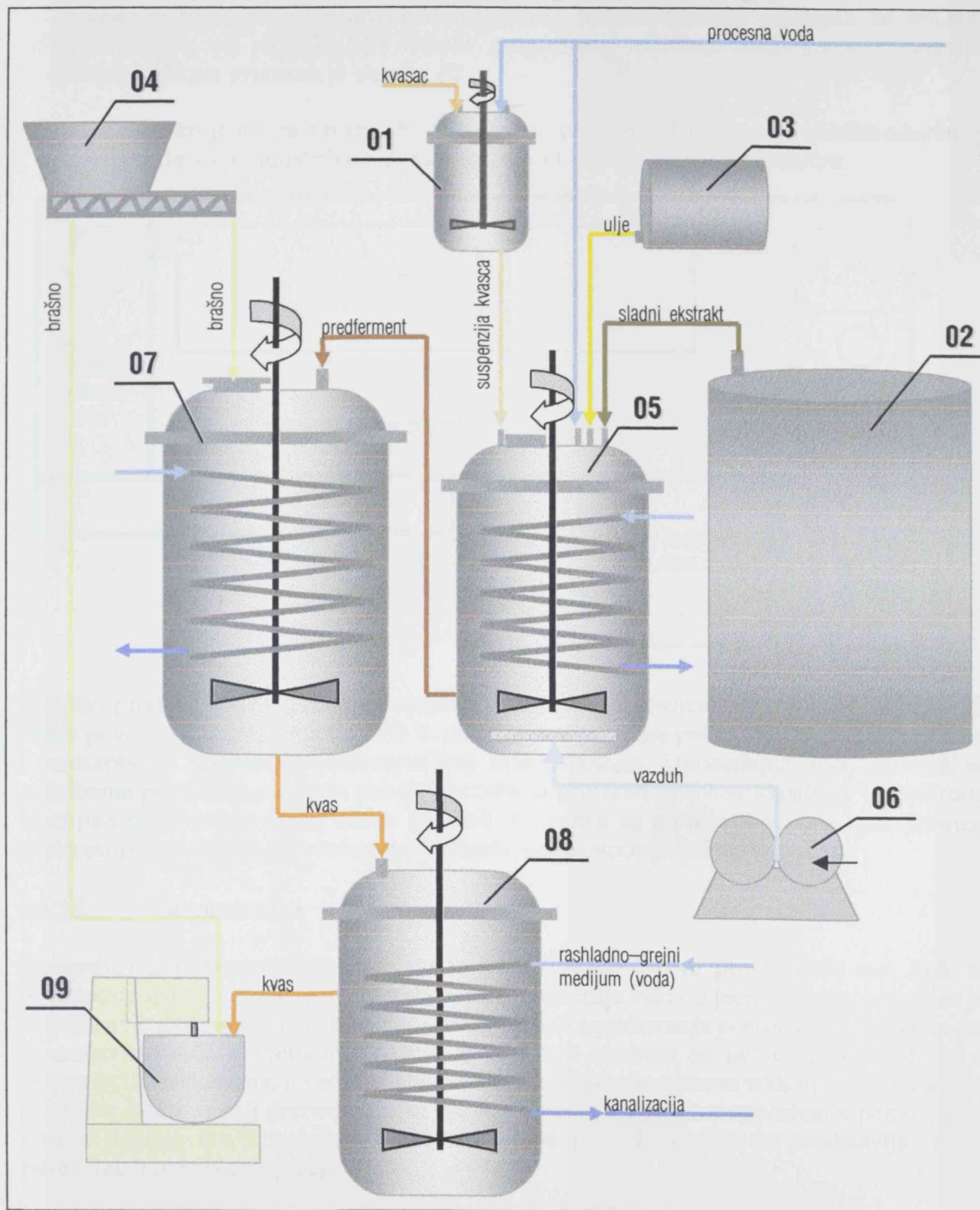
6.4.2.3. Oprema

Pregled jedinica opreme potrebnih sa realizaciju automatizovane proizvodnje kvasa kao predphase indirektnog postupka proizvodnje hleba po definisanom dvostepenom ciklično-šaržnom postupku pod kontrolisanim uslovima dat je u *tabeli 71*. Tabelom su obuhvaćene i najvažnije tehničke karakteristike jedinica opreme, kao i napomene o proračunima dimenzija i kapaciteta. Šema postrojenja za proizvodnju kvasa uz primenu definisanog dvostepenog ciklično šaržnog postupka data je na *slici 87*.

Tabela 71 - Specifikacija opreme postrojenja za dvostepenu ciklično-šaržnu proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima za potrebe pekare kapaciteta 10000 komada hleba/dan

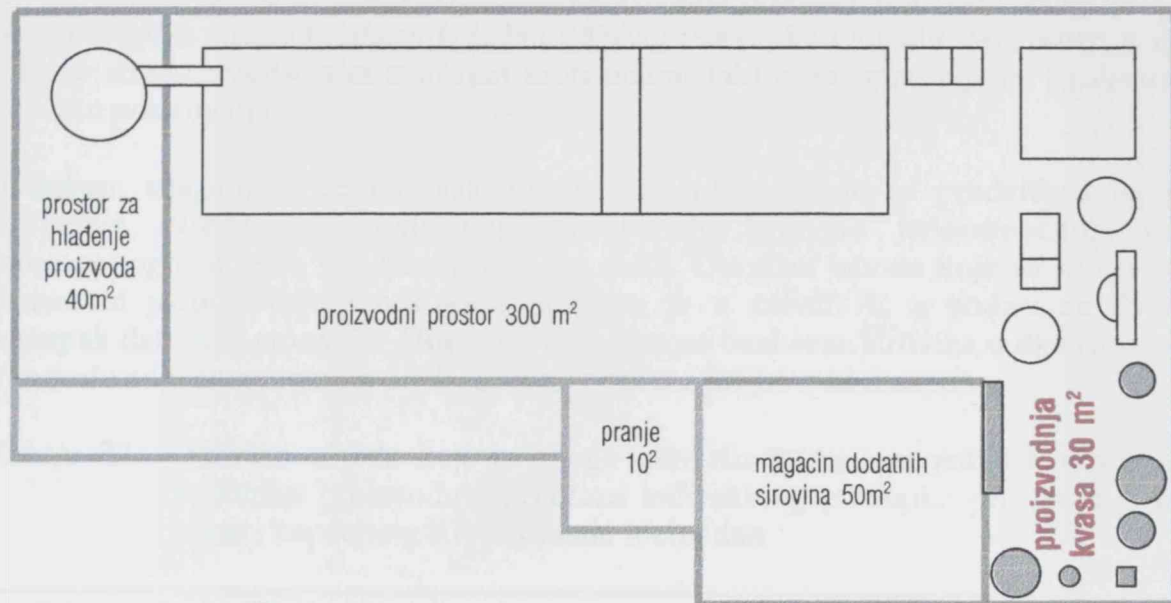
Pozicija	Naziv opreme	Tehničke karakteristike
01	Sud za suspenziju kvasca	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven armaturom za dovod procesne vode i mešalicom; zapremina suda za dnevnu proizvodnju u slučaju pripreme suspenzije kvasca u trostrukoj količini vode oko 200 l; prečnik suda cca. 0,55 m; visina cca. 0,85 m (odnos prečnika i visine 2:3)
02	Rezervoar sladnog ekstrakta	Cilindrični sud od sintetskog materijala sa ravnim dnom i dancem zapremine za podmirenje mesečne potrošnje sladnog ekstrakta oko 3000 l; prečnik suda cca 1,35 m; visina 2 m (odnos prečnika i visine 2:3)
03	Rezervoar jestivog ulja	Cilindrični sud od sintetskog materijala sa ravnim dnom i dancem zapremine za podmirenje nedeljene potrošnje ulja oko 100 l; prečnik suda cca 0,44 m; visina 0,66 m (odnos prečnika i visine 2:3)
04	Jednica za doziranje brašna	Postojeća oprema: bunker za brašno sa transporterom za dopremu bršana do automatske vage iznad mesilice Potrebna nova oprema: transporter i vaga za doziranje brašna u fermentor.
05	Fermentor I stepena sa mehaničkom mešalicom i sistemom za razmenu toplote	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem; snabdeven armaturom za dovod procesne vode, suspenzije kvasca, ulja i vazduha, sa otvorom za unos sipkavih komponenti; ugrađena mešalica i uređaj za razmenu toplote; zapremina suda za proizvodnju u toku jednog ciklusa cca. 1,5 m ³ ; prečnik suda cca. 1,1 m; visina cca. 1.65 m (odnos prečnika i visine 2:3)
06	Duvaljka vazduha	Centrifugalna duvaljka sa mogućnošću obezbeđenje 6 m ³ vazduha u minutu
07	Fermentor II stepena sa mehaničkom mešalicom i sistemom za razmenu toplote	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem; snabdeven armaturom za dovod procesne vode i supstrata iz fermentora I stepena, sa otvorom za unos brašna; ugrađena mešalica i uređaj za razmenu toplote; zapremina suda za proizvodnju u toku jednog ciklusa cca. 2,5 m ³ ; prečnik suda cca. 1,30 m; visina cca. 1.95 m (odnos prečnika i visine 2:3)
08	Rezervoar za kvas	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem; snabdeven armaturom za dovod procesne vode i supstrata iz fermentora II stepena, ugrađena mešalica i uređaj za razmenu toplote; zapremina suda za proizvodnju u toku jednog ciklusa (2/3 zapremine proizvedenog kvasa) cca. 1,5 m ³ ; prečnik suda cca. 1,10 m; visina cca. 1.65 m (odnos prečnika i visine 2:3)
09	Mesilica za testo	postojeća

Slika 87 - Šema postrojenja za proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima uz primenu dvostepenog ciklično-šaržnog postupka (pozicije tabela 71)



S obzirom na dimenzije opreme date u *tabeli 70*, postrojenje za proizvodnju kvasa pod kontrolisanim uslovima uz primenu dvostepenog ciklično-šaržnog postupka za smeštaj zahteva prostor od oko 30 m². Primer mogućnosti smeštaja postrojenja u pogonu industrijske pekare prikazan je na *slici 88*.

