

UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNOLOŠKI FAKULTET

OPTIMIZACIJA POSTUPKA REVITALIZACIJE
OTPADNOG KVASCA IZ INDUSTRIJE PIVA ZA PRIMENU
U PEKARSKOJ INDUSTRIJI

- DOKTORSKA DISERTACIJA -

Mr Siniša Dodić, dipl. ing.

NOVI SAD, 2002. godine

Zahvaljujem se

Mentoru rada, prof. dr Stevanu Popovu na ukazanoj pomoći i nesebičnoj podršci tokom izrade disertacije.

Dr Jasni Mastilović na stručnoj pomoći kao i Zavodu za tehnologiju žita i brašna na obezbeđenim materijalnim i tehničkim mogućnostima i radnicima laboratorije Zavoda na tehničkoj pomoći tokom izrade eksperimentalnog dela disertacije.

Prof. dr Dušanki Pejin i prof. dr Olgici Grujić na korisnim savetinama tokom izrade ove disertacije.

Gordani Sredojević, Moniki Šelei, Daliborki Delević, Slobodanki Kostić, Draganu Jurišiću, Sanji Ilić, Zorani Karan, Ljiljani Kepčiji, Jasmini Savić, Moreni Milevskoj, Nataši Pejić, Brankici Srdiji, Aleksandru Jovanoviću, Vesni Novakov, Vesni Tumbas, Ljiljani Radulović, Srđanu Davidoviću i Aleksandri Cvejin, koji su tokom izrade diplomskog rada dali deo svog doprinosa temi koju obrađuje ova disertacija.

Mojoj Jeleni.

SADRŽAJ

1. CILJ RADA.....	1
2. RADNA HIPOTEZA.....	2
3. LITERATURNI PREGLED.....	3
3.1. ZNAČAJ HLEBA KAO NAMIRNICE	3
3.2. ISTORIJAT POSTUPKA PROIZVODNJE HLEBA	5
3.3. POSTUPAK PROIZVODNJE HLEBA.....	7
3.3.1. Terminologija.....	8
3.4. SIROVINE U PEKARSKOJ INDUSTRIJI	9
3.4.1. Osnovne sirovine.....	10
3.4.1.1. Brašno	10
3.4.1.2. Pekarski kvasac.....	11
3.4.1.3. Voda za zames	13
3.4.1.4. Kuhinjska so.....	13
3.4.2. Dodatne sirovine i aditivi.....	14
3.4.2.1. Sladni ekstrakt.....	14
3.4.2.2. Sirova pšenična klica	15
3.5. PROCESI U POSTUPKU PROIZVODNJE HLEBA	17
3.5.1. Umnožavanje proizvodnog mikroorganizma.....	18
3.5.2. Biohemijski procesi.....	19
3.5.2.1. Biohemijske transformacije ugljenih hidrata	20
3.5.2.2. Biohemijske transformacije proteina	21
3.5.2.3. Nastajanje sastojaka i prekursora arome.....	22
3.6. PIVSKI KVASAC	23
3.6.1. Hemijski sastav pivskog kvasca.....	24
3.6.2. Metabolizam u ćelijama pivskog kvasca	25
3.6.3. Umnožavanje	26
3.6.4. Flokulacija.....	27
3.6.5. Autoliza.....	28
3.7. PROIZVODNJA KVASCA U INDUSTRIJI PIVA.....	29
3.7.1. Čuvanje čiste kulture.....	29
3.7.2. Umnožavanje čiste kulture kvasca.....	30
3.8. PROCESI PRI FERMENTACIJI SLADOVINE	32

3.9. IZDVAJANJE I ČUVANJE PIVSKOG KVASCA	37
3.9.1. Izdvajanje kvasca	37
3.9.2. Čuvanje kvasca	38
3.10. PRIMENA OTPADNOG PIVSKOG KVASCA	40
4. MATERIJAL I METODI RADA	41
4.1. MATERIJAL.....	41
4.1.1. Brašno	41
4.1.2. Proizvodni mikroorganizmi	42
4.1.2.1. Pivski kvasac.....	42
4.1.2.2. Pekarski kvasac	42
4.1.3. Voda.....	42
4.1.4. Sladni ekstrakt.....	43
4.1.5. Dodatne sirovine	43
4.1.5.1. Saharoza	43
4.1.5.2. Sirova pšenična klica	44
4.1.5.3. Ostale sirovine.....	44
4.2. APARATURA	45
4.2.1. Laboratorijski fermentor Chemap pec	45
4.2.2. Improvizovani laboratorijski fermentor	45
4.3. PLAN EKSPERIMENTA	46
4.4. METODI ISPITIVANJA	47
4.4.1. Sadržaj ferementabilnih šećera	47
4.4.2. Vrednost pH	47
4.4.3. Fermentografska ispitivanja.....	48
4.4.4. Probno pečenje i ocena hleba.....	49
4.4.5. Mikrobiološka ispitivanja	50
4.4.6. Ostali eksperimentalni metodi	50
4.4.7. Računski metodi.....	51
4.4.7.1. Statistički metodi	51
4.4.7.2. Proračun bilansa sirovina i performansi postrojenja.....	51
5. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA	52
5.1. ODGORČAVANJE PIVSKOG KVASCA	53
5.2. PRIMENA DVOSTEPENOG POSTUPKA	58
5.2.1. Uticaj pripreme pivskog kvasca.....	60
5.2.2. Uticaj procesnih parametara.....	64
5.2.3. Uticaj sastava podloge	66

5.3. PRIMENA JEDNOSTEPENOG POSTUPKA	69
5.3.1. Optimizacija sastava podloga.....	69
5.3.1.1. Sadržaj pivskog kvasca	70
5.3.1.2. Kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.....	73
5.3.1.3. Sastav hranljive podloge	84
5.3.2. Optimizacija procesnih parametara.....	103
5.3.2.1. Brzina mešanja.....	103
5.3.2.2. Temperatura	109
5.3.2.3. Brzina aeracije.....	113
5.3.3. Optimizacija tehnike fermentacije	119
5.3.4. Optimizacija vremena trajanja fermentacije	123
5.3.5. Primena različitih generacija pivskog kvasca	126
5.3.6. Primena različitih sojeva pivskog kvasca	131
5.3.7. Trajnost otpadnog pivskog kvasca.....	144
5.3.8. Ocena optimalnog postupka.....	147
5.3.8.1. Tok fermentacije	148
5.3.8.2. Svojstva hlebnog testa.....	149
5.3.8.3. Kvalitet i održivost svežine hleba	150
5.4. IDEJNO REŠENJE POSTROJENJA.....	154
5.4.1. Opis tehnološkog postupka	155
5.4.2. Bilans sirovina.....	157
5.4.3. Oprema.....	158
5.4.4. Prostor.....	161
5.4.5. Radna snaga	161
6. ZAKLJUČCI	162
7. LITERATURA.....	166

SPISAK TABELA

Tabela 1:	Hemijski sastav pšeničnog brašna	3
Tabela 2:	Hemijski sastav brašna u zavisnosti od porekla i stepena izmeljavanja	10
Tabela 3:	Pregled asimilacije ugljenika iz organskih jedinjenja od strane pekarskog kvasca	12
Tabela 4:	Tipičan hemijski sastav sladnog ekstrakta i sirove pšenične klice	16
Tabela 5:	Metode čuvanja i održavanja kultura kvasca	29
Tabela 6:	Kvalitativni pokazatelji brašna korišćenog u ispitivanjima	41
Tabela 7:	Sastav testa i parametri vođenja probnog pečenja	49
Tabela 8:	Procenat mrtvih ćelija pivskog kvasca	54
Tabela 9:	Sastav predfermenta u odnosu na vodu	59
Tabela 10:	Sastav predfermenta u odnosu na brašno za zames	59
Tabela 11:	Procesni parametri fermentacije predfermenta	59
Tabela 12:	Sastav tečnog kvasa	59
Tabela 13:	Procesni parametri fermentacije tokom optimizacije sastava podloga	69
Tabela 14:	Ispitivani sadržaji pivskog kvasca pivare A u predfermentu	70
Tabela 15:	Sastav predfermenta tokom optimizacije sadržaja pivskog kvasca	70
Tabela 16:	Sastav predfermenta u odnosu na brašno za zames	74
Tabela 17:	Sastav predfermenta u odnosu na podlogu	74
Tabela 18:	Ispitivani sadržaji i vrste izvora fermentabilnih šećera u predfermentu	85
Tabela 19:	Sastav predfermenta tokom optimizacije procesnih parametara	103

Tabela 20:	Ispitivane brzine mešanja predfermenta	103
Tabela 21:	Ispitivane temperature predfermenta	109
Tabela 22:	Ispitivane brzine aeracije predfermenta	113
Tabela 23:	Parametri optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje predfermenta u cilju aktivacije pivskog kvasca	145
Tabela 24:	Efekti primene optimalnog postupka pripreme predfermenta na kvalitet hleba	149
Tabela 25:	Efekti primene optimalnog postupka pripreme predfermenta na odzivost svežine hleba	150
Tabela 26:	Bilans sirovina za proizvodnju predfermenta uz primenu optimalnog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za potrebe pekare kapaciteta 10000 kom hleba/dan	154
Tabela 27:	Specifikacija opreme postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za potrebe pekare kapaciteta 10000 komada hleba/dan	155

SPISAK SLIKA

Slika 1:	Šematski prikaz tehnoloških operacija i procesa proizvodnje pšeničnog hleba	7
Slika 2:	Kriva rasta umnožavanja kvasca	18
Slika 3:	Šematski prikaz reakcija nastanka glicerinaldehid-3-fosfata prilikom alkoholne fermentacije po Embden-Meyerhof-Parnas-u	33
Slika 3a:	Šematski prikaz reakcija nastanka etanola prilikom alkoholne fermentacije po Embden-Meyerhof-Parnas-u	34
Slika 4:	Fermentograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka	48
Slika 5:	Farinograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka	48
Slika 6:	Rezultati proizvodnje predfermenta primenom nativnog kvasca i sadržajem maltex-a u podlozi od 7 %	55
Slika 7:	Rezultati proizvodnje predfermenta primenom nativnog kvasca i sadržajem maltex-a u podlozi od 9 %	55
Slika 8:	Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % Na_2CO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 7 %	56
Slika 9:	Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % Na_2CO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 9 %	56
Slika 10:	Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % NaHCO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 7 %	57
Slika 11:	Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % NaHCO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 9 %	57
Slika 12:	Promene fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu I	61
Slika 13:	Promene sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu I	61
Slika 14:	Promene fermentativne snage u hlebnom testu tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu II	62

Slika 15:	Promene sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu II	63
Slika 16:	Promena fermentativne snage u hlebnom testu tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu III	64
Slika 17:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu III	65
Slika 18:	Promena fermentativne snage u hlebnom testu tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu IV	66
Slika 19:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu IV	67
Slika 20:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta za različite sadržaje pivskog kvasca	71
Slika 21:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta za različite sadržaje pivskog kvasca	72
Slika 22:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta za različite kombinacije sadržaja pivskog i pekarskog kvasca	75
Slika 23:	Promena fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta pri različitim kombinacijama sadržaja pekarskog i pivskog kvasca	78
Slika 24:	Fermentativna snaga pivskog kvasca (8 %) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta	80
Slika 25:	Fermentativna snaga pekarskog kvasca (0,5 %) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta	81
Slika 26:	Fermentativna snaga pekarskog kvasca (1 %) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta	82
Slika 27:	Fermentativna snaga pekarskog kvasca (2 %) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta	83

Slika 28:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (1,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	86
Slika 29:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (2,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	86
Slika 30:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (3,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	87
Slika 31:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (4,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	88
Slika 32:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (5,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	88
Slika 33:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (0,5 % saharoze i 0,25 % pšeničnih klica) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	89
Slika 34:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (1,0 % saharoze i 0,5 % pšeničnih klica) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	90
Slika 35:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (1,5 % saharoze i 1,0 % pšeničnih klica) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	91
Slika 36:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (2,0 % saharoze i 1,5 % pšeničnih klica) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	92
Slika 37:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (2,5 % saharoze i 2,0 % pšeničnih klica) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	92
Slika 38:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (1,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	93

Slika 39:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (2,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	94
Slika 40:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (3,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	95
Slika 41:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (4,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	96
Slika 42:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (5,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	97
Slika 43:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	98
Slika 44:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	99
Slika 45:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	100
Slika 46:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	101
Slika 47:	Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca	101
Slika 48:	Promena sadržaja invert šećera u predfermentu tokom fermentacije za različite brzine mešanja	104
Slika 49:	Promena vrednosti pH predfermenta tokom fermentacije za različite brzine mešanja	105

Slika 50:	Promena fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta sastava I za različite brzine mešanja	106
Slika 51:	Promena fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta sastava II za različite brzine mešanja	107
Slika 52:	Promena sadržaja invert šećera u predfermenta tokom fermentacije za različite temperature	109
Slika 53:	Promena vrednosti pH predfermenta tokom fermentacije za različite temperature	110
Slika 54:	Promena fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta sastava I pri različitim temperaturama	111
Slika 55:	Promena fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta sastava II pri različitim temperaturama	112
Slika 56:	Promena sadržaja invert šećera u predfermentu tokom fermentacije za različite brzine aeracije	114
Slika 57:	Promena vrednosti pH predfermenta tokom fermentacije za različite brzine aeracije	115
Slika 58:	Promena fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta sastava I pri različitim brzinama aeracije	116
Slika 59:	Promena fermentativne snage tokom fermentacije predfermenta sastava II pri različitim brzinama aeracije	117
Slika 60:	Promena sadržaja invert šećera predfermenta sastava I i II tokom polukontinualne tehnike fermentacije	120
Slika 61:	Promena vrednosti pH predfermenta sastava I i II tokom polukontinualne tehnike fermentacije	120
Slika 62:	Promena fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, tokom polukontinualne fermentacije predfermenta sastava I i II	121
Slika 63:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava I i II tokom fermentacije	123
Slika 64:	Promena fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava I i II tokom 90 minuta fermentacije	124
Slika 65:	Promena sadržaja invert šećera tokom fermentacije predfermenta sastava I i II primenom različitih generacija pivskog kvasca	126

Slika 66:	Promena vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta sastava I i II primenom različitih generacija pivskog kvasca	127
Slika 67:	Promena fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava I tokom fermentacije primenom različitih generacija pivskog kvasca	128
Slika 68:	Promena fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava II tokom fermentacije primenom različitih generacija pivskog kvasca	129
Slika 69:	Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja A	131
Slika 70:	Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja B	132
Slika 71:	Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja C	133
Slika 72:	Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja D	133
Slika 73:	Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja E	134
Slika 74:	Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja F	135
Slika 75:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta sastava I za različite sojeve pivskog kvasca	135
Slika 76:	Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta sastava II za različite sojeve pivskog kvasca	136
Slika 77:	Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja A	137
Slika 78:	Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja B	138
Slika 79:	Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja C	139

Slika 80:	Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja D	140
Slika 81:	Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja E	141
Slika 82:	Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja F	142
Slika 83:	Promena fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava I dobijenim nakon 45 i 90 minuta fermentacije za različite sojeve pivskog kvasca	142
Slika 84:	Promena fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava II dobijenim nakon 45 i 90 minuta fermentacije za različite sojeve pivskog kvasca	143
Slika 85:	Promena sadržaja invert šećera tokom fermentacije predfermenta za različita vremena čuvanja pivskog kvasca	144
Slika 86:	Promena vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta za različita vremena čuvanja pivskog kvasca	145
Slika 87:	Efekat vremena čuvanja proizvedenog predfermenta na fermentativnu snagu u hlebnom testu	146
Slika 88:	Tok fermentacije predfermenta uz primenu optimalnog jednostepenog postupka	148
Slika 89:	Efekti primene optimalnog jednostepenog postupka na fermentativnu snagu u hlebnom testu u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta	149
Slika 90:	Vrednosti penetrometarskog broja tokom vremena proteklog nakon pečenja u zavisnosti od načina pripreme testa	152
Slika 91:	Šema tehnološkog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u postupku proizvodnje hleba	155
Slika 92:	Šema postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za primenu u postupku proizvodnje hleba	158

1. CILJ RADA

Više od polovine energetske potrebe stanovništva u našoj zemlji i u velikom delu sveta zadovoljava se hlebom (8). Stoga zadovoljenje zahteva ukusa određenog kruga potrošača u pogledu nutritivne vrednosti i kvaliteta hleba predstavlja jednu od smernica razvoja pekarske proizvodnje.

Pored pekarskog kvasca koji u konvencionalnoj proizvodnji hleba predstavlja osnovnu sirovinu, kao jedna od alternativnih sirovina koja omogućuje zadovoljenje gore navedenih zahteva javlja se pivski kvasac.

Do 19 veka, u pekarama i domaćinstvima za proizvodnju hleba koristio se pivski kvasac. Njegovu dalju primenu potisnula je proizvodnja pekarskog kvasca. U pivarama, pivski kvasac je postao najčešće otpadni materijal.

Danas pivski kvasac, zahvaljujući svom sastavu, ponovo dobija na značaju. Primenjuje se u medicini, farmaceutskoj industriji, prehrambenoj industriji i kao stočna hrana.

U našoj zemlji industrija piva godišnje proizvodi oko 6000 tona otpadnog kvasca sa oko 15% suve materije. Istovremeno, potrošnja pekarskog kvasca je oko 50000 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 otpadni pivski kvasac iz industrije piva u našoj zemlji mogao bi da se, uz primenu odgovarajućih postupaka koji bi omogućili njegovu primenu u pekarstvu, usvoji u pekarskoj proizvodnji, pri čemu bi svega 3% od usvojenih količina pekarskog kvasca bilo zamenjeno otpadnim pivskim kvascem, a rešavanje problema odlaganja otpadnog kvasca predstavljalo bi značajan doprinos zaštiti životne okoline.

Primenom pivskog kvasca kao nusproizvoda industrije piva, kao alternativne sirovine u proizvodnji hleba mogu se ostvariti sledeći efekti:

- ušteda 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;
- dobijanje hleba sa značajno većom nutritivnom vrednosti u odnosu na konvencionalno proizveden hleb;
- prevazilaženje nestašice ili nemogućnosti nabavke pekarskog kvasca u slučaju elementarnih nepogoda, ratnog stanja ili drugih kriznih uslova.

Iako je mogućnost primene pivskog kvasca u pekarstvu poznata od davnina (36) direktno dodavanje pivskog kvasca u zames hlebnog testa ne rezultira odgovarajućim efektima u proizvodnji hleba (31). S obzirom na neophodnost aktivacije i adaptacije pivskog kvasca pre njegove konačne primene u pekarstvu, u okviru ove disertacije pristupilo se razvoju predfaza u proizvodnji hleba namenjenih za ove svrhe.



2. RADNA HIPOTEZA

Radna hipoteza istraživanja u okviru disertacije je da se proizvede hleb zadovoljavajućeg kvaliteta sa ravitalizovanim otpadnim kvascem iz pivare. Definisanje optimalnih parametara tehnološkog postupka revitalizacije otpadnog kvasca iz pivare koje uključuje proizvodnja hleba uz primenu domaćih sirovina i usmerenu ka postizanju kvaliteta hleba u skladu sa zahtevima domaćih potrošača otvorilo bi mogućnosti za:

- rentabilnu revitalizaciju otpadnog kvasca iz pivare za primenu u proizvodnji hleba prvenstveno u okviru postojećih postrojenja u industriji piva;
- ostvarenje ušteda u proizvodnji hleba;
- valorizaciju i optimizovanu primenu nekonvencionalnih, nutritivno vrednih sirovina u pekarskoj industriji u prvom redu pivskog kvasca ali i pratećih sirovina kao što su pšenična klica i sladni ekstrakt;
- rešavanje problema odlaganja otpadnog pivskog kvasca u duhu serije standarda JUS ISO 14000.

Rezultati dobijeni istraživanjima koje obuhvata doktorska disertacija, daju sveobuhvatnu podlogu na osnovu koje se može poći ka ostvarenju navedenih ciljeva u okviru domaće pivarske i pekarske industrije.



3. LITERATURNI PREGLED

3.1. ZNAČAJ HLEBA KAO NAMIRNICE

U našoj zemlji, definicija hleba je data u okviru Pravilnika o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (44) u članu 73 gde se hleb definiše kao "proizvod dobijen mešanjem, fermentacijom, oblikovanjem i pečenjem testa umešanog 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".

Prema odnosima u proizvedenim količinama hlebnih žita, pšenice i raži (52) i navikama potrošača (35), u našoj zemlji ubedljivo najveći udeo ima pšenični beli hleb.

Na osnovu nutritivnog sastava sirovina koje ulaze u sastav hleba, kao i karakteristike tehnološkog postupka proizvodnje hleba koji rezultiraju hemijskim sastavom prikazanim u tabeli 1, hleb (posebno pšenični beli hleb) sa aspekta nutritivne vrednosti, treba posmatrati kao izvor zadovoljena energetske potreba (34,54).

Tabela 1: Hemijski sastav pšeničnog brašna

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

Hleb karakteriše slabija iskoristljivost 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 koji se koristi u proizvodnji, odnosno najniži je kod belog hleba. 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 predpostavljati osnovu za zadovoljenje samo manjeg dela potreba u pojedinim vitaminima kao što su B₁, B₂ i PP (3).

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

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% (51). U Jugoslaviji se, prema raspoloživim podacima iz 1994. godine (8) hlebom podmiruje oko polovine ukupnih energetske potreba, s tim što je pad realne kupovine stanovništva evidentan u narednim godinama (52), nesumljivo, kod najširih slojeva stanovništva, uslovio da udeo hleba u zadovoljenju ukupnih energetske potreba bude još veći.

Iako se smatra da je veliki udeo hleba u ishrani posledica niskog standarda stanovništva (8), 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 (33), s obzirom na jedinstvenost senzornih svojstava hleba, takođe je značajan faktor koji uzrokuje veliki udeo hleba u svakodnevnoj ishrani.

Pšenični hleb karakterišu aroma koja s jedne strane svojom prijatnom specifičnošću pobuđuje apetit potrošača, dok, s druge strane, svojom blagom neutralnošću obezbeđuje 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 kompaktno kore, do ujednačenog, privlačnog izgleda u celini (3, 51).

Prema tome, s obzirom na rasprostranjenost, udeo i značaj hleba u ishrani stanovništva, postizanje obogaćenja nutritivne vrednosti hleba sa aspekta njegove prihvatljivosti za određen krug potrošača predstavlja jednu od primarnih potreba pekara. U konvencionalnoj proizvodnji hleba obogaćivanje nutritivne vrednosti pekarskih proizvoda postiže se dodatkom sirovina kao što su: surutka, mleko u prahu i drugi proizvodi od mleka, pšenične klice, glutensko brašno, obezmašćeno suncukretovo brašno, sojino brašno, sojin koncentrat, sojin izolat, inaktivni pekarski i pivski kvasac, autolizat kvasca, jaja u prahu i dr (44). Upotrebom pivskog kvasca kao sredstva za fermentaciju u proizvodnji hleba obezbeđuje se povećanje nutritivne vrednosti hleba u odnosu na konvencionalni postupak proizvodnje. Naime, može se pretpostaviti da bi za dobijanje pekarskih proizvoda odgovarajućeg kvaliteta bio potreban dvostruko veći udeo pivskog kvasca u odnosu na pekarski kvasac u sirovinskom sastavu hlebnog testa. Pod ovim uslovima i uz činjenicu da je pivski kvasac bogat u pogledu sadržaja proteina i vitamina B kompleksa sigurno se obezbeđuje potreba povećanja nutritivne vrednosti hleba.

3.2. ISTORIJAT POSTUPKA 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 postupka revitalizacije pivskog kvasca prvenstveno tretira probleme vezane za fermentacione procese koji se odvijaju tokom proizvodnje hleba, istorijski pregled razvoja postupka proizvodnje hleba, dat u nastavku, prvenstveno ističe ključne momente koji su u prošlosti rezultirali značajnim unapređenjima ovog segmenta postupka proizvodnje hleba.

Oko 7000 godine p.n.e. – Nefermentisan hleb. Prvi proizvod koji bi se mogao nazvati pretečom hleba datira iz perioda neolita, pre oko 9000 godina. Po literaturnim podacima (45) ovaj proizvod predstavljao je "lepinju" od smeše usitnjenih žita i vode, pečenu bez prethodne fermentacije u zemljanim pećima.

Oko 3000 godine p.n.e. – Spontano iniciranje fermentacije. 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 mikroflore prisutne u testu (45, 26). S druge strane postoje navodi koji upućuju na nalaze ostataka hleba od fermentisanog testa i u alpskim zemljama severnijih krajeva (60). Iz perioda u kom je fermentacija testa inicirana isključivo putem spontane aktivacije mikroflore brašna ili eventualno dodatkom testa od prethodnog dana datiraju brojni nalazi različite starosti, uglavnom sa područja Egipta 2750 godina p.n.e. (55), odnosno 1440 godina p.n.e. (51).

Oko 800 godina p.n.e. – Suvi starteri za iniciranje fermentacije. Oko 800 godina p.n.e. Grci su od Egipćana preuzeli postupak proizvodnje hleba putem direktnog zakišeljavanja brašna. U Grčkoj je prvi put zabeležena primena »plemenitog kvasa« ili »suvog kvasa« – stabilnog sredstva za fermentaciju dobijenog sušenjem umešane kaše od proizvoda žita (prosa ili pšeničnih mekinja) i vinske šire (51). 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.

Oko 1400 godine n.e. – Kvasci nastali u proizvodnji vina i piva. "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 (36, 51), a oko 1780 godine zabeleženo je da su destilerije na području Holandije proizvodile kvasac posebno namenjen pekarima (47).

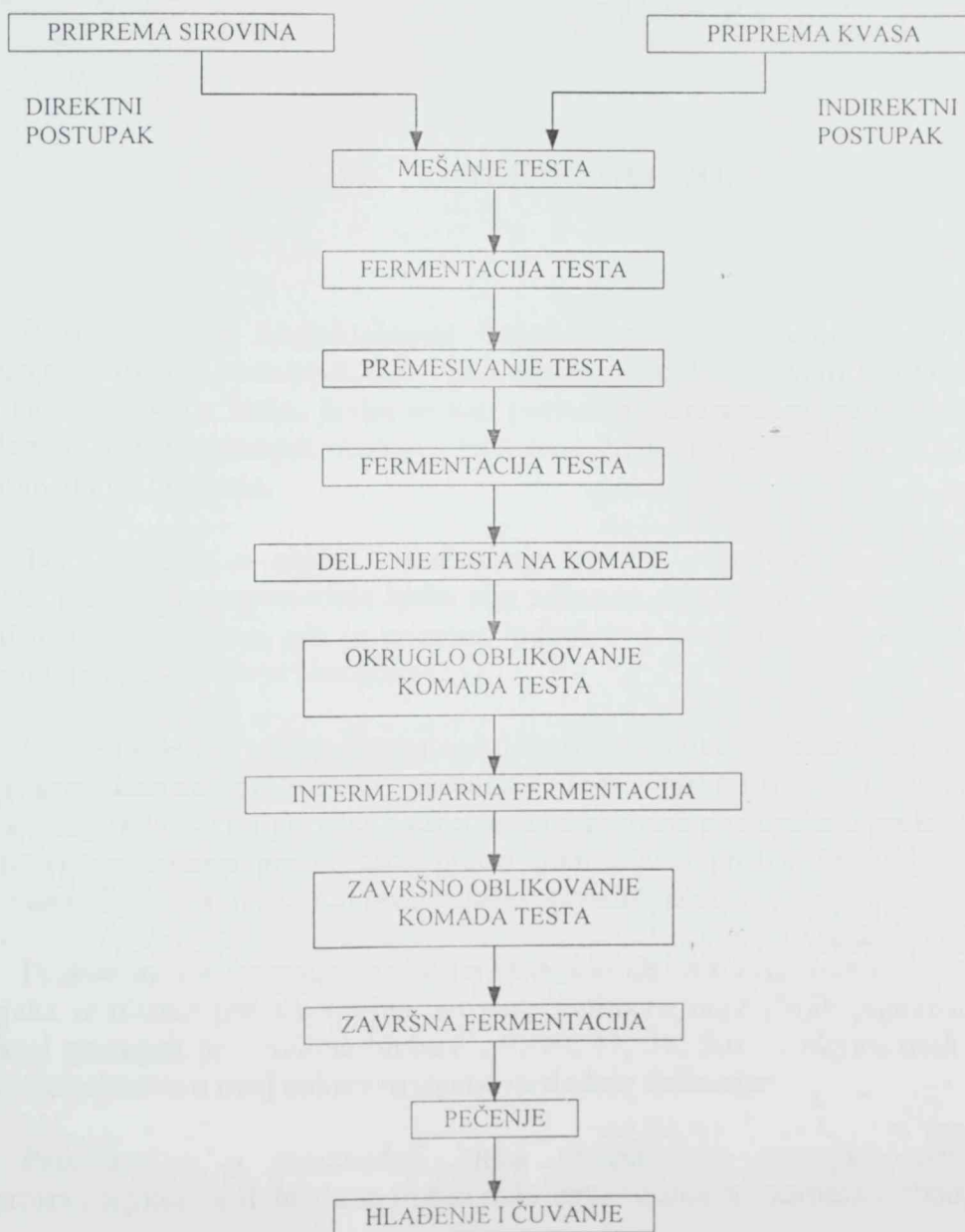
Posle 1867 godine n.e. – Industrijski proizveden pekarski kvasac. Izgradnja prvog postrojenja za proizvodnju pekarskog kvasca zabeležena je 1800. godine u Nemačkoj. Prvi presovani pekarski kvasac proizveden je 1825. godine, ali kao početak ere industrijske proizvodnje pekarskog kvasca beleži se 1867. godina kada je osvojen tzv.

Bečki postupak proizvodnje kvasca (45). Takođe se beleži i proizvodnja kvasca u samim pekarama na brašnu kao podlozi (18).

U XX veku. – Automatizovana postrojenja za kontrolisanu fermentaciju. Razvoj postupka 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 (6, 25, 51). Iako je na ovaj način proces proizvodnje hleba znatno skraćen, uz ostvarenje ušteda u radnoj snazi i energiji, nedostaci u aromi hleba uzrokovani izostankom kiselinske fermentacije doprineli su da se posebno u toku perioda posle drugog svetskog rata razviju različiti postupci u okviru kojih se obezbeđuju preduslovi za racionalno korišćenje fermentativnih aktivnosti bakterija mlečnokiselinskog vrenja.

3.3. POSTUPAK PROIZVODNJE HLEBA

Redosled osnovnih proizvodnih operacija i procesa koje zajedno čine postupak izrade hleba dat je na slici 1 šemom tehnološkog postupka proizvodnje hleba u obliku vekne od pšeničnog brašna (3).



Slika 1: Šematski prikaz tehnoloških operacija i procesa proizvodnje pšeničnog hleba

Podela postupaka za prouzdovnju 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 priprema se hlebno testo u koje se, pored poluproizvoda nastalog tokom fermentacije predfaze, dodaju ostatak brašna, vode, soli i preostale dodatne sirovine i/ili aditivi (3, 26, 27).

3.3.1. TERMINOLOGIJA

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

Terminologija u oblasti označavanja procesa i poluproizvoda u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba nije zakonski regulisana ni u našoj zemlji (44), a delimično ni u zemljama gde je primena indirektnog postupka proizvodnje hleba daleko rasprostranjenija, kao što je Nemačka (51).

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 indirektnih ili srodnih postupaka proizvodnje hleba.

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 (7, 9, 10, 11, 32, 50). U okviru ovih rasprava za najvažnije pojmove u ovoj oblasti usvojene su sledeće definicije:

Predfaze – u proizvodnji hleba predstavljaju postupke, odnosno mase (poluproizvode) koji se dobijaju sa ili bez mikroorganizama pre zamesa hlebnog testa.

Predtesto (kvas) – je masa koja se dobija od sastojaka žita i eventualno drugih materija saglasno recepturi, vode za suspendovanje i 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 – 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.

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

Predferment (tečni ferment) – je tečni fermentisani poluproizvod u indirektnom postupku proizvodnje hleba, u kome se odvija fermentacioni proces, za čiju pripremu se ne koriste, ili se koriste u malim količinama, sastojci žita (brašna) (3).

3.4. SIROVINE U PEKARSKOJ INDUSTRIJI

Za proizvodnju hleba koriste se sledeće osnovne sirovine: brašno od žita, prekrupa, voda ili druge dozvoljene tečnosti, pekarski kvasac ili druga sredstva za fermentaciju i kuhinjska so. Za proizvodnju ostalih pekarskih proizvoda, kao osnovne sirovine mogu se upotrebljavati pšenično, ražano, kukuruzno, ječmeno, ovseno i heljdino brašno, prekrupa žita, voda ili druga dozvoljena tečnost, pekarski kvasac ili druga dozvoljena sredstva za fermentaciju i kuhinjska so (44).

Pored osnovnih sirovina u pekarskoj industriji mogu se upotrebljavati dodatne sirovine i aditivi. Kao dodatne sirovine za proizvodnju pekarskih proizvoda mogu se upotrebljavati: ovseno brašno, sojino brašno i drugi proizvodi od soje, kukuruzno brašno i kukuruzni griz, ražano brašno, heljdino brašno, brašno i proizvodi od suncukreta, prekrupa žita, pšenične mekinje, ovsene pahuljice, pahuljice od ostalih žita, brašno od krompira, očišćeni krompir, kaša od krompira, krompir-pahuljice, skrob, glutensko brašno, sirovi gluten, klice žitarica i proizvodi izrađeni od tih klica, klajsterizovani skrob i klajsterizovano brašno, mleko, obrano mleko, mleko u prahu, surutka, surutka u prahu, zgusnuto mleko, ostali proizvodi od mleka, sveža jaja, jaja u prahu, melanž od jaja, saharoza, mlečni šećer, glukoza, fruktoza, med, kako-proizvodi, sladni ekstrakt, sladno brašno, autolizat kvasca, osušeno fermentisano testo, voće i proizvodi od voća, sezam, jestivo ulje, masti biljnog i životinjskog porekla, prehrambeni inaktivirani kvasac, začini i druge sirovine predviđene pravilnikom. Kao aditivi koriste se sredstva za emulgovanje, vezivanje i zgušnjavanje, enzimska sredstva, oksidoredukciona sredstva, jestive organske kiseline, sredstva za konzervisanje, sredstva za povećanje zapremine testa, prirodne arome i prirodne boje i sintetske arome (44).