Slika 88 - Postrojenje za proizvodnju kvasa uz primenu dvostepenog ciklično-šaržnog postupka u industrijskoj pekari kapaciteta 10000 komada hleba/dan



Kao što prikazuje slika, prostor potreban za smeštaj postrojenja predstavlja oko 7,5 % radne površine pekare, a manje od 5 % od ukupnog prostora pekare sa magacinom brašna i garderobno - sanitarnim prostorom koji nisu prikazani. Upoređujući ovaj podatak sa potrebama povećanja prostora pekare potrebnog prilikom primene klasičnog indirektnog postupka proizvodnje hleba datim u *tabeli 3*, uočava se da se primenom koncipiranog postrojenja prevazilazi problem potrebe značajnog povećanja prostora pekare.

6.4.2.5. Radna snaga

Za opsluživanje postrojenja potreban je jedan radnik tokom proizvodnih sati, dok se postrojenje nalazi u radu. U slučaju da proizvodnja traje više od jedne smene, potrebno je angažovanje dva radnika, uz postojanje mogućnosti angažovanja postojeće radne snage uz preraspodelu radnog vremena i radnih zadataka. S obzirom na uobičajeni broj radnika u industrijskim pekarama, u većini slučajeva bi za pokrivanje poslova vođenja postrojenja za pripremu kvasa mogli preraspodelom biti angažovani radnici već zaposleni u pekari, a i u slučaju prijema novih radnika potreban broj od 1 do 2 radnika ne predstavlja veliko povećanje u pekari većeg kapaciteta.

6.5. Ekonomski aspekti primene postupka

Obezbeđenje ušteta u proizvodnji, zasnovanih prvenstveno na ostvarenju ušteta u kvascu, zacrtano je kao jedan od ciljeva istraživanja prikazanih u ovom radu. Mogućnost ušteta sa jedne strane predstavlja jedan od izvora za otplatu instaliranog postrojenja, dok, s druge strane, predstavlja značajan motivacioni faktor za opredeljenje proizvođača za nabavku postrojenja.

U daljem izlaganju biće dat uslovni obračun ušteta koje se predviđaju na osnovu ostvarenja ušteta u kvascu koje obezbeđuje primena jednostepenog, odnosno dvostepenog postupka razvijenog u ovom radu. Obračun ušteta koje se mogu ostvariti primenom jednostepenog postupka prikazan je u *tabeli 72*, a podaci za dvostepeni postupak dati su u *tabeli 73*. Obračun je izvršen na bazi cena sirovina u dinarima važećih u periodu august-septembar 1999. godine (odnos 1 DEM = 12 dinara).

Tabela 72 - Obračun ušteta koje se mogu ostvariti primenom jednostepenog šaržnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u pekari kapaciteta 3000 komada hleba/dan

Opis primene i udela sirovine	Dnevna potrošnja	Jedinična cena	Dnevni iznos
A – Obračun ušteta zbog smanjenja udela kvasca:			
A1 – Proizvodnja sa 3% kvasca po direktnom postupku	39 kg	12,00 din	468.00 din
A2 – Proizvodnja sa 1,5 % kvasca–jednostepni postupak	19.5 kg	12.00 din	234.00 din
A3 – Dnevna ušteta (A1–A2):			234.00 din
B – Obračun troškova za dodatne sirovine predviđene sirovinskom sastavom:			
B1 – Šećer za jednostepni postupak 1 %	13 kg	8.00 din	104.00 din
B2 – Šećer za direktni postupak 0,5 %	6.5 kg	8.00 din	52.00 din
B3 – Dnevno povećanje troškova za šećer (B1–B2):			52.00 din
C – Obračun ušteta:			
C1 – Ukupne dnevne uštete (A3–B3):			182.00 din
C2 – Ukupne mesečne uštete (C1 · 30 dana)			5.460,00 din
C3 – Ukupne godišnje uštete (C1 · 350 dana)			63.700,00 din
C4 – Uštete po jedinici proizvoda (C1/3000 komada)			0,06 din

Tabela 73 - Obračun ušteta koje se mogu ostvariti primenom dvostepenog ciklično-šaržnog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u pekari kapaciteta 10000 komada hleba/dan

Opis primene i udela sirovine	Dnevna potrošnja	Jedinična cena	Dnevni iznos	
A – Obračun ušteta zbog smanjenja udela kvasca:				
A1 – Proizvodnja sa 3% kvasca po direktnom postupku	130.5 kg	12,00 din	1.566,00 din	
A2 – Proizvodnja sa 0,8 % kvasca–dvostepni postupak	34.8 kg	12.00 din	417,60 din	
A3 – Dnevna ušteta (A1–A2):			1.148,40 din	
B – Obračun troškova za dodatne sirovine predviđene sirovinskom sastavom:				
Sastav I (sa sl. ekstraktom)	B1–Šećer za direktni postupak 0,5 %	21.75 kg	8.00 din	174,00 din
	B2–Sladni ekstrakt 2,2 %	95.7 kg	10,00 din	957,00 din
	B3–Dnevno povećanje troškova (B2–B1)			783,00 din
Sastav II (sa šećerom i pšeničnom klicom)	B4–Pšenična klica 0,6 %	26.1 kg	8.00 din	208,80 din
	B5–Šećer 1,1 %	43,5 kg	8,00 din	348,00 din
	B6–Dnevno povećanje troškova (B4+B5–B1)			382.80 din
C – Obračun ušteta:				
Sastav I (sa sladnim ekstraktom)	C1–Ukupne dnevne uštete (A3–B3):			365,40 din
	C2–Ukupne mesečne uštete (C1 · 30 dana)			10.962,00 din
	C3–Ukupne godišnje uštete (C1 · 350 dana)			127.890,00 din
	C4–Uštete po jedinici proizvoda (C1/10000 kom.)			0,04 din
Sastav II (sa šećerom i klicom)	C5–Ukupne dnevne uštete (A3–B3):			765,60 din
	C6–Ukupne mesečne uštete (C1 · 30 dana)			22.968,00 din
	C7–Ukupne godišnje uštete (C1 · 350 dana)			267.960,00 din
	C8–Uštete po jedinici proizvoda (C1/10000 kom.)			0,08 din

Prema prikazanim podacima najveće uštete, s obzirom na uslovno uzete cene sirovina, u apsolutnoj vrednosti ostvarile bi se primenom dvostepenog postupka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, uz primenu kombinacije pšenične klice i šećera kao sirovina u supstratu I stepena. S obzirom na cenu sladnog ekstrakta, uštete koje bi se mogle ostvariti primenom ove sirovine su manje.

Uštete koje bi se ostvarile po jedinici proizvoda najveće su takođe u slučaju primene dvostepenog postupka sa pšeničnom klicom i šećerom kao sirovinama, nešto su manje u

slučaju primene jednostepenog postupka, a s obzirom na cenu sladnog ekstrakta, najmanje su u slučaju primene dvostepenog postupka uz korišćenje ove sirovine.

Obračunati iznosi ušteta dalje se mogu koristiti za procenu pokazatelje ekonomske efikasnosti investicije kao što su:

- ◆ povećanje dobiti preduzeća;
- ◆ vreme otplate investicije;
- ◆ povećanje prihoda po zaposlenom radniku.

Proračun navedenih pokazatelja mora se obaviti na konkretnim primerima poznatih vrednosti investicije, poznate dobiti preduzeća i poznatog broja zaposlenih radnika za svaki konkretan slučaj posebno. Međutim, treba istaći da obračunati iznosi ušteta koje se mogu ostvariti tokom mesec dana, odnosno tokom godine već ukazuju na povoljne vrednosti navedenih pokazatelja ekonomske efikasnosti investiranja u postrojenja za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Prilikom procene ekonomskih efekata investicije ne treba zanemariti ni prateće efekte kojim bi rezultirala primena razvijenih postupaka kao što su:

- ◆ podizanje ukupnog kvaliteta hleba kao proizvoda;
- ◆ prilagođavanje kvaliteta hleba zahtevima potrošača;
- ◆ poboljšanje položaja proizvođača na tržištu u odnosu na konkurenciju;
- ◆ ostvarenje preduslova za podizanje obima proizvodnje;
- ◆ poboljšanje stabilnosti i obradivosti hlebnog testa u procesu proizvodnje hleba;
- ◆ podizanje nivoa higijene u pogonu;
- ◆ rasterećenje radne snage;
- ◆ mogućnost primene proizvedenih kvasova u proizvodnji specijalnih vrsta hleba i peciva kao finansijski isplativijih proizvoda.

Ovakav niz prednosti dodatno potvrđuje zaključke o ekonomskoj isplativosti primene razvijenih postupaka automatizovane proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba pod kontrolisanim uslovima.

ZAKLJUČCI

ZAKLJUČCI

Faint, illegible text covering the majority of the page, likely bleed-through from the reverse side or a very low-quality scan. The text is mostly centered and spans several paragraphs.

7. ZAKLJUČCI

Istraživanja i razmatranja obavljena u okviru ovog rada, izvršena u potpunosti uz korišćenje sirovinske baze dostupne na domaćem tržištu, obuhvatila su:

- a) ispitivanja uticaja variranja sirovinskog sastava podloge, procesnih parametara i tehnike fermentacije na kvalitet poluproizvoda dobijenih u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba;
- b) razmatranja dobijenih rezultata usmerena ka definisanju optimalnih postupaka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba;
- c) ocenu razvijenih postupaka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba sa aspekta toka fermentacionih procesa, tehnološkog i reološkog aspekta;
- d) razradu osnove za idejna rešenja postrojenja za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu razvijenih postupaka.

Dobijeni rezultati mogu se rezimirati u okviru sledećih zaključaka:

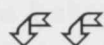


Variranje sastava podloge, procesnih parametara i tehnike fermentacije procesa proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba rezultira sledećim efektima:

- ↪ niži udeo brašna (20 do 25% u odnosu na brašno za zames hlebnog testa) u kvasu proizvedenom jednostepenim šaržnim postupkom uz primenu temperature 30°C i brzinu aeracije 0,25 vol/vol min rezultira manjim efektima u pogledu intenziviranja razvoja gasa u hlebnom testu. Viši udeli brašna (35 i 40%) rezultiraju potrebom dužeg trajanja fermentacije do postizanja optimalnih efekata na razvoj gasa u hlebnom testu i povećanjem napona smicanja fermentacionog medijuma pri različitim brzinama smicanja, što se ogleda i u značajnom povećanju koeficijenta konzistencije (K);
- ↪ šećer u sastavu kvasa sa 30 % brašna u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, proizvedenog na temperaturi 30°C i uz aeraciju fermentacionog medijuma brzinom 0,25 vol/vol min sa udelom od 0,5 do 1 % na brašno za zames hlebnog testa deluje povoljno na tok fermentativne aktivnosti proizvodne mikroflore i rezultira povećanjem razvoja gasa u hlebnom testu. Veći udeli šećera deluju delimično (2%) ili potpuno (3 i 4%) inhibitorno na aktivnost proizvodne mikroflore;
- ↪ primena sirovina u supstratu, koje su pored adekvatnog udela fermentabilnih jedinjenja, okarakterisane i povoljnim sadržajem izvora azota, minerala i vitamina usvojivih za proizvodnu mikrofloru, kao što su sladni ekstrakt i sirova pšenična

klica, rezultira značajnim povećanjem efekata primene proizvedenih predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba na razvoj gasa u hlebnom testu;

- ↪ mogućnosti podešavanja brzine aeracije fermentacionog medijuma koji kao jednu od sirovina sadrži brašno su ograničene na maksimalnu brzinu aeracije od 0,50 vol/vol min usled prekomernog nastajanja pene prilikom primene većih brzina aeracije;
- ↪ povećanje temperature fermentacionog medijuma preko 30°C u procesu proizvodnje kvasa uz primenu jednostepenog šaržnog postupka sa 30 % brašna u odnosu na brašno za zames hlebnog testa u sastavu kvasa, rezultira nestabilnim reološkim svojstvima fermentacionog medijuma tokom fermentacije i ubrzanim tokom procesa koji uzrokuje nestabilna tehnološka svojstva proizvoda. Niske temperature fermentacionog medijuma (20°C i niže) rezultiraju usporavanjem toka fermentacije, a ne dovode do efekata u pogledu tehnoloških svojstva dobijenih proizvoda.
- ↪ primena ciklično šaržne tehnike fermentacije, kod jednostepenog postupka sa brašnom kao jednom od sirovina u sastavu podloge i uz primenu aeracije, nije preporučljiva zbog velikog variranja reoloških svojstava, prekomernog nastajanja pene i povećanja zapremine fermentacionog medijuma;
- ↪ primenom jednostepenog šaržnog postupka sa mešanjem u toku 8 h fermentacije, bez obzira na primenjenu kombinaciju sirovinskog sastava i procesnih parametara ne postiže se značajnija aktivacija bakterija mlečne kiseline kao proizvodne mikroflore poreklom iz brašna, čak ni u slučaju potpunog izostanka aeracije;
- ↪ primena dvostepenog postupka kod kojeg su u prvom stepenu uslovi prilagođeni razmnožavanju kvasnih ćelija, a u drugom aktivaciji bakterija mlečne kiseline, rezultira mnogo značajnijim efektima na aktivaciju bakterija mlečne kiseline i povećanje kiselinskog stepena kvasa, kao i na razvoj gasa u hlebnom testu zamešenom sa dobijenim kvasovima;
- ↪ primena ciklično šaržne tehnike fermentacije proizvodnje kvasa u drugom stepenu dvostepenog procesa rezultira optimalnim efektima u pogledu aktivacije populacije bakterija mlečne kiseline iz brašna, kao i optimalnim efektima na razvoj gasa u hlebnom testu.



Optimalni rezultati u smislu ostvarenja ciljnih efekata proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, zacrtanih u ovom radu ostvaruju se u slučaju:

- ↪ jednostepenog postupka primenom šaržne fermentacije kvasa u čiji sastav je uključeno 30 % brašna, 1 % šećera, 1,5 % kvasca i celokupna količina vode računato na brašno za zames hlebnog testa, pri trajanju fermentacije 4 h na 25°C, uz primenu brzine aeracije od 0,080 vol/vol-min i brzine mešanja od 300 obrtaja/minutu;

- ↳ dvostepenog postupka primenom šaržne fermentacije predfermenta koji se sastoji od 0,8 % kvasca, 2,2 % sladnog ekstrakta i celokupne količine vode računato na brašno za zames hlebnog testa u I stepenu u toku 4 h, na temperaturi 30°C, uz brzinu aeracije 6 vol/vol·min i brzinu mešanja 300 o/min i ciklično-šaržne tehnike fermentacije kvasa, koji se sastoji od celokupne količine predfermenta iz I stepena i 30 % brašna računato na zames hlebnog testa, u II stepenu, pod anaerobnim uslovima, bez mešanja, na 25 °C uz trajanje fermentacije ciklusa 4 h i korišćenje 1/3 kvasa iz prethodnog ciklusa za pripremu supstrata u narednom ciklusu. Zamenom sladnog ekstrakta u suspratu I stepena kombinacijom od 0,6 % sirove pšenične klice i 1,1 % šećera računato na brašno za zames hlebnog testa ostvaruju se gotovo isti efekti.



Ocena razvijenih postupaka proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, sa aspekta toka fermentacionih procesa u korišćenim supstratima i efekata koji se ostvaruju u daljem procesu proizvodnje hleba i u kvalitetu hleba kao gotovog proizvoda, ukazuje da:

- ↳ razvijeni jednostepeni postupak karakteriše intenzivno odvijanje fermentativne aktivnosti kvasca, nedovoljna fermentativna aktivnost populacije bakterija mlečne kiseline poreklom iz brašna, povećanje zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu u odnosu na direktno mešeno testo za istim udelom kvasca u opsegu od 20 do 40 % u zavisnosti od trajanja fermentacije hlebnog testa, skraćenje trajanja završne fermentacije u odnosu na hlebno testo zamešeno sa istim udelom kvasca, produženje tolerancije završene fermentacije u odnosu na hlebno testo direktno zamešeno sa dvostruko većim udelom kvasca, postizanje zapremine i elastičnosti sredine hleba na nivou direktno mešenog hleba sa dvostruko većim udelom kvasca, ravnomernija struktura sredine, smanjenje krtosti sredine, poboljšanje održivosti svežine u toku 24 h nakon pečenja i blago poboljšanje aromatskih svojstava hleba u odnosu na direktno mešeni hleb;
- ↳ razvijeni dvostepeni postupak karakteriše intenzivna fermentativna aktivnost kvasca u I stepenu, prilagođavanje kvasca na brašno kao podlogu u II stepenu, odgovarajuća aktivacija populacije bakterija mlečne kiseline nakon II ciklusa II stepena, povećanje zapremine gasa koja razvije u hlebnom testu za blizu 200 % u odnosu na direktno mešeno testo sa istim udelom kvasca, veliko skraćenje trajanja završne fermentacije, povećanje otpora i elastičnosti testa u odnosu na direktno zamešeno testo sa istim udelom kvasca, veliko povećanje tolerancije završne fermentacije uz priližno isto vreme završne fermentacije u odnosu na direktno zamešeno testo sa preko tri i po puta većim udelom kvasca, ostvarenje nešto veće zapremine hleba u odnosu na direktno zamešeni hleb sa preko tri i po puta većim udelom kvasca, poboljšanje elastičnosti i smanjenje krtosti sredine, bolja izražnost svojstava arome i ukusa u odnosu na direktno mešen hleb, povećanje kiselinog stepena hleba do nivoa koji utiče na otpornost hleba prema napadu plesni,

poboljšana održivost svežine hleba u toku 48 h nakon pečenja, stabilnost procesa tokom višednevne proizvodnje uz primenu ciklično-šaržne tehnike fermentacije i stabilnost procesa u zavisnosti od kvaliteta brašna.

Kvasove dobijene kako jednostepenim, tako i dvostepenim postupkom proizvodnje, bez obzira na trajanje fermentacije, učešće kvasca, brašna i dodatnih sirovina u podlozi, primenjenu temperaturu fermentacije, brzinu aeracije i brzinu mešanja karakterišu reološka svojstva karakteristična za pseudoplastične fluide. Vrednosti indeksa toka (n), koje se u zavisnosti od kombinacije navedenih parametara kreću u opsegu od 0,15 do 0,76 potvrđuju ovaj zaključak.



Razvojem i primenom automatizovanih postrojenja za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u skladu sa postupcima definisanim u ovom radu postiglo bi se:

- ↳ prevazilaženje nedostataka indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu klasičnog načina proizvodnje, vezanih za potrebu značajnog povećanja prostora pogona i većeg angažovanja radne snage;
- ↳ ostvarenje uštede u kvascu od 50 % kod jednostepenog postupka do preko 70% kod dvostepenog postupka, što predstavlja osnovu pozitivne ocene ekonomske efikasnosti investiranja u primenu ovih postupaka u praksi.



Saznanja do kojih se došlo u ovom radu daju kvalitetnu bazu informacija neophodnu za:

- ↳ izradu mašinsko-tehnološke dokumentacije za razvoj postrojenja za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, od strane domaće mašinogradnje;
- ↳ pravilan izbor postojeće opreme za proizvodnju predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, koja se nudi od strane različitih proizvođača na svetskom tržištu.