U daljem izlaganju biće dat pregled osnovnih i najčešće korišćenih dodatnih sirovina u pekarskoj industriji (indirektnom postupku proizvodnje hleba). Za svaku od sirovina biće dat osvrt na funkcije, odnosno namene korišćenja i pregled bitnih kvalitetnih svojstava.

3.4.1. OSNOVNE SIROVINE

3.4.1.1. Brašno

Kao sirovina u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, brašno može da ima višestruku namenu i efekte korišćenja. Kao prvo sopstveni i tokom fermentacije enzimskim putem nastali fermentabilni šećeri brašna predstavljaju izvor energije i ugljenika za proizvodnu mikrofloru. Brašno u većoj ili manjoj meri zavisno od porekla i stepena izmeljavanja predstavlja izvor azota, mineralnih materija i faktora rasta za proizvodnu mikrofloru; zatim, kod spontane fermentacije brašno je nosilac mikroflоре 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.

Hemijski sastav 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 2.

Tabela 2: Hemijski sastav brašna u zavisnosti od porekla i stepena izmeljavanja (3)

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

Sa aspekta hemijskog sastava brašna, važno je istaći sledeće:

- u brašno, bez obzira na poreklo i stepen izmeljavanja, komponentu sa najvećim udelom predstavlja skrob, koji nije pristupačan za direktnu asimilaciju uobičajenim proizvodnim mikroorganizmima u proizvodnji hleba (rod *Saccharomyces* i *Lactobacillus*). 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 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 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 % (3), odgovara zahtevima proizvodne mikroflore karakteristične za predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba u pogledu dostupnosti pojedinih šećera.
- c) 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 povoljne rezultate kao sirovina u proizvodnji hleba po indirektnom postupku u pogledu pokazatelja kvaliteta dobijenih poluproizvoda.

3.4.1.2. Pekarski kvasac

Uključivanjem industrijski proizvedenog pekarskog kvasca u proizvodnju hleba, 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 (38), 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*. Za *Saccharomyces cerevisiae* su karakteristične ovalne ćelije prosečnih dimenzija $5 \times 8 \mu\text{m}$, prosečne zapremine 10^{-10} cm^3 (38).

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

naorganski 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 (38). Od raspoloživosti ovih sastojaka u podlozi zavisi intenzitet fermentativne aktivnosti kvasca. Pekarski kvasac može selektivno da koristi organska jedinjenja kao izvore ugljenika i energije. Pregled jedinjenja koje pekarski kvasac može da koristi pod aerobnim ili anaerobnim uslovima dat je u tabeli 3.

Tabela 3: Pregled asimilacije ugljenika iz organskih jedinjenja od strane pekarskog kvasca (38)

Izvor ugljenika	Asimilacija	
	aerobno	anaerobno
Monosaharidi		
Arabinoza	-	-
Riboza	±	±
Ksiloza	-	-
Fruktoza	+	+
Galaktoza	+	±
Glukoza	+	+
Disaharidi		
Celobioza	-	-
Laktoza	-	-
Maltoza	+	+
Saharoza	+	+
Trehaloza	±	±
Trisaharidi		
Maltotrioza	±	±
Rafinoza	+	±
Skrob	-	-
Alkoholi		
Manitol	±	-
Sorbitol	±	-

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

Saccharomyces cerevisiae može da asimiluje azot 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 vrednost pH 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, pa se prilikom njegove primene u pekarstvu, neophodno imati u vidu potrebu prilagođavanja na podlođu sastava karakterističnog za ovu tehnologiju (brašno ili drugi izvori fermentabilnih komponenti u predfazama indirektnog postupka proizvodnje).

3.4.1.3. Voda za zames

Voda je jedna od osnovnih sirovina u proizvodnji hleba. Udeo vode u sirovinskom sastavu predfaza, indirektno proizvodnje hleba, praktično određuje aktivnost vode (a_w) u podlozi, pa shodno uticaju ovog pokazatelja na fiziologiju proizvodne mikroflore predstavlja i jedan od važnih uslova regulisanja intenziteta i toka fermentacionih procesa. Veći udeo vode, pored obezbeđenja blagog povećanja brzine rasta mikroflore, odnosno većeg prirasta sadržaja kiselina i intenziviranja nastajanja ugljendioksida (37, 53).

Sa aspekta vrste vode, s obzirom da se u proizvodnji po pravilu koristi česmenska voda, istraživanja imaju teorijski karakter. Upoređenje česmenske vode, sa mineralnom vodom i surutkom kao sirovinama u proizvodnji predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, pokazuju da se fermentacioni procesi zakišeljavanja praćenog preko sniženja pH, najbrže odvijaju kad je korišćena česmenska voda. Primena mineralne vode, a posebno surutke usporava snižavanje opadanja vrednosti pH u odnosu na nastajanje kiselina putem procesa fermentacije (2).

3.4.1.4. Kuhinjska so

Kuhinjska so – natrijumhlorid je nosilac formiranja 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 (3, 49). U istraživanjima novijeg datuma prezentovani su rezultati koji upućuju na mogućnost 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 natrijumhlorida na fermentacione procese u testu (49). Međutim, natrijumhlorid je po pravilu ostao opšte prihvaćena osnovna sirovina.

Količine kuhinjske soli u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba do 1 % blago stimulušu fermentativnu aktivnost kvasca, dok koncentracije preko 1 % deluju inhibitory, što rezultira smanjenjem nastajanja CO_2 (49).

3.4.2. DODATNE SIROVINE I ADITIVI

U savremenoj proizvodnoj praksi po pravilu se u sirovinski sastav 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 inhibitori aktivnosti pojedinih grupa prisutnih mikroorganizama u cilju favorizovanja kompetitivnih procesa;
- kao inhibitori rasta štetne mikroflore.

S obzirom da su u istraživanjima obuhvaćenim ovim radom u ispitivanim sirovinskim sastavima predfaza (predfermenta) 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.

3.4.2.1. Sladni ekstrakt

Sladni ekstrakt po definiciji predstavlja koncentrovani vodeni ekstrakt sladovanog zrna ječma (19). Zahvaljujući velikoj nutritivnoj vrednosti i višefunkcionalnim svojstvima koja se vezuju za postizanje efekata u boji, aromi proizvoda u koje se dodaju, sladni ekstrakti u svetu imaju široku primenu i proizvodnji pekarskih, brašneno – 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 4.

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

3.4.2.2. Sirova pšenična klica

Pšenična klica je jedan od sporednih proizvoda mlinske prerade pšenice. Po sadržaju hranljivih sastojaka pšenična klica predstavlja pravu riznicu u pogledu prisutnih osnovnih hranljivih sastojaka: proteina, masti, ugljenih hidrata, ali i mineralnih materija i vitamina (56). Zahvaljujući sa nutritivnog aspekta izuzetno bogatom hemijskom sastavu, ali i izvanrednim senzornim svojstvima, pšenična klica se može primeniti u proizvodnji velikog broja prehrambenih proizvoda – hleba i peciva, dijetetskih proizvoda, dečje hrane i lično (58).

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 do sada nisu opisane 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 4.

Tabela 4: Tipičan hemijski sastav sladnog ekstrakta (19) i sirove pšenične klice (56)

Sastojak	Sladni ekstrakt	Sirova pšenična klica	Sastojak	Sladni ekstrakt	Sirova pšenična klica
Proteini, %				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
Ugljeni hidrati, %				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
Mineralne mat., %				1,50	4,40
Sadržaj pojedinih minerala, mg/100g proizvoda					
kalijum	324	1060	gvožđe	<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	cink	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 kis.	1,50	0,34
B ₆ (piridoksin)	0,23	1,82	askorbinska kis.		1,04
niacin	7,84	9,30	inozitol	-	36
Masti, %					9,4

3.5. PROCESI U POSTUPKU 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, fermentacioni postupci proizvodnje hleba su složeni i to u pogledu:

- a) strukture proizvodne i prateće mikroflora, s obzirom da u fermentacionim procesima učestvuju kvasci i da je s obzirom na, po pravilu, nesterilne uslove prisutna manje ili više štetna prateća mikroflora;
- b) sastava podloge, s obzirom da se kao podloga, u najvećem broju slučajeva, koristi složena sirovina 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) željenih efekata fermentacije, s obzirom da su efekti koji se postižu u postupku proizvodnje hleba rezultanta uravnoteženog postizanja većeg broja željenih efekata:
 - umnožavanje broja ćelija proizvodnog mikroorganizma;
 - biohemijskih i koloidnih transformacija supstrata, prvenstveno brašna;
 - dobijanja produkata fermentacije – ugljendioksida, kiselina, sastojaka i prekursora arome i drugo.

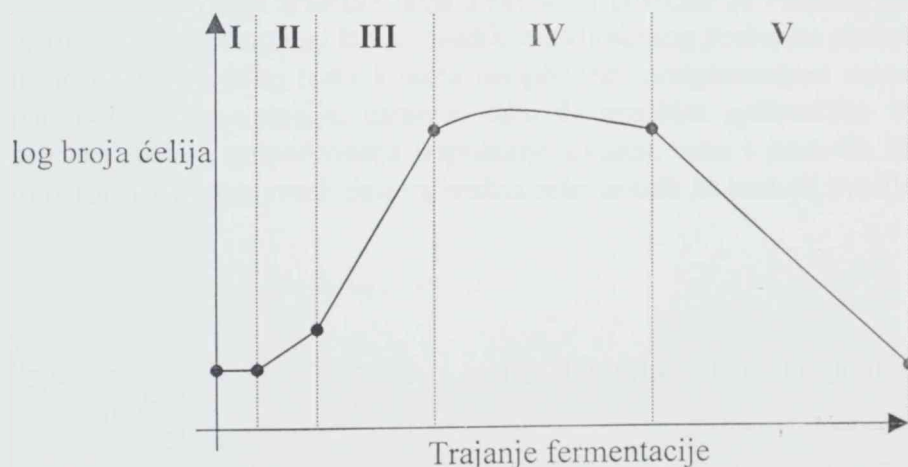
U tom smislu značajno je rezimirati pregled osnovnih bioloških i biohemijskih procesa koji se odvijaju u postupku proizvodnje hleba, što je predmet ovog poglavlja.

3.5.1. UMNOŽAVANJE PROIZVODNOG MIKROORGANIZMA

Sva živa bića u prirodi, pa i mikroflora prisutna u sirovinama za proizvodnju hleba, imaju potrebu povećanja populacije putem bioloških procesa rasta i umnožavanja. Pojam rasta obuhvata povećanje mase ćelija (biomase) određene grupe mikroorganizama u jedinici zapremine supstrata, dok se pod pojmom umnožavanja podrazumeva povećanje broja ćelija određene grupe mikroorganizama u jedinici zapremine supstrata (51).

Pitanje umnožavanja kvasca u testu ima veliki praktičan značaj. Povećanje sadržaja kvasnih ćelija u kvasu ili testu ukazuje na brzinu fermentacije koja se može očekivati. Kvasci karakteristični za proizvodnju hleba umnožavaju se uglavnom vegetativno-pupanjem (41).

Intenzitet i tok umnožavanja kvasca u postupku proizvodnje hleba zavisi od velikog broja faktora kao što su sastav testa, temperatura, prisustvo kiseonika, početni broj i starost ćelija, ali u principu podležu kinetici opisanoj krivom rasta kvasca prikazanoj na slici 2. (30, 38, 41, 51).



Slika 2: Kriva rasta (umnožavanja) kvasca

Faza I – U početnoj ili latentnoj (lag) fazi rasta (I), ćelije kvasca se prilagođavaju na supstrat i biosintezom stvaraju enzime i intermedijare potrebne za početak umnožavanja. Trajanje ove faze zavisi od soja kvasca, starosti i fiziološkog stanja ćelija, razlika u sastavu brašna u kojem se nalazi kvasac u odnosu na prethodnu podlogu i razlika u odnosu na prethodne uslove kultivacije.

Kad se kvasac, u fazi eksponencijalnog rasta, prebacuju na istu svežu podlogu 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 skraćivanja trajanja latentne faze u procesu proizvodnje hleba, s obzirom da se u predfazama 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 umnožavaju, a kada brzina umnožavanja dostigne maksimalnu vrednost, odnosno kada sve ćelije počnu da pupe, kriva rasta prelazi u eksponencijalnu (log) fazu (III).

Faza III – U ovoj fazi broj ćelija kvasca se povećava geometrijskom progresijom. Vreme potrebno da se broj ćelija kvasca udvostruči, odnosno vreme generacije u supstratima i uslovima svojstvenim predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba, zavisi od sastava podloge i primenjenih procesnih parametara proizvodnje.

Faza IV – Usled promene uslova sredine (npr. iscrpljenosti podloge ili nakupljanja toksičnih produkata metabolizma) kriva rasta kvasca prelazi u stacionarnu fazu (IV) u kojoj je broj ćelija nastalih umnožavanjem jednak broju ćelija koje odumiru.

Faza V – U fazi odumiranja (V) broj ćelija koje odumiru premašuje broj novonastalih ćelija.

Poznavanje kinetike rasta kvasca od izuzetne je važnosti za optimizaciju postupka fermentacije brašna kao što su predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba. S obzirom na to da je kinetiku rasta kvasca neophodno, podešavanjem sastava podloge i procesnih parametara fermentacije, usmeriti tako da rezultira optimalnim tokom i trajanjem, kako procesa rasta i umnožavanja populacije kvasca, tako i pratećih biohemijskih i koloidnih transformacija sastavnih delova brašna relevantnih za budući kvalitet hleba.

3.5.2. BIOHEMIJSKI PROCESI

S obzirom na složenost sastava brašna i mnogobrojnu mikrofloru, biohemijski procesi u postupku proizvodnje hleba se mogu predstaviti i razjasniti sagledavanjem pojedinačnih reakcija.

U nastavku će postepeno biti prikazane transformacije glavnih sastojaka koji podležu biohemijskim reakcijama tokom fermentacije ugljenih hidrata i proteina, kao i pregled produkata koji tokom ovih transformacija nastaju.



3.5.2.1. Biohemijske transformacije ugljenih hidrata

Ključni procesi obuhvaćeni biohemijskim transformacijama ugljenohidratnih jedinjenja prisutnih u sirovinama za proizvodnju hleba su sledeći:

a) Enzimska razgradnja skroba

Enzimska razgradnja skroba je proces karakterističan za postupak proizvodnje hleba koje kao jednu od sirovina uključuje brašno. Naime, kvasci karakteristični za ovaj proces nemaju sposobnost produkcije sopstvenih amilolitičkih enzima, već se enzimska razgradnja skroba, koji takođe potiče iz brašna odvija pod dejstvom amilolitičkih enzima brašna, α - i β -amilaze.

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 intenzivnijm delovanju značajno narušavajući strukturu makromolekula skroba. Optimum delovanja α -amilaze je kod 5,5 do 5,6 a inaktivacija nastupa kod pH 4,3 (15).

β -amilaza deluje na skrob 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 skroba. Ovaj enzim ima optimum delovanja na pH 4,5 do 5,8.

b) Alkoholna fermentacija

Alkoholna fermentacija je mikrobiološki proces karakterističan za odvijanje metaboličkih aktivnosti kvasaca kao proizvodnih mikroorganizama u postupku proizvodnje hleba pod anaerobnim uslovim ili pri višim koncentracijama fermentabilnih šećera (preko 1%) (38). U opštem slučaju alkoholna fermentacija obuhvata razgradnju fermentabilnih šećera do etanola i ugljendioksida prema sledećoj reakciji:



Ako je koncentracija šećera u podlozi preko 1%, pa čak i u prisustvu vazduha, razgradnja šećera ide putem alkoholne fermentacije. Na ovaj način se šećer prevodi u etanol, a nakon toga se ćelije adaptiraju na aerobnu razgradnju nastalog etanola do ugljendioksida i vode:



c) Aerobna razgradnja ugljenih hidrata

U prisustvu dovoljnih količina kiseonika ($520 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$ odnosno $0,74 \text{ g O}_2$ za 1 g suve materije kvasca koji se stvori) i pri nižim koncentracijama šećera (manje od $0,1 \%$), razgradnja fermentabilnih šećera pod dejstvom metaboličkih aktivnosti kvasca odvija se oksidativna razgradnja do ugljendioksida i vode:



Ovaj proces u odnosu na alkoholnu fermentaciju karakteriše oslobađanje znatno veće količine energije ($2877,93 \text{ kJ}$) i nastajanje intermedijarnih jedinjenja koja u znatnoj meri pogoduju intenziviranju rasta i razmnožavanja kvasca.

3.5.2.2. Biohemijske transformacije proteina

Biohemijske transformacije proteina u postupku proizvodnje hleba značajne su s jedne strane zbog toga što predstavljaju osnovu nastajanja azotnih jedinjenja pristupačnih za proizvodni kvasac, dok s druge strane, rezultiraju nastajanjem sastojaka i prekursora arome gotovih proizvoda (51).

Enzimsku razgradnju proteina, u postupku proizvodnje hleba, izvode proteolitički enzimi brašna (51).

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 umanjnjem kvalitetom gotovih proizvoda, posebno kad su u pitanju brašna slabijeg tehnološkog kvaliteta (3).

3.5.2.3. Nastajanje sastojaka i prekursora arome

Mnogi 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 (61), α -keto-glutarna kiselina, pirogroždana kiselina, izovalerijanska kiselina (12) i brojna druga jedinjenja (48). Broj i struktura aromatskih jedinjenja koja se formiraju u predfazama indirektnog postupka proizvodnje hleba veoma se razlikuju u zavisnosti od sastava podloge (12) koja se u predfazama koriste.

3.6. 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) (45).

Međutim, ostvarenjem industrijske proizvodnje dovoljnih količina pekarskog kvasca, primena pivskog kvasca iz pekarstva je 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 (20). Najveće količine pivskog kvasca iz industrije piva završavaju u otpadnim vodama pivara (21). Stoga revitalizacija primene pivskog kvasca u pekarstvu otvara ne samo mogućnost uštede u pekarama, već predstavlja i mogućnost doprinosa zaštiti životne okoline.

Proizvodne mikroorganizme industrije piva predstavljaju sojevi vrste *Saccharomyces cerevisiae*. Pivski kvasac karakterišu okrugle do ovalne ćelije prosečnih dimenzija 5 do 10 μm (40).

Tradicionalno korišćeni kvasci gornjeg vrenja su sve vrste *Saccharomyces cerevisiae* i oni predstavljaju različite sojeve mikroorganizama. Kvasci donjeg vrenja su isto *Saccharomyces cerevisiae*, ali iz istorijskih i praktičnih razloga o njima se govori kao o *Saccharomyces carlsbergensis* (preciznije *Saccharomyces cerevisiae* var. *carlsbergensis*) (59).

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

3.6.1. HEMIJSKI SASTAV PIVSKOG KVASCA

Hemijski sastav kvasca zavisi od vrste, hranljive podloge, fiziološkog stanja kvasca i faze rasta. Svež presovan kvasac u proseku sadrži 25 % suve materije i 75 % vode. Osnovni sastavi delovi suve materije kvasca su glikogen, kvasne smole, azotne materije, masti i mineralne materije (59).

Glikogen ($C_6H_{10}O_5$)_n predstavlja rezervnu hranljivu materiju ćelije kvasca. Sadržaj glikogena u kvascima varira (od 0 % do 40 %) i zavisi pre svega od ishrane i faze rasta ćelija kvasca. Ako se kvasac nalazi u podlozi siromašnoj u hranljivim materijama, razgradiće glikogen i njegov sadržaj u ćelijama će biti nizak. Visoke koncentracije šećera u hranljivoj podlozi dovode do nakupljanja glikogena u ćelijama kvasca.

Sadržaj proteina u ćelijama kvasca u proseku se kreće oko 45 % na suhu materiju. Od ukupne količine azotnih materija (35-65 % na suhu materiju) u kvascu (28), oko 90 % otpada na proteine. Važne azotne materije, kojih ima mnogo u jedru kvasca, su nukleoproteidi. Sadržaj nukleoproteida u kvascu iznosi do 26 % od ukupne količine proteina.

Masti predstavljaju rezervnu materiju kvasca, i nalaze se uglavnom u citoplazmi. Sadržaj masti u kvascu prosečno iznosi 2 % do 5 % od suve materije. Kod ćelija umnožavanih u bogatim hranljivim podlogama sadržaj masti može dostići 10-20 %.

U ćelijama kvasca ima lecitina i fitosterina, a od sterola najznačajniji je ergosterol, koji nakon ozračivanja ultraljubičastim zracima prelazi u vitamin D₂ (59). Kod pivskog kvasca, sadržaj ergosterola može da dostigne 1,2 % do 1,4 %.

Sadržaj mineralnih materija kreće se u granicama od 4 % do 10 % na suhu materiju. Pepelo pivskog kvasca donjeg vrenja sadrži (u %): P₂O₅ 47-73, CaO 0,4-11,3, MgO 3,0-7,4, K₂O 28-40, SiO₂ 0,28-0,73, SO₃ 0,09-0,74, Cl 0,10-0,65. Glavni sastojak pepela pivskog kvasca je fosfor, koji se u ćeliji kvasca nalazi u obliku organskih jedinjenja. U pepelu ima takođe i kalijuma, kalcijuma, magnezijuma, gvožđa, sumpora i silicijumove kiseline (59).

Pivski kvasac predstavlja bogat izvor vitamina B₁ i B₂ a takođe sadrži i mnoge druge vitamine. Vitamini su neophodni za ostvarenje procesa rasta i umnožavanja. Neki od njih ulaze u sastav enzimskih sistema, koji neposredno učestvuju u procesima fermentacije i disanja. Vitamin B₁ ulazi u sastav enzima karboksilaze, koji razgrađuje pirogrogđanu kiselinu kod alkoholne fermentacije. Vitamin B₂ ulazi u sastav enzima disanja. Nikotinska kiselina (vitamin PP) u obliku amida ulazi u sastav dehidrogenaza. Ovi vitamini se nalaze u pivskom kvascu u sledećim količinama (u mg po gramu suve materije): vitamin B₁ 60-150, vitamin B₂ 20-80, i nikotinska kiselina 150-830. Pored ovih vitamina, u pivskom kvascu ima još vitamina B₆ (piridoksina) koji je jedan od najvažnijih biokatalizatora, vitamina C koji učestvuje u oksido-redukcionim procesima, drugih vitamina, kao npr. biotina, inozita, pantotenske kiseline, i vitamina E, koji su stimulatori rasta kvasnih ćelija.

3.6.2. METABOLIZAM U ČELIJAMA PIVSKOG KVASCA

Za životne procese ćelija kvasca potrebni su voda, mineralne materije, ugljeni hidrati, jedinjenja koja sadrže azot, fosfor.

Za rast i umnožavanje ćelija kvasca zahteva materije koje su rastvorljive u vodi. Neophodne hranljive materije ćelije kvasca prvo razgrade do monomera od kojih sintetišu organele ćelija. Energiju potrebnu za ostvarenje ovih životnih procesa, ćelija dobija razgradnjom (metabolisanjem) šećera (aerobno ili anaerobno). Nerastvorne materije moraju se najpre prevesti u rastvorni oblik, dok materije koje ne mogu da se transportuju u ćeliju moraju se prvo enzimski razgraditi do jedinjenja koja se mogu transportovati u ćeliju (difuzija, pasivni transport i aktivni transport). Usled toga ćelije izlučuju u okolinu enzime (egzoenzimi), kao npr. hidrolaze, dok unutar ćelija ostaju enzimi (endoenzimi), kao npr. dezmolaze, koje iz asimilovanih jedinjenja oslobađaju energiju (59).

Asimilacija i disimilacija predstavljaju dva vida jedinstvenog procesa razmene materija. Asimilacija se ne može ostvariti bez istovremene disimilacije, dok je disimilacija moguća jedino na osnovu asimilacije. Prilikom asimilacije i disimilacije hranljivih materija u organizmu, između pojedinih reakcija postoji tesna uzajamna zavisnost i povezanost.

Postoje dva oblika disimilacije: disanje i fermentacija. Disanje predstavlja proces razmene materija, koji dovodi do potpune oksidacije ugljenih hidrata uz dobijanje ugljendioksida i vode. Proces disanja teče u prisustvu slobodnog kiseonika (oksidaciona disimilacija). Fermentacija je proces razmene materija, čiju karakteristiku predstavlja nepotpuna razgradnja ugljenih hidrata, i koji teče bez prisustva molekuskog kiseonika (anaerobno).

Kad se umnožavaju u hranljivim podlogama sa šećerom, u odsustvu vazduha kvasci fermentiraju glukozu uz nastajanje etanola, CO_2 i vode. U prisustvu vazduha dolazi do aerobnog disanja kvasca, koje se dešava uz potpunu oksidaciju šećera do CO_2 i vode. Oba ova procesa su egzotermna, odnosno višak energije se oslobađa u obliku toplote (obzirom da se celokupna energija ne može utrošiti u nastajanje energijom bogatih jedinjenja ATP, GTP, CTP, ADP itd.). Ako se u podlogu za vreme fermentacije uvodi vazduh, dolazi do prelaska fermentacije u proces disanja.

Metabolizam ćelija kvasaca vrlo je aktivan. Jedna ćelija kvasca svaki dan raugrađuje približno onu količinu materija, koje odgovaraju 25 % od njene mase (59).

Od ugljenih hidrata kvasci metabolišu šećere, tj. rastvorljive ugljene hidrate koji mogu da se transportuju kroz njihovu citoplazmatsku membranu. Kvasci najlakše asimiluju glukozu. Kao izvore ugljenika kvasci mogu koristiti soli mlečne, ćilibarne i jabučne kiseline, vinsku i limunsku kiselinu, glicerin, manit, itd (59). Energija neophodna za život kvasaca u odsustvu kiseonika dobija se fermentacijom, dok se u prisustvu vazduha uglavnom dobija disanjem. Kvasci fermentišu d-glukozu, d-fruktozu i d-manozu, dok l-šećere kvasci nefermentišu. Pre fermentacije, disaharidi i trisaharidi se delovanjem odgovarajućih enzima hidrolizuju na monosaharide (59).

Azotne materije su najvažniji sastojci hranljivih podloga za kvasce. One su neophodne za sintezu svih organela i enzima potrebnih u metabolizmu. Kvasci lako koriste proizvode razgradnje proteina, tj. aminokiseline, kisele amide (asparagin) i amonijak (59). Aminokiseline ne predstavljaju samo izvore azota, nego i izvore ugljenika.

3.6.3. UMNOŽAVANJE

Ćelije kvasca umnožavaju se polno i bespolno (pupanjem). Pod optimalnim uslovima kvasci se umnožavaju pupanjem. Na ćeliji majci nastaje pupoljak, koji izrasta u ćerku ćeliju, i, kada dostigne veličinu ćelije majke, odvaja se od nje. Vreme potrebno da se količina kvasca udvostruči naziva se generaciono vreme (59).

Kada se ćelije kvasca nađu u nepovoljnim uslovima (u cilju održavanja rasta) dolazi od spajanja dveju ćelija. U tom spajanju odvija se složena (mejoza) deoba i nakon toga stvaraju se spore.

Za sporulaciju neophodni su određeni uslovi: mlada kultura kvasaca (obično trodnevna), optimalna temperatura (25-30 °C), i nedostatak hranljivih materija.

Na brzinu umnožavanje utiče čitav niz faktora: sastav hranljive podloge, pH, temperatura i produkti fermentacije i metabolizma.

Optimalni pH za razmnožavanje kvasca je 4,8-5,3.

Temperatura fermentacije značajno utiče na brzinu umnožavanja kvasca. Povišena temperatura (do 25-30 °C) povoljna je za umnožavanje kvasaca – vreme generacije se skraćuje. Ako je temperatura fermentacije niska (5-6 °C), razmnožavanje kvasca je sporije i prinos kvasca je manji. Vreme generacije se produžava sa starošću kvasca.

Kiseonik iz vazduha povoljno deluje na brzinu umnožavanja kvasca. Produkti fermentacije (etanol i CO₂) usporavaju umnožavanje ćelija. Pri sadržaju etanola od 1-2 % vol, umnožavanje kvasca već se usporava, a sa povećanjem koncentracije etanola do 5 % vol, umnožavanje kvasca praktično potpuno prestaje.

Ugljendioksid takođe ometa umnožavanje kvasca. Ugljendioksid u koncentracijama do 0,2 % tiče uglavnom na usporavanje pupanja ćelija, dok se daljim povećanjem koncentracije ugljendioksida smanjuje i fermentativna aktivnost kvasca.

3.6.4. FLOKULACIJA

Flokulacija (aglutinacija, pahuljičavost) je sposobnost kvasaca da se u toku, a naročito pri kraju fermentacije sladovine sakuplja u sitne, makroskopski vidljive pahuljice, koje se sastoje iz grozdova ćelija. Flokulacija ima veliki praktični značaj. Sposobnost kvasca da flokuliše utiče pre svega na brzinu izbistravanja piva, pošto nastale pahuljice brzo padaju na dno fermentora. Zahvaljujući tome i postoji mogućnost sakupljanja kvasca i njegovog ponovnog korišćenja za fermentaciju sladovine (59).

Postoje pahuljičasti kvasci (koji brzo flokulišu) i praškasti kvasci (koji sporo flokulišu). Pahuljičavost zavisi od osobina citoplazmatske membrane. Citoplazmatska membrana pahuljastih kvasaca je lepljiva, zbog toga što ćelije ovih kvasaca izlučuju lepljive proteinske materije. Usled toga se pahuljasti kvasci obično pri kraju fermentacije slepljuju, i grade pahuljice, koje se brzo talože na dno fermentora. Praškasti kvasci nisu lepljivi, i ćelije ostaju odvojene, ili grade samo vrlo male pahuljice. Oni se dugo zadržavaju u sredini koja fermentira, i sporo i teško se talože.

Najvažniji faktori, koji utiču na pahuljičavost kvasca, su lepljivost proteinske mase koja omotava površinu ćelija i električni naboj ćelije.

Lepljiva masa na površini ćelija sastoji se uglavnom od proteina, proteinsko-taninskih jedinjenja, fosfata kalcijuma, silicijumove kiseline i gumastih materija. Praškasti kvasci sadrže mnogo proteolitičkih enzima, koji rastvaraju lepljivi sloj proteina koje obavijaju površinu ćelija, usled čega se aglutinacija sprečava, i kvasne ćelije se ne lepe jedna za drugu. Povišene temperature pozitivno deluju na aktivnost enzima i prema tome, za razgradnju lepljivih proteinskih materija na površinama ćelija.

Drugi najznačajniji faktor koji utiče na flokulaciju kvasca je naelektrisanje ćelija. Ćelija kvasca predstavlja naelektrisan koloid, i ćelije kvasca, mogu u dodiru sa suprotno naelektrisanim materijama neutralisati naelektrisanje i primati suprotno naelektrisanje. Ćelije kvasca su u stanju mirovanja naelektrisane pozitivno. Nakon unošenja u sladovinu, i početka pupljenja, dolazi do promene pola naelektrisanja kvasaca, i on se elektrišu negativno. Ova pojava se objašnjava time što su citoplazma i ostali sastavni delovi ćelije kvasca suprotno naelektrisani. Kod pupljenja naelektrisanje sastavnih delova jedra preovlađuje nad naelektrisanjem citoplazme.

Na početku fermentacije sladovine, kod pH 5,6-5,7, proteini su naelektrisani negativno. Snižavanjem pH sladovine do pH 5,0-4,6, oni postaju neutralni (izoelektrična tačka), i pri daljem snižavanju pH naelektrisanje im se menja i dobijaju pozitivano naelektrisanje.

Ćelije kvasca se omotavaju proteinskim materijama kao posledica privlačenja negativno naelektrisanih ćelija kvasaca i pozitivno naelektrisanih proteina. U ovom slučaju proteini predstavljaju zaštitne koloide i sprečavaju aglutinaciju. Snižavanjem pH, naelektrisanje kvasaca i proteina se snižava i njihovo uzajamno privlačenje slabi.

Na kraju fermentacije sladovine, ćelije kvasca se spajaju u velike agregate, od po 1000 ćelija, pa čak i više hiljada i padaju na dno fermentora.

Kod praškastih kvasaca naelektrisanje se pri kraju fermentacije menja sporije nego kod pahuljastih.

Etanol kao proizvod alkoholne fermentacije pozitivno deluje je na aglutinaciju, naročito pri koncentraciji od 1-3 %. Daljim povećanjem koncentracije etanola (4-7 %), njegov uticaj na aglutinaciju kvasca slabi i kod dostizanja koncentracije od 8 % sasvim prestaje.

3.6.5. AUTOLIZA

Autoliza predstavlja proces spontane razgradnje ćelija kvasca. Autoliza se javlja kao posledica delovanja enzima na sastavne delove ćelija (organele, proteine, ugljene hidrate, masti) (59).

Odumiranjem ćelija kvasca prestaju biohemijski procesi neophodni za održanje života. Ali, delovanje enzima time ne prestaje, i u mrtvim ćelijama dolazi do biohemijskih reakcija koje predstavljaju proces autolize.

Autoliza se odvija uz pojavu vrlo važnih promena u ćeliji kvasca – protoplazma se raspada, vakuole se povećavaju, itd. Posle odumiranja ćelija, njihova struktura se narušava, aktivnost nekih enzima slabi, dok drugi enzimi postaju aktivniji. Enzimi disanja i fermentacije se inaktiviraju, dok se proteolitički enzimi aktiviraju.

Kod autolize pojavljuje se velika aktivnost proteolitičkih enzima, koji razgrađuju proteine do peptona i aminokiselina. Od razgradnih proizvoda koji nastaju kod autolize poznati su guanin, adenin, leucin, tirozin i triptofan. Ugljeni hidrati i masti kvasaca kod autolize imaju sporednu ulogu.