Razvijeni dvostepni postupak proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba uspešno se može primeniti za aktivaciju pivskog kvasca u cilju obezbeđenja njegove primene u proizvodnji hleba, što je posebno značajno u slučaju kriznih situacija koje mogu uzrokovati nestašicu pekarskog kvasca.

LITERATURA

LITERATURA

1. [Faint text]
2. [Faint text]
3. [Faint text]
4. [Faint text]
5. [Faint text]
6. [Faint text]
7. [Faint text]
8. [Faint text]
9. [Faint text]
10. [Faint text]
11. [Faint text]
12. [Faint text]
13. [Faint text]
14. [Faint text]
15. [Faint text]

8. LITERATURA

1. Abd-el-Malek Y., El-Leithy M.A., Awad Y.N.: Microbiological studies on Egyptian Balady bread making. II. Microbial and chemical changes during dough fermentation, Chem. Mikrobiol. Technol. Labensmittel, 3 (1974) s. 148-153; prema *Spicher i Stephan, 1997*
2. Abo-Elnaga J.G., Kandler O.: Zur Taxonomie der Gattung *Lactobacillus Beijerinck*. I. Das Subgenus *Streptobacterium* Orla Jensen, Zbl.Bakt. II. Abt., 119 (1965) s. 1-36; prema *Spicher i Stephan, 1997*
3. Abo-Elnaga J.G., Kandler O.: Zur Taxonomie der Gattung *Lactobacillus Beijerinck*. I. Das Subgenus *Betabacterium* Orla Jensen, Zbl.Bakt. II. Abt., 119 (1965) s. 117-129; prema *Spicher i Stephan, 1997*
4. Alsch E.A.: Fine tuning conditions for dough processing, Cereal Foods World 29 (1984) 10, s. 652-655
5. Angermann A., Spicher G.: Pufferung und Teigsäuerung, Brot und Gebäck, 18 (1964) 8, s. 162-169
6. Апет, Т.К., Пашук З.Н.: Хлеб и булочные изделия, Попорри, Минск, 1997
7. Auerman L.J.: Tehnologija pekarske proizvodnje (prevod D.Beleslin), Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1988
8. Azar M., Ter-Sarkissian N., Ghavifek H., Ferguson T., Ghassemi H.: Microbiological aspects of Sangak bread, J.Food Science and Technology, 14 (1972) 6, s. 251-254; prema *Spicher i Stephan, 1997*
9. Barbić J., Bendeković D., Bendeković J., Brković D., Goručić D., Jančić T., Klepac J., Lang R., Matosović Lj., Nušinović M., Starc N., Šimunčić S., Teodorović I., Vojnić D.: Priručnik za planiranje investicijskih projekata, Privredna štampa, Beograd, 1981
10. Barber S., Baguena R., Martinez Anaya M.A., Torner M.J.: Microflora de la masa madre panaria. I. Identificación y propiedades funcionales de microorganismos de masas madres industriales, elaboradas con harina de trigo, Rev Agroquim. Technol. Alimentos, 23 (1983) 4, s. 552-562; prema *Spicher i Stephan, 1997*
11. Barber B., Ortola C.: Lagerung von verpacktem Brot II. Mitteilung: Einfluss der Zugabe von Sauerteig und der Hitzebehandlung auf die Beschaffenheit des Weizenbrotes, Getreide, Mehl und Brot 44 (1990) 8, s. 235-241
12. Barber B.C., Ortola C., Barber S., Fernandez F.: Storage of packed white bread; III Effects of sour dough and addition of acids on bread characteristics, Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung und Forschung 194 (1992) s. 442-449
13. Bayfield E.G., Lannier G.L., Young W.E.: The effect of acids, pH and oxidants upon brew fermentation on resulting bread, Baker's Digest, 36 (1962) 1, s. 34
14. Beleslin D., Bojat S.: Povećanje arome i održavanja svežine hleba u industrijskim uslovima pri direktnom postupku proizvodnje, Žito hleb 1 (1974) 3, s. 17-21
15. Beleslin D., Malić S., Bojat S., Vukobratović R.: Karakteristike industrijske pekarske proizvodnje i dalje mogućnosti unapređenja i razvoja, Žito hleb 2 (1975) 5, s. 19-24
16. Beleslin D.: Aktuelni tehnološki činioci u sadašnjoj fazi razvoja industrije za preradu brašna, Žito hleb 7 (1980) 3-4, s. 3-7
17. Bode J., Seibel W.: Säuerungen und Führungen - Begriffbestimmungen, Getreide, Mehl und Brot 36 (1982) 1, s. 11-12

18. Богатырева Т.Г., Поландова Р.Д.: Новое в производстве пшеничного хлеба на заквасках, ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, Москва, 1994
19. Bojat S., Beleslin D.: Mogućnosti poboljšanja arome hleba, *Žito hleb* 6 (1979) 6, s. 3-14
20. Bolduan P.: Einfluss der Gefiretrocknung auf die Überlebensraten von *Lactobacillus sanfrancisco* im Sauerteig, *Getreide, Mehl und Brot* 45 (1991) 11, s. 341-344
21. Botwick J.T.: Automatic liquid sponge production, *Baker's Digest*, 45 (1971) 1, s. 50
22. Boulet L.: Verwendung von Vorteigen mit Hefe oder Weizen-Sauerteigen bei der Herstellung von französischen Weizenbrotsorten, *Getreide, Mehl und Brot* 50 (1996) 2, s. 92-94
23. Borković J., Miljuš G., Gajić V.: Kvalitet kvasca kao značajan faktor u procesu prerade brašna, *Žito hleb* 7 (1980) 5-6, s. 42-45
24. Bowe J.S.: Mehanički razvoj fermentisanog testa pomoću "Stephanove" mesilice, *Žito hleb* 11 (1984) 2, s. 79-85
25. Božidarević D., Vlahović D.: Obeležja potrošnje brašna, hleba i drugih proizvoda pšenice u domaćinstva Jugoslavije, Monografija "Proizvodnja i prerada žita i brašna - domaći potencijali, svetski kvalitet", Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1996, s. 27-36
26. Boutroux L.: Le pain et la panification, *Ann. de Chimie et de Phys.*, (1892), 6, ser T 26, 1; prema *Spicher i Stephan, 1997*
27. Böcker G., Vogel R.F., Hammes W.P.: *Lactobacillus sanfrancisco* als stabiles Element in einem Reinzucht-Sauerteig-Präparat, *Getreide Mehl und Brot* 44 (1990) 9, s. 269-274
28. Böcker G., Stolz P., Hammes W.P.: Neue Erkenntnisse zum Ökosystem Sauerteig und zur Physiologie der sauerteigtypischen Stämme *Lactobacillus sanfrancisco* und *Lactobacillus pontis*, *Getreide, Mehl und Brot* 49 (1995) 6, s. 370-374
29. Brüggemann U, Meyser J.: Qualitätsbrot mit getrocknetem Natusauerteig, *Brot und Backwaren* 39 (1991) 3, s. 88-90
30. Brümmer J.M., Stephan H., Spicher G.: Backtechnische Wirkung von Weizenvor- und Weizensauerteigen, *Getreide, Mehl und Brot* 38 (1984) 7, s. 203-205
31. Brümmer J.M.: Neuere Entwicklungen in der Sauerteigführung und -anwendung, *Brot und Backwaren*, 33 (1985) 12, s. 298-301
32. Brümmer J.M., Stephan H.: Einsatz getrockneter Sauerteige und Sauerteigstarter von Fertigmehlen und Fertigmehlkonzentraten mit getrockneten Sauerteign zur Herstellung von Brot und Kleingebäck, *Getreide, Mehl und Brot* 40 (1986) 2, s. 51-58
33. Brümmer J.M., Huber H.: Begriffbestimmungen für Vorstufen (Sauerteige, Vorteige, Quellstufen) und Weizenteigführungen, *Getreide, Mehl und Brot* 41 (1987) 4, s. 110-112
34. Brümmer J.M.: Weizensauerteige 1. Mitt.: Einfluss der Weizenmehltype, der Teigtemperatur, der Teigausbeute, der Anstellgutmenge und der Reifzeit auf pH- und Säuregradwerte, *Brot und Backwaren* 35 (1987) 11, s. 302-305
35. Brümmer J.M.: Weizensauerteige 2. Mitt.: Einfluss von Zusätzen (Backhefe, Konservierungsstoffe und Weizenbrot) auf die Säuerung und Triebleistung, *Brot und Backwaren* 36 (1988) 11, s. 370-375
36. Brümmer J.M.: Weizensauerteige 3. Mitt.: Einfluss der Führungsbedingungen und von Zusätzen (Backhefe, Konservierungsstoffe und Weizenbrot) auf da Milch-Esigsäure Verhältnis und die Gasentwicklung, *Brot und Backwaren* 37 (1989) 3, s. 78-82; 4, s. 118-125
37. Brümmer J.M., Morgenstern G.: Weizensauerteige 4. Mitt.: Backtechnische und sensorische Einflüsse von Weizensauerteigen aus Typen- und Vollkornmehlen auf die Qualität von Brot und Kleingebäck, *Brot und Backwaren* 37 (1989) 6, s. 231-238

38. Brümmer J.M.: Bäckereitechnologische und analytische Studien an Weizensauerteigen aus Typenmehlen, *Getreide, Mehl und Brot* 43 (1989) 1, s. 19-21
39. Brümmer J.M.: Weizensauerteige 5. Mitt.: Systematische Säuerungsversuche mit Weizenvollkornmehlen, *Brot und Backwaren* 38 (1990) 4, s. 116-121
40. Brümmer J.M., Neumann H., Morgenstern G.: Erfahrungen mit Langzeit-Roggensauerteigen (ohne Brotzusatz), *Brot und Backwaren* 38 (1990) 6, s. 194-199
41. Brümmer J.M.: Tehnološka i analitička ispitivanja pšeničnog kiselog testa od tipskih brašna, *Žito hleb* 18 (1991) 1-2, s. 37-40
42. Brümmer J.M., Lorenz K.: European developments in wheat sourdoughs, *Cereal Foods World*, 36 (1991) 3, s. 310-314
43. Brümmer J.M.: Modern equipment for sourdough production, *Cereal Food World* 36 (1991) 3, s. 305-308
44. Brümmer J.M.: Brotlockerung durch Sauerteig. 1. Mitt.: Grundlagen der Gas- und Säurebildung Versuchsdurchführung, *Getreide, Mehl und Brot* 49 (1995) 2, s. 90-92
45. Brümmer J.M.: Sauerteigführungen für Backwarenherstellung, *Getreide, Mehl und Brot* 50 (1996) 1, s. 29-37
46. Brümmer J.M., Unbehend G.: Einflussfaktoren auf Weizenforteige und deren Auswirkungen auf die Brotqualität, *Getreide, Mehl und Brot* 51 (1997) 6, s. 345-349
47. Charboneau T., Gonzales R., Gorton L.: Liquid ferment system feeds double bun line at central plant bakery, *Baking Industry* 145 (1978) 1772, s. 24-26
48. Chamberlain N.: The Chorleywood bread process: international prospects, *Cereal Foods World*, 29 (1984) 10, s. 656-658
49. Chester T.: Excel 5 za Windows, Mikroknjiga, Beograd, 1994
50. Cole E.W., Hale W.S., Pence J.W.: *Cereal Chemistry* 39 (1962) s. 114
51. Cole E.W., Helmke V., Pence J.W.: Alpha-keto acids in bread pre-ferments, *Cereal Chemistry* 43 (1966) s. 357
52. Dickmann H., Seifert M.: Sichere Langzeitsauerteigführung durch gezielten Einsatz von gefriergetrockneten Startekulturen, *Getreide, Mehl und Brot* 46 (1992) 3, s. 76-78
53. *Dictionary of Cereal Science and Technology*, ICC, Austria, 1998
54. Doerry, W.T.A.: Proizvodnja hleba u Sjedinjenim Američkim Državama, *Žito hleb* 8 (1981)6, s. 25-29
55. Doma N. El-S.M., Spicher G., Ahrens E.: Mikrobiologische und biochemische Untersuchungen zur Optimierung des Herstellungsverfahrens des Balady-Brottes 1. Mitt.: Das Balady-Brot; seine Geschichte, Herstellung und Bedeutung im Leben der Bevölkerung Ägyptens, *Getreide, Mehl und Brot*, 45 (1991) 2, s. 39-45
56. Doma M., Spicher G.: Mikrobiologische und biochemische Untersuchungen zur Optimierung des Herstellungsverfahrens des Balady-Brottes 3. Mitteilung: Dre Einfluss verschiedener Varianten des Sultani-Starters auf die Qualität des Balady-Brottes, *Getreide, Mehl und Brot* 46 (1992) 8, s. 244-250
57. Doose O.: *Rustikale Sauerteigbrote*, Hugo Mattheas GmbH&Co., Stuttgart, 1985
58. Dozet J.: Racionalizacija metode za ocenu pecivosti sorti pšenice, Magistarska teza pod mentorstvom dr G. Kaluđerski, Tehnološki fakultet, Novi Sad, maj 1991
59. Dozet J., Psodorov Đ.: Mogućnosti uštede kvasca u pekarskom pogonu, Elaborat za potrebe pekare DD "Kikinda" u Kikindi, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1993
60. Dozet J., Popov S., Pestorić M.: Optimization of liquid sour dough production, Abstracts 9th World Congress of food science and technology, Budapest, 1995

61. Dozet J., Popov S., Popov Raljić J., Pestorić M.: Rheology of liquid sour dough production, Abstracts 9th World Congress of food science and technology, Budapest, 1995
62. Dozet J., Vukobratović R., Psodorov Đ., Matković K., Grubor M., Gnip M., Pestorić M.: Prognoza kvaliteta merkantilne pšenice žetve 1996. godine, informacija za potrebe Republičke direkcije za robne rezerve, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1996
63. Dozet J., Psodorov Đ., Vukobratović R., Matković K., Pestorić M.: Tehnološki potencijal i izvozni kvalitet domaće pšenice u višegodišnjem periodu, Monografija "Proizvodnja i prerada žita i brašna - domaći potencijali, svetski kvalitet", Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1996, s. 67-76
64. Dozet J., Popov S., Vukobratović R., Pestorić M., Bokan J.: Application of wheat germ as raw material for fluid sour dough production, Abstracts 10th International cereal and bread congress, Porto Caras, 1996
65. Dozet J., Psodorov Đ., Vukobratović R., Grubor M., Matković K., Pojić M., Gajić O.: Prognoza kvaliteta merkantilne pšenice žetve 1997. godine, informacija za potrebe Republičke direkcije za robne rezerve, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1997
66. Dozet J., Popov S., Popov Raljić J., Pestorić M., Jevtić R., Dodić S.: Automatizacija indirektnog postupka proizvodnje hleba primenom savremenih biotehnoloških postupaka, Zbornik radova III Jugoslovenski simpozijum prehrambene tehnologije, Beograd, 1998
67. Drews E.: Grundlagen der Roggenbackfähigkeit, Mühle und Mischfüttertechnik, 107 (1970) 6, s. 74-76; 87-88
68. Drews E.: Studien über die Wirkung von Säure und Salz bei Herstellung von Roggenbrot, Brot und Gebäck, 24 (1970) 8, s. 141-145
69. Đaković Lj.: Reološko ponašanje koncentrovanih sistema, Beogradski izdavačko-grafički zavod, Beograd, 1971
70. Đaković Lj.: Koloidna hemija, Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1985
71. Đaković Lj.: Pšenično brašno, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1997
72. Elgep, Mađarska, izlaganje stručnjaka na Savetovanju "Žito hleb'80": Linije za kontinualni zames testa, informacija za pekarsku industriju, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1980
73. Euverard M.R.: Liquid ferment systems for conventional dough processing, Baker's Digest, 41 (1967) 5, s. 124
74. Filipović N., Kaluđerski G., Babić D.: Aktivnost komercijalnih vrsta pekarskog kvasca u kvasnom testu, Žito hleb 21 (1994) 6, s. 167-172
75. Foramitti A.: Kontinuierliche und Mechanisierte Herstellung von Sauerteig, Getreide, Mehl und Brot, 36 (1982) 2, s. 47-50
76. Forchino R., Terraneo R., Mora D., Galli A.: Microbial characterisation of sourdoughs for sweet baked products, Italian Journal of Food Science, 11 (1999)1, s. 19-28
77. Fretzdorf B.: Phytinsäure in Getreidenährmitteln; Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Reduktion, Getreide, Mehl und Brot, 46 (1992) 6, s. 180-185
78. Gaćeša S., Dozet J., Popov S., Glavardanov R.: Proizvodnja kvasca u pekari na brašnu kao podlozi, Zbornik izvoda Savetovanje "Žito hleb '98", Novi Sad, april 1998
79. Galal A.M., Varriano-Martson E., Johnson J.A.: Rheological dough properties as affected by organic acids and salt, Cereal Chemistry, 55 (1978) s. 683
80. Galli A., Ottogalli G.: Aspetti della microflora degli impasti panettoni, Annali di Microbiologia e Enzimologia, 23 (1973), 1-3, s. 39-49; prema *Spicher i Stephan, 1997*
81. Galli A., Franzetti L., Fortina M.G.: Isolation and identification of sour dough microflora, Mikrobiologia-Aliments-Nutrition, 6 (1988) 6, s. 345-351

82. Gänzle M.G., Häusle S., Hammes W.P.: Wechselwirkungen zwischen Laktobazillen und Hefen des Sauerteiges, Getreide, Mehl und Brot 51 (1997) 4, s. 209-215
83. Gobetti M., Smacchi E., Fox P., Stepaniak L., Corsetti A.: Die Mikroflora des Sauerteiges: Zelluläre Lokalisation und Charakterisierung proteolytischer Enzyme in Milchsäurebakterien, Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 29 (1996) 5-6, s. 561-569
84. Hadživuković S.: Statistički metodi, Radnički univerzitet "Radivoj Ćirpanov", Novi Sad, 1973
85. Hadživuković S.: Planiranje eksperimenata, Privredni pregled, Beograd, 1977
86. Hamad S.H., Böcker G., Vogel R.F., Hammes W.P.: Microbiological and chemical analysis of fermented sorghum dough for Kishra production, Applied Microbiology and Biotechnology (1992)
87. Hansen A., Lund B., Lewis J.M.: Flavour production and acidification of sour doughs in relation to starter culture and fermentation temperature, Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 22 (1989) s. 145-149
88. Hareland G.A., Pühr D.P.: Baking performances of durum and soft wheat flour in a sponge-dough breadmaking procedure, Cereal Chemistry 75 (1998) 6, s. 830-835
89. Häring M., Fischbach A., Hävecker E., Mielke K.: Kontinuierliche Sauerteigführung im praktischen Backbetrieb, Getreide, Mehl und Brot 49 (1995) 5, s. 291-296
90. Hasterlik A.: Die Technologie des Botes und die Tiebmittel im Bäckereigewerbe, F. Enke, Stuttgart, 1927
91. Heinz L., Klaushofer H.: Studien über die Flora des Sauerteiges, Mitteilungen d. Vers.-Anst. f.d. Gärungsgewerbe in Wien, Nr. 9/10 (1952) s. 1-7, prema *Spicher i Stephan, 1997*
92. Hennenberg W.: Gärungsbakteriologisches Praktikum, Betriebsuntersuchungen und Pilzkunde, Verlag Paul Parey, Berlin, 1909; prema *Spicher i Stephan, 1997*
93. Hickenbottom J.W.: Processing, types, and uses of barley malt extracts and syrups, Cereal Foods World, 41 (1996) 10, s. 788-790
94. Hlavaček F.: Brauereihefen, Veb Fachbuchverlag, Leipzig, 1961
95. Hough J.S.: The biotechnology of malting and brewing, Cambridge University Press, Cambridge, 1985
96. Huber H.: Backfähigkeit von Roggenmehl unter Einfluss von Säure und Salz, Brot und Gebäck, 15 (1961) 5, s. 88-95
97. Huber H.: Weitere Untersuchungen über die Backfähigkeit von Roggenmehl, Brot und Gebäck, 17 (1963) 3, s. 88-95
98. Huber H.: Die Kochsalzwirkung bei der Verarbeitung von Weizen- und Roggenmehl, Brot und Gebäck, 18 (1964) 2, s. 41-44
99. Huber H.: Enzymatische Amylolyse Roggenmehlsuspensionen, Brot und Gebäck, 21 (1967) 3, s. 48-53
100. Hunter I.R., Pence J.W.: Volatile organic acids in preferments for bread, Journal of Food Science, 26 (1961) s. 578-580
101. Jäckl H.: Land- oder Bauernbrot mit Teigsäuerungsmittel. II. Nachweis einiger Teigsäuerungsmittel, Dtsch. Labensm.-Rundsch., 74 (1978) 3, s. 64-68; prema *Spicher i Stephan, 1997*
102. Jačnić N., Beleslin D.: Primena SUR penetrometra PNR 6 za ocenjivanje fizičkog kvaliteta sredine hleba i peciva, Žito hleb, 6 (1979) 2, s. 21-30
103. JUS E.M8.020, 1958, Određivanje aktivnosti pekarskog kvasca