Čuvanjem kvasca na povišenim temperaturama i toplom fermentacijom stimuliše se autoliza kvasaca, pošto se povišenjem temperature aktiviraju proteolitički enzimi. Zbog toga se kvasac čuva na temperaturama od 0-2 °C.

Ako se kvasac koji je sakupljen iz fermentora, po završetku glavnog vrenja fermentacije sladovine nedovoljno ispere, dolazi do usporavanja transporta hranljivih materija u ćelije i usporava se razmena materija. U nedostatku hranljivih materija, kvasac počinje da razgrađuje rezervne ugljene hidrate i proteine. Posle utroška rezervnih materija nastaje period gladovanja, koji dovodi do odumiranja ćelija kvasca, i na kraju, do autolize.

Niskom temperaturom (oko 0 °C ili niže) sprečava se autoliza kvasca, što se i koristi u proizvodnoj praksi u stadijumu naknadnog vrenja i odležavanja piva.

3.7. PROIZVODNJA KVASCA U INDUSTRIJI PIVA

3.7.1. ČUVANJE ČISTE KULTURE

Pionirske tehnike umnožavanja čiste kulture razvio je u prošlom veku Emil Christian Hansen. On je razvio metode izolacije pojedinačnih ćelija pivskih kvasaca i metode za izučavanja izvođenja fermentacije selekcionisanih, čistih "starter" kultura u uzastopnim većim fermentorima (59). Stroge mikrobiološke procedure umnožavanja iz laboratorije do industrije osigurale su postojan kvaitet piva. Hansenove tehnike omogućile su selekciju klona pogodnog kvasca i njihovo neograničeno održavanje bez stranih mikroorganizama. Praksu koju je preporučio u vezi korišćenja, čuvanja i umnožavanja sojeva kvasca je još uvek vrlo prikladna za današnje naučnike i tehnologe koji se bave kvascima.

Uspešno održavanje čistih kultura kvasca nužno iziskuje da se ćelije održavaju u stanju visoke viabilnosti i bez rizika od štetnih genskih promena. U tabeli 5 su date neke od uobičajenih tehnika za čuvanje i održavanje kvasca.

Tabela 5: Metode čuvanja i održavanja kultura kvasca (59)

Metoda	Opis	Komentar
Serijski prenos	Submerzna kultivacija na hranljivom kosom agaru i čuvanje na 0-4 °C. Prekrivanjem mineralnim uljem stvara anaerobiozu da se održi manja brzina rasta.	Obično korišćena metoda za održavanje ćelija u rastu. Mutanti takode mogu biti odabrani i postoji šansa za sporulaciju ćelija.
Sušenje	Sušenje kultura na filter papiru, silika gelu, itd.	Jednostavna metoda u kojoj se genetska stabilnost može održati.
L – sušenje	Sušenje u vakumu uklanja vodu direktno iz tečne faze u suspenziji ćelije.	Mnogi kvasci se mogu uspešno sačuvati ovom metodom.
Liofilizacija	Sušenje zamrzavanjem vakum sublimacijom zamrznutih ćelija.	Obično se koristi za dugo čuvanje. Moguća je genetska šteta sa mutantima koji mogu biti izazvani procesom sušenja.
Čuvanje zamrzavanjem	Duboko zamrzavanje u električnom zamrzivaču na -20 do -80 °C. Ultrazamrzavanje ćelija u tečnom azotu na -186 °C. Zaštitnici od hlađenja su neophodni da bi se smanjila šteta koja može nastati delovanjem kristala leda (npr. 5-20 % glicerol).	Ograničena aktivnost metabolizma, ali je viabilnost bolja. Proces zamrzavanja pa odmrzavanja može izazvati genetsku štetu. Rizik od gubitka zbog mehaničkih neuspeha. Visoka viabilnost održanih kultura i nema šansi za genetske promene. Inicijani trošak je visok i evaporacija N ₂ zahteva regularno punjenje.

3.7.2. UMNOŽAVANJE ČISTE KULTURE KVASCA

Kvasac koji je potreban za fermentaciju dobija se umnožavanjem čiste kulture. Umnožavanje čiste kulture se sastoji u tome, da se obavi izolovanje pogodnih, snažnih ćelija kvasca i da se one umnožavaju do količina koje su neophodne za inokulaciju fermentora (28).

Proces umnožavanja čiste kulture kvasca se može podeliti u tri faze:

1. dobijanje pogodnih ćelija kvasca
2. umnožavanje u laboratoriji dok se ne dobije oko 20 litara mladog piva u stadijumu visoke pene,
3. umnožavanje u pogonu do količine koja je potrebna za inokulaciju.

Velike količine inokuluma kvasca za industrijske procese moraju u početku biti pripremljene uzgojom dovoljnih količina vijabilnih ćelija iz trajnih kultura u dovoljnim količinama hranljive podloge. Prvih nekoliko uzastopnih porasta u zapremini su ograničeni do 10 puta ili manje. Na primer, sadržaj liofolizovane ampule inokuliše se u 10 ml podloge, a ta količina je inokulum za 100 ml. Na izvođenje fermentacionih procesa značajno utiče količina i kvalitet (fiziološki vitalitet) inokuluma kvasca (59).

Poznato je da ako se male količine inokuluma unesu u velike količine hranljive podloge, rast najčešće nije uspešan. Ovo je verovatno zbog nesposobnosti intracelularnih signala da aktiviraju umnožavanje ćelija pri niskim gustinama ćelija (59).

Takođe je poznato da u tehnikama umnožavanja pivskog kvasca, količina kvasca sa jednog kosog agara može da posluži kao inokulum za 500 ml aktivne kulture, koja se dalje umnožava u "Cornelius" uređaju (zapremine 10 litara) do otprilike 80×10^6 ćelija/ml pre poluindustrijske faze (na primer 1000 litara). Umnožavanje se u svim fazama mora odvijati pod aseptičnim i aerobnim uslovima. Biomasa kvasca dobijena na ovaj način može se koristiti u proizvodnim fermentorima (na primer 300 hl). U mnogim pivarama, kvasac se zamenjuje čistom kulturom nakon 5–10 uzastopnih fermentacija. Većina fermentacija se u pivarama zbog toga vodi iz prethodne fermentacije, a ne iz uređaja za umnožavanje čiste kulture (59).

Inicijalna gustina ćelija inokuluma u proizvodnim fermentorima u pivarama, naziva se inicijalni broj ćelija (broj ćelija na početku fermentacije) i treba da bude oko 10^7 vijabilnih ćelija po mililitru. U svim alkoholnim fermentacijama kvasca, optimalna količina inokuluma je ko 1 % (v/v). Količina kvasca dodatog sladovini znatno utiče ne samo na brzinu konverzije šećera do alkohola, nego i na rast kvasca tokom fermentacije, odnosno na količinu dobijenog kvasca na kraju fermentacije (59).

Prilikom umnožavanja čiste kulture kvasca veoma je značajno istaći sledeće (28):

- Sve do fermentora za umnožavanje kvasca mora se raditi u sterilnim uslovima. Ako se pojavi kontaminacija, ona se kasnije ne može više ukloniti, jer su uslovi za njen rast najčešće slični uslovima neophodnim za rast kvasca.
- Intenzivna, sterilna aeracija kvasca je osnovni preduslov za brz rast kvasca, odnosno za dobijanje zdravog, aktivnog kvasca neophodnog za vrenje.
- Kvasac se znatno brže razmnožava na temperaturama od 20 do 25 °C nego na nižim temperaturama. Međutim, tokom umnožavanja čiste kulture kvasca je neophodno primeniti temperature koje će se koristiti u pogonu, jer će se na taj način obezbediti optimalna efikasnost kvasca u pogonskim uslovima.
- Za umnožavanje čiste kulture kvasca se koristi vruća hmeljna sladovina, jer gorki sastojci hmelja deluju inhibiciono na eventualno prisutnu infekciju.

Broj generacija biomase na kraju fermentacije može biti određen iz sledeće relacije:

$$n = 3,32 \cdot \log \left(\frac{x}{x_0} \right)$$

gde je:

n – broj generacija

x i x_0 – početna i krajnja količina biomase kvasca.

Tokom fermentacije u pivarama kvasac se umnoži dva do tri puta (dve do tri generacije) (59).

Alternativno određivanje biomase kvasca dobijenog na kraju industrijske fermentacije može se dobiti računanjem prinosa (59). Prinos biomase, Y, kulture kvasca može se definisati kao količina biomase, x, dobijena po jedinici utrošenog supstrata, S, odnosno:

$$Y = \frac{dx}{dS}$$

Međutim, ovaj izraz ima svoja ograničenja kada se porede različiti kvasci, obzirom da će hranljivi sastojci biti različito metabolisani do etanola, CO₂, brojnih manjih metabolita, intracelularnih rezervnih jedinjenja (npr. glikogen i trehaloza), kao i same biomase kvasca.

3.8. PROCESI PRI FERMENTACIJI SLADOVINE

Da bi od sladovine nastalo pivo, enzimi kvasca moraju u njoj prisutne šećere prevesti u etanol i ugljendioksid. Pri tome nastaju sporedni proizvodi fermentacije, koji bitno utiču na ukus, miris i druge osobine piva. Nastajanje i, delom razgradnja ovih sporednih proizvoda fermentacije su usko povezani sa metabolizmom kvasca, pa se mogu posmatrati samo u kombinaciji sa ovim metabolizmom (28).

Najvažniji proces je fermentacija šećera iz sladovine pod uticajem kvasca u etanol i ugljendioksid. Procesi prilikom fermentacije se samo uslovno uz dosta poteškoća mogu podeliti na one koji se dešavaju tokom glavnog vrenja i one koji se dešavaju za vreme dozrevanja piva, jer se pojedine reakcije međusobno prepliću. Stoga se promene koje se dešavaju prilikom glavnog i naknadnog vrenja moraju posmatrati kao međusobno zavisni procesi (28).

Fermentacija šećera u etanol i ugljendioksid može se predstaviti prema Gay-Lussac-ovoj jednačini:

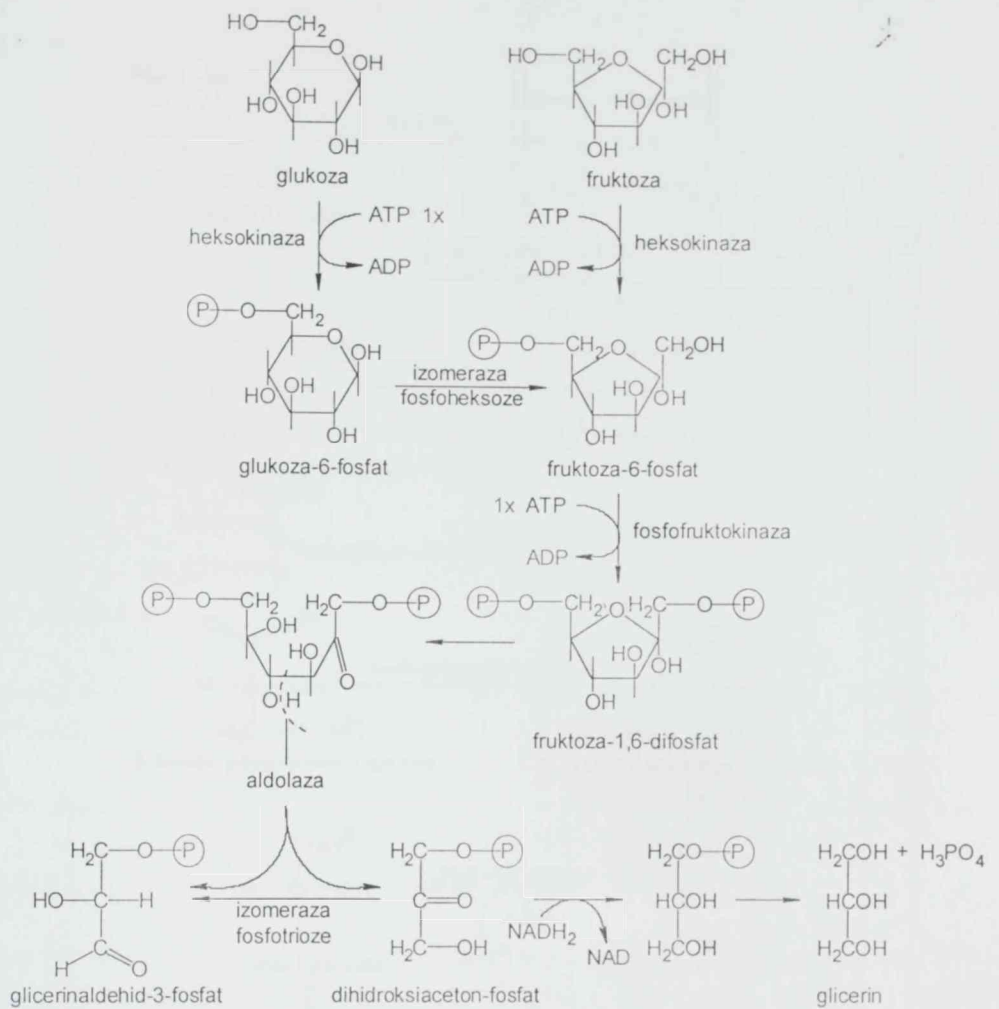


Pod ΔG se pri tome podrazumeva slobodna entalpija, odnosno maksimalna količina energije koja se u ovoj reakciji može prevesti u rad. Fermentacija predstavlja egzogeni proces, pod kojim se podrazumevaju procesi u kojima se oslobađa energija, koja se dobija kao hemijska energija u ćelijama kvasca, gde se akumulira, i zatim se može iskoristiti, npr. u obliku adenozintrifosfata (ATP), hemijskog jedinjenja veoma bogatog energijom. Ova se energija može osloboditi i kao toplota (egzoterman proces) (28).

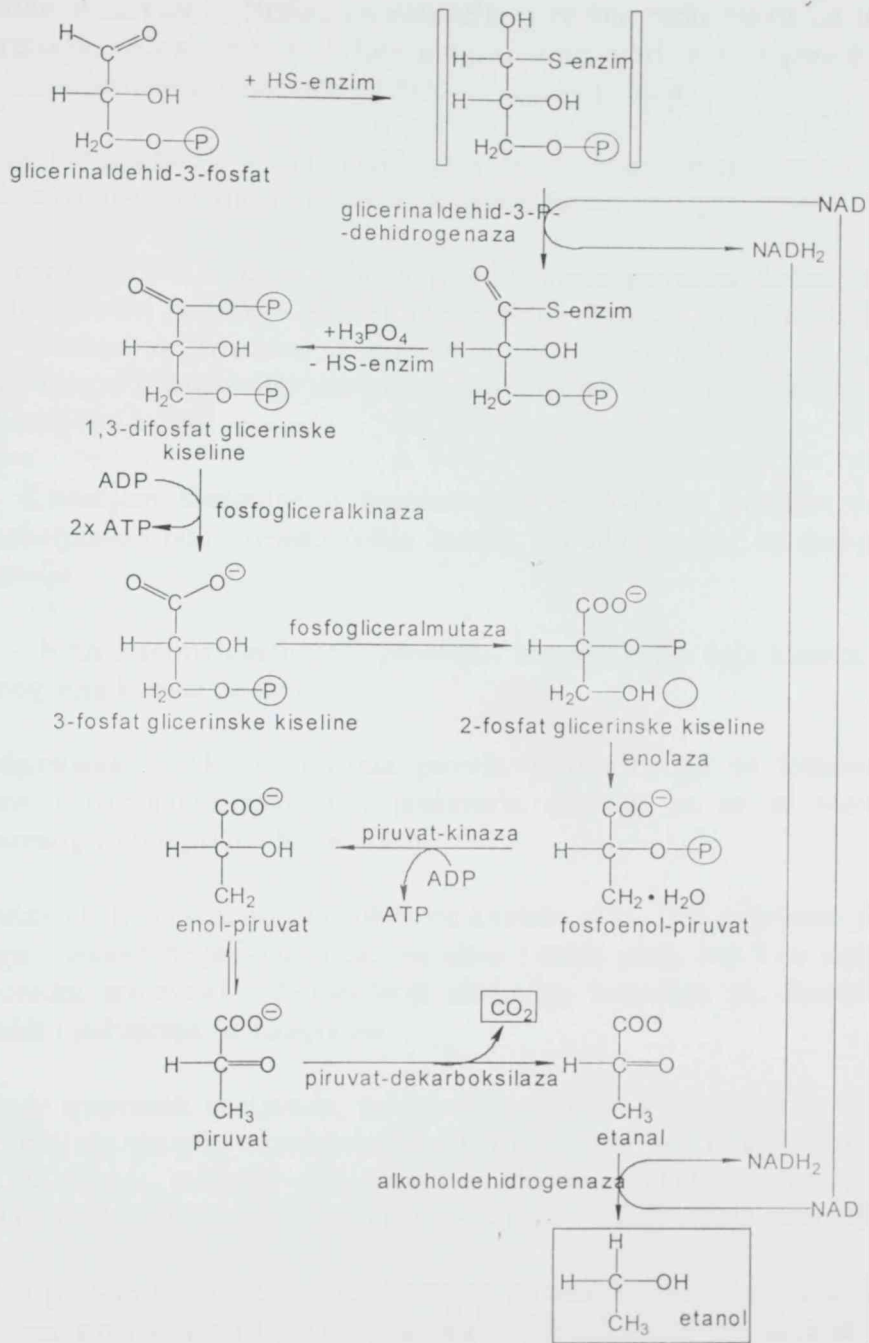
Gay-Lussac-ova jednačina fermentacija je veoma opšta, i ona daje samo uvid u polazne i krajnje proizvode. Reakcije kojima od šećera nastaje etanol predstavljaju Embden-Mayerhof-Parnas-ov put (slike 3 i 3a) (28).

Svi šećeri koji se nalaze u sladovini ne previru podjednako dobro. Pošto kvasac složene šećere najpre mora da razgradi, on najpre koristi heksoze (početak fermentacije), zatim maltozu (glavno vrenje) i potom maltotriozu (naknadno vrenje).

Kvasac uspešno fermentira i saharozu, pošto se enzim za njenu razgradnju (invertaza) nalazi u ćelijskom zidu, pa sama saharoza za kvasac predstavlja šećer za početak fermentacije.



Slika 3: Šematski prikaz reakcija nastanka glicerinaldehid-3-fosfata prilikom alkoholne fermentacije po Embden-Meyerhof-Parnas-u (28)



Slika 3a: Šematski prikaz reakcija nastanka etanola prilikom alkoholne fermentacije po Embden-Meyerhof-Parnas-u (28)

Na brzinu reakcija prilikom fermentacije utiče čitav niz faktora kao što su (28):

Karakteristike sladovine – Brzina fermentacije u prvom redu zavisi od toga, u kojoj meri su iz sladovine uklonjeni grubi i fini talog, u kojoj meri je obavljena aeracija sladovine i u kojoj meri njen sastav odgovara potrebama samog kvasca.

Temperatura fermentacije – Sa povišenjem temperature se alkoholno vrenje znatno ubrzava, dok ja na niskim temperaturama ona veoma spora.

Količina kvasca – Za odvijanje reakcija je odlučujuća površina dodira između ćelija kvasca i sladovine. Sa porastom koncentracije ćelija kvasca površina dodira se povećava. Količina kvasca se izražava u milionima ćelija po mililitru. U fazama najintenzivnijeg rasta koncentracija ćelija je 30 do 40 miliona po ml, a u nekim procesima ona dostiže i do 100 miliona po ml.

Kretanje – Kretanjem sladovine u fermentaciji (recirkulacija pomoću pumpe, mešanje, itd.) se poboljšava dodir između ćelija kvasca i sladovine, pa se omogućava intenzivnija fermentacija.

Soj kvasca – Brzina fermentacije je i genetička karakteristika soja kvasca, pa je ona različita od jednog soja kvasca do drugog.

Pritisak/nadpritisak – Ako se pritisak povećava, usporavaju se fermentacije, umnožavanje kvasca i nastajanje sporednih proizvoda. Razlog za to je povećanje koncentracije rastvorenog CO_2 u pivu u fermentaciji.

Sporedni proizvodi fermentacije jako utiču na kvalitet piva. Oni doprinose punoći ukusa piva, ali mogu i veoma negativno uticati na ukus i miris piva, kao i na stabilnost pene piva. Kao sporedni proizvodi u fermentaciji sladovine izdvajaju se: diacetil, viši alkoholi, estri, aldehidi i jedinjenja sa sumporom.

Sem nastajanja sporednih proizvoda, tokom fermentacije sladovine i dozrevanja piva odigrava se čitav niz drugih transformacija, među kojima se ubrajaju: promene sastava proteinskih sastojaka, sniženje pH, promene oksido-redukcionog stanja piva, izdvajanje gorkih i taninskih sastojaka, rastvaranje CO_2 u pivu i izbistravanje piva (28).

Kvasac koristi proteinske supstance iz sladovine za metabolizam i sintezu delova ćelija. U proseku kvasac troši 10 do 14 mg aminoazota iz 100 ml sladovine, koje se nalazi u obliku aminokiselina i nižih pepdida. Makromolekularne proteinske supstance se talože, adsorbuju se na površini kvasca ili se sa mehurićima CO_2 prenose u penu. Međutim, kvasac, pored toga što troši proteinske supstance, izlučuje ove sastojke tokom fermentacije i dozrevanja u pivo, i to kao aminokiseline ili kao niže peptide. Izdvajanje sastojaka sa azotom od strane kvasca može se razdvojiti u dve zasebne faze: a) izdvajanje sastojaka iz ćelija kvasca koja se odigravaju po završetku glavnog vrenja; b) izdvajanje koja su posledica ireverzibilne razgradnje sastojaka ćelija enzimima samih ćelija kvasca. Ovi procesi dovode do autolize ćelija kvasca. Pošto se od ukupno izlučenih proteina u pivu oko 70 % nalazi u obliku aminokiselina, prekomerni porast sadržaja aminokiselinskog azota ukazuje na početak autolize kvasca.

Vrednost pH jako opada u početnoj fazi fermentacije i za vreme logaritamske faze rasta kvasca, usled: a) nastajanja organskih kiselina dezaminacijom aminokiselina; b) potrošnje primarnih fosfata od strane kvasca; c) utroška amonijumovih jona ($-\text{NH}_4^+$) od strane kvasca, i d) utroška jona kalijuma od strane ćelija kvasca i otpuštanja jona vodonika u pivo. U toku dalje fermentacije sladovine, vrednost pH se samo lagano smanjuje, i najzad ostaje konstantan. Porast vrednosti pH ukazuje na početak autolize kvasca (28).

Pod pojmom redoks potencijala se podrazumeva rezultat delovanja oksidacionih i redukcioni sastojaka u nekom rastvoru. Tokom fermentacije dolazi do povećanja redukcione moći piva. Povećanje redukcione moći je usko povezano sa potrošnjom rastvorenog kiseonika iz sladovine usled delovanja kvasca (28).

Snižavanjem pH za vreme fermentacije dostiže se vrednost pH koja je u oblasti izoelektrične tačke za čitav niz koloidno rastvorenih gorkih i taninskih sastojaka, pa se oni kao površinski aktivne supstance talože na mehurićima CO_2 , ili se adsorbuju na ćelijama kvasca.

3.9. IZDVAJANJE I ČUVANJE PIVSKOG KVASCA

3.9.1. IZDVAJANJE KVASCA

Nakon fermentacije se u pivarama dobija znatan višak kvasca, koji predstavlja otpadni kvasac. HPK otpadnog kvasca iz ležnih tankova je oko 0,53 kg/hl, pa je on izrazito veliki potrošač kiseonika.

Nakon prebacivanja mladog piva u ležni podrum, u fermentoru zaostaje kvasac u tri sloja. Gornji sloj, koji se u osnovi sastoji od potonulih delića pene i ćelija kvasca koje su se kasno istaložile. Srednji sloj, koji čini glavna masa kvasca, i sastoji se od zdravih ćelija sposobnih za fermentaciju. Ovaj sloj treba da bude što svetlije boje. Donji sloj je manje debljine i sastoji se od čestica koje su se najpre istaložile, kao što su hmeljne smole i ostaci taloga (28).

Odvajanje ova tri sloja kvasca je samo teorijski moguće, a ne primenjuje se ni u praksi, jer je utvrđeno da kvasac iz svih tri sloja ima slične fiziološke aktivnosti, samo što je u različitom stepenu "uprljan", i ne može se sakupiti po slojevima (28).

Količina kvasca koja se dobija po završenom glavnom vrenju u proseku iznosi 2,0 do 2,5 litra gustog kvasca po hl zasejane sladovine. Ako je kvasac pahuljast, dobija ga se više nego ako je on praškast, jer ga se više izdvaja u talog.

Kvasac koji je odvojen nakon glavne fermentacije se može upotrebiti neposredno za inokulaciju narednog uvarka sladovine (tzv. suvo doziranje). Ponekad se kvasac pere i čuva pod vodom i kasnije se dozira za inokulaciju (tzv. mokro doziranje). U kvascu sakupljenom nakon fermentacije uvek ima ostataka piva, i to utoliko više, ukoliko je kvasac rastresitiji. Prilikom suvog doziranja, ostaci piva se ne ispiraju vodom pa se i ne gube.

Ako se kvasac ne koristi odmah za inokulaciju, on se pere i prosejava, pri čemu mu se dodaje određena količina vode i vodi se preko vrlo finog sita na kome se iz njega odvajaju grube nečistoće, kao npr. čestice taloga i hmeljne smole.

Za vreme sejanja kvasca kroz sito, iz njega se izdvaja najveći deo prisutnog CO₂, i istovremeno mu se dovodi kiseonik koji je značajan za disanje kvasca.

Kod konvencionalne fermentacije, kvasac se sakuplja nakon ispuštanja piva, a prilikom korišćenja cilindrokonusnih tankova kvasac se ispušta iz konusa pre prebacivanja piva na odležavanje. Samo ispuštanje kvasca se obavlja u nekoliko navrata u kratkim vremenskim intervalima (28). Odvajanje kvasca se ne sme obaviti suviše kasno, posebno kvasci gornjeg vrenja reaguju veoma osetljivo na nakupljanje povećanih količina CO₂. Količina kvasca koja se dobija po završenom vrenju je približno tri puta veća od količine upotrebljene za inokulaciju.

Načelno, kvasac treba što je pre moguće brže ponovo upotrebiti za inokulaciju sladovine. Da bi se obavila aktivacija kvasca, treba ga osloboditi od CO₂ i aerisati u trajanju od 2 do 3 sata. Ovim se kvasac priprema za inokulaciju (28).

Pranjem i prosejavanjem se kvasac "slabi", a javlja se i opasnost od njegove mikrobiološke kontaminacije. Iz ovih razloga, ako je moguće, pranje i prosejavanje kvasca treba izbeći (28).

Pod pojmom taloga, nakon odležavanja, se podrazumeva kvasac koji zaostaje nakon pražnjenja ležnog tanka u kome, naravno, ima zaostalog piva (pivo iz taloga). Može se računati da se dobija 3 litra kvasca sa pivom po hl piva, tako da se kao višak dobija 1,5 do 2 % taloga računato na količinu proizvedenog piva. Iz kvasca se može izdvojiti oko 1 % od ukupne količine prodajnog piva. Za ovo izdvajanje postoji nekoliko mogućnosti (28):

- **Presovanje kvasca** – Kvasac se uvodi u komornu filter-presu, i pivo se odvaja preko filtracionih marama od polipropilena. Pod pritiskom od početnih 4 do 6 bar, pa do 15 do 18 bar na završetku, kvasac se presuje i nakon rastavljanja filter-prese se može sakupiti. Danas se za izdvajanje piva, iz taloga sa kvašcem, uglavnom upotrebljavaju komorne filter-prese.
- **Separacija kvasca** – Veoma efikasan postupak za odvajanje piva iz taloga je primena separatora. U sudu za recirkulaciju mešaju se određena zapremina deaerisane vode i kvasac. Ovako dobijena smeša se uvodi u separator za izbistravanje, u kome se odmah izdvaja osnovna masa kvasca, a odvojeno pivo iz taloga, koje je razblaženo sa vodom se odvodi natrag u recirkulacioni sud. Ovaj proces se ponavlja uz stalno razblaživanje piva sve dok se ne izdvoji skoro sav kvasac. Zatim se visokoučinskim separatorom izdvajaju skoro sve ćelije kvasca iz piva.
- **Membranska filtracija kvasca** – Membranski filteri su filteri kod kojih se struja fluida ne dovodi na filtracioni sloj pod pravim uglom, već se tečnost dovodi tangencijalno na membranu sa finim porama, pri čemu kroz pore prolazi samo čisto pivo mehanizmom difuzije, a struja kvasca se odvodi dalje. Ovaj način filtracije se naziva "cross-flow" filtracija.

3.9.2. ČUVANJE KVASCA

Čuvanje kvasca može da izaziva značajne probleme. Iz bioloških razloga pranje kvasca i njegovo čuvanje pod vodom ne predstavljaju povoljno rešenje, jer se uvek gubi određeni deo faktora rasta, što izaziva oštećenje kvasca i gubitak sposobnosti da odmah otpočne sa fermentacijom maltoze. Nakon toga je potrebna duža faza za adaptaciju kvasca, odn. za ponovno uspostavljanje njegove fermentativne aktivnosti. Svako čuvanje kvasca izaziva smanjenje fermentativne aktivnosti, a ako čuvanje traje duže od 24 h, ovo smanjenje se ne može izbeći (28).

Što je temperatura čuvanja kvasca viša, to je njegov metabolizam intenzivniji. U nedostatku hranljivih materija, kvasac razgrađuje svoje sopstvene sastavne delove ćelije među kojima i enzime. Stoga je čuvanje kvasca na hladno veoma značajno. Posebno je važno da se odvede rastvoreni CO_2 , da se dovede kiseonik, kako bi kvasac mogao da diše (28).

Nakon završene fermentacije, proverava se da li u kvascu ima bakterija. Ako je kvasac inficiran, on prenosi infekciju u sladovinu narednog uvarka. Da bi se to izbeglo, potreban je krajnje čist rad.

Sa starenjem kvasca se njegove osobine menjaju. Ova pojava predstavlja degeneraciju kvasca.

Degeneracija kvasca se zapaža na osnovu sledećih pokazatelja (28):

- od jedne upotrebe do druge kvasac postaje sve grudvastiji,
- fermentacija se usporava i stepen prevrelosti se smanjuje,
- dozrevanje piva se pogoršava,
- količina kvasca koja se dobija u procesu fermentacije postaje nezadovoljavajuća,
- ukus piva postaje sve "suvlji",
- intenzitet fermentacije nakon kratkog perioda vremena se pogoršava,
- istaloženi kvasac je na izgled razvodnjen, i
- izgled piva u fermentaciji postaje nenormalan.

Razlozi degeneracije ćelija kvasca mogu biti (28):

- vođenje fermentacije na visokim temperaturama,
- nedovoljna količina hranljivih materija u sladovini,
- čuvanje kvasca u neodgovarajućim uslovima,
- infekcija hladne hmeljne sladovine bakterijama koje brzo rastu,
- tehnološki zahvati, kao npr. obim variranja temperature, promene pritiska, promene koncentracije sladovine.

Ako se kvasac čuva samo 2 do 3 sata pre upotrebe u proizvodnji piva, on se ne mora hladiti, ali ako se čuva duže vreme, hlađenje je veoma važno. Metabolizam kvasca nikada ne prestaje, mada teče smanjenim intenzitetom. Čak i u vremenu kada nema proizvodnje sladovine, kvasac treba čuvati u pivu u kome ima fermentabilnog ekstrakta ili u sladovini na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ako se čuva duže vremena, treba ga odvojiti presovanjem i čuvati na hladno (28).

3.10. PRIMENA OTPADNOG PIVSKOG KVASCA

Pivski kvasac je vrlo kvalitetan prehrambeni proizvod, koji se sastoji od lako svarljivih proteina, ugljenih hidrata i masti, u kome ima mnogo vitamina. Kvasac je jedan od najboljih prirodnih izvora za dobijanje svih vitamina B – kompleksa. Vitamin B₁ se u kvascu nalazi u 60 i više puta većoj količini nego u spanaću i salati, dok vitamina B₂ u kvascu ima dva puta više nego u mleku, a 50 puta više nego u salati i spanaću (59).

U proseku po svakom hektolitr gotovog piva dobija se 1,2 kg koncentrovanog kvasca, u kome ima oko 0,15 kg suve materije. Ovaj kvasac se u fabrikama iskorišćava na različite načine. Znatna količina kvasca prodaje se u tečnom obliku za neposrednu upotrebu stanovništva. Ispran kvasac se nakon presovanja prodaje fabrikama konditorskih proizvoda za dobijanje specijalnih vrsta peciva. Za medicinske svrhe kvasac se suši i prodaje u obliku tableta ili praška (59).

Dodatkom suvog pivskog kvasca namirnicama poboljšavaju se fizičko-hemijske i senzorne karakteristike, kao i nutritivna vrednost. Boja pivskog kvasca je nešto tamnija od boje pekarskog kvasca, lošija su mu senzorna svojstva, ali ima dvostruko veću sposobnost fermentacije maltoze (sposobnost metabolisanja glukoze i saharoze je ista kao kod pekarskog kvasca). Suspenzija pivskog kvasca ima manju tehničku stabilnost. Kvasac poseduje antioksidativno dejstvo, pa sprečava nastanak peroksida u namirnicama sa velikim sadržajem masti. Proteini kvasca imaju sposobnost emulgovanja masti i vode (46). Suvi pivski kvasac koristi se kao aditiv u pekarskoj industriji. Dodaje se obično 2% u odnosu na ukupnu masu pekarskog proizvoda. Ovakav hleb duže ostaje svež, a testo se lakše mesi. S obzirom da suvi pivski kvasac dobro vezuje vodu i emulguje masti, dodaje se u količini od 0,5-5% pri proizvodnji emulzija, mesnog testa i različitih pašteta, dakle u mesnoj industriji (40). Suvi pivski kvasac može se dodati svim prehrambenim proizvodima u količini 0,5-2% radi povećanja sadržaja vitamina B kompleksa. Zahvaljujući visokom sadržaju proteina (oko 40 % na suhu materiju), otpadni pivski kvasac se koristi i u ishrani stoke. U ishrani krava koristi se zajedno sa kukuruznom silažom i krtolastim povrćem. Može se takođe koristiti i u ishrani riba. Tečni pivski kvasac konzerviran propionskom kiselinom uz dodatak vitamina i minerala može se koristiti u ishrani svinja (39).