104. Kaluđerski G., Šarić M., Gavrilović M.: Značaj, stanje i perspektive industrije za preradu brašna u Jugoslaviji, *Žito hleb* 16 (1989) 1-2, s. 7-12
105. Kaluđerski G., Filipović N.: Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1998
106. Kandler O., Stetter K.: Der Beitrag neuerer biochemischer Merkmale für die Systematik der Lactobacillen., Ber. 3. Symposium Technische Mikrobiologie, Berlin, 1973, s. 501-506; prema *Spicher i Stephan, 1997*
107. Kazanskaya L.N., Afanasyeva O.V., Patt V.A.: Microflora of the rye sours and some specific features of its accumulation in bread baking plants in USSR, Proc. In: Progress in cereal chemistry and technology Developments in Food Science BIOHEMIJSK, Eds. Holas J. and Kratochvill (1983) s. 759-765, Amsterdam, Elsevier Science Publishers; prema *Spicher i Stephan, 1997*
108. Kline, L.R., Sugihara, T.F., McCready L.B.: Nature of sanfrancisco sour dough french bread process, I. Mechanisms of the process, *Baker's Digest*, 44 (1970) 2, s. 48-50
109. Kline L.R., Sugihara T.F.: Microorganisms of the sanfrancisco sour dough bread process II. Isolation and characterization of undescribed bacterial species responsible for the souring activity, *Applied Microbiology*, 21 (1971) 3, s. 459-465
110. Kirschner M., Köhler K.: Bestimmung des Temperatur- und pH-Optimums der die Stärke verflüssigenden Komponenten des Diastasekomplexes mit einer viskosimetrische Methode, *Brot und Gebäck*, 9 (1955) 5, s. 85-87
111. Knudsen S.: Über die Milchsäurebakterien des Sauerteiges und ihre Bedeutung für Sauerteiggärung, Den. Kgl. Veterinaer-og Landbohskoles Arsskift, 1924; prema *Spicher i Stephan, 1997*
112. Kovačević M., Mešak K., Rudan M.: Mogućnosti poboljšanja ukusa i arome hljeba proizvedenog intenzivnim zamjesom, *Žito hleb* 12 (1985) 1, s.3-9
113. Kovačević M.: Savremeno pekarstvo, Cvetnik, Novi Sad, 1991
114. Kovačević M.: Pekarstvo i poslastičarstvo, Progres, Novi Sad, 1997
115. Kratochvil J., Holas J.: Untersuchungen über proteolitische Vorgänge in Roggensauerteig, Getreide, Mehl und Brot, 38 (1984) 11, s. 330-332
116. Kulp K., Chung H., Martinez-Anaya M.A., Doerry W.: Fermentation of water ferments and bread quality, *Cereal Chemistry*, 62 (1985) s. 55
117. Kulp K., Doerry W.: Fermentation of liquid ferments in production of white pan bread, *Cereal Foods World*, 30 (1985) s. 528
118. Kulp K.: Uticaj tečnog kvasa na kvalitetne karakteristike pšeničnog kalupskog hleba, *Žito hleb* 13 (1986) 2-3, s. 57-64
119. Kuzminsky R., Polandova R., Petrash I.: Perspektive razvoja asortimana pekarskih proizvoda u SSSR-u, *Žito hleb* 17 (1990) 3, s. 67-69
120. Larsson M., Sandberg A.S.: Phytate reduction in bread containing oat flour, oat bran or rye bran, *Journal of Cereal Science*, 14 (1991) 2, s. 141-149
121. Lammerz J.: Der Einfluss der Teigführung auf die Zustandform der Roggenmehlprodukte, *Brot und Gebäck*, 7 (1953) 6, s. 94-97
122. Levenspiel O.: Osnovi teorije i projektovanja hemijskih reaktora, ICS i TMF, Beograd, 1979
123. Lonkhuisen H.J., Genderen A.W.: Veränderungen des Phytinsäuregehaltes in mit Hefe oder Sauerteighergestellten Weizenvollkornbrotten (konventionell und alternativ), *Getreide, Mehl und Brot* 38 (1984) 12, s. 372-375
124. Lönner C., Welander T., Molin N., Dostalek M., Blickstad E.: The microflora in a sour dough started spontaneously on typical Swedish rye meal, *Food Microbiology*, 3 (1986) 1, s. 3-12

125. Lönner C., Preve-Akesson K.: Acidification properties of lactic acid bacteria in rye sour dough, *Food Microbiology* 6 (1989) s. 43-58
126. Lund B., Hansen A., Lewis J.: The influence of dough yield on acidification and production of volatiles in sour doughs, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 22 (1989) s. 150-153
127. Marić V., Novak S., Horvat P.: Biokemijsko inženjerstvo, Prehrambeno biotehnološki fakultet, Zagreb, 1987
128. Markova J., Honischova E., Hampl J.: Aromasoffe des brotes und der Zwischenprodukte seiner Erzeugung, *Brot und Gebäck*, 24 (1979) 9, s. 166-175
129. Martinez Anaya M.A., Chung H., Kulp K.: Biochemistry and rheology of liquid ferments, *Cereal Foods World* 29 (1984) 9, s. 510
130. Masi P., Cavella S., Sepe M.: Characterization of dynamic viscoelastic behaviour of wheat flour doughs at different moisture contents, *Cereal Chemistry* 75 (1998) 4, s. 428-432
131. Mastilović J., Popov S., Popov Raljić J., Pestorić M., Psodorov Đ.: Optimization of fluid sour dough production procedure for Yugoslav baking industry conditions, Abstracts 3rd International Symposium Interdisciplinary Regional Research, Novi Sad, 1998
132. Mastilović J., Psodorov Đ., Vukobratović R., Grubor M., Matković K., Pojić M., Šimurina O., Pestorić M., Gnip M.: Prognoza kvaliteta merkantilne pšenice žetve 1998. godine, Informacija za potrebe Republičke direkcije za robne rezerve, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1998
133. Mastilović J., Psodorov Đ.: Uputstvo za proizvodnju hleba po indirektnom postupku, Interna publikacija za potrebe jugoslovenskih pekara, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1999
134. Mastilović J., Psodorov Đ., Šarić M., Matković K., Grubor M., Pojić M., Šimurina O., Pestorić M.: Prognoza kvaliteta merkantilne pšenice žetve 1999. godine, Informacija za potrebe Republičke direkcije za robne rezerve, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1999
135. Matković K., Dozet J., Grubor M., Psodorov Đ., Pojić M.: Prometni kvalitet merkantilne pšenice žetve 1997. godine, *Žito hleb* 24 (1997) 5, s. 161-171
136. Meuser F.: Vergleichende Betrachtung über Sauerteigführungen aus industrieller und handwerklicher Sicht, *Getreide, Mehl und Brot* 37 (1983) 4, s. 120-126
137. Meuser F., Suckow P., Fischer G.: Einfluss der Fermentation auf Zusätze von Brot zu Isernhäger Sauerteigen, *Getreide, Mehl und Brot* 41 (1987) 4, s. 112-116
138. Meuser F., Zense T., Vollmar A., Weckbecker P., Faber C.: Bau und Einsatz eines neuartigen Fermentationssystems zur Herstellung verschiedener Sauerteige mit variabler Abnahmemenge, *Getreide, Mehl und Brot* 45 (1991) 10, s. 297-302
139. Menden E., Cremer H.D.: Untersuchungen über die Bekömmlichkeit von Sauerteigbrotten, *Brot und Gebäck*, 9 (1955) 3, s. 34-41
140. Miller K.A., Hosney R.C.: Effects of oxidation on the dynamic rheological properties of wheat flour water dough, *Cereal Chemistry*, 76 (1999) 1, s. 100-104
141. Monarov E., Vukobratović R., Grubor M.: Žito i proizvodi od žita u ishrani ljudi, Monografija "Proizvodnja i prerada žita i brašna - domaći potencijali, svetski kvalitet", Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1996, s. 19-26
142. Monarov E., Mihajlović B., Stanojević S., Ljekar V.: Potrebe harmonizacije nacionalnih propisa sa međunarodnim standardima u cilju utvrđivanja zdravstvene ispravnosti žita i njihovih proizvoda, *Žito hleb* 24 (1997) 1-2, s. 36-40
143. Monckton H.A.: A history of english ale and beer, The Bodley Head, London, Sydney, Toronto, 1966
144. Nout M.J.R., Creamers Molenaar T.: Microbiological properties of some wheat meal sour dough starters, *Chem. Microbiol. Technol.* 10 (1987) s. 162-167; prema *Spicher i Stephan, 1997*

145. Olms, F.: Mechanisierung und Steuerung der Sauerteigbereitung: Isernhäger Sauerteiführung, Getreide, Mehl und Brot 36 (1982) s. 46-47
146. Olms F.: Einfluss der Zugabe von Brot auf die Sauerteiggärung, Getreide, Mehl und Brot 42 (1988) 7, s. 207-208
147. Opuszynska H., Kowalczuk M.: Einfluss der Konsistenz auf die Dynamik der Entwicklung der Mikroflora in Roggenteigen und auf die Qualität des Gebäckes, Brot und Gebäck, 21 (1967) 1, s. 7-13
148. Pagenstedt B.: Mechanisierung von Weizenmehl-Vorteig-Stufen, Getreide, Mehl und Brot 37 (1983) 5, s. 147-153
149. Panzer W.: Die Zählung der Bakterien und Hefen in Teig und Brot mit der Zählkammer nach Thoma, Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 91 (1950) 2, s. 93-100
150. Pejin D.: Tehnologija pekarskog kvasca, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1989
151. Pejin D., Kaluđerski G., Razmovski R., Filipović N.: Uticaj kvaliteta brašna na fermentativne osobine pekarskog kvasca - *Saccharomyces cerevisiae*, Žito hleb 18 (1991) 4, s. 105-109
152. Pelschenke P.F., Weimershaus E., Svenson J.: Mikrobiologische Sauerteigstudien, Vorratspflege und Lebensmittel Forschung, II (1939) s. 591-603, prema *Spicher i Stephan, 1997*
153. Peters: Die Organismen des Sauerteiges und ihre Bedeutung für die Brotgärung, Bot. Ztg. 47 (1889) s. 25, 26, 27; prema *Spicher i Stephan, 1997*
154. Pokorny K.O.: Mikroflora Zitnych Kvasu, Prumysl potravin, 6 (1955) s.177-179; prema *Spicher i Stephan, 1997*
155. Поландова Р.Д., Богатырева Т.Г., Калинина В.И., Быцтрова А.И., Смирнова И.С.: Методическое руководство по производству жидких дрожжей, ВНИИХП, Москва 1988
156. Polandova R., Erkinbaeva R., Bogatireva T.: Novi pravci razvoja intenzivnih tehnologija proizvodnje hleba, Žito hleb 21 (1994) 1-2, s. 15-18
157. Pollock J.R.A.: Brewing Science, Academic Press, London, New York, Toronto, Sidney, San Francisco, 1981
158. Pomeranz Y., Meyer D., Seibel W.: Wheat, wheat-rye and rye dough and bread studied by scanning electron microscopy, Cereal Chemistry, 61 (1984) s.53
159. Popov S., Dozet J., Popov Raljić J., Pestorić M., Bokan J.: Optimizacija proizvodnje tečnih kvasova u kontrolisanim uslovima, Monografija "Proizvodnja i prerada žita i brašna - domaći potencijali, svetski kvalitet", Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1996, s. 219-230
160. Popov S., Dodić S., Dozet J., Gaćeša S., Pestorić M.: Pivski kvasac - sirovina za pekarstvo, Zbornik izvoda, Savetovanje "Žito hleb'98", Novi Sad, april 1998
161. Popov S.: Osnovi biohemijskog inženjerstva, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1998
162. Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, Sl.list SFRJ broj 74, 1988
163. Pravilnik o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, Službeni list SRJ broj 52, 1995
164. Pyler E.J.: Baking - Science & Technology, Siebel Publishing Company, Chicago, Ill, 1973
165. Rachline, M: The spirit of bread - from oven to the table, Editions Atlas, 1994
166. Rečnik srpsko hrvatskoga književnog jezika, Matica srpska, Novi Sad, 1967
167. Reinkemeier M., Röcken W.: Einsatz definierter Starterkulturen zur Herstellung von Weizensauerteigbrotten.-1. Mitt.: Schnellmethode zur Isolierung von Plasmiden aus Starterkulturen der Gattung *Lactobacillus*, Getreide, Mehl und Brot, 49 (1995) 2, s. 93-98

168. Rorlich M., Timm E.: Untersuchungen an Sauerteighefen, Jahresbericht der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung 1952/53, Berlin, s. 24; prema *Spicher i Stephan, 1997*
169. Rorlich M., Stegemann: Über Vermehrung der Sauerteigorganismen und die Säurebildung im Verlauf der Teiggärung bei diskontinuierlicher Führung, Brot und Gebäck, 12 (1958) 3, s. 41-56
170. Rorlich M., Essner W.: Untersuchungen über das Pufferungsvermögen der Roggenmehle, Mühle, 97 (1960) 19, 250-252
171. Rorlich, M: Der Sauerteig - historisch betrachtet, Brotindustrie, 1 (1976),1, s. 9-14
172. Roswitha S.: Schnellmethode zur Keimzahlbestimmung von Sauerteig, Getreide, Mehl und Brot 50 (1996) 4, s. 209-211
173. Rothe M.: Aroma von Brot (prevod na ruski), Пищевая промышленность, Москва, 1978
174. Rotsch A.: Über die Bedeutung der Stärke für die Krumenbildung, Brot und Gebäck, 20 (1953) 8, s. 121-125
175. Röcken W., Rick M., Mack H., Brümmer M.J.: Versuche zur Kompensierung der Essigsäureverluste beim Trocknen von Sauerteig, Getreide, Mehl und Brot 46 (1992) 5, s. 139-145
176. Röcken W., Spicher G.: Fadenziehende Bakterien - Vorkommen, Bedeutung, Gegenmassnahmen, Getreide, Mehl und Brot, 47 (1993) 3, s. 30-35
177. Röcken W., Mack H., Stiegelmeier B.: Beeinflussung der Essigsäurebildung in Sauerteig, Getreide, Mehl und Brot 50 (1996) 6, s. 363-367
178. Röcken W.: Applied aspects of sourdough fermentation, Advances in Food Science 18 (1996) 5-6, s. 212-216
179. Rudin P.M., Cambrosio N.: Sauerteig zur Herstellung traditioneller italienischer Feingebäcke, Getreide, Mehl und Brot 50 (1996) 4, s. 223-224
180. Salovaara H., Studien über den Ersatz von Kochsalz durch andere Salze bei der Brotherstellung 2. Teil: Einfluss auf das Gasbildungsvermögen im Weizenteig und im gesäuerten Roggenteig, Getreide, Mehl und Brot, 37 (1983) 8, s. 240-243
181. Salovaara H., Katunpaa H.: An approach to the classification of lactobacilli isolated from Finnish sour rye dough ferments, Acta Alimentaria Polonica, 10 (1984) 3/4, s. 231-239; prema *Spicher i Stephan, 1997*
182. Salovaara H., Spicher G.: Anwendung von Weizensauerteigen zur Verbesserung der Qualität des Weizenbrotes, Getreide, Mehl und Brot 41 (1987) 4, s. 116-118
183. Schieberle P, Grosch W.: Identification of the volatile flavour compounds of wheat bread crust - comparison with rye bread crust, Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 180 (1985) s. 474-479
184. Schulz A.: Die Identifizierung der sauerteigschädlichen Bakterien, Mehl und Brot, 41 (1941) 15, s. 189-190; 16, s. 201-202; prema *Spicher i Stephan, 1997*
185. Schulz A.: Untersuchungen über die Hefeflora des Sauerteiges, Zeitschrift Getreidewesens. 31 (1944), 7/9, s. 51-55; prema *Spicher i Stephan, 1997*
186. Schulz A.: Untersuchungen über den Einfluss von Kochsalz auf Mikroorganismen des Sauerteiges, Brot und Gebäck, 14 (1960) 10, s. 199-204
187. Schulz A., Stephan H.: Hinweise für die Verarbeitung auswuchsgeschädigter Weizenmehle, Brot und Gebäck, 15 (1961) 8, s. 64-68
188. Schünemann C., Treu G.: Technologie der Backwarenherstellung, Geldfachferlag GmbH & Co. KG, Alfeld, 1993