Pivski kvasac ima baktericidno i fungicidno dejstvo, pa se koristi u proizvodnji lekova protiv gram-pozitivnih i gram-negativnih bakterija streptokoka, stafilokoka i nekih gljiva. Upotrebom pivskog kvasca nestaju simptomi beri-berija koji se javljaju kao posledica nedostatka vitamina B kompleksa. Pivski kvasac ima antiinflamatorno dejstvo, smiruje upalu kože i sluzokože. U nekim slučajevima ublažuje čak i unutrašnje upale, uključujući upalu živaca. Primena pivskog kvasca u farmaceutskoj industriji prvenstveno se svodi na proizvodnju ergosterola, enzima, nukleinskih kiselina, aminokiselina i vitamina B grupe (4).

U fermentacionoj industriji koristi se autolizat kvasca kao dodatak hranljivoj podlozi. On obogaćuje podlogu azotom i biogenim elementima koji su neophodni za rast proizvodnih mikroorganizama. Pivski kvasac u kombinaciji sa ekstraktom korenčića ječmenog slada koristi se kao biostimulator za rast kvasaca (30).

4. MATERIJAL I METODI RADA

4.1. MATERIJAL

Istraživanja su sprovedena isključivo uz korišćenje sirovina domaćeg porekla u cilju obezbeđenja stalne sirovinske baze u budućoj primeni razvijenog postupka.

4.1.1. BRAŠNO

U okviru ispitivanja sprovedenih u ovom radu, za pripremu hlebnog testa korišćeno je pšenično brašno. Karakteristike brašna su date u tabeli 6.

Tabela 6: Kvalitativni pokazatelji brašna korišćenog u ispitivanjima

Parametar	Vrednost
Sadržaj vlage, %	14,6
Sadržaj pepela, % na s.m.	0,5
Sadržaj proteina, % na s.m.	10,0
Kiselinski stepen	1,2
Sadržaj vlažnog glutena, %	22,0
Sadržaj suvog glutena, %	7,0
Farinogram	
Moć upijanja vode, %	55,9
Razvoj, min	1,5
Stabilitet, min	1,0
Stepen omekšavanja, FJ	80
Kvalitetni broj	58,3
Kvalitetna grupa	B-1
Ekstenzogram	
Energija, cm ²	37,7
Otpor (5 cm), EJ	220
Rastegljivost (r), mm	123
Odnosni broj o/r	1,79
Amilogram	
Maksimalni viskozitet, AJ	260

Prikazani pokazatelji ukazuju da je za ispitivanje korišćeno brašno prosečnog sadržaja i kvaliteta vlažnog glutena i relativno visoke aktivnosti enzimskog kompleksa što predstavlja garanciju nastajanja dovoljnih količina fermentabilnih šećera za proizvodnju mikrofloru.

4.1.2. PROIZVODNI MIKROORGANIZMI

4.1.2.1. Pivski kvasac

U ispitivanjima su korišćeni različiti sojevi otpadnog pivskog kvasca (ne stariji od četiri generacije) poreklom iz šest domaćih pivara, koje zajedno čine oko 50% od ukupne proizvodnje piva (pivskog kvasca) u našoj zemlji. Iz razloga čuvanja poslovne tajne domaćih pivara, u ovom istraživanju sojevi pivskih kvasca su označeni radnim šiframa A, B, C, D, E i F.

Kvasac je dopremljen u vidu suspenzije sa oko 12% suve materije i čuvan na temperaturi od +4°C, ne duže od sedam dana. Dopremljen kvasac je podvrgnut ispitivanju vremena dizanja testa po JUS-u E.M8.020 (23). 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. Nakon odgorčavanja i separacije, kvasac je sadržavao oko 25% suve materije i kao takav je korišćen u svim ogledima.

4.1.2.2. Pekarski kvasac

Za potrebe ispitivanja korišćen je komercijalni pekarski kvasac domaćeg proizvođača – "Fermin" iz Sente, prihvatljivog kvaliteta utvrđenog na bazi vremena dizanja testa po JUS E.M8.020 (23) i Pravilnikom o kvalitetu i drugim zahtevima za pekarski kvasac (42).

4.1.3. VODA

U toku sprovedenih ispitivanja korišćena je 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.

4.1.4. SLADNI EKSTRAKT

Za ispitivanje je korišćen upareni sladni ekstrakt, proizvod Bečejske pivare, prisutan na tržištu pod komercijalnim nazivom "MALTEX". 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.

Sirovina za proizvodnju "MALTEX"-a je ječmeni slad. "MALTEX" je gust sirup, tamno smeđe boje, na nižim temperaturama gofovo 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.

4.1.5. 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 korišćena je saharoza, dok je kao izvor mikro- i biogenih elemenata korišćena sirova pšenična klica.

4.1.5.1. Saharoza

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

4.1.5.2. Sirova pšenična klica

U ispitivanjima je korišćena sirova pšenična klica stepena čistoće predviđenog za klicu namenjenu ljudskoj ishrani (Sl. list SRJ 52/95) (44). Sirova pšenična klica javlja se kao sporedni, za sada nedovoljno iskorišćen proizvod mlinarstva. Proizvodni kapaciteti mlinova u našoj zemlji mogu godišnje da obezbede oko 15000 tona 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. Sirova pšenična klica sadrži 27,5% proteina, 45,5% ugljenih hidrata, 4,4% mineralnih materija i 9,4% masti.

4.1.5.3. Ostale sirovine

Pored navedenih sirovina, koje su korišćene tokom optimizacije postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u proizvodnji hleba, za potrebe probnih pečenja korišćeni su kuhinjska so, askorbinska kiselina, biljna mast i kompleksni aditivi odgovarajućeg kvaliteta uobičajenog na domaćem tržištu (44).

4.2. APARATURA

Za potrebe laboratorijskih ispitivanja u zavisnosti od potreba procesnih parametar definisanih planom eksperimenta korišćena je sledeća aparatura:

- a) za potrebe ispitivanja koja su uključivala potrebu regulacije brzine aeracije, brzine mešanja i temperature korišćeni su laboratorijski fermentori:
 - Chemap pec, Mannedorf, i
 - Improvizovani laboratorijski fermentor – Wolf-ova boca sa odgovarajućim dodacima koji omogućuju merenje i regulaciju brzine aeracije, brzine mešanja i temperature.
- 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.

4.2.1. LABORATORIJSKI FERMENTOR CHEMAP PEC

Laboratorijski fermentor CHEMAP PEC karakteriše radna zapremina od 15 l. Ovaj fermentor snabdeven je sa dve turbinske mešalice na jednoj osovini. Posuda fermentora je od stakla, a mešalice, dno, vrh, grejna cev, priključci i cevovodi su od hrom-nikl čelika. Kod ovog fermentora 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

4.2.2. IMPROVIZOVANI LABORATORIJSKI FERMENTOR

Kao improvizovani laboratorijski fermentor korišćena je staklena Wolf-ova boca zapremine 2 l, radne zapremine 1,5 l, sa odgovarajućim dodacima za aeraciju i uzorkovanje. Mešanje je obezbeđeno rotacionom tresilicom, aeracija akvarijumskim pumpama, protok vazduha je regulisan rotametrom a temperatura odgovarajućim termostatom. Ovako improvizovan fermentor pogodan je za izvršenje većeg broja eksperimenata, s obzirom na zapreminu boce i brzinu pripreme celokupne aparature.

4.3. PLAN EKSPERIMENTA

Plan eksperimenta projektovan je u skladu sa savremenim principima planiranja eksperimenta (17), tako da obezbedi optimizaciju postupka revitalizacije otpadnog kvasca iz pivare za primenu u pekarskoj industriji i to u pogledu:

- a) iznalaženja odgovarajućeg sredstva za odgorčavanje otpadnog pivskog kvasca;
- b) definisanja optimalnog sastava podloge u pogledu prisustva, vrste i udela:
 - kvasca (soj, generacija, odnos pivski/pekarski);
 - ugljenohidratne komponente;
 - izvora mikro- i biogenih elemenata;
- c) definisanja optimalne tehnike fermentacije obuhvatajući ispitivanja:
 - jednostepenog i dvostepenog postupka;
 - diskontinualne i polukontinualne tehnike fermentacije;
- d) definisanja optimalnog trajanja procesa za jednostepeni postupak, za prvi i drugi stepen proizvodnje dvostepenog postupka, odnosno optimalnog trajanja ciklusa u slučaju primene polukontinualne tehnike;
- e) definisanja optimalnih vrednosti procesnih parametara proizvodnje uključujući:
 - temperaturu fermentacije;
 - brzinu aeracije;
 - brzinu mešanja fermentacionog medijuma.

S obzirom na brojnost mogućih kombinacija sirovina, sirovinskih sastva 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.

4.4. METODI ISPITIVANJA

Za praćenje uticaja parametara postupka koji se ispituje na svojstva i kvalitet hlebnog testa i hleba kao finalnog proizvoda korišćeni su:

- brzina nastajanja CO₂ u hlebnom testu registrovana uz primenu fermentografa,
- kvalitet i održivost svežine hleba utvrđeni na bazi zapremine, senzorne i instrumentalne ocene kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem.

Za praćenje toka biohemijskih i mikrobioloških procesa u podlozi:

- sadržaj invert šećera u fermentacionom medijumu,
- vrednost pH fermentacionog medijuma,
- broj živih i mrtvih ćelija kvasaca u fermentacionom medijumu određen direktnom metodom.

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.

4.4.1. SADRŽAJ FEREMENTABILNIH ŠEĆERA

Sadržaj invertnog šećera određen je metodom po Luff Schorlu (24).

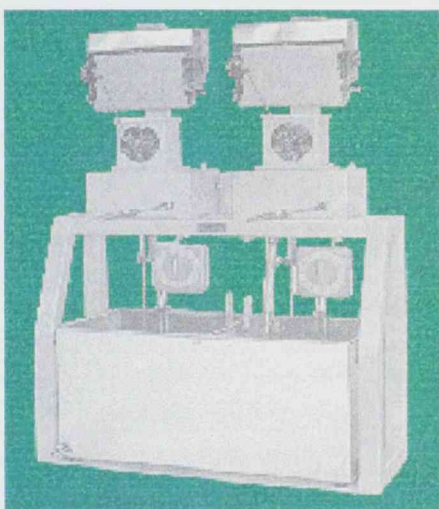
4.4.2. VREDNOST pH

Vrednost pH uzorka uzetog iz fermentora meren je direktno na pH metru tipa MA-5737, proizvođač "Iskra", Slovenija.

4.4.3. FERMENTOGRAFSKA ISPITIVANJA

Za određivanje dinamike i zapremine gasa koji nastaje u hlebnom testu zamešenom sa ispitivanim predfermentom primenjena su fermentografska merenja. Za merenja je korišćen fermentograf, Brabender, OHG, Duisburg, Nemačka (slika 4).

Fermentografska merenja vršena su na hlebnom testu zamešenom na farinografskoj mesilici (slika 5) sa trajanjem zamesa 5 minuta. Za zames testa korišćeno je 300 g brašna, 6 g odnosno 2% soli i količina predfermenta potrebna da se ostvari konstantna konzistencija testa od 500 FJ nakon 5 minuta trajanja zamesa.



Slika 4: Fermentograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka



Slika 5: Farinograf, Brabender OHG, Duisburg, Nemačka

Dinamika i zapremina nastalog CO_2 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 (24) nije bila moguća s obzirom na dinamiku uzorkovanja i kapacitet 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 nastalog CO_2 (ml) je direktno očitavana sa dijagrama (fermentograma), za trajanje fermentacije od 60 i 90 minuta (u daljem tekstu fermentativna snaga kvasca).

4.4.4. 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 ispitivanja pokazale kao prihvatljive, sprovođenjem niza diferencijalnih probnih pečenja.

Probna pečenja su obavljena uz primenu intenzivnog i brzohodnog zamesa. Pregled sastava hlebnog testa i parametara sprovođenja probnog pečenja prikazan je u tabeli 7.

Tabela 7: Sastav testa i parametri vođenja probnog pečenja

Parametar	Opis	
Sastav testa		
Brašno, %	udeo koji nije u kvasu	
Predferment, %	za konzistenciju 500 FJ	
So, %	2 %	
Aditiv, %	prema preporuci	
Zames testa	intenzivni	brzohodni
Tip mesilice	mikser, Stephan	Diosna
Trajanje zamesa, min	100 s, 1400 o/min	565 s
Konzistencija testa, FJ	500	500
Temperatura testa, °C	30	30
Vođenje testa		
Fermentacija testa u masi, min	10	45+15
Masa testanih komada, g	555	555
Intermedijarna fermentacija, min	10	10
Formiranje vekni	rol mašina, Gostol	rol mašina, Gostol
Završna fermentacija		
Trajanje, min	do optimuma	do optimuma
Temperatura, °C	30	30
Relativna vlažnost vazduha, %	> 80	> 80
Pečenje		
Vrsta peći	etažna, Termotehnika	etažna, Termotehnika
Temperatura, °C	220 ± 5	220 ± 5
Trajanje pečenja	do mase 512-514 g	do mase 512-514 g

Ocena kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem izvršena je uz primenu senzornih i instrumentalnih metoda. U cilju praćenja efekata postignutih u pogledu održivosti svežine hleba, ocena hleba obavljena je nakon 8, 24 i 48 sati nakon pečenja.

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

Ocena senzornih svojstava hleba obavljena je po metodici preporučenoj u literaturi (24) 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 u skladu sa preporukama iz literature (24, 14).

Instrumentalna ocena kvaliteta hleba obavljena je merenjem pokazatelja stišljivosti sredine hleba uz primenu SUR Penetrometra, PNR 6, prema metodici opisanoj u literaturi (22).

Pored ocene kvaliteta, 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.

4.4.5. MIKROBIOLOŠKA ISPITIVANJA

Tokom ispitivanja optimizacije postupka revitalizacije otpadnog kvasca iz pivare za primenu u pekarskoj industriji izvršeno je ispitivanje ukupnog broja i broja mrtvih ćelija proizvodnih mikroorganizama. Ukupan broj ćelija određivan je direktnom metodom. Korišćen je metod direktnog brojanja kvasnih ćelija u Neubauer-ovoj komori. Procenat mrtvih ćelija određivan je suspendovanjem uzorka predfermenta u rastvor 0,01 % metilensko plavog. Mrtve ćelije kvasaca su registrovane kao tamno plavo obojene a žive ćelije kao neobojene ili svetlo plavo obojene (57).

4.4.6. 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 (43) i metodi uobičajeni u praksi i opisani u literaturi, kao što je određivanje sadržaja vlažnog glutena (24). Kvalitet pekarskog kvasca kontrolisan je metodom određivanja fermentativne aktivnosti (23).

4.4.7. RAČUNSKI METODI

4.4.7.1. Statistički metodi

Za potrebe statističke obrade podataka korišćeni su metodi opisane u literaturi (16). Za statističku obradu podataka, obavljenu na personalnom računaru, korišćen je program MS Origin 5,0.

4.4.7.2. 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 na primeru industrijske pekare kapaciteta 10000 komada hleba/dan koja je uobičajena u našoj zemlji.

U proračunima su korišćeni savremeni principi projektovanja biohemijskih reaktora (29, 42), kao i postojeća saznanja o utrošku i vrstama sirovina u proizvodnji hleba u našoj zemlji (26, 27).

5. 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 revitalizacije otpadnog kvasca iz pivare za primenu u pekarskoj industriji, optimalnog sa aspekta postavljenih ciljeva:

- rešavanje odlaganja otpadnog pivskog kvasca u pivarama;
- ostvarenja maksimalno mogućih ušteda u pekarskom kvascu;
- postizanje odgovarajuće stabilnosti procesa;
- ostvarenje kvaliteta hleba u skladu sa zahtevima određenog kruga potrošača koji pretenduju na hleb na bazi pivskog kvasca
- ostvarenja maksimalno povoljnih efekata na svojstva hlebnog testa.

Optimizacija postupka polazi od definisanja najpogodnijeg sredstva za odgorčavanje otpadnog pivskog kvasca, zatim sirovinskog sastava podloge (predfermenta) kao osnovnog preduslova za iniciranje fermentativnih aktivnosti pivskog kvasca. Potom se definiše optimalan udeo proizvodne mikroflore, primenom samo pivskog kvasca i primenom kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Nastavlja se optimizacijom uslova fermentacije koji će rezultirati maksimalnim efektima aktivacije pivskog kvasca putem definisanja procesnih parametara proizvodnje, potom upoređenjem diskontinualne i polukontinualne tehnike fermentacije, u cilju davanja prednosti tehnici koja daje optimalne rezultate. Optimizacija postupka revitalizacije se nastavlja ispitivanjem uticaja različitih generacija i sojeva pivskog kvasca na tok fermentacije i efekte aktivacije, da bi se završila ispitivanjem trajnosti dobijenog revitalizovanog pivskog kvasca za primenu u pekarskoj industriji.

Optimizacija postupka revitalizacije pivskog kvasca, kao i rezultati ispitivanja su diskutovani posebno za dvostepeni postupak, kao fleksibilniji u pogledu mogućnosti razdvajanja faza aktivacije pivskog kvasca i faze prilagođavanja pivskog kvasca na brašno kao podlogu, a posebno za jednostepeni postupak, kao jednostavniji i u pogledu opreme manje zahtevan.

U nastavku su dati rezultati proračuna bilansa sirovina, kapaciteta i performansi opreme u okviru idejnog rešenja postrojenja potrebnog za eksploataciju razvijenog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca u praksi u zavisnosti od kapaciteta pekarskog pogona kome je revitalizovan pivski kvasac namenjen.

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

5.1. ODGORČAVANJE PIVSKOG KVASCA

Da bi se otpadni kvasac iz industrije piva mogao koristio u ljudskoj ishrani, mora se prethodno obraditi tj. oprati, odgorčiti i smanjiti sadržaj nukleinskih kiselina. S obzirom da biomasa pivskog kvasca, nakon procesa proizvodnje piva, za sebe veže uglavnom čestice hmelja iz hranjive podloge, koje čine gorku komponentu, uklanjanja tih čestica sa površine ćelija kvasca naziva se odgorčavanje (4).

S obzirom da primena pivskog kvasca u pekarskoj industriji nezahteva prethodno smanjenje sadržaja nukleinskih kiselina u biomasi pivskog kvasca, u okviru ovih ispitivanja otpadni pivski kvasac je prošao postupke pranja i odgorčavanja.

Za pranje pivskog kvasca je korišćena česmenska voda, nakon čega je sledila separacija biomase kvasca (7000 o/min, separeator "Westafalia") a potom ponovno suspendovanje biomase kvasca u česmenskoj vodi. Postupak pranja je ponavljan dva puta.

Kao sredstvo za odgorčavanje u ispitivanjima su korišćeni blago alkalni rastvori Na_2CO_3 i NaHCO_3 (Merck) u koncentracijama 0,5%, 1% i 2%.

Postupak odgorčavanja se sastoji u sledećem (1):

- razblaživanje suspenzije kvasca rastvorom za odgorčavanje određene koncentracije u odnosu 1:1;
- podešavanje vrednosti pH suspenzije na oko 8;
- homogenizovanje suspenzije kvasca 15 minuta;
- separacija biomase na 7000 o/min;
- ispiranje biomase kvasca česmenskom vodom (dva puta).

Za ispitivanje uticaja sredstva za odgorčavanje pivskog kvasca na procenat mrtvih ćelija i fermentativnu aktivnost u hlebnom testu korišćena je treća generacija pivskog kvasca pivare A.

Rezultati koji su dobijeni u ovom delu ispitivanja omogućuju da se sagleda tok mikrobioloških procesa u predfermentu koji se dobija iz prethodno pripremljenog pivskog kvasca. U toku eksperimenta praćen je uticaj sredstva za odgorčavanje na mortalitet ćelija pivskog kvasca, kao i uticaj sastava podloge i vremena fermentacije na tehnološki kvalitet dobijenog predfermenta (fermentativna snaga kvasca, ml CO_2) koji se koristi za proizvodnju tečnog kvasa dobijenog dvostepenim postupkom.

Ako se pivski kvasac koristi za proizvodnju tečnog kvasa dvostepenim postupkom, potrebno je prethodno odrediti optimalan sastav predfermenta i količinu kvasca koju treba dodati. Optimalan sadržaj pivskog kvasca u odnosu na vodu iznosi 12 % i određen je u okviru ranijih preliminarnih ispitivanja (13). Sadržaj maltex-a bio je 7 % i 9 % u odnosu na vodu.

a) Uticaj sredstva za odgorčavanje na procenat mrtvih ćelija

Kao što je u opisu u ranijem poglavlju napisano, ispitivana su dva sredstva za odgorčavanje (Na_2CO_3 i NaHCO_3) pivskog kvasca koji će se koristiti kao proizvodni mikroorganizmi za proizvodnju predfermenta. Izvršeno je poređenje rezultata nativnog pivskog kvasca (neodgorčenog) dobijenog iz pivare i uzoraka koji su tretirani na ranije opisan način, kao i poređenje ispranog i neispranog uzorka. Rezultati do kojih se došlo ovim ispitivanjima su prikazani u tabeli 8.

Tabela 8: Procenat mrtvih ćelija pivskog kvasca

Vrsta i koncentracija sredstva za odgorčavanje		Procenat mrtvih ćelija	
		ispran	neispran
Nativan pivski kvasac		6,9	6,4
Na_2CO_3	0,5 %	9,3	10,2
	1 %	11,5	13,6
	2 %	32,5	35,8
NaHCO_3	0,5 %	10,3	14,2
	1 %	14,4	18,5
	2 %	37,2	41,9

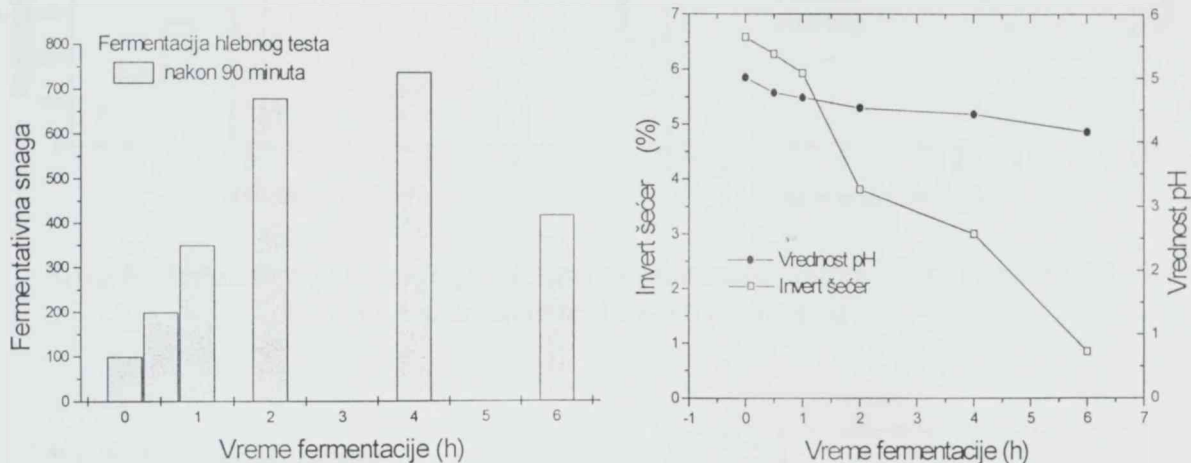
Na osnovu prikazanih rezultata u tabeli 8 se može zaključiti da se povećanjem koncentracije sredstva za odgorčavanje u slučaju isprane biomase kvasca povećava procenat mrtvih ćelija, dok je ovo povećanje nešto izraženije kod biomase kvasca koja nije isprana nakon odgorčavanja. Procenat mrtvih ćelija se sa 0,5 % Na_2CO_3 i 0,5 % NaHCO_3 kao sredstvima za odgorčavanje (sa ispiranjem) povećava u odnosu na nativni kvasac za 35 %, odnosno 50 % respektivno, dok se pri odgorčavanju bez ispiranja procenat mrtvih ćelija povećava za 60 %, odnosno 120 % respektivno. Pri korišćenju 4 puta veće koncentracije sredstva za odgorčavanje (sa i bez ispiranja), procenat mrtvih ćelija se povećava za preko 300 %.

Takođe se može uočiti da se veći procenat mrtvih ćelija dobija pri odgorčavanju kvasca bez ispiranja, što se može objasniti dužim kontaktom biomase kvasca sa sredstvom za odgorčavanje. Rastvori Na_2CO_3 i NaHCO_3 uklanjaju čestice hmelja i zaostale proteine sa površine ćelije kvasca, ali i negativno deluju na strukturne komponente ćelije kvasca što u dužem kontaktu može dovesti do liziranja ćelija kvasca.

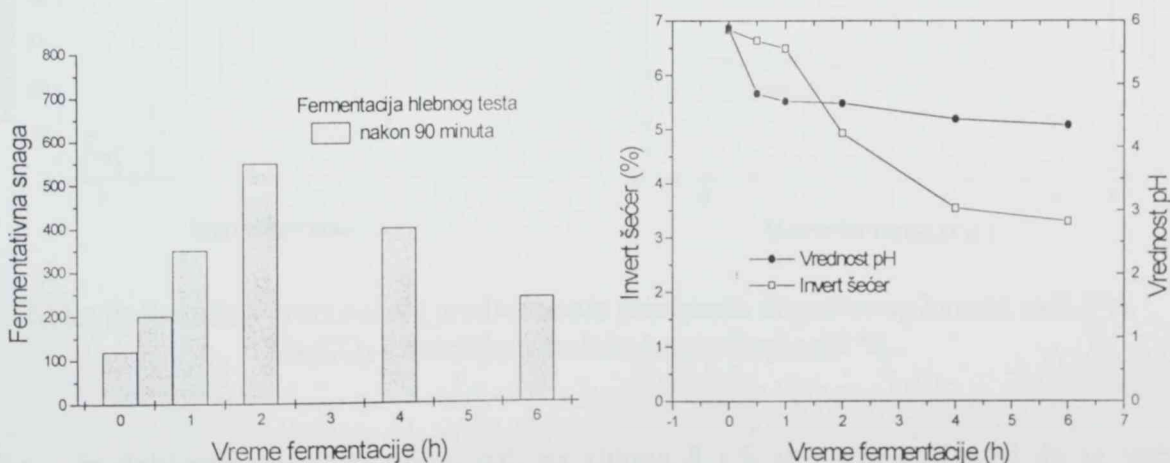
S obzirom da je za dalja ispitivanja primene pivskog kvasca u pekarskoj industriji neophodan odgorčen pivski kvasac sa što manjim procentom mrtvih ćelija, kao optimalno sredstvo za odgorčavanje može se preporučiti rastvor 0,5 % Na_2CO_3 .

b) Uticaj pripreme kvasca, sastava podloge i vremena fermentacije na tehnološki kvalitet proizvedenog predfermenta (fermentativna snaga kvasca, ml CO₂)

U cilju definisanja optimalnog sastava hranljive podloge za proizvodnju predfermenta pomoću pogodno pripremljenog pivskog kvasca izvršeni su eksperimenti koji su prikazani na slikama 6, 7, 8, 9, 10. Prva serija eksperimenata je izvedena sa kvascem koji je korišćen za pripremu predfermenta bez odgorčavanja, odnosno na način kako je opisano u prethodnom odeljku. Rezultati ovih istraživanja su dati na slikama 6 i 7.



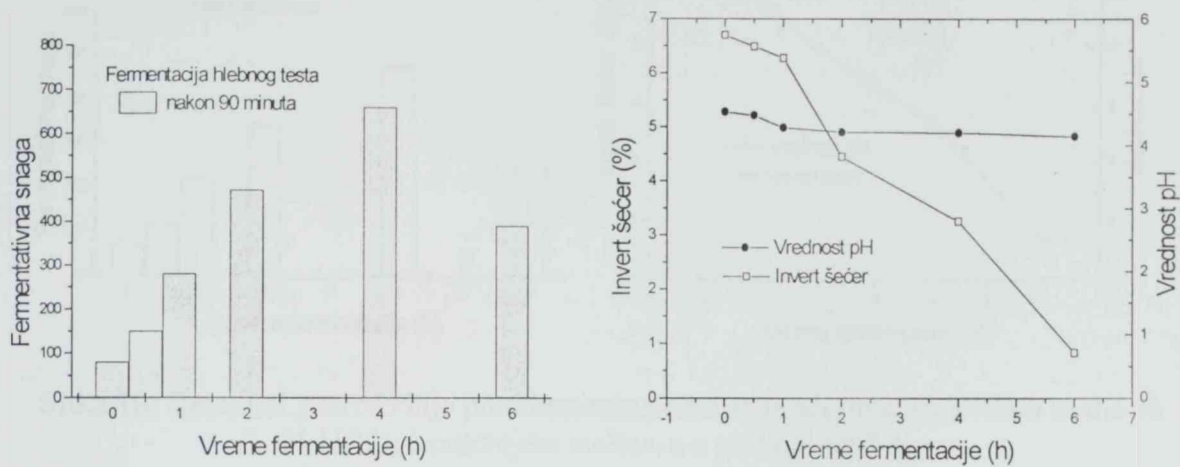
Slika 6: Rezultati proizvodnje predfermenta primenom nativnog kvasca i sadržajem maltex-a u podlozi od 7 %.



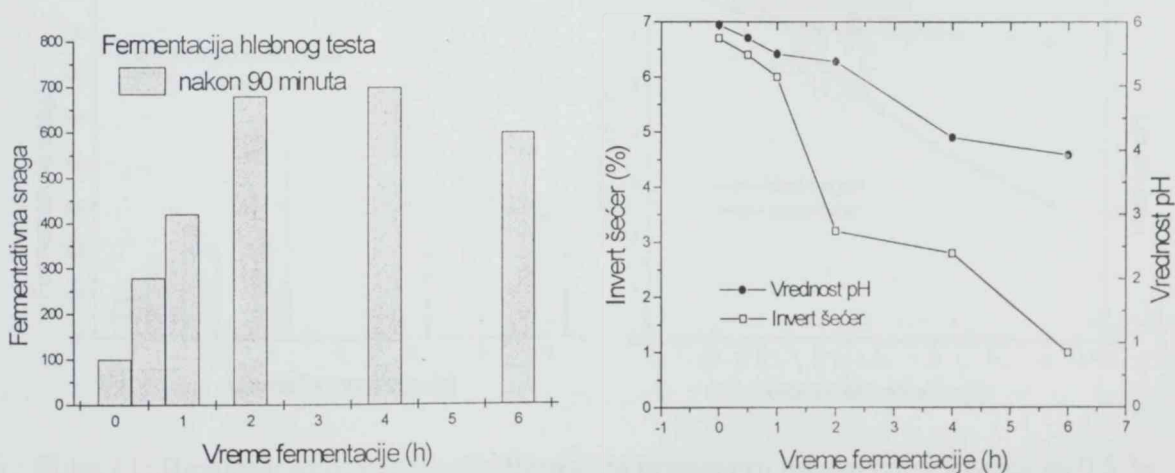
Slika 7: Rezultati proizvodnje predfermenta primenom nativnog kvasca i sadržajem maltex-a u podlozi od 9 %.

Na osnovu prikazanih rezultata na slikama 6 i 7 se može zapaziti da se veća metabolička aktivnost kvasca ostvaruje pri nižim sadržajima izvora ugljenika, što je verovatno posledica inhibicije viših koncentracija ugljenih hidrata (iz malteksta) na enzime EMP metaboličkog puta pivskog kvasca.

Na slikama 8 i 9 su prikazani rezultati oglada sa kvascem koji je odgorčen sa 0,5 % rastvorom Na_2CO_3 i različitim koncentracijama maltex-a.



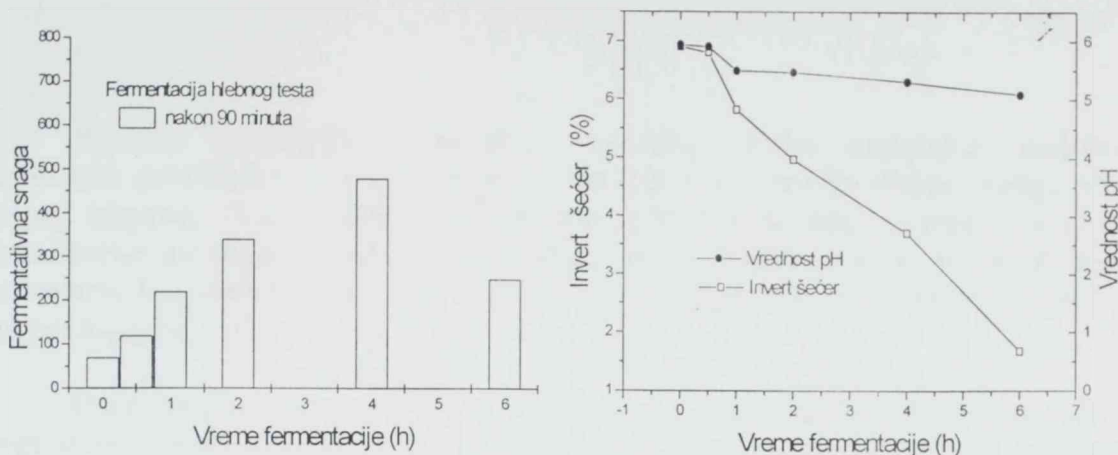
Slika 8: Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % Na_2CO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 7 %.



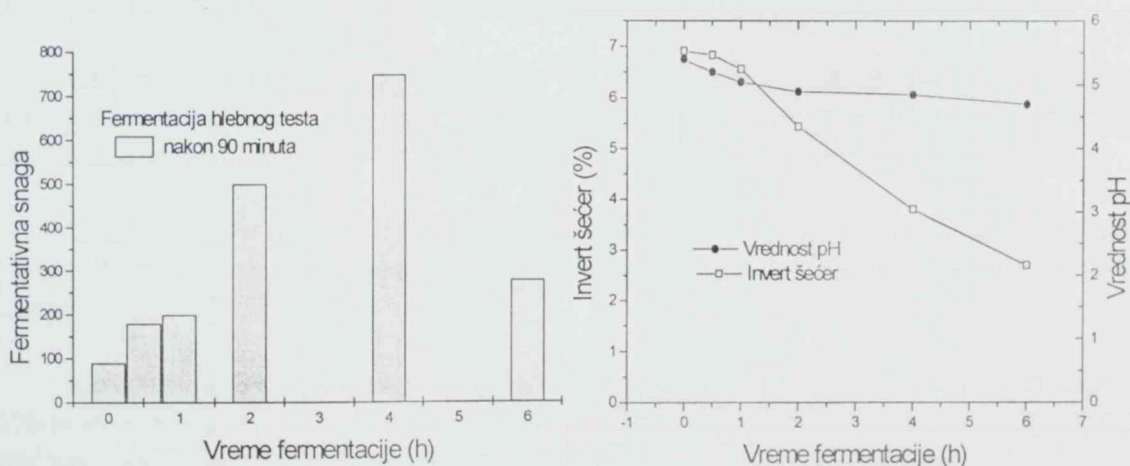
Slika 9: Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % Na_2CO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 9 %.

Iz dobijenih rezultata prikazanih na slikama 8 i 9 se može zaključiti da se veća fermentativna aktivnost kvasca postiže pri većem sadržaju maltex-a.

Isti ogladi kao i u prethodnom slučaju su izvedeni sa kvascem koji je odgorčen sa 0,5% NaHCO_3 . Iz dobijenih rezultata se može zapaziti kao i u prethodnom slučaju, da se ostvaruje veća fermentativna aktivnost kvasca pri sadržaju maltex-a od 9 %.



Slika 10: Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % NaHCO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 7 %.



Slika 11: Rezultati proizvodnje predfermenta primenom odgorčenog kvasca sa 0,5 % NaHCO_3 i sadržajem maltex-a u podlozi od 9 %.

Generalno se može zaključiti da se u svim varijantama ostvaruju veće količine izdviženog CO_2 , pri koncentracijama maltex-a od 9 %. Ovo je verovatno posledica aktiviranja enzima EMP metaboličkog puta pivskog kvasca.

Tokom aerobne faze proizvodnje predfermenta, praćen je sadržaj invert šećera u cilju određivanja optimalnog vremena trajanja fermentacije. Na osnovu potrošnje invert šećera i količine izdvojenog CO_2 se može zaključiti da je optimalno vreme aerobne faze proizvodnje tečnog predfermenta iz odgorčenog pivskog kvasca 4 sata.

5.2. PRIMENA DVOSTEPENOG POSTUPKA

Primena dvostepenog postupka proizvodnje hleba omogućuje podešavanje parametara proizvodnje pri kojima će se odvijati fermentacija tokom prvog, odnosno drugog stepena. Ova prednost dvostepenog postupka je kod optimizacije postupka revitalizacije pivskog kvasca posebno značajna s obzirom na to da se omogućuje razdvajanje faze aktivacije pivskog kvasca i faze prilagođavanja pivskog kvasca na brašno kao podlogu.

Osnovna prednost dvostepenog postupka je u činjenici da je njegovom primenom moguće obezbediti optimizaciju sastava podloge i procesnih parametara fermentacije usmerenu ka optimizaciji fermentativne aktivnosti pivskog kvasca u jednom, odnosno ka optimizaciji postupka prilagođavanja pivskog kvasca na brašno kao podlogu u drugom stepenu.

Treba uzeti u obzir i činjenicu da primena dvostepenog postupka pretpostavlja i udvostručenje zahteva u pogledu opreme koju treba ugraditi u postrojenje, pa su samim tim i ulaganja u postrojenja veća nego u slučaju jednostepenog postupka.

Cilj ovog dela istraživanja je da se ispita mogućnost revitalizacije otpadnog pivskog kvasca koristeći kao polaznu osnovu dostepeni postupak za proizvodnju tečnih kvasova koji je razvijen na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu (31).

U toku ispitivanja sprovedena su četiri eksperimenta pri čemu je variran ili sastav podloge ili način pripreme pivskog kvasca ili procesni parametri fermentacije (brzina aeracije i brzina mešanja).

Korišćen je otpadni kvasac treće generacije iz pivare A, kao nativan i kao odgorčen 0,5%-tnim rastvorom Na_2CO_3 koje se pokazalo kao nejefikasnije sredstvo za ogorčavanje otpadnog kvasca iz pivare. Fermentacija se odvijala u laboratorijskom fermentoru Chemap.

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

- stalan uvid u sirovinski sastav hlebnog testa;
- direktnu vezu obračuna potrebne količine sirovine za pripremu kvasa za zadatak količinu hleba.

Prilikom tumačenja dobijenih rezultata usvojene su uslovne vrednosti merenih parametara pri kojim se svojstva hlebnog testa mogu smatrati prihvatljivim sa aspekta ponašanja u tehnološkom postupku proizvodnje hleba i kvaliteta gotovog proizvoda i to za fermentativnu snagu kvasca u hlebnom testu usvojene su vrednosti preko 400 ml kao prihvatljive, a preko 300 ml kao uslovno prihvatljive.

U tabelama 9 i 10 prikazani su sastav podloge prvog stepena fermentacije (prefermenta), u odnosu na vodu u podlozi, i u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, respektivno. Vrednosti procesnih parametara fermentacije za četiri izvedena eksperimenta prikazane su u tabeli 11, a u tabeli 12 sastav tečnog kvasa kao podloge drugog stepena koji je isti za sva četiri eksperimenta.

Tabela 9: Sastav predfermenta u odnosu na vodu

Sastav, %	Eksperiment			
	I	II	III	IV
Voda	96,25	100	100	100
Pivski kvasac (nativan)	18,75	-	-	-
Pivski kvasac (odgorčen)	-	15	15	15
Maltex	9	9	9	4

Tabela 10: Sastav predfermenta u odnosu na brašno za zames

Sastav, %	Eksperiment			
	I	II	III	IV
Voda	46,57	48,4	48,4	48,4
Pivski kvasac (nativan)	9,07	-	-	-
Pivski kvasac (odgorčen)	-	7,25	7,25	7,25
Maltex	4,35	4,35	4,35	1,93

Tabela 11: Procesni parametri fermentacije predfermenta

Parametar	Eksperiment			
	I	II	III	IV
Temperatura, °C	30	30	30	30
Brzina aeracije, l/min	5	5	0	5
Brzina mešanja, o/min	300	300	50	300

Tabela 12: Sastav tečnog kvasa

Sastav, %	U odnosu na podlogu	U odnosu na brašno
Tečni predferment	66,66	60
Brašno	33,33	30

Četiri eksperimenta, sprovedena u okviru ovog dela istraživanja, koncipirana su tako da se sagleda mogućnost ostvarenja uspešne pripreme i aktivacije pivskog kvasca variranjem sledećih parametara u procesu aktivacije:

- priprema pivskog kvasca,
- procesni parametri u prvom stepenu fermentacije (brzina aeracije i brzina mešanja),
- sastav hranljive podloge (sadržaj izvora fermentabilnih šećera i hranljivih materija)

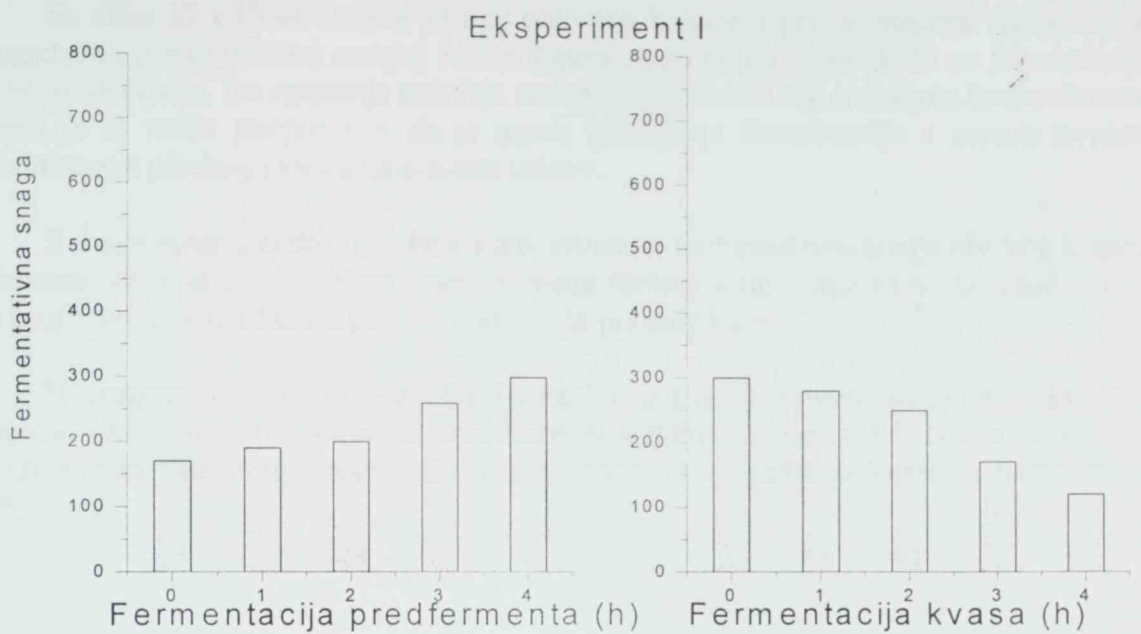
Rezultati istraživanja obuhvataju parametre vezane za praćenje toka fermentacije (sadržaj invert šećera u podlozi i vrednost pH podloge) i parametre koji karakterišu efekte aktivacije značajne za primenu pivskog kvasca u pekarstvu (fermentativna snaga u hlebnom testu).

Uporedne vrednosti navedenih parametara ostvarene prilikom variranja načina pripreme kvasca (eksperimenti I i II), brzine aeracije i brzine mešanja u prvom stepenu (eksperimenti II i III) i sastava podloge (eksperimenti II i IV) biće prodiskutovane za svaki od ispitivanih parametara posebno.

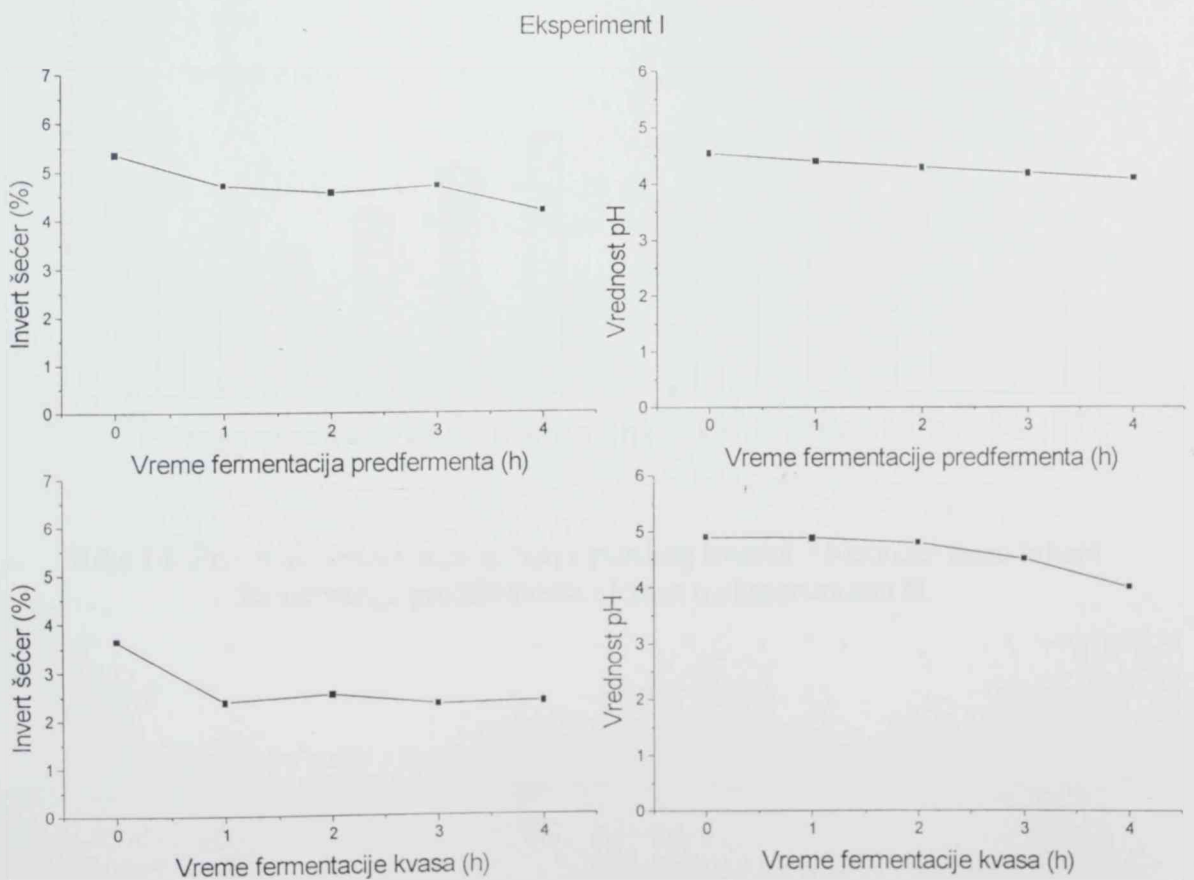
5.2.1. UTICAJ PRIPREME PIVSKOG KVASCA

Uticaj pripreme pivskog kvasca ispitan je uporednim ispitivanjem postupka aktivacije pri čemu je u prvom eksperimentu korišćen pivski kvasac u obliku u kojem je dobijen iz pivare A (neodgorčen), a u drugom eksperimentu, kvasac koji je odgorčen primenom 0,5% rastvora Na_2CO_3 . Količine kvasca, s obzirom na različit sadržaj vlage, svedene su na isti sadržaj kvasca u podlozi, kao što je prikazano u tabeli 9.

Rezultati ispitivanja uticaja načina pripreme pivskog kvasca na tok fermentacije i efekte aktivacije prikazani su na slikama 12, 13, 14 i 15.



Slika 12: Promene fermentativne snage pivskog kvasca tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu I.

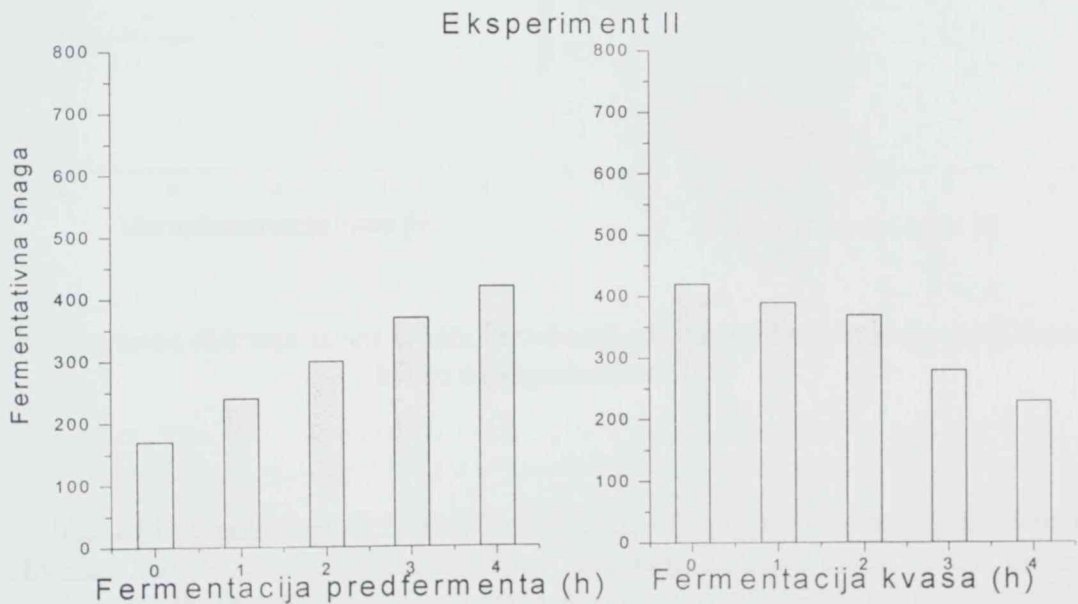


Slika 13: Promene sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu I.

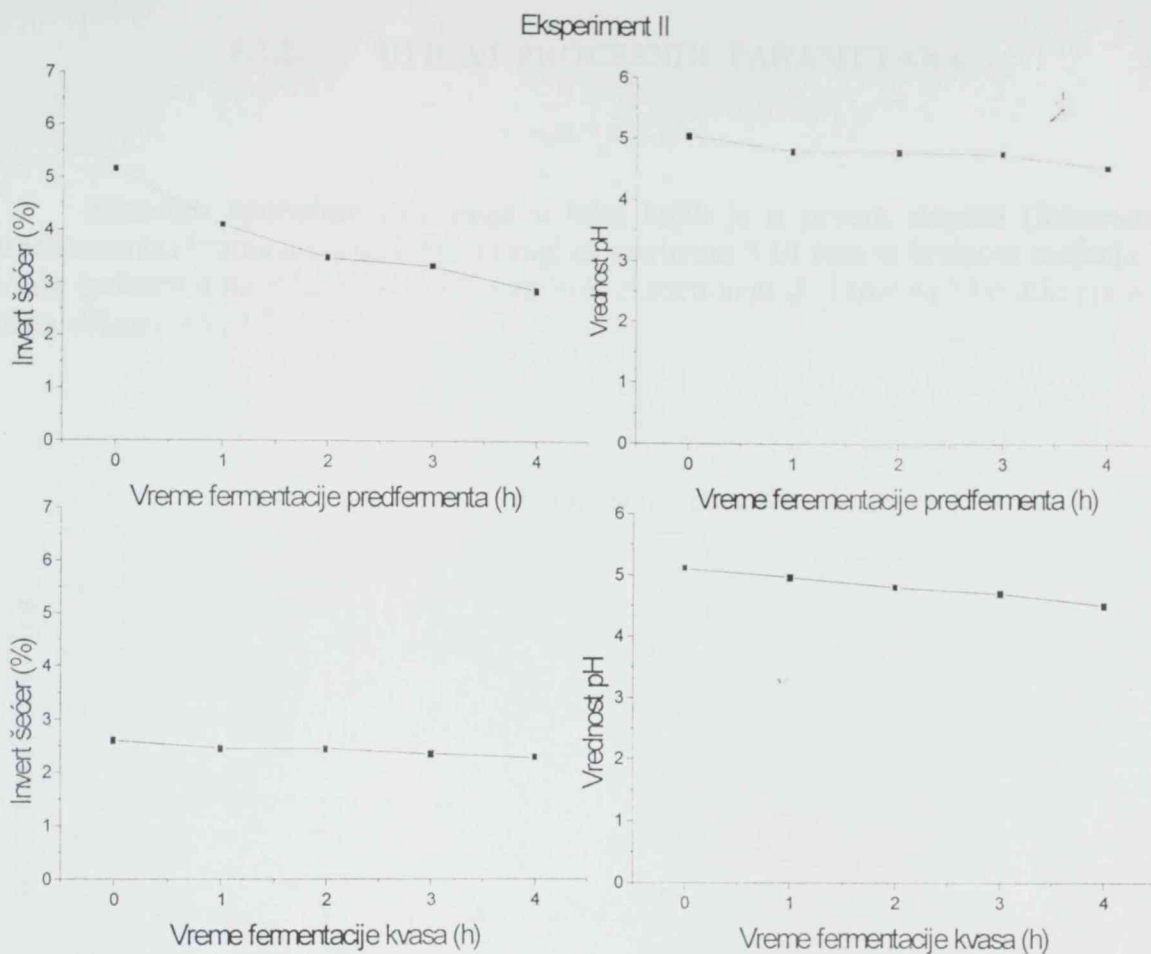
Sa slika 12 i 13 se uočava da kod nativnog kvasca u prvom stepenu fermentacije (fermentacija predfermenta) sadržaj invert šećera stagnira što ukazuje da se fermentacija praktično ne odvija. Do opadanja sadržaja invert šećera dolazi tek u drugom (anaerobnom) stepenu te se može pretpostaviti da je uzrok izostajanja fermentacije u prvom stepenu neadaptiranost pivskog kvasca na aerobne uslove.

S druge strane, uprkos izostanku fermentacije, fermentativna snaga pivskog kvasca u hlebnom testu sa produženjem prvog stepena fermentacije blago raste što znači da se ipak postižu određeni efekti u pogledu aktivacije pivskog kvasca.

U drugom stepenu fermentacije (fermentacija kvasa) fermentativna snaga pivskog kvasca u hlebnom testu opada sa produženjem trajanja fermentacije, što je verovatno posledica kako anaerobnih uslova tako i iscrpljenosti ćelija pivskog kvasca u fermentaciji predfermenta.



Slika 14: Promene fermentativne snage pivskog kvasca u hlebnom testu tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu II.



Slika 15: Promene sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu II.

Slike 14 i 15 pokazuje da za razliku od neodgorčenog kvasca, odorčeni i separisani pivski kvasac, kao što se može videti na osnovu opadanja sadržaja invert šećera, počinje sa fermentativnom aktivnošću već u prvom stepenu, a ovaj trend se sa nešto blažim intenzitetom nastavlja i u drugom anaerobnom stepenu sa brašnom kao podlogom.

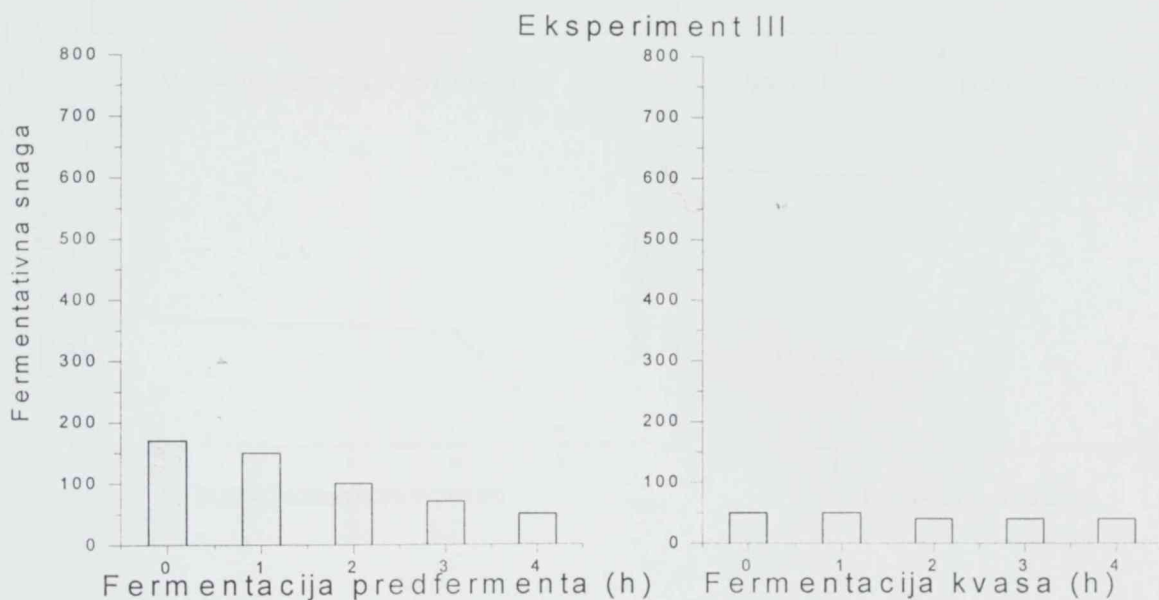
Aktivacija odgorčenog i separisanog pivskog kvasca, sagledana preko fermentativne snage u hlebnom testu, viša je nego kod neodgorčenog pivskog kvasca s obzirom da fermentativna snaga pivskog kvasca sa produženjem trajanja fermentacije intenzivnije raste.

U drugom anaerobnom stepenu fermentativna snaga i u ovom slučaju opada. Ovakav rezultat ukazuje na neopravdanost primene pivskog kvasca u procesima proizvodnje hleba koji zahtevaju dužu fermentaciju (dvostepeni postupak).

Vrednosti pH predfermenta i kvasa tokom fermentacije variraju u granicama optimalnim za ćelije pivskog kvasca (59).

5.2.2. UTICAJ PROCESNIH PARAMETARA

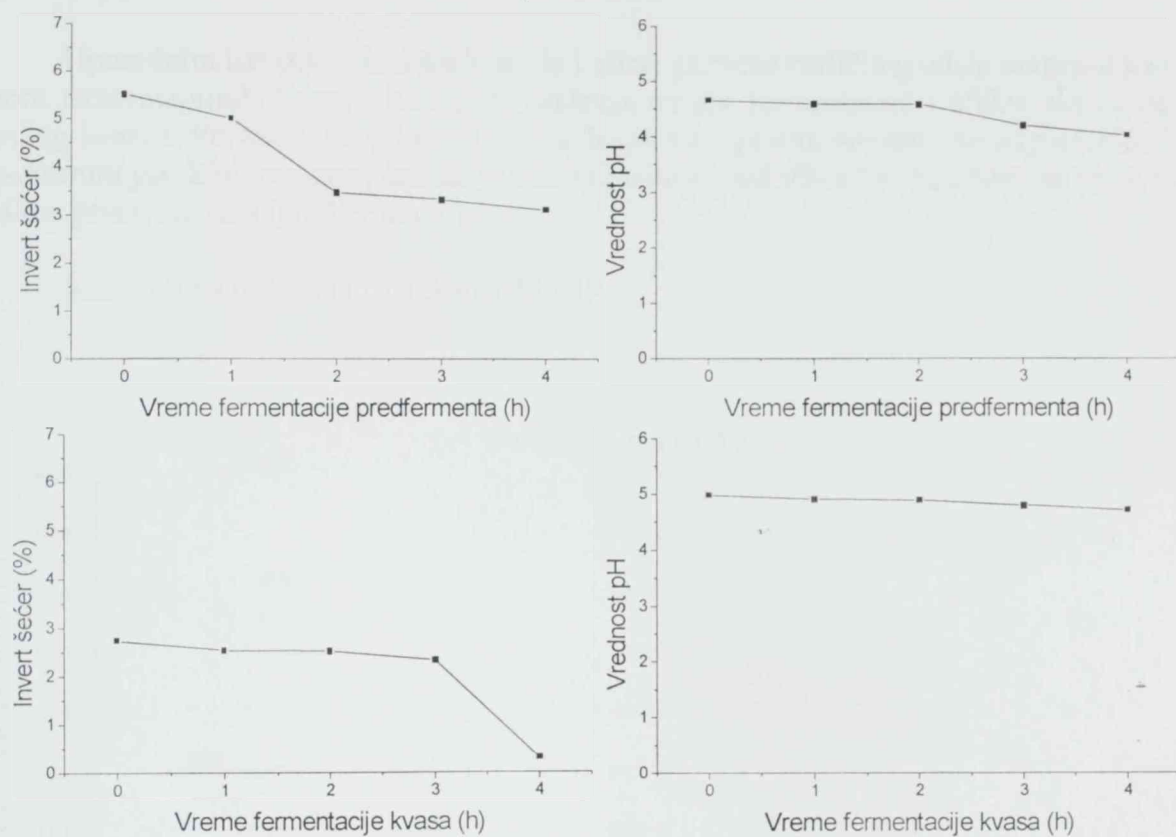
Rezultati uporednih ispitivanja u toku kojih je u prvom stepenu (fermentacija predfermenta) brzina aeracije bila za drugi eksperiment 5 l/l min sa brzinom mešanja 300 o/min (prikazani na slikama 14 i 15) i za treći eksperiment 0 l/l min sa 50 o/min prikazani su na slikama 16 i 17.



Slika 16: Promena fermentativne snage pivskog kvasca u hlebnom testu tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu III.

Prikazani rezultati jasno pokazuju da su, uprkos relativno sličnom toku fermentacije sagledanom preko sadržaja invert šećera, efekti aktivacije pivskog kvasca, iskazani fermentativnom snagom u hlebnom testu, neuporedivo lošiji kada su uslovi fermentacije u prvom stepenu anaerobni (brzina aeracije 0 l/l min i mala brzina mešanja), te da prednost treba dati aerobnom postupku. Ovo je posledica nedovoljne aktivnosti enzimskog kompleksa ćelija pivskog kvasca za šta je uzrok verovatno neprilagođenost ćelija pivskog kvasca na brašno kao podlogu kao i odsustvo kiseonika.

Eksperiment III

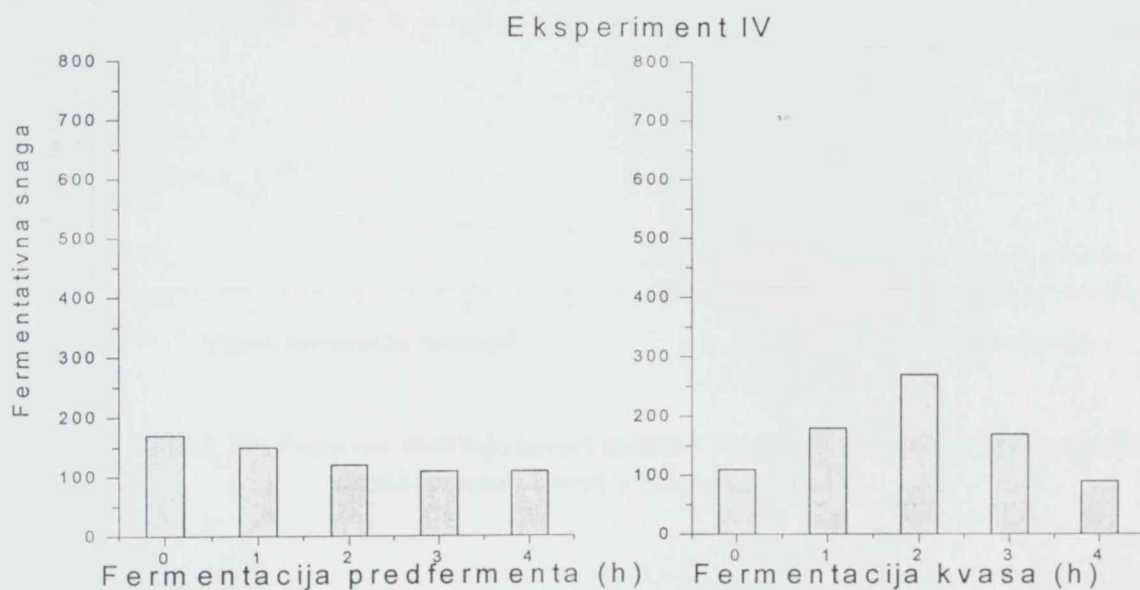


Slika 17: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu III.

5.2.3. UTICAJ SASTAVA PODLOGE

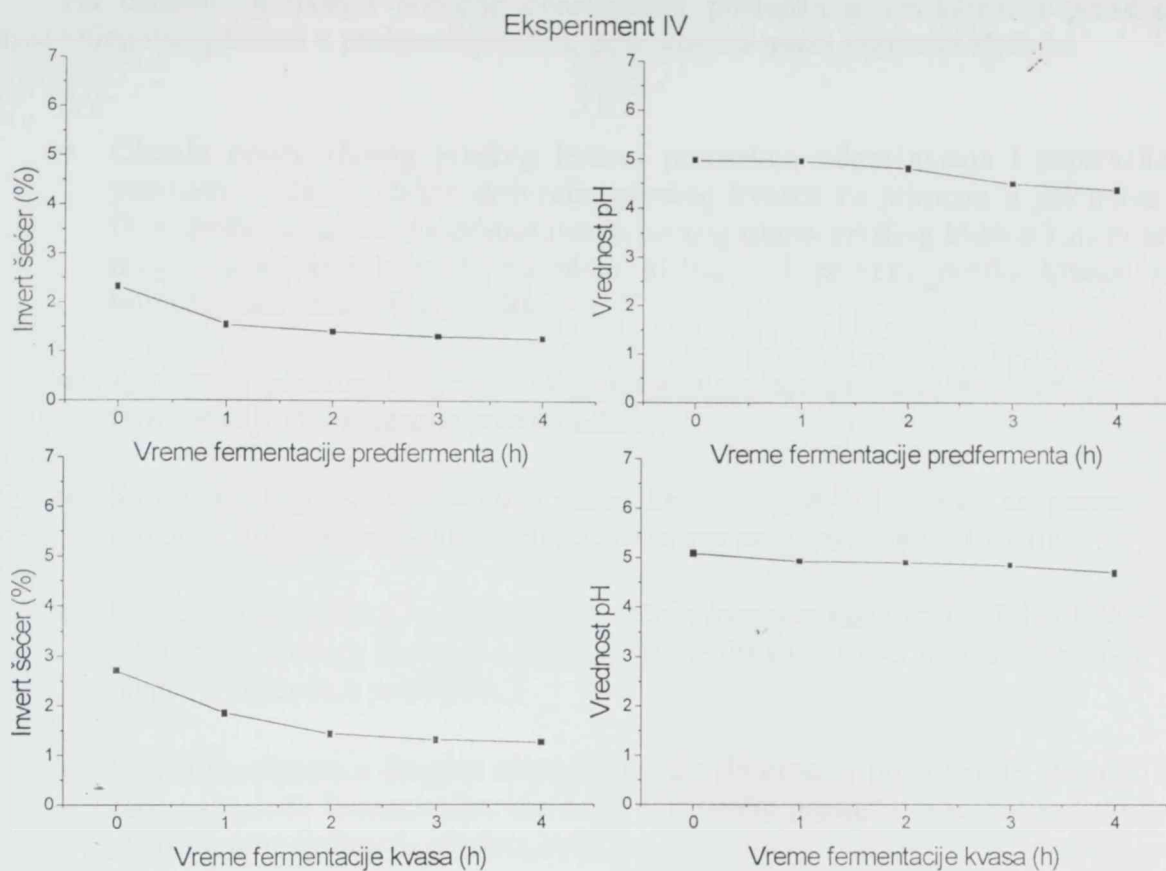
Uporednim istraživanjima sagledan je i uticaj primene različitog udela maltex-a kao izvora fermentabilnih šećera i hranljivih materija na tok fermentacije i efekte aktivacije pivskog kvasca. Pri tome, uz primenu aerobnih uslova u prvom stepenu, sa odgorčenim i separisanim pivskim kvascem, ispitan je sadržaj maltex-a od 9% i 4% u odnosu na vodu u podlozi prvog stepena (predfermentu).