189. Seifert M.: Sicher und flexibel: Moderne Sauerteigführung über mehrere Stufen, Brot und Backwaren 44 (1996) 7-8, s. 36-38
190. Seifert M.: Geschmacksvielfalt in Broten durch Vorteigführung und deren Kombination, Getreide, mehl und Brot, 53 (1999) 2, s.92-93
191. Seibel W., Brümmer J.M.: Möglichkeiten der Qualitätsbeeinflussung von Roggenbackwaren in Abhängigkeit von Rohstoff und von Teigführung, Mühle und Mischfuttermittel, 117 (1980) 21, s. 291-294
192. Seibel W.: Sauerteig, lebensmittelsrechtlich betrachtet, Getreide, Mehl und Brot 40 (1986) 1, s. 28
193. Seibel W., Brümmer J.M.: The Sourdough process for bread in germany, Cereal Foods World 36 (1991) 3, s. 299-304
194. Seliber G.L.: Mikroorganismen der Gärung des Sauerteiges, Mikrobiologija, 8 (1939) s. 353-370; prema *Spicher i Stephan, 1997*
195. Sharpe M.E., Fryer T.F., Smith D.G.: Identification of the lactic acid bacteria, In Gibbs B.M., Skinner F.A.: Identification methods for microbiologists, Part A., Academic Press, London, 1966; prema *Spicher i Stephan, 1997*
196. Shieh K.K., Donnelly B.J., Scallet B.L.: Reactions of oligosaccharides. IV. Fermentability by Yeasts, Cereal Chemistry 50 (1973) s. 169
197. Spicher G.: Die Erreger der Sauerteiggärung, erste Isolierungsversuche, Brot und Gebäck, 12 (1958) 3, s. 56-63
198. Spicher G., Angermann A.: Pufferung und Teigflora, Brot und Gebäck, 18 (1964) 10, s. 201-208
199. Spicher G.: Die Milchsäurebakterien des Spontansauers, Brot und Gebäck, 20 (1966) 7, s. 136-141
200. Spicher G.: Studien zur Physiologie der Entwicklung der Sauerteigbakterien. I. Mitteilung: Vergleichende Untersuchungen über die Abhängigkeit der Entwicklung der Sauerteigbakterien von Alter der Kultur und der Temperatur, Brot und Gebäck, 22 (1968) 4, s. 61-66
201. Spicher G., Schröder R.: Die Mikroflora des Sauerteiges. IV. Mitteilung: Untersuchungen über die Art der in "Reinzuchtsauern" auftreffenden Milchsäurebakterien, Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 167 (1978) s. 342-354
202. Spicher G., Schröder R., Schöllhammer K.: Die Mikroflora des Sauerteiges. VII. Mitteilung: Untersuchungen über die Art der in "Reinzuchtsauern" auftreffenden Hefen, Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 169 (1979) s. 77-81
203. Spicher G.: Einige neue Aspekte der Biologie der Sauerteigärung, Getreide, Mehl und Brot 36 (1982) 1, s. 12-16
204. Spicher G., Nierle W.: Proteolytische Aktivität im Verlaufe der Sauerteiggärung, Getreide, Mehl und Brot 37 (1983) 10, s. 305-310
205. Spicher G.: Beiträge zur Vereinheitlichung der Ermittlung des Keimgehaltes von Getreide und Getreideprodukten 5. Mitt.: Einleitende Untersuchungen über die Eignung verschiedener Kultursubstrate zum Nachweis von Milchsäurebakterien des Sauerteiges, Getreide, Mehl und Brot 38 (1984) 9, s. 261-264
206. Spicher G., Lönner C.: Die Mikroflora des Sauerteiges. XXI. Mitteilung: Die in Sauerteigen schwedischer Bäckereien vorkommenden Lactobacillen, Zeitung Lebensmittel Untersuchung und Vorschung, 181 (1985) 1, s. 9-13
207. Spicher G., Rabe E.: Biologie und Biochemie von Roggen- und Weizensauerteigen bei Anwendung des Schaumsauerverfahrens, Getreide, Mehl und Brot 40 (1986) 8, s. 230-235
208. Spicher G.: Zur Frage der Bewertung von Sauerteig-Startkulturen, Sauerteigen in Trockenform und sauerteighaltigen Fertigmehlen bzw. Fertigmehlkonzentraten anhand mikrobiologischer Kenndaten

5. Mitteilung: Verhalten der Mikroflora von lagerenden Sauerteigen in Trockenform, Getreide, Mehl und Brot 41 (1987) 3, s. 79-82
209. Spicher G., Rabe E., Rohschenkel Chr.: Untersuchungen zur Charakterisierung und Bewertung verschiedener Verfahren zur Bereitung eines Spontansauers 1. Mitteilung: Vergleich verschiedener Spontansauerverfahren, Getreide, Mehl und Brot 41 (1987) 4, s. 118-122
210. Spicher G.: Zur Frage der Bewertung von Sauerteig-Startekulturen, Sauerteigen in Trockenform und sauerteighaltigen Fertigmehlen bzw. Fertigmehlkonzentrat anhand mikrobiologischer Kenndaten 6. Mitteilung: Verhalten der Mikroflora von Starterkulturen während der Lagerung, Getreide, Mehl und Brot 43 (1989) 1, s. 15-18
211. Spicher G., Rabe E.: Über den Einfluss der Zugabe von Brot auf die Sauerteiggärung, Getreide, Mehl und Brot 44 (1990) 7, s. 202-208
212. Spicher G., Röcken W., Brümmer J.M.: Zur Frage der Feststellung der Revitalisierbarkeit der Mikroflora halbarer Sauerteige, Getreide, Mehl und Brot, 44 (1990) 9, s. 274-279
213. Spicher, G., Stephan, H.: Handbuch Sauerteig: Biologie, Biochemie, Technologie, Behr's Verlag GmbH & Co., Hamburg, 1997
214. Sredojević G.: Pivski kvasac - sirovina za pekarstvo, Diplomski rad pod mentorstvom dr S.Popov, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1997
215. Stanimirović Đ.: Ekonomski položaj mlinsko pekarske industrije Jugoslavije, Žito hleb 16 (1989) 1-2, s. 3-6
216. Stephan H.: Merkmale verschiedener Sauerteigführungen und Brotqualität, Getreide, Mehl und Brot 36 (1982) 1, s. 16-20
217. Statistički godišnjak Jugoslavije 1997, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1997
218. Sugihara T.F., Kline L., McCready L.B.: Nature of the San Francisco sour dough french bread process. II. Microbiological aspects, Baker's Digest, 44 (1970) s. 51-57
219. Sugihara T.F., Kline L., Miller M.W.: Microorganisms of the San Francisco sour dough bread process. I. Yeasts responsible for the leavening action, Applied Microbiology, 3 (1971) s. 456-458
220. Sykes H.G.: Bakers Digest 33 (1959) 4, s. 48
221. Šenborn A. sar: Brašno i hleb za potrebe JNA, elaborat za potrebe JNA, Institut za prehrambenu industriju, Novi Sad, 1963
222. Šimurina O., Dozet J., Vukobratović R.: Potencijal domaće pšenice žetve 1997. godine u namenskoj preradi, Žito hleb 24 (1997) 6, s. 189-195
223. Ternes W., Freund W.: Einflüsse unterschiedlicher Sauerteigführungen auf den Thiamingehalts des Brotes, Getreide, Mehl und Brot 42 (1988) 10, s. 293-297
224. Thörmer D.: Mechanisierung und Steuerung der Sauerteigbereitung - speziell bezogen auf den Teigsäuerungsautomaten, Getreide, Mehl und Brot 36 (1982) 2, s. 44-50
225. Thörmer D.: Vorteil und Nutzen einer vollautomatischen Sauerteiganlagen, Brot und Backwaren 37 (1989) 9, s. 328-329
226. Trojan M.: Mikrobiologie der Brotherstellung. Ber. 2. Tagung Internationale Probleme der modernen Getreideverarbeitung und Getreidechemie, (1965) s. 172-181; prema *Spicher i Stephan, 1997*
227. Uhrig M.G.: The formulation of liquid pre-ferments, Baker's Digest 49 (1975) 2, s. 43-45
228. Uleer N.: Gefriergetrockneter Sauerteig nimmt das handwerkliche Risiko, Brot und Backwaren 38 (1990) 10, s. 324-325
229. Unbehend G.M.: Anlagen zur Sauerteigbereitung, Getreide, Mehl und Brot 50 (1996) 3, s. 175-178
230. Vasilieva R.T.: Nutritivna vrednost hleba proizvedenog u Bugarskoj, Žito hleb 23 (1996) 2-3, s. 54-59

231. Vasiljević D.: Prva pekara na svetu, Politika, 5. mart, 1989
232. Veljković S.: Hranjiva, biološka i dijetetska vrednost pšenične klice, *Žito hleb* 24 (1997) 1-2, s. 41-44
233. Vollmar A., Mauser F.: Teoretische Betrachtungen zur Optimierung der Produktivität eines kontinuierlichen Sauerteigfermentationssystems, *Getreide, Mehl und Brot* 45 (1991)11, s. 331-335
234. Vrbaški Lj., Markov S.: Praktikum iz mikrobiologije, Prometej, Novi Sad, 1992
235. Vujaklija M.: Leksikon stranih reči i izraza, Prosveta, Beograd, 1972
236. Vukobratović R.: Stabilizacija pšenične klice i njena primena u prehrambenoj industriji, Doktorska disertacija, Prehrambeno biotehnološki fakultet sveučilišta u Zagrebu, 1990
237. Vukobratović R., Šarić M., Pejin D., Dozet J., Sekulić R., Bojat S., Psodorov Đ., Razmovski R.: Pravci razvoja prerade žita i brašna, *Žito hleb* 22 (1995) 4, s. 59-62
238. Vukobratović R.: Stanje i pravci razvoja pekarske industrije, *Žito hleb* 21 (1994) 6, s. 173-178
239. Währen M.: Die entwicklungsstationen von Korn zum Brot im 5. und 4. Jahrtausend. Neueste Untersuchungsergebnisse von Ausgrabungsfunden, *Getreide, Mehl und Brot*, 39 (1985) 12, s. 373-379
240. Wherle K., Grau H., Arendt E.K.: Effects of lactic acid and table salt on fundamental rheological properties of wheat dough, *Cereal Chemistry*, 74 (1997) 6, s. 739-744
241. Wehrle K., Arendt E.K.: Rheological Changes in Wheat Sourdough During Controlled and Spontaneous Fermentation, *Cereal Chemistry*, 75 (1998) 6, s. 882-886
242. Weustink P.: Starter für lagerfähige einstufige Weizensauerteig, *Getreide, Mehl und Brot* 43 (1989) 2, s. 49-52
243. Wick E.L., Figueiredo M., Wallace D.H.: The volatile components of white bread prepared by a pre-ferment method, *Cereal Chemistry*, 41 (1964) s. 300
244. Winata A., Lorrenz K.: Effects of fermentation and baking of whole wheat and whole rye sourdough breads on cereal alkylresorcinols, *Cereal Chemistry* 74 (1997) 3, s. 284-287
245. Wojcieszak P., Opuszynska H., Rzedowski W., Grabinska M., Siwkowska A.: Wyodrebnienie i charakterystyka drożdzy i bakteri kwasow zitnich niektorych piekarni warszawskich, *Rocz. Technol. i Chem. Zywnosci*. X (1964) s. 19-31; prema *Spicher i Stephan, 1997*