Rezultati su prikazani na slikama 18 i 19.



Slika 18: Promena fermentativne snage pivskog kvasca u hlebnom testu tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu IV.

Prema rezultatima prikazanim na slici 18 jasno se vidi da primena manjeg sadržaja (4%) maltex-a u podlozi rezultira vrlo brzim utroškom fermentabilnih šećera, s obzirom da je već nakon dva do tri sata fermentacije sadržaj invert šećera na nivou graničnih za primenjenu metodu, koje su utvrđene u ranijim istraživanjima.



Slika 19: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta i kvasa u eksperimentu IV.

Slika 19 pokazuje da ovakav tok fermentacije uzrokuje i negativne efekte u pogledu efekata aktivacije pivskog kvasca, sagledanih preko fermentativne snage u hlebnom testu. Efekat aktivacije u vrlo blagom obliku dolazi do izražaja tek u drugom stepenu (fermentacija kvasa) u toku prva dva sata fermentacije, da bi nakon toga opet opao.

Važno je naglasiti da je vrednost pH u toku svih eksperimenata blago varirala u granicama koje dozvoljavaju nesmetanu fermentativnu aktivnost pivskog kvasca.

Na osnovu ispitivanja primene dvostepenog postupka u revitalizaciji pivskog kvasca i njegovoj primeni u proizvodnji hleba, generalno se može zaključiti sledeće:

- Obrada neodgorčenog pivskog kvasca procesima odgorčavanja i separacije pozitivno utiče na efekte aktivacije pivskog kvasca za primenu u pekarstvu. Ovaj postupak garantuje odstranjvanje gorkog ukusa pivskog kvasca koji bi se mogao negativno odraziti na ukus hleba, a i prevodi pivski kvasac u komercijalno prihvatljiviji oblik;
- Aktivacija pivskog kvasca je efektivnija u slučaju primene aerobnih uslova fermentacije (fermentacija predfermenta);
- Sastav podloge za aktivaciju pivskog kvasca mora biti takav da garantuje dovoljnu količinu fermentabilnih šećera za sve vreme trajanja aktivacije;
- Prvi stepen postupka za proizvodnju tečnih kvašova razvijen na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu (31) može se primeniti za aktivaciju pivskog kvasca i njegovu primenu u pekarstvu, i
- Opadanje efekata u drugom stepenu ukazuje da procesi proizvodnje hleba koji zahtevaju dužu fermentaciju, kao što je dvostepeni postupak nisu prihvatljivi za primenu u revitalizaciji pivskog kvasca.

5.3. PRIMENA JEDNOSTEPENOG POSTUPKA

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

U istraživanjima sprovedenim u ovom radu, optimizacija jednostepenog postupka za revitlizaciju pivskog kvasca uz primenu diskontinualne tehnike fermentacije, obuhvatila je :

- optimizaciju sastava podloge za fermentaciju sa aspekta sadržaja pivskog kvasca, sadržaja pivskog i pekarskog kvasca, sadržaja fermentabilnih šećera;
- optimizaciju vrednosti procesnih parametara fermentacije – temperature, brzine aeracije i brzine mešanja, za utvrđeni optimalni sastav podloga za fermentaciju.

Uz korišćenje optimalnog sastava podloga za fermentaciju i utvrđenih optimalnih vrednosti procesnih parametara fermentacije ispitana je i mogućnost primene polukontinualne tehnike fermentacije uz poređenje dobijenih rezultata sa onim koji su dobijeni primenom diskontinualne tehnike fermentacije.

5.3.1. OPTIMIZACIJA SASTAVA PODLOGA

Optimizacija sastava podloga za fermentaciju za jednostepeni postupak u pogledu sadržaja pivskog kvasca pivare A, kombinacije sadržaja pivskog i pekarskog kvasca, izvora fermentabilnih šećera sprovedena je uz korišćenje konstantnih vrednosti procesnih parametara fermentacije koji su na bazi poznavanja zahteva proizvodnog kvasca (59) i željenih efekata procesa pretpostavljeni kao povoljni, tabela 13.

Tabela 13: Procesni parametri fermentacije tokom optimizacije sastava podloga za fermentaciju

Temperatura fermentacije	30 °C
Brzina aeracije	4,5 l/l min
Brzina mešanja	300 o/min

Fermentacija predfermenta odvijala se u improvizovanom laboratorijskom fermentoru (Wolf-ovoj boci) radne zapremine 1,5 l.

5.3.1.1. Sadržaj pivskog kvasca

Kao jedan od osnovnih ciljeva istraživanja obuhvaćenih u ovom radu postavljeno je ostvarenje ušteda u pekarskom kvascu putem primene odgovarajućeg indirektnog postupka proizvodnje hleba uz revitalizaciju pivskog kvasca. Stoga je optimizacija sadržaja pivskog kvasca u predfermentu predstavljala prvi korak u optimizaciji jednostepenog postupka proizvodnje predfaza. Pri tome optimizacija sadržaja pivskog kvasca pretpostavljala je izbor minimalnog sadržaja pivskog kvasca koji će, uz primenu odgovarajućeg postupka revitalizacije, u postupku proizvodnje hleba, obezbediti prihvatljiva svojstva hleba i hlebnog testa.

S obzirom da se u proizvodnji hleba u našoj zemlji koriste sadržaji pekarskog kvasca na brašno za zames (2 do 2,5 % kod primene brzohodnog zamesa; 2,5 do 4 % kod primene intenzivnog zamesa) i uz pretpostavku da je fermentativna aktivnost pivskog kvasca slabija kao i da za pivski kvasac brašno nije optimalna podloga, definisani su sadržaji pivskog kvasca pri kojima je vršeno ispitivanje mogućnosti njegove primene i istovremene minimizacije sadržaja pivskog kvasca (tabela 14).

Tabela 14: Ispitivani sadržaji pivskog kvasca pivare A u predfermentu

Sadržaj u odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	4,0	6,0	8,0	10,0
Sadržaj u predfermentu kao podlozi, %	6,7	10,0	13,3	16,7

Pored navedenih sadržaja pivskog kvasca, sirovinski sastav predfermenta obuhvatao je komponente navedene u tabeli 15.

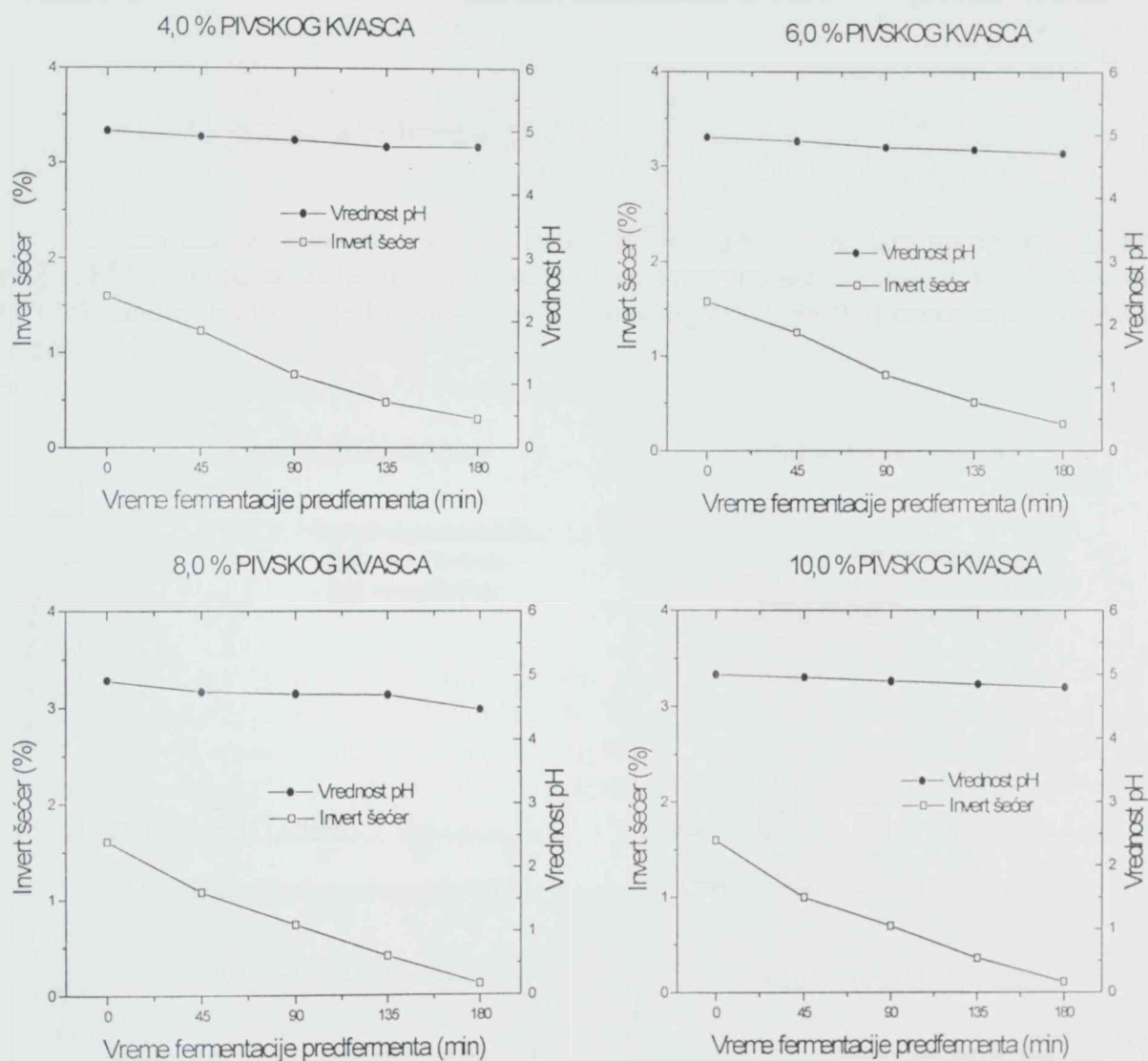
Tabela 15: Sastav predfermenta tokom optimizacije sadržaja pivskog kvasca

Komponenta	U odnosu na brašno za zames hlebnog testa, %	U predfermentu kao podlozi, % za sadržaj pivskog kvasca			
		4,0	6,0	8,0	10,0
Voda	53,0	88,3	85,0	81,7	78,3
Maltex	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0

a) Tok fermentacije

Rezultati praćenja toka fermentacije predfermenta sagledanog na bazi sadržaja invert šećera i vrednosti pH fermentacionog medijuma, za 180 minuta fermentacije predfermenta, prikazani su na slici 20 za sve ispitivane sadržaje pivskog kvasca.

Sadržaj invert šećera, bez obzira na primenjeni udeo pivskog kvasca u predfermentu kao supstratu prvog stepena opada ravnomerno tokom fermentacije predfermenta.



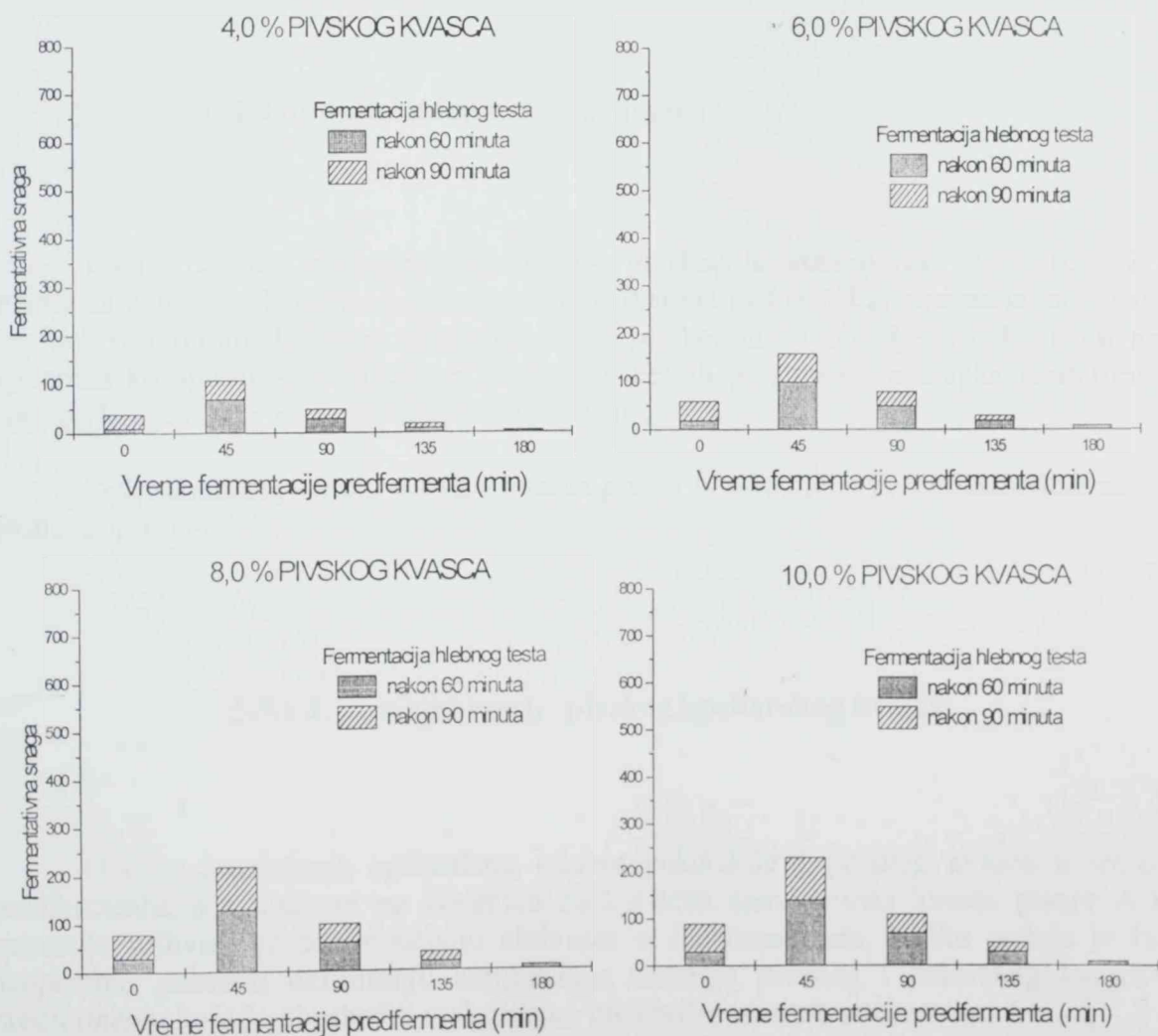
Slika 20: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta za različite sadržaje pivskog kvasca

Rezultati prikazani na slici 20 ukazuju da opadanje sadržaja invert šećera u predfermentu je ravnomerno do trenutka dostizanja vrednosti invert šećera kada praktično dolazi do iscrpljivanja fermentabilne komponente iz podloge. Kod sirovinskog sastava predfermenta koji predviđa viši sadržaj pivskog kvasca, opadanje sadržaja invert šećera je izraženije u toku prvih 45 minuta fermentacije, dok se kod sastava predfermenta sa nižim sadržajem pivskog kvasca ovaj pad vrednosti registruje nakon 90 minuta fermentacije predfermenta.

Prikazani rezultati ukazuju na činjenicu da tokom fermentacije predfermenta, za sva četiri ispitivana sadržaja pivskog kvasca, nije došlo do znatnijeg opadanja vrednosti pH fermentacione podloge. Ovaj pad vrednosti pH je pretpostavljamo posledica utroška mineralnih materija iz podloge. Vrednosti pH predfermenta, tokom svih 90 minuta trajanja fermentacije, nalazi se u opsegu optimalnom za fermentativnu aktivnost pivskog kvasca.

b) Svojstva hlebnog testa

Uticaj sastava podloga i trajanja fermentacije predfermenta kao prvog stepena na svojstva hlebnog testa sagledan je na osnovu fermentativne snage pivskog kvasca tokom 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u fermentografu. Rezultati ispitivanja prikazani su na slici 21.



Slika 21: Promena fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta za različite sadržaje pivskog kvasca

Prikazani rezultati na slici 21 ukazuju na to da se ni pri jednim od ispitivanih sadržaja pivskog kvasca pivare A u predfermentu ne postiže prihvatljiva vrednost fermentativne snage u hlebnom testu, čak ni uslovno prihvatljiva vrednost. Pri većim sadržajima pivskog kvasca u predfermentu (8,0 % i 10,0 % u odnosu na brašno za zames) ostvaruju se nešto veće fermentativne snage u hlebnom testu u vrednosti od oko 220 ml, u odnosu na sadržaje od 4,0 % i 6,0 %.

Iako neprihvatljive vrednosti fermentativne snage pivskog kvasca u hlebnom testu, može se uočiti da povećanjem sadržaja pivskog kvasca u predfermentu se povećava i fermentativna snaga, ali se pri sadržajima od 8,0 % i 10,0 % ne dobijaju značajne razlike u fermentativnim snagama.

Maksimalne vrednosti fermentativne snage pivskog kvasca u hlebnom testu ostvaruje se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta, dok se daljom fermentacijom iscrpljuju ćelije pivskog kvasca pivare A što rezultira i smanjenom fermentativnom aktivnosti ćelija pivskog kvasca u hlebnom testu.

c) Izbor optimalnog sadržaja kvasca

Prema navedenim rezultatima **sadržaj pivskog kvasca pivare A od 8,0 %** na brašno za zames hlebnog testa, pri kojem je ostvarena maksimalna aktivacija, odabran je kao uslovno minimalni udeo pivskog kvasca pri kojem su obavljena dalja ispitivanja usmerena ka optimizaciji sastava podloge i procesnih parametara postupka revitalizacije pivskog kvasca za primenu u pekarskoj industriji.

Dalje smanjenje udela pivskog kvasca pivare A uslovljeno je optimizacijom samog postupka proizvodnje.

5.3.1.2. Kombinacije pivskog i pekarskog kvasca

U cilju iznalaženja optimalnog odnosa pekarskog i pivskog kvasca u tečnom predfermentu, a s obzirom na činjenicu da korišćen samo pivski kvasac pivare A ne ostvaruje prihvatljivu fermentativnu aktivnost u hlebnom testu, veliku pažnju je bilo neophodno posvetiti definisanju kombinacija sadržaja pivskog i pekarskog kvasca u predfermentu koje će obezbediti maksimalno racionalan plan eksperimenata.

Izbor kombinacija zasnovan je na maksimalnoj primeni postojećih raspoloživih saznanja i usmeren na ostvarenje ciljeva postavljenih u ovom radu. Vrednosti i kombinacije pod kojima je izvedeno ispitivanje prikazano je u tabelama 16 i 17.

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

Tabela 16: Sastav predfermenta (u odnosu na brašno za zames)

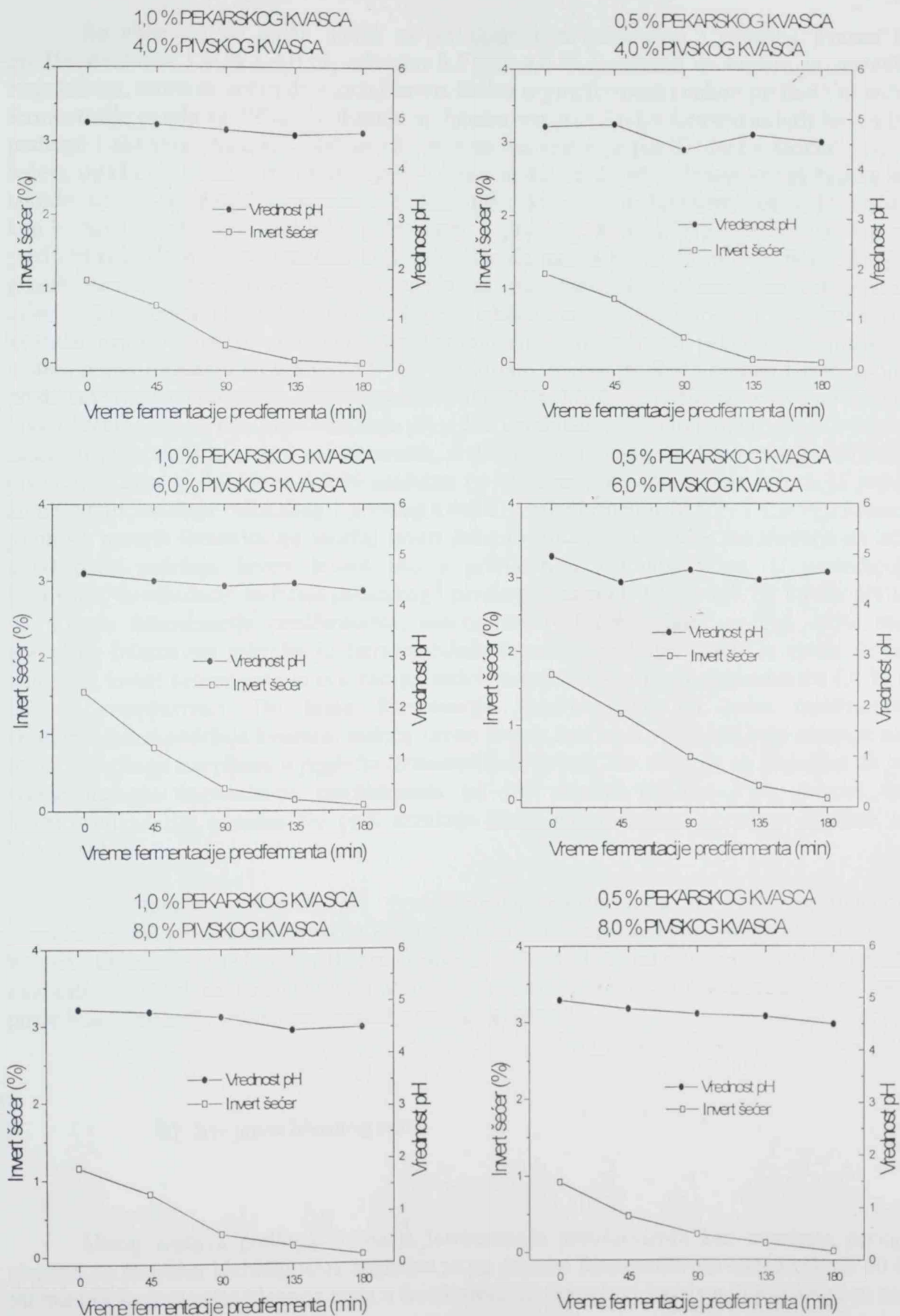
Sastav (%)	Kombinacija									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Pekarski kvasac	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	-	0,5	1,0	2,0
Pivski kvasac pivare A	4,0	4,0	6,0	6,0	8,0	8,0	8,0	-	-	-
Maltex	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

Tabela 17: Sastav predfermenta (u odnosu na podlogu)

Sastav (%)	Kombinacija									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Pekarski kvasac	1,67	0,83	1,67	0,83	1,67	0,83	-	0,83	1,67	3,34
Pivski kvasac pivare A	6,67	6,67	10,0	10,0	13,3	13,3	13,3	-	-	-
Maltex	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

a) Tok fermentacije

Rezultati praćenja toka fermentacije predfermenta sagledanog na bazi sadržaja invert šećera i vrednosti pH fermentacionog medijuma, za 180 minuta fermentacije predfermenta, prikazani su na slici 22 za sve ispitivane kombinacije sadržaja pivskog i pekarskog kvasca.



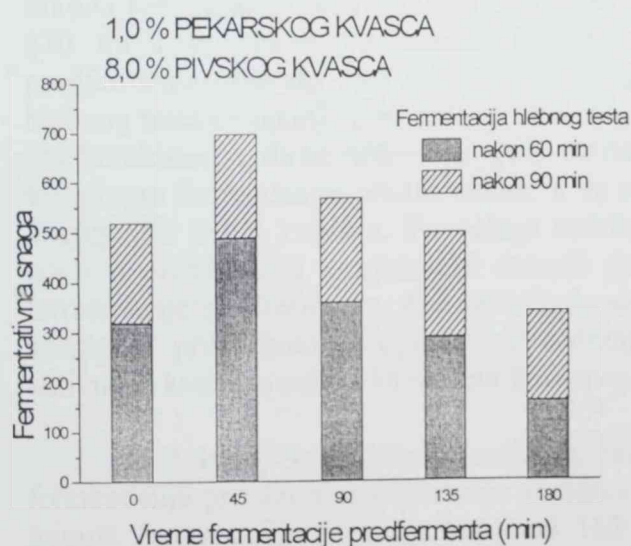
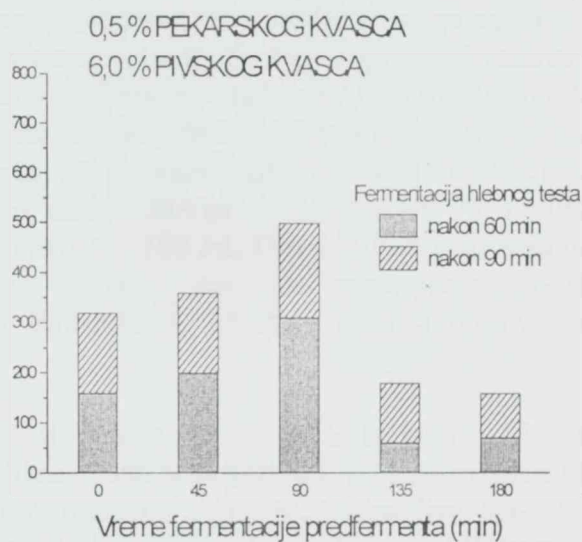
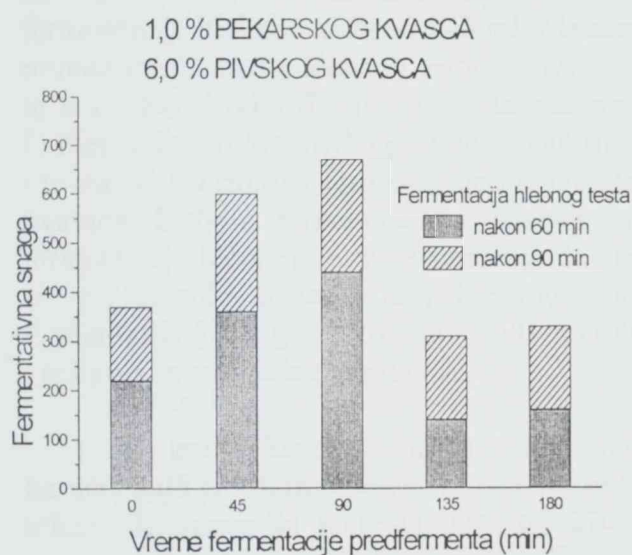
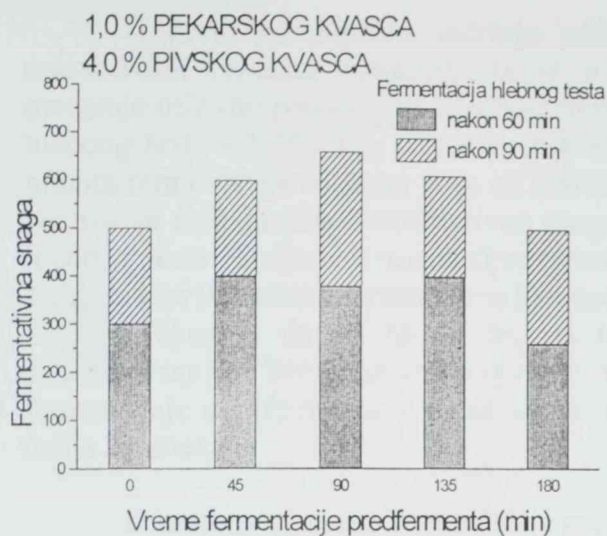
Slika 22: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta za različite kombinacije sadržaja pivskog i pekarskog kvasca

Sa slike 22 se može uočiti sa pri dodavanju pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu od 1,0 % i 4,0 %, odnosno 0,5 % i 4,0 % (računato na brašno za zames), respektivno, može se uočiti da sadržaj invert šećera u predfermentu nakon prvih 45 minuta fermentacije opada za 30%, što ukazuje na intenzivnu asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge i aktivnost kvasaca. Nakon 180 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera opada na gotovo nultu vrednost. Ovako niska vrednost sadržaja invert šećera je takođe uzrok opadanja fermentativne aktivnosti kvasaca u hlebnom testu. U trećoj kombinaciji ispitivanja sadržaja pekarskog i pivskog kvasca (1,0 % i 6,0 %) u predfermentu dobijaju se rezultati koji pokazuju da nakon prvih 45 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera opada za oko 50%, što ukazuje na intenzivnu asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge, a takođe i značajnije fermentativne aktivnosti kvasaca nego u slučaju prethodne dve kombinacije. Pri sadržaju pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu od 0,5 % i 6,0 %, respektivno, tokom prvih 45 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera opada za oko 30%. Može se uočiti da je ova potrošnja invert šećera gotovo ista kao i u slučaju prve dve kombinacije, što ima objašnjenje u istom sadržaju pekarskog kvasca u predfermentu, u drugoj kombinaciji, dok povećanje sadržaja pivskog kvasca sa 4,0 % na 6,0 % značajno ne utiče na potrošnju invert šećera. U petoj kombinaciji sadržaja pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu (0,5 % i 8,0 %), tokom prvih 45 minuta fermentacije sadržaj invert šećera opada za oko 30%, što ukazuje na isti trend pada sadržaja invert šećera kao u prethodnim kombinacijama. U poslednjoj ispitivanoj kombinaciji sadržaja pekarskog i pivskog kvasca (1,0 % i 8,0 %) tokom prvih 45 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera opada za oko 50%, što potvrđuje intenzivnu asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge. Može se uočiti da je potrošnja invert šećera gotovo ista kao pri sadržaju pekarskog i pivskog kvasca od 1,0 % i 6,0 %, respektivno. Do kraja fermentacije predfermenta, pri svim ispitivanim kombinacijama sadržaja kvasaca, sadržaj invert šećera opada na vrednosti koje ukazuju na to da je podloga iscrpljena u pogledu fermentabilnih šećera, što ukazuje na činjenicu da je vreme trajanja fermentacije predfermenta od 180 minuta predugo i da dovodi do iscrpljivanja ćelija kvasaca što opet uzrokuje slabu fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu.

Sa aspekta vrednosti pH predfermenta, fermentacija u svim ispitivanim kombinacijama pekarskog i pivskog kvasca, se odvijala u optimalnom opsegu za ćelije oba kvasca. Opadanje vrednosti pH predfermenta tokom 180 minuta fermentacije nema kvalitativan uticaj na fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu, a javlja se kao posledica asimilacije mineralnih materija ćelijama kvasca.

b) Svojstva hlebnog testa

Uticaj sastava podloga i trajanja fermentacije predfermenta kao supstrata prvog stepena na svojstva hlebnog testa sagledan je na osnovu fermentativnih snaga tokom 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u fermentografu. Rezultati ispitivanja prikazani su na slici 23.



Slika 23: Promena fermentativne snage pivskog kvasca tokom fermentacije predfermenta pri različitim kombinacijama sadržaja pekarskog i pivskog kvasca.

U prvoj kombinaciji sadržaja pekarskog i pivskog kvasca od 1,0 % i 4,0 % respektivno, rezultati pokazuju da se u nultom vremenu fermentacije predfermenta ostvaruje uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa od 300 ml, odnosno prihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa od 500 ml. Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta postiže se maksimalna fermentativna snaga (660 ml) i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Daljom fermentacijom predfermenta, sve do 180 minuta, fermentativna snaga nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa se smanjuje do vrednosti od 500 ml. Ovi rezultati ukazuju da na to da se, pri ovom sadržaju pekarskog i pivskog kvasca, zadovoljavajuća fermentativna aktivnost u hlebnom testu ostvaruje nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, a da se nakon tog vremena fermentacije ispoljava iscrpljenost ćelija kvasaca.

U nultom vremenu fermentacije predfermenta sa 0,5 % i 4,0 % računato na brašno za zames, ostvaruje se nedovoljna vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa od 240 ml. Maksimalna vrednost fermentativne snage nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa postiže se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta i to u vrednosti od 250 ml, (što je takođe nezadovoljavajuća vrednost). Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta postiže se maksimalna vrednost fermentativne snage od 460 ml i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, što je prihvatljiva vrednost za aktivnost kvasaca. Daljom fermentacijom predfermenta fermentativna snaga nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa se smanjuje do vrednosti od 200 ml. Ovi rezultati pokazuju da se, pri smanjenju sadržaja pekarskog kvasca za 50%, značajno smanjuju vrednosti fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u odnosu na vrednosti iz prethodne kombinacije.

U trećoj kombinaciji sadržaja, rezultati pokazuju da se u nultom vremenu fermentacije predfermenta ostvaruje neprihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa od 220 ml, odnosno uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa od 370 ml. Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta postiže se maksimalna vrednost fermentativne snage od 670 ml i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Daljom fermentacijom predfermenta, sve do 180 minuta, fermentativna snaga nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa se smanjuje za gotovo 50%. Ovi rezultati potvrđuju konstatacije iz prethodne dve kombinacije, da se zadovoljavajuća aktivnost kvasaca u hlebnom testu ostvaruje nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, a da se nakon tog vremena fermentacije ispoljava iscrpljenost ćelija kvasaca. Povećanje sadržaja pekarskog kvasca za 100% u odnosu na udeo u predthodnoj kombinaciji dovodi do povećanja aktivnosti kvasaca tokom cele fermentacije predfermenta, dok povećanje sadržaja pivskog kvasca za 50% u odnosu na sadržaj u prvoj kombinaciji za isti sadržaj pekarskog kvasca dovodi do gotovo iste aktivnosti kvasaca nakon 90 minuta fermentacije predfermenta.

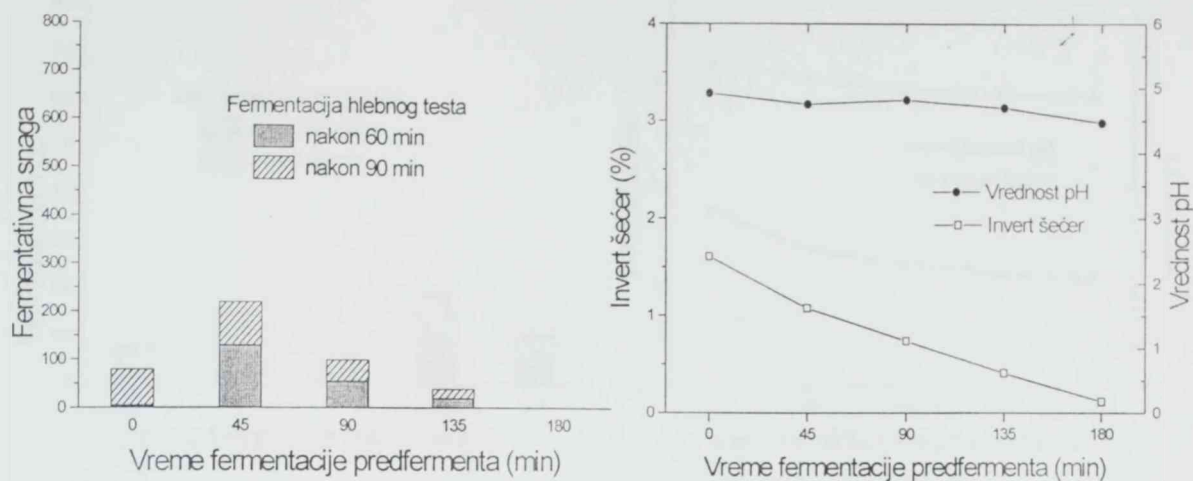
U četvrtoj kombinaciji sadržaja, rezultati pokazuju da se u nultom vremenu fermentacije predfermenta ostvaruje neprihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa, od 160 ml, odnosno uslovno prihvatljiva vrednost zapremine razvijenog gasa nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa od 320 ml. Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, postiže se maksimalna vrednost fermentativne snage od 310 ml i to nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa, odnosno 500 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa.

Daljom fermentacijom predfermenta, sve do 180 minuta, fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa se smanjuje za gotovo 70%. Ovi rezultati potvrđuju zaključke iz prethodne tri kombinacije, a to da se zadovoljavajuća aktivnost kvasaca u hlebnom testu ostvaruje nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, a da se nakon tog vremena fermentacije ispoljava iscrpljenost ćelija kvasaca. Smanjenje sadržaja pekarskog kvasca za 50% u odnosu na sadržaj u prethodnoj kombinaciji, a za isti udeo pivskog kvasca, dovodi do smanjenja aktivnosti kvasaca tokom cele fermentacije predfermenta. Povećanje sadržaja pivskog kvasca za 50% u odnosu na sadržaj u drugoj kombinaciji, a za isti sadržaj pekarskog kvasca, daje gotovo iste fermentativne aktivnosti kvasaca tokom cele fermentacije predfermenta.

Sadržaji pekarskog i pivskog kvasca od 1,0 % i 6,0 % respektivno, rezultati ispitivanja ukazuju da je u nultom vremenu fermentacije predfermenta postignuta zadovoljavajuća vrednost fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Maksimalna vrednost fermentativne snage postignuta je nakon 45 minuta fermentacije predfermenta vrednosti od 700 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Prihvatljiva vrednost je dobijena i nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa (490 ml). Daljom fermentacijom predfermenta fermentativna aktivnost kvasaca se nešto smanjuje, ali još uvek u prihvatljivim vrednostima zapremine razvijenog gasa sve do isteka 180 minuta. Poredeći fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu pri različitim sadržajima pivskog kvasca (4%, 6%, 8%) u predfermentu, a pri istom sadržaju pekarskog kvasca od 1%, može se konstatovati da niži sadržaji pivskog kvasca obezbeđuju prihvatljivu aktivnost do 90 minuta fermentacije predfermenta, dok se povećanjem tog sadržaja smanjuje vreme fermentacije predfermenta potrebno za aktivaciju pivskog kvasca.

U šestoj kombinaciji sadržaja, prikazani rezultati ispitivanja pokazuju da u nultom vremenu fermentacije predfermenta nije postignuta zadovoljavajuća vrednost fermentativne snage nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Maksimalna vrednost fermentativne snage postignuta je nakon 45 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 450 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Daljom fermentacijom predfermenta fermentativna aktivnost kvasaca se smanjuje, i nakon 180 minuta fermentacije predfermenta dostiže oko 40% od maksimalne vrednosti. Poredeći fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu pri različitim sadržajima pivskog kvasca (4%, 6%, 8%) u predfermentu, a pri istom sadržaju pekarskog kvasca od 0,5%, može se konstatovati da niži sadržaji pivskog kvasca obezbeđuju prihvatljivu aktivnost do 90 minuta fermentacije predfermenta, dok se povećanjem tog sadržaja smanjuje vreme fermentacije predfermenta potrebno za aktivaciju pivskog kvasca. To vreme iznosi oko 45 minuta fermentacije predfermenta.

Na slikama 24, 25, 26 i 27 su prikazani rezultati ispitivanja proizvodnje predfermenta jednostepenim postupkom, pri sadržajima pivskog kvasca od 8 %, pekarskog kvasca od 0,5%, 1% i 2% u odnosu na brašno za zames, respektivno. Ova ispitivanja daju referentne vrednosti fermentativne aktivnosti pojedinih sadržaja pivskog, odnosno pekarskog kvasaca u hlebnom testu.



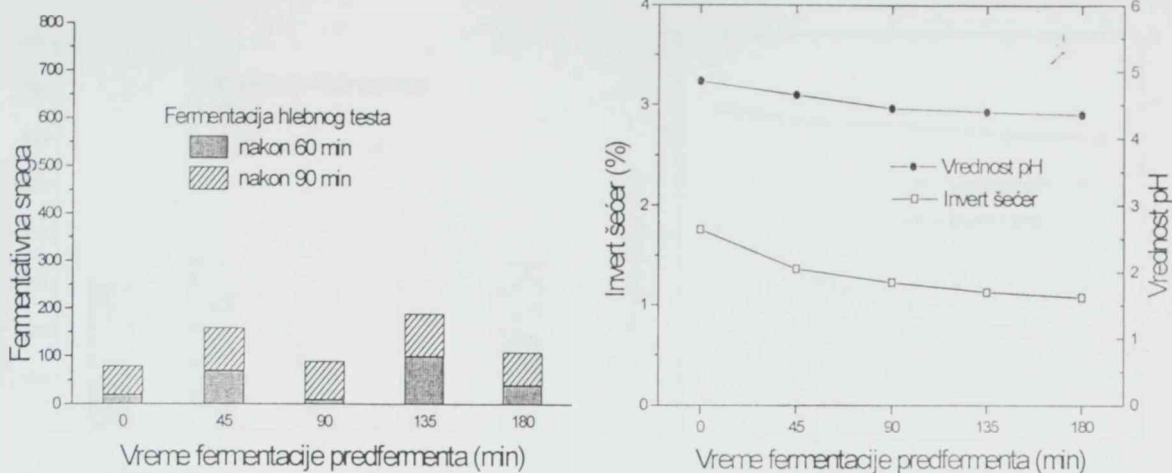
Slika 24: Fermentativna snaga pivskog kvasca (8%) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta

Za adekvatnu analizu rezultata napred navedenih šest kombinacija, u kojima su ispitivane odgovarajući sadržaj pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu, neophodno je bilo doći do referentnih rezultata primene samo pivskog odnosno samo pekarskog kvasca.

Na slici 24 su dati rezultati ispitivanja primene samo pivskog kvasca, pri sadržaju od 8 % u odnosu na brašno za zames. Ovaj sadržaj pivskog kvasca uzet je na osnovu rezultata ranijih istraživanja u ovoj oblasti.

Rezultati pokazuju da se u nultom vremenu fermentacije predfermenta ispoljava gotovo zanemarljiva vrednost fermentativne snage (5 ml) nakon 60 minuta fermentacije hlebno g testa odnosno neprihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebno g testa u vrednosti od 80 ml. Ovo je još jedna od potvrda, u okviru istraživanja primene pivskog kvasca u pekarstvu, da se bez odgovarajuće aktivacije, pivski kvasac ne može primeniti direktno za zames. Maksimalna vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebno g testa postiže se za 45 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 220 ml. Već nakon 45 minuta fermentacije predfermenta fermentativna snaga opada za više od 50 %, da bi do isteka 180 minuta fermentacije predfermenta pivski kvasac postao potpuno neaktivan u pogledu fermentativne aktivnosti u hlebno m testu. Ovakva nedovoljno postignuta aktivnost pivskog kvasca u hlebno m testu je posledica s jedne strane fiziološkog stanja ćelija pivskog kvasca dobijenog iz pivare, a s druge strane uslova pri kojima je izvršena aktivacija kvasca.

Sadržaj invert šećera u predfermentu nakon 45 minuta fermentacije opada za oko 30 % što ukazuje na asimilaciju fermentabilnih šećera od strane ćelija kvasca. Vrednost pH predfermenta tokom fermentacije nalazila se u granicama optimalnim za ćelije pivskog kvasca.



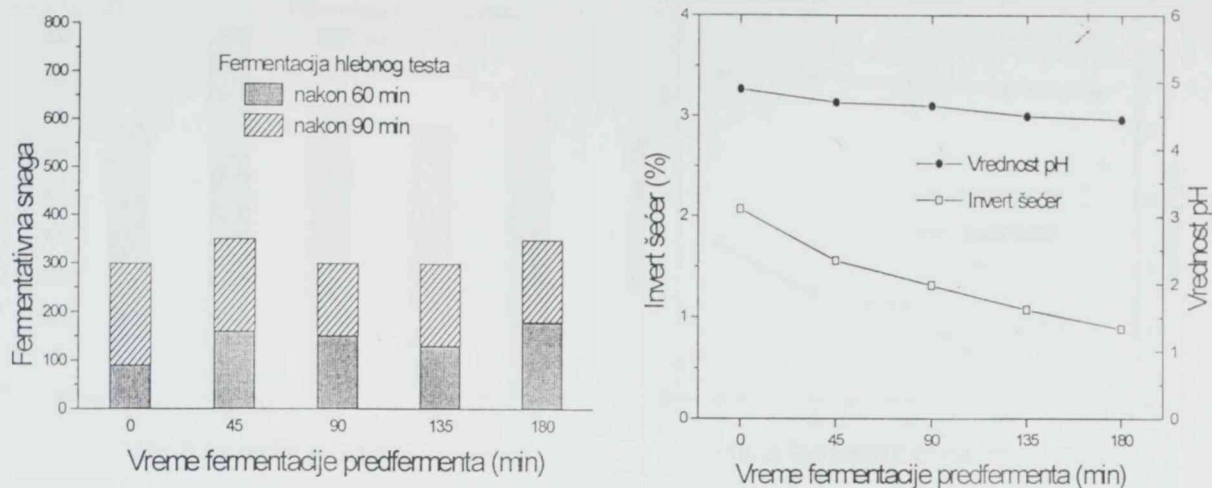
Slika 25: Fermentativna snaga pekarskog kvasca (0,5 %) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta

Interesantno je uočiti sa slike 25 da, u nultom vremenu fermentacije predfermenta, pekarski kvasac (0,5 %) pokazuje gotovo istu aktivnost u hlebnom testu kao i pivski kvasac pri sadržaju od 8 %. Maksimalna vrednost fermentativne snage postiže se nakon 135 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 190 ml. Poredeći vrednosti fermentativne snage kod pekarskog i pivskog kvasca, može se konstatovati da pivski kvasac pri sadržaju od 8 % postiže veću fermentativnu aktivnost i to nakon 45 minuta fermentacije, dok pekarski kvasac tokom celokupnog vremena fermentacije predfermenta postiže veću fermentativnu aktivnost.

Poredeći rezultate prikazane na slikama 24 i 25 sa rezultatima šeste kombinacije sadržaja, može se konstatovati da je aktivnost pekarskog i pivskog kvasca u hlebnom testu izraženija kada su zajedno prisutni u predfermentu (450 ml za 45 minuta fermentacije predfermenta) nego pojedinačno (220 ml za pivski kvasac i 160 ml za pekarski kvasac za 45 minuta fermentacije predfermenta). Takođe, gledano u svim vremenima fermentacije predfermenta, kombinacija pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu daje veće vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu u odnosu na vrednosti pojedinačnih kvasaca u predfermentu.

Posmatrajući sadržaj invert šećera u predfermentu tokom fermentacije, uočava se nešto niža potrošnja šećera i to samo 40 % za sve vreme trajanja fermentacije. Ovo je verovatno posledica fiziološkog stanja ćelija pekarskog kvasca. Vrednost pH predfermenta nalazi se u granicama od 4,85 do 4,35 što je optimalno za ćelije pekarskog kvasca. Uočeno smanjenje vrednosti pH ne utiče značajno na postizanje fermentativne aktivnosti kvasca u hlebnom testu.

Slike 26 i 27 prezentuju rezultate primene pekarskog kvasca (1% i 2% u odnosu na brašno za zames) u dobijanju predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.



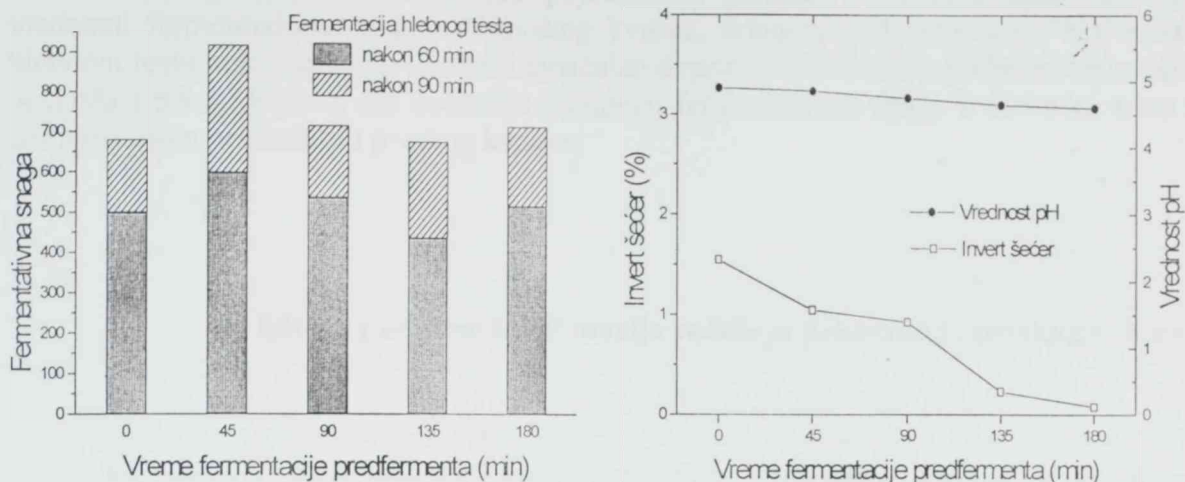
Slika 26: Fermentativna snaga pivskog kvasca (1 %) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta

Rezultati sa slike 26 pokazuju da se u nultom vremenu fermentacije predfermenta ostvaruje neprihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa, od 90 ml, odnosno uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa od 300 ml. Nakon 180 minuta fermentacije predfermenta postiže se maksimalna vrednost fermentativne snage od 180 ml i to nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa, odnosno 350 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Daljom fermentacijom predfermenta, sve do 180 minuta, fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, ostaje gotovo nepromenjena (350 ml).

Poredeći rezultate prikazane na slikama 24 i 26 sa rezultatima pete kombinacije, može se konstatovati da je aktivnost pekarskog i pivskog kvasca u hlebnom testu izraženija kada su zajedno prisutni u predfermentu (700 ml za 45 minuta fermentacije predfermenta) nego pojedinačno (220 ml za pivski kvasac i 350 ml za pekarski kvasac za 45 minuta fermentacije predfermenta). Takođe u svim vremenima fermentacije predfermenta, kombinacija pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu daje veće vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu u odnosu na vrednosti kod pojedinačnih kvasaca u predfermenta.

Tokom prvih 45 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera opada za oko 25 %, a do kraja fermentacije za oko 60 % od početne vrednosti. Interesantno je uočiti, da je potrošnja šećera slabije izražena kod pekarskog nego kod pivskog kvasca.

Vrednosti pH predfermenta tokom 180 minuta fermentacije su varirale u vrednostima koje dozvoljavaju neometanu fermentativnu aktivnost kvasaca.



Slika 27: Fermentativna snaga pekarskog kvasca (2 %) u hlebnom testu u toku 60 i 90 minuta fermentacije, sadržaj invert šećera i vrednost pH predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta

Rezultati predstavljeni slikom 27 potvrđuju literaturne podatke koji se odnose na optimalan sadržaj pekarskog kvasca u predfermentu (2% u odnosu na brašno za zames) kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba. Maksimalna fermentativna snaga postiže se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 920 ml. Sve do kraja fermentacije, pekarski kvasac dostiže prihvatljive vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu.

Opadanje vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu nakon 45 minuta fermentacije predfermenta, verovatno je posledica iscrpljenosti ćelija pekarskog kvasca.

Sadržaj invert šećera u predfermentu nakon prvih 45 minuta fermentacije opada za 30%, što ukazuje na intenzivnu asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge i aktivnost kvasaca. Nakon 180 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera (0,08%) opada na vrednosti koje ukazuju na to da je podloga iscrpljena u pogledu fermentabilnih šećera. Ovako niska vrednost sadržaja invert šećera je takođe uzrok opadanja aktivnosti kvasaca u hlebnom testu.

Sa aspekta vrednosti pH predfermenta, fermentacija se odvijala u optimalnom opsegu za ćelije pekarskog kvasca.

Poredeći rezultate prikazane na slikama 24, 25, 26 i 27 sa rezultatima kombinacija sadržaja pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu, uočava se da željena aktivnost pekarskog kvasca u hlebnom testu nije dostignuta. Međutim, može se istaći da su u svim kombinacijama sadržaja pekarskog i pivskog kvasca, vrednosti fermentativne snage prihvatljive, odnosno da kombinacija navedena dva kvasca daju zadovoljavajuću aktivnost u hlebnom testu.

Važno je istaći i to da, iako pojedinačno gledano pekarski kvasac daje veće vrednosti fermentativne snage od pivskog kvasca, odnosno pokazuje veću aktivnost u hlebnom testu, u kombinaciji kvasaca značajan doprinos aktivnosti u hlebnom testu daju i pekarski i pivski kvasac, što dokazuju vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu sa kombinacijom pekarskog i pivskog kvasca.

c) Izbor optimalne kombinacije sadržaja pekarskog i pivskog kvasca

Sa aspekta minimizacije udela pekarskog i pivskog kvasca u medijumu predfermenta, a u cilju postizanja zadovoljavajuće aktivnosti kvasaca u hlebnom testu, mogu se izdvojiti druga i četvrta kombinacija sadržaja pivskog i pekarskog kvasca.

Pri sadržaju pekarskog i pivskog kvasca od 0,5 % i 4 %, respektivno, u predfermentu ostvaruje se zadovoljavajuća fermentativna aktivnost nakon 90 minuta fermentacije predfermenta (460 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa), dok se nešto viša vrednost dobija u četvrtoj kombinaciji 0,5 % i 6 % (500 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa).

S obzirom da su obe kombinacije sa istim sadržajima pekarskog kvasca (0,5 % u odnosu na brašno za zames), a povećanje udela pivskog kvasca za 50 % ne dovodi do značajnog povećanja aktivnosti kvasaca u hlebnom testu, može se kao **optimalna kombinacija** izabrati druga kombinacija, tj. sadržaj **pekarskog kvasca od 0,5 % i pivskog kvasca pivare A od 4,0 %** u odnosu na brašno za zames.

U okviru daljih ispitivanja u ovoj oblasti ne treba u potpunosti isključiti mogućnost korišćenja i drugih kombinacija sadržaja kvasaca, s obzirom na složenost faktora koji utiču na proces aktivacije pivskog kvasca.

5.3.1.3. Sastav hranljive podloge

Prisustvo dovoljnih sadržaja jedinjenja iz kojih proizvodni kvasci mogu da asimiluju ugljenik i da ih koriste kao izvor energije predpostavlja preduslov za ostvarenje odgovarajuće fermentativne aktivnosti. Za obe proizvodne grupe kvasaca (u predfermentu kao predfazi indirektnog postupka proizvodnje hleba), pivski i pekarski kvasac, izvori ugljenika i energije mogu biti mono- di- i trisaharidi.

Optimizacija sastava podloge je zasnovana na praćenju toka fermentacije na bazi sadržaja invert šećera i vrednosti pH određivanih tokom trajanja fermentacije, kao i na sagledavanju efekata koji se postižu u pogledu svojstava hlebnog testa zamešenog sa predfermentom dobijenim fermentacijom, sagledanim na osnovu fermentativne snage u hlebnom testu.

Raspoloživost sladnog ekstrakta kao izvora fermentabilni šećera, na tržištu, kao i njegova cena uslovljavaju da se, u cilju obezbeđenja stalne sirovinske baze za proizvodnju 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 sastav sa sladnim ekstraktom kao dodatka u podlogu.

Optimizacija sastava predfermenta u pogledu vrste i sadržaja izvora fermentabilnih šećera u podlozi u zavisnosti od trajanja fermentacije, izvršena je uz korišćenje sladnog ekstrakta (sastav A) i kombinacije saharoze i sirove pšenične klice (sastav B) uz korišćenje diskontinualne tehnike fermentacije.

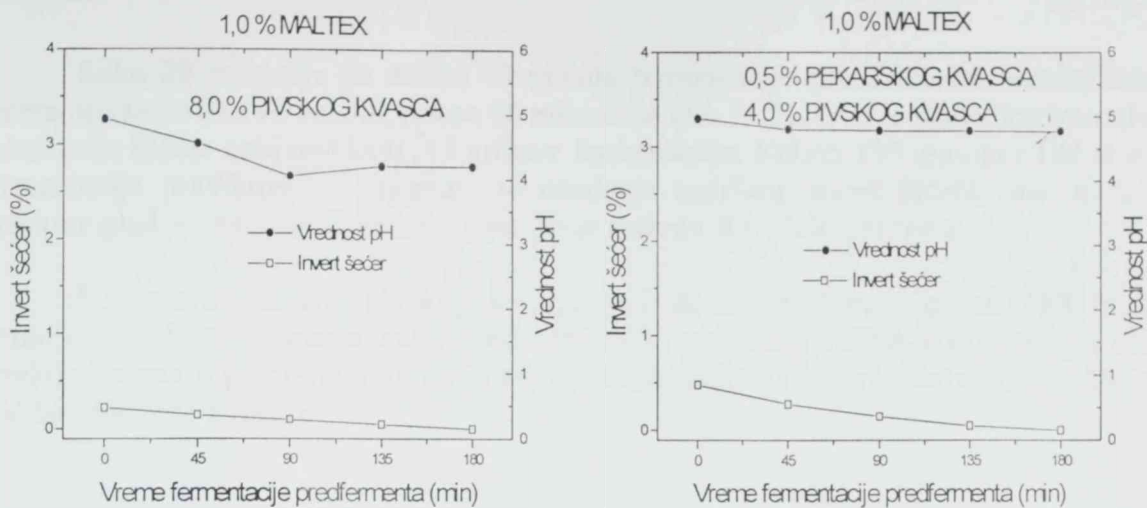
U ispitivanjima su uključene isključivo sirovine prirodnog porekla, pristupačnih cena i raspoložive na domaćem tržištu u dovoljnim, praktično neograničenim količinama. U ispitivanjima je korišćen pivski kvasac pivare A (predferment sastava I) sa sadržajem od 8,0 % u odnosu na brašno za zames, odnosno 13,3 % u odnosu na podlogu i kombinacije pivskog kvasca pivare A i komercijalnog pekarskog kvasca (predferment sastava II) sa sadržajem od 4,0 % i 0,5 % u odnosu na brašno, odnosno 6,67 % i 0,83 % u odnosu na podlogu, respektivno. Ispitivani sadržaji i vrste izvora fermentabilnih šećera u predfermentu, dati su u tabeli 18.

Tabela 18: Ispitivani sadržaji i vrste izvora fermentabilnih šećera u predfermentu

Sirovina, %		U odnosu na brašno				
Sastav A	Maltex	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Sastav B	Saharoza	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	Pšenične klice	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0
Sirovina, %		U odnosu na podlogu				
Sastav A	Maltex	1,67	3,33	5,0	6,68	8,35
Sastav B	Saharoza	0,83	1,67	2,5	3,34	4,17
	Pšenične klice	0,41	0,83	1,67	2,5	3,34

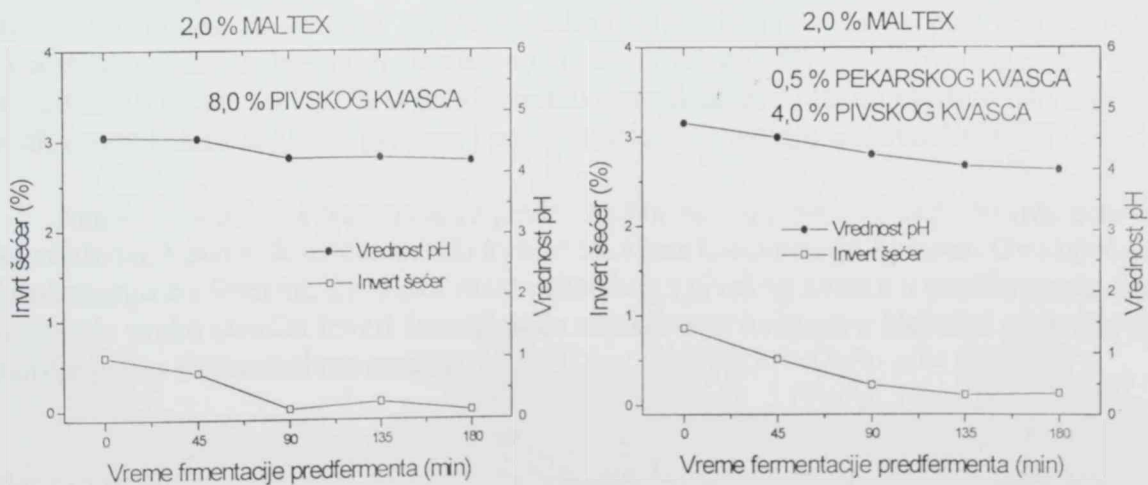
a) Tok fermentacije

Uticaj primene maltex-a (sastav A) i kombinacije saharoze sa pšeničnom klicom (sastav B) na tok fermentativnih procesa u predfermentu kao podloge sagledan je na bazi sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 28-32 i 33-37.



Slika 28: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (1,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

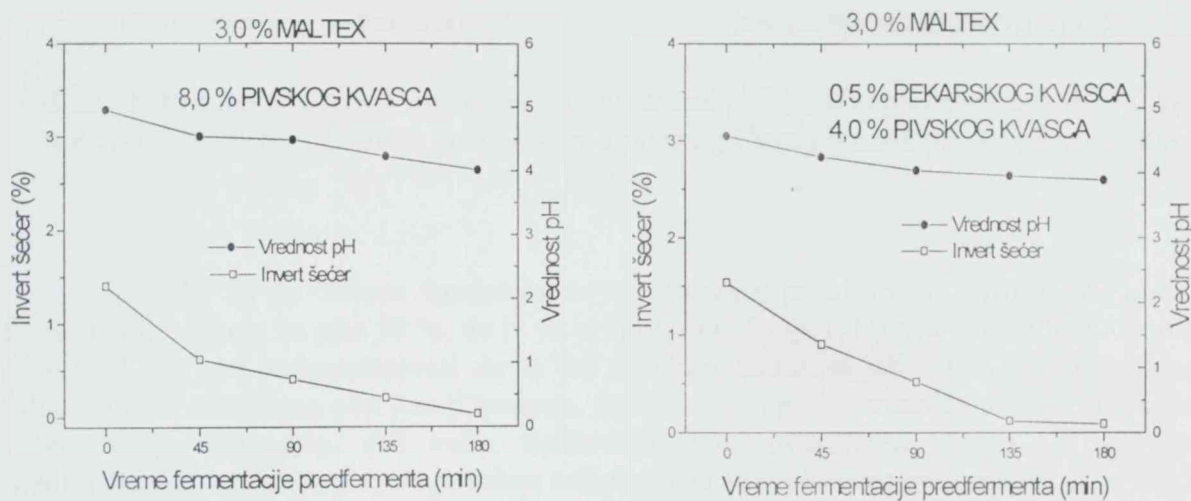
Sa slike 28 se može konstatovati da pri upotrebi kombinacije pivskog i pekarskog kvasca u predfermentu sadržaj invert šećera nakon 45 minuta fermentacije opada za oko 40 % što potvrđuje asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge od strane ćelija pivskog i pekarskog kvasca. Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, kada je aktivnost kvasca u hlebnom testu najintenzivnija, sadržaj invert šećera je opao za oko 70 % od početne vrednosti. Interesantno je uočiti da je nakon 180 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera na nultoj vrednosti, što sigurno ima uticaja i na aktivnost kvasca u hlebnom testu. U nultom vremenu fermentacije u predfermentu sa samo pivskim kvascem, sadržaj invert šećera je nešto niži nego u predfermentu sa kombinacijom kvasca, što je posledica dva puta većeg sadržaja pivskog kvasca od kombinacije kvasca kao i toga što do izvršenja same analize sadržaja invert šećera prođe neko relativno kratko vreme koje je dovoljno da ćelije kvasca asimiliraju fermentabilne šećere.



Slika 29: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (2,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Slika 29 pokazuje da nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera opada za oko 40 %, dok nakon 90 minuta za oko 75 %. Ovo je posledica intenzivne asimilacije šećera ćelijama kvasca i njihove fermentacije. Nakon 135 minuta i 180 minuta fermentacije predfermenta smanjuje se opadanje sadržaja invert šećera, što može da uzrokuje gladovanje ćelija kvasaca i smanjenje aktivnosti u hlebnom testu.

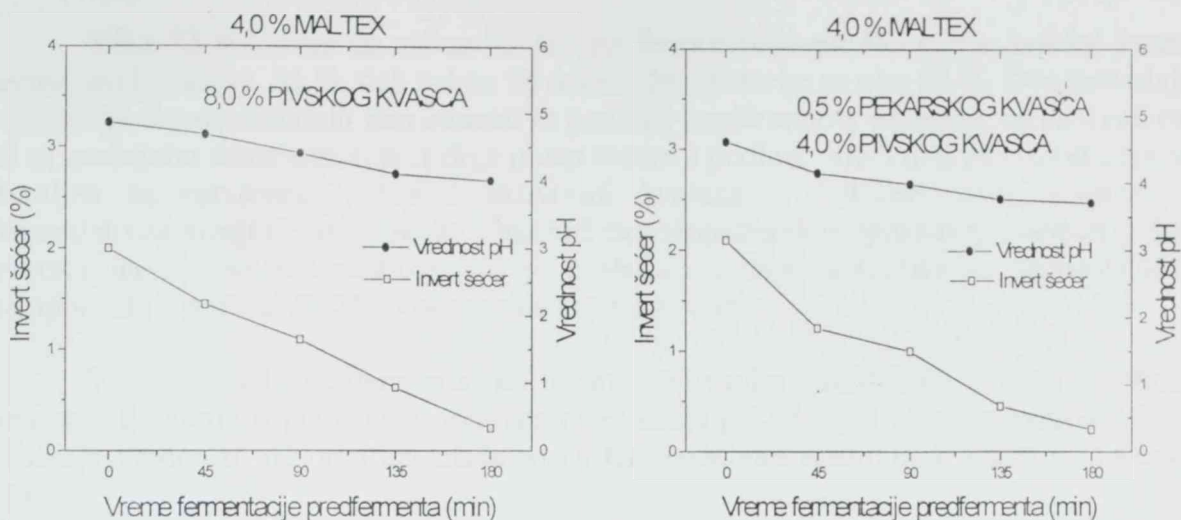
U slučaju primene pivskog kvasca, sadržaj invert šećera nakon 180 minuta fermentacije dostiže gotovo nultu vrednost što je posledica velike koncentracije ćelija pivskog kvasca u predfermentu, ali je tok opadanja sadržaja invert šećera gotovo isti kao kod kombinacije kvasaca.



Slika 30: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (3,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

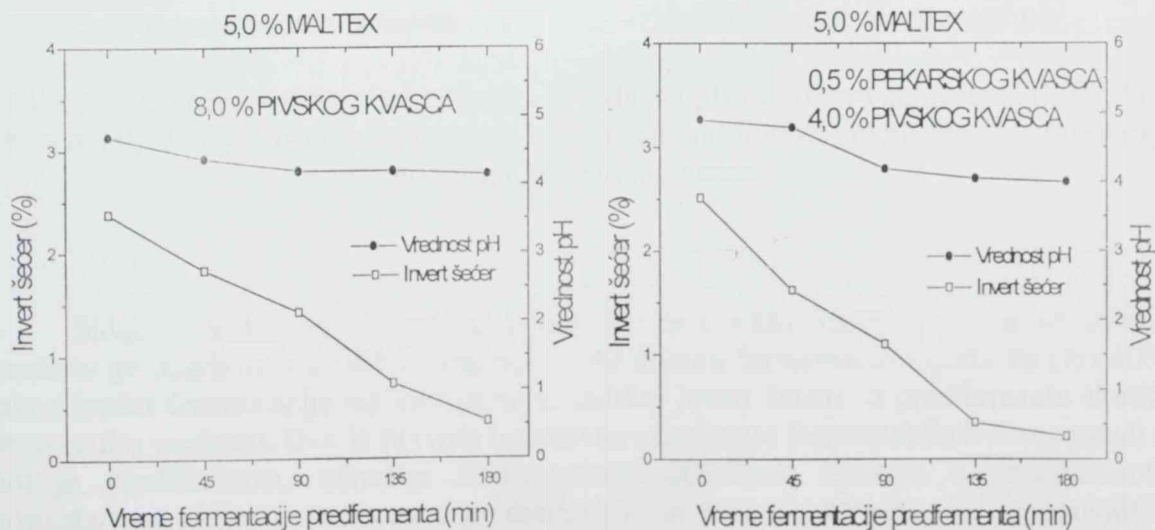
Slika 30 pokazuje da sadržaj invert šećera u predfermentu, nakon 45 minuta fermentacije, opada za oko 40 %, da bi nakon 135 minuta, kada se postiže i najveća aktivnost kvasaca u hlebnom testu, opao za više od 90 %. Povećanje sadržaja fermentabilnih šećera za 200 % u predfermentu dovodi da ovo ujedno predstavlja i najveći utrošak invert šećera ćelijama pivskog i pekarskog kvasca u ovim ispitivanjima.

Nakon 180 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera dostiže gotovo nultu vrednost, kako za korišćen pivski kvasac tako i za kombinaciju kvasaca. Ovo upućuje na konstataciju da fermentativna aktivnost pekarskog i pivskog kvasca u predfermentu (što se registruje preko utroška invert šećera) utiče na aktivnost kvasaca u hlebnom testu (što se registruje preko fermentativne snage).



Slika 31: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (4,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

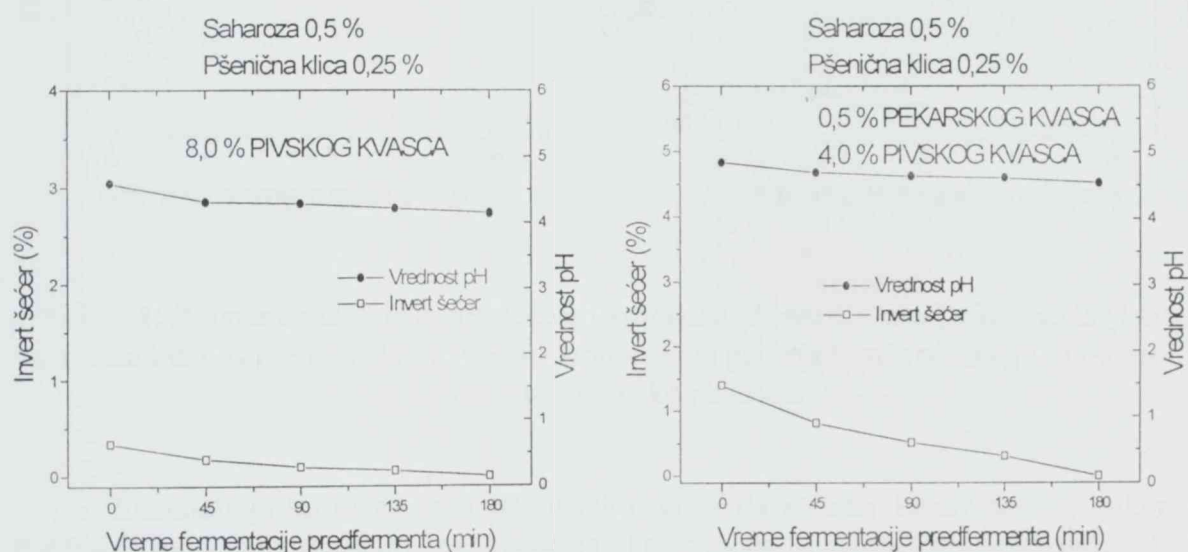
Sa slike 31 se uočava da sadržaj invert šećera u predfermentu, nakon 90 minuta fermentacije, opada za oko 50 %, da bi na kraju fermentacije (180 minuta) sadržaj opao za oko 90 %. Može se konstatovati da se pri sadržaju maltex-a od 4,0 % ispoljava blaga inhibicija fermentativne aktivnosti kvasaca, što se uočava preko smanjenja potrošnje invert šećera u predfermentu. Pri svim ispitivanim koncentracijama maltex-a u podlozi predfermenta, najslabija potrošnja invert šećera javlja se pri koncentraciji maltex-a od 4,0 % (računato na brašno za zames).



Slika 32: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava A (5,0 % maltex-a) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Slika 32 pokazuje da nakon 45 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera opada za oko 35 %, dok nakon 90 minuta fermentacije za oko 60 %. Ovo potvrđuje asimilaciju fermentabilnih komponenti iz podloge predfermenta od strane ćelija kvasaca, ali sa značajnim smanjenjem potrošnje invert šećera u podlozi. Međutim, ova činjenica nije dovoljna za ostvarenje potrebne aktivnosti kvasaca u hlebnom testu (nedovoljna fermentativna snaga), što se može objasniti neprilagođenošću enzimskog sistema ćelija kvasaca na brašno kao podlogu što je posledica visoke koncentracije fermentabilne komponente u podlozi (5,0 % u odnosu na brašno za zames).

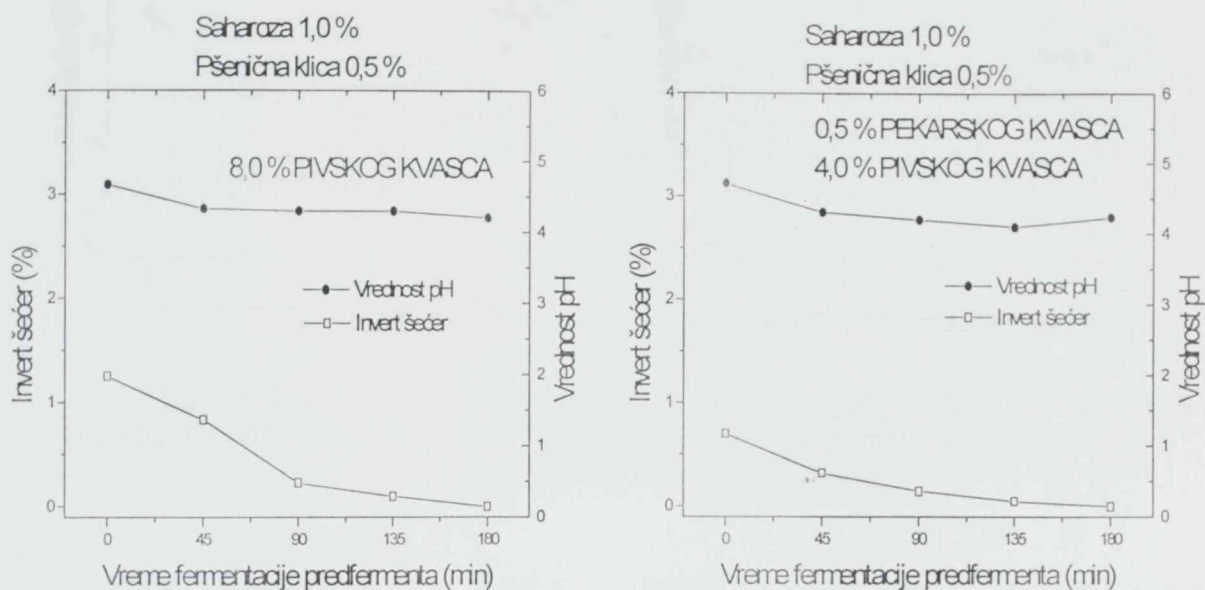
Vrednost pH predfermenta pri svim ispitivanim sadržajima maltex-a tokom fermentacije varira u granicama optimalnim za ćelije pekarskog i pivskog kvasca. Blago variranje vrednosti pH ne utiče značajno na fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu.



Slika 33: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (0,5 % saharoze i 0,25 % pšenične klice) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Slika 33 pokazuje da sadržaj invert šećera u predfermentu, nakon 45 minuta fermentacije opada za oko 40%, dok nakon 90 minuta fermentacije opada za oko 60%. Nakon isteka fermentacije od 180 minuta, sadržaj invert šećera u predfermentu dostiže gotovo nultu vrednost. Ovo je potvrda intenzivne asimilacije fermentabilnih komponenti iz podloge predfermenta, odnosno fermentativne aktivnosti kvasaca u predfermentu. Fermentativna aktivnost kvasaca u predfermentu direktno se odražava na fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu.

Opadanje sadržaja invert šećera je intenzivnije u slučaju primene pivskog kvasca nego primene kombinacije kvasaca, što se objašnjava činjenicom gotovo duplo većeg sadržaja pivskog kvasca u odnosu na kombinaciju kvasaca u predfermentu.



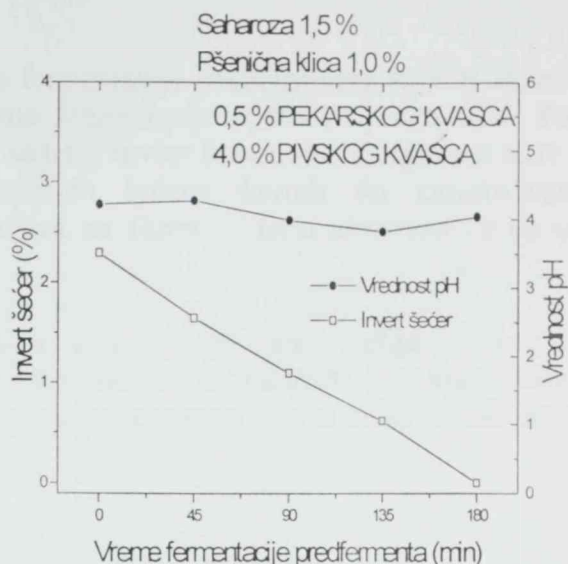
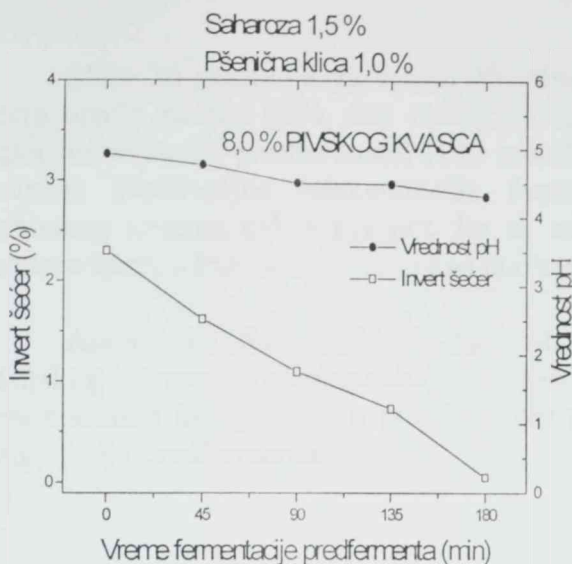
Slika 34: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (1,0 % saharoze i 0,5 % pšenične klice) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Rezultati prikazni na slici 34 ukazuju na to da sadržaj invert šećera, nakon 45 minuta fermentacije predfermenta, opada za oko 55%, da bi nakon 90 minuta fermentacije predfermenta vrednost opala za oko 80%. Po isteku 180 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera dostiže gotovo nultu vrednost. Ovo potvrđuje intenzivnu asimilaciju fermentabilnih komponenti iz podloge od strane ćelija pivskog i pekarskog kvasca, i direktno utiče na fermentativnu aktivnost kvasaca.

Iscrpljenost podloge predfermenta, u pogledu fermentabilnih komponenti, negativno utiče na "fiziološko stanje" ćelija kvasaca (stanje enzimskog sistema ćelija) a samim tim i na fermentativnu aktivnost u hlebnom testu.

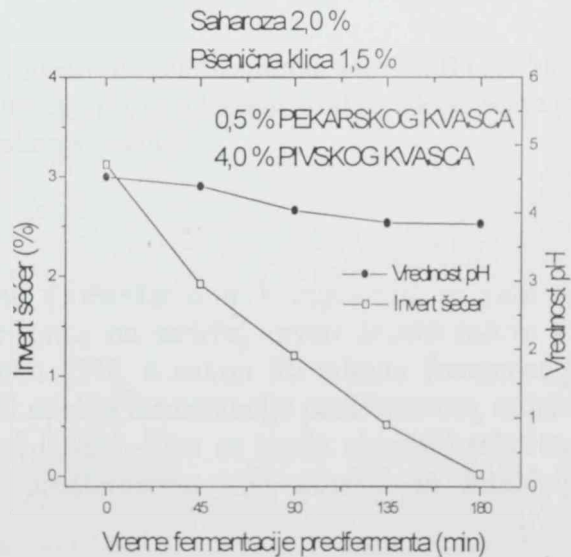
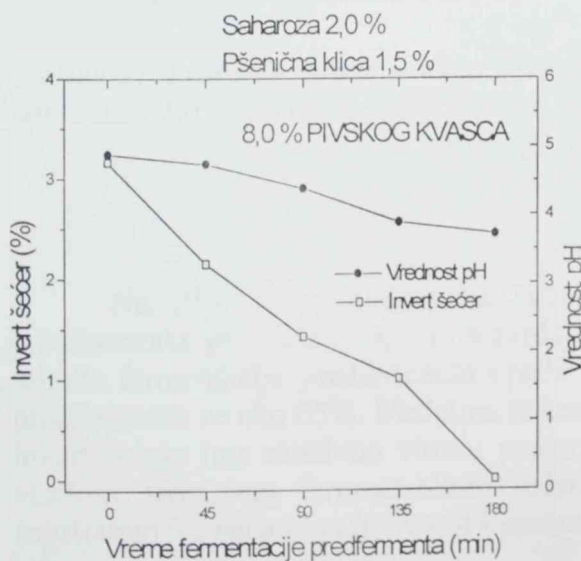
Sadržaj invert šećera u podlozi predfermenta, primenom pivskog kvasca, u nultom vremenu fermentacije je manji u odnosu na sadržaj invert šećera primenom kombinacije kvasaca. Ovo se objašnjava veoma aktivnim enzimskim sistemom ćelija pivskog kvasca koji omogućava brzo iskorišćenje saharoze, kao i većim udelom ćelija pivskog kvasca u odnosu na sadržaj kombinacije kvasaca.

Na osnovu rezultata se može konstatovati da se saharoza kao fermentabilni šećer brže iskorišćava od strane ćelija kvasaca nego fermentabilni šećer pri upotrebi maltex-a, što se može objasniti kompleksnom prirodom izvora fermentabilne komponente (maltex-a).



Slika 35: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (1,5 % saharoze i 1,0 % pšenične klice) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

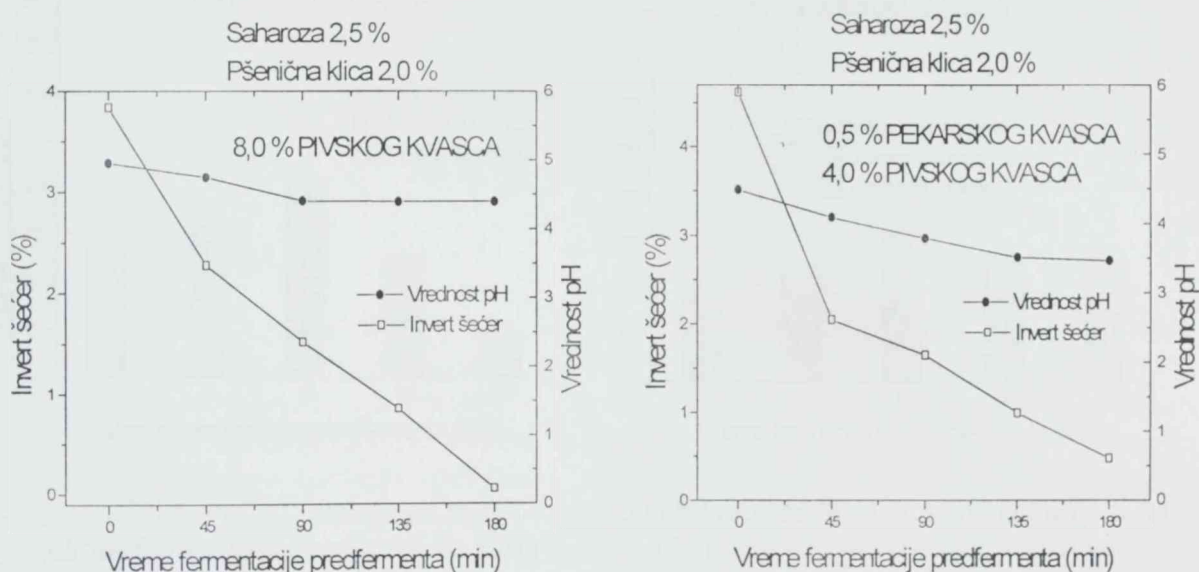
Slika 35 pokazuje da sadržaj invert šećera u predfermentu nakon 45 minuta fermentacije (u oba slučaja) opada za oko 30%, dok nakon 90 minuta fermentacije predfermenta opada za oko 50%. Nakon 180 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera dostiže nultu vrednost, što je jedan od uzroka iscrpljenosti ćelija kvasaca i njihove nedovoljne fermentativne aktivnosti u hlebnom testu. Povećanje sadržaja saharoze u podlozi predfermenta za 200 % ne dovodi do značajnih promena u fermentativnoj aktivnosti ćelija kvasaca u predfermentu i to sa aspekta potrošnje sadržaja invert šećera.



Slika 36: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (2,0 % saharoze i 1,5 % pšeničnih klica) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca

Slika 36 pokazuje da nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera opada za oko 40%, dok nakon 90 minuta fermentacije opada za preko 60%. Po isteku fermentacije predfermenta (180 minuta) sadržaj invert šećera dostiže gotovo nultu vrednost. Nedovoljna koncentracija fermentabilnih šećera dovodi do narušavanja enzimskog sistema ćelija kvasaca što se odražava na fermentativnu aktivnost ćelija u hlebnom testu, odnosno na brašnu kao podlozi.

Asimilacija fermentabilnih komponenti iz podloge od strane ćelija pivskog i pekarskog kvasca (kombinacija) je nešto intenzivnija u odnosu na asimilaciju fermentabilnih komponenti u predfermentu sa pivskim kvascem i to u svim vremenima fermentacije predfermenta.



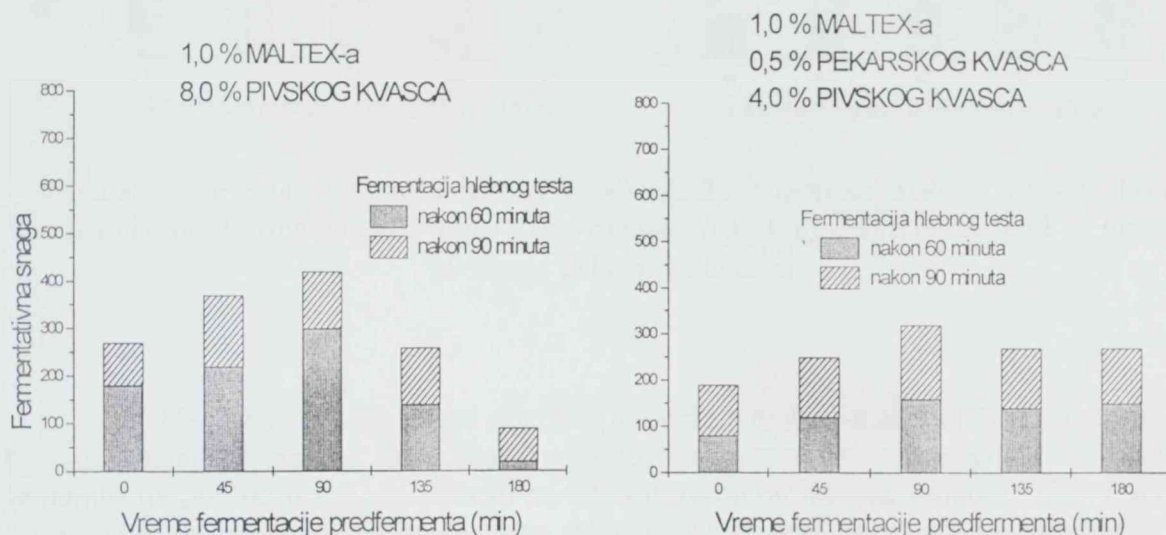
Slika 37: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava B (2,5 % saharoze i 2,0 % pšeničnih klica) tokom fermentacije pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Na slici 37 se uočava da asimilacija fermentabilnih komponenti iz podloge predfermenta je intenzivna, što potvrđuje činjenica da sadržaj invert šećera nakon 45 minuta fermentacije predfermenta opada za oko 55%, a nakon 90 minuta fermentacije predfermenta za oko 65%. Međutim, nakon 180 minuta fermentacije predfermenta, sadržaj invert šećera ima relativno visoku vrednost od 0,48%. Ovo se može objasniti relativno visokim sadržajem fermentabilnih šećera u predfermentu koji dovodi do inhibicije supstratom fermentativnu aktivnost kvasaca.

Vrednost pH predfermenta pri svim ispitivanim sadržajima saharoze i pšeničnih klica varira u optimalnim granicama za rast i razmnožavanje ćelija pekarskog i pivskog kvasca. Sama promena vrednosti pH je posledica asimilacije mineralnih materija ćelijama kvasaca.

b) Svojstva hlebnog testa

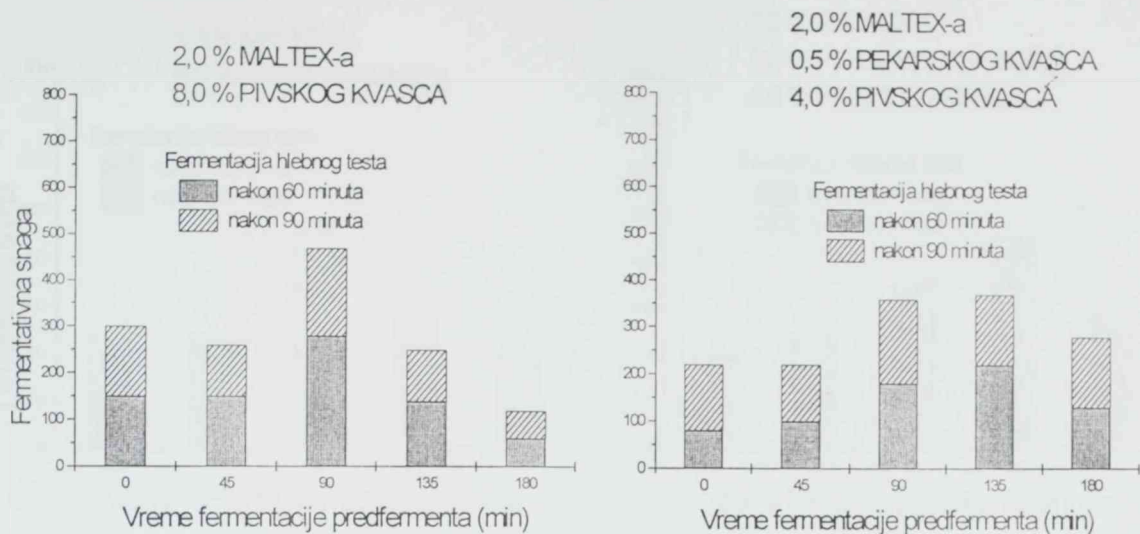
Uticaj primene maltex-a (sastav A) i saharoze sa pšeničnom klicom (sastav B) u predfermentu kao podlozi prvog stepena na svojstva hlebnog testa sagledan je na osnovu fermentativne snage tokom 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u fermentografu. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 38-42 i 43-47.



Slika 38: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (1,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Rezultati prikazani na slici 38 pokazuju da se maksimalna vrednost fermentativne snage u hlebnom testu dobija nakon 90 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 300 ml nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa, odnosno 420 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa (za pivski kvasac) i 160 ml nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa, odnosno 320 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa (za kombinaciju kvasaca). Ove vrednosti su prihvatljive (za pivski kvasac), odnosno uslovno prihvatljive (za kombinaciju kvasaca) sa stanovišta svojstava hlebnog testa.

Daljom fermentacijom predfermenta (za kombinaciju kvasaca), sve do isteka 180 minuta, fermentativna snaga u hlebnom testu opada do neprihvatljivih vrednosti od 270 ml dobijenih nakon 90 minuta fermentacije predfermenta. Optimalno vreme fermentacije predfermenta od 90 minuta u skladu je sa rezultatima ranijih istraživanjima u ovoj oblasti.

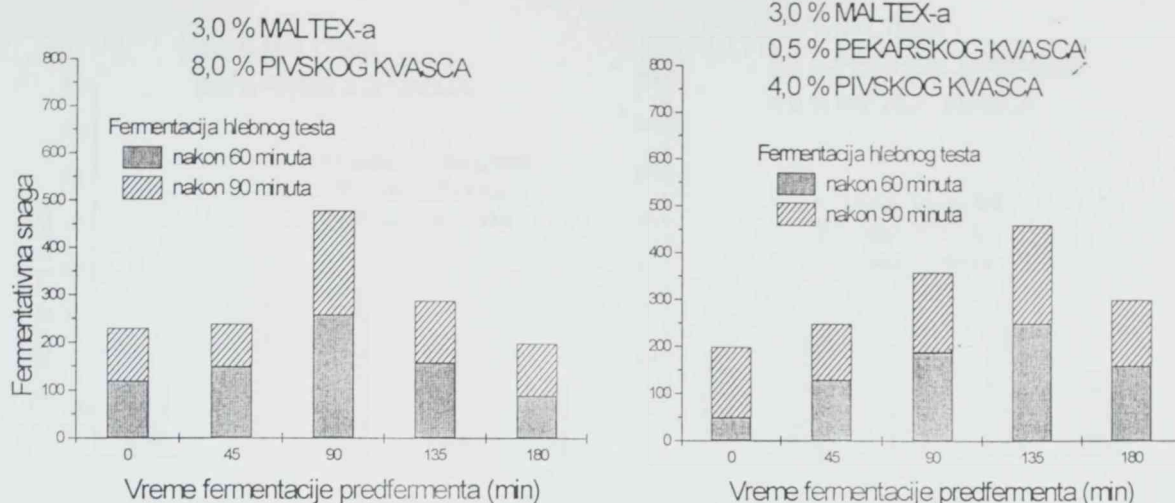


Slika 39: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (2,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca

Sa slike 39 se uočava da pri povećanju sadržaja maltex-a za 100 % u predfermentu (za kombinaciju kvasaca), maksimalna vrednost fermentativne snage nakon 135 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 220 ml nakon 60 minuta, odnosno 370 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, fermentativna snaga u hlebnom testu iznosi 360 ml (nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa) što se može uslovno prihvatiti sa aspekta svojstava hlebnog testa zamešenog sa proizvedenim predfermentom. Nakon 135 minuta fermentacije predfermenta fermentativna aktivnost kvasaca u hlebnom testu je nepromenjena, da bi se daljom fermentacijom predfermenta fermentativna aktivnost kvasaca u hlebnom testu smanjivala, što je posledica iscrpljivanja enzimskog sistema ćelija kvasaca, a što potvrđuje ranije konstatacije da je optimalno vreme trajanja fermentacije predfermenta 90 minuta.

Primenom pivskog kvasca (8,0 % u odnosu na brašno za zames) u sastavu predfermenta ostvaruje se prihvatljiva vrednost fermentativne snage u hlebnom testu (470 ml) nakon 90 minuta frementacije predfermenta. Daljom fermentacijom, kao i kod primene kombinacije kvasaca, fermentativna aktivnost u hlebnom testu opada.

Važno je istaći da je primenom pivskog kvasca u sastavu predfermenta optimalno vreme fermentacije predfermenta do 90 minuta, a da se primenom kombinacije kvasaca (pivski i pekarski kvasac) to vreme produžava na 135 minuta. Ovo se može objasniti razlikama u fiziološim stanjima ćelija pivskog i pekarskog kvasca.



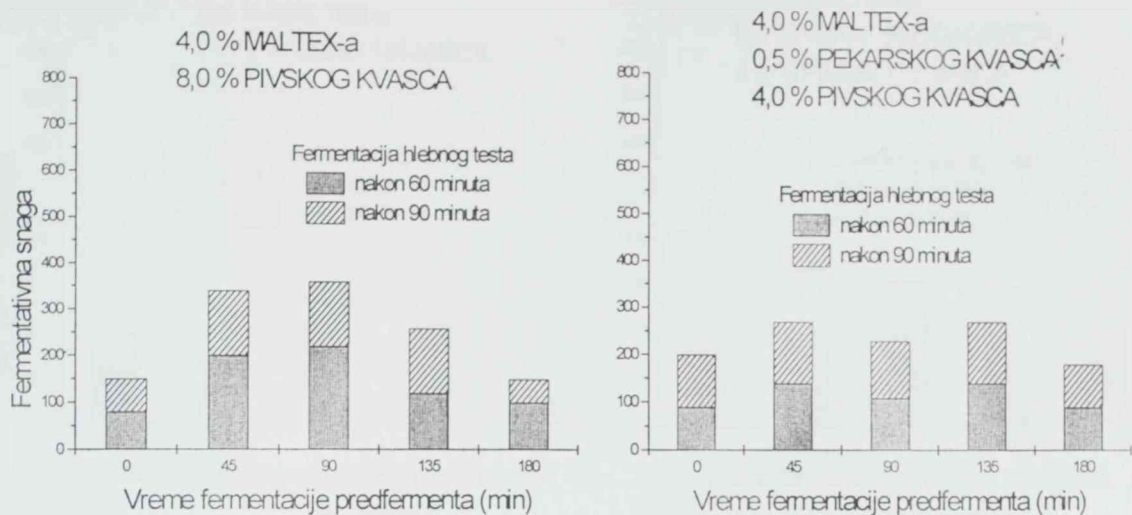
Slika 40: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (3,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Razultati prikazani na slici 40 ukazuju na to da u nultom vremenu fermentacije predfermenta ne postiže se prihvatljiva vrednost fermentativne snage (200 ml odnosno 230 ml, za kombinaciju kvasaca odnosno za pivski kvasac), što je u korelaciji sa rezultatima prethodna dva eksperimenta.

Kao i u prethodnom eksperimentu, maksimalna vrednost fermentativne snage u hlebnom testu se postiže nakon 135 minuta fermentacije predfermenta u prihvatljivoj vrednosti od 460 ml (za kombinaciju kvasaca) i nakon 90 minuta fermentacije predfermenta u takođe prihvatljivoj vrednosti od 480 ml (za pivski kvasac).

Nakon 90 i 180 minuta fermentacije predfermenta postižu se uslovno prihvatljive vrednosti fermentativne snage od 360 ml odnosno 300 ml (za kombinaciju kvasaca). Ovo potvrđuje rezultate ranijih ispitivanja koji pokazuju da se optimalno vreme fermentacije predfermenta postiže nakon 90 minuta i to za primenu pivskog kvasca a 135 minuta za primenu kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Sadržaj maltex-a od 3,0 % u predfermentu (računato na brašno za zames) u dosadašnjim ispitivanjima se pokazao kao optimalan i to sa aspekta svojstava hlebnog testa, kako za primenu pivskog kvasca tako i za primenu kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

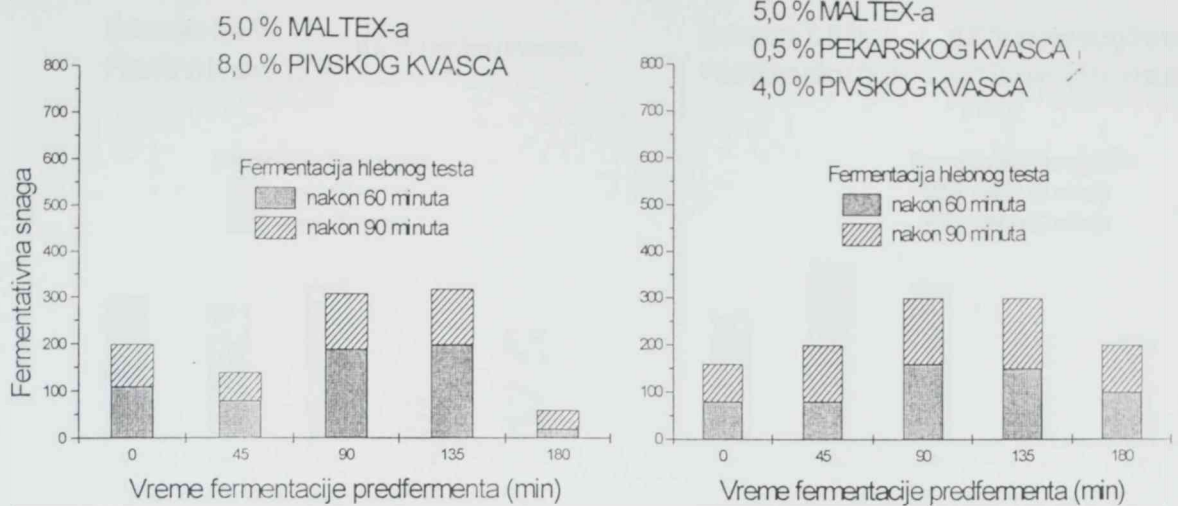


Slika 41: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (4,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Sa slike 41 se uočava da povećanjem sadržaja maltex-a na 4% u predfermentu (računato na brašno za zames), za sve vreme trajanja fermentacije predfermenta ne postiže se zadovoljavajuća aktivnost kvasaca u hlebnom testu i to za obe primenjene kombinacije proizvodnih mikroorganizama.

Maksimalna vrednost fermentativne snage dobija se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 270 ml za kombinaciju kvasaca, odnosno nakon 90 minuta fermentacije predfermenta u uslovno prihvatljivoj vrednosti od 360 ml za pivski kvasac.

Veće koncentracije šećera u podlozi predfermenta (više od 3% maltex-a) verovatno dovode do inhibicije fermentativne aktivnosti kvasaca (inhibicija supstratom). Interesantno je uočiti da se približne vrednosti fermentativne snage dobijaju pri udelu maltex-a od 4% i 1% (za kombinaciju kvasaca). Ovo je verovatno posledica razlike fiziološkog stanja ćelija kvasaca u eksperimentima sa 4,0 % i 1,0 % maltex-a što je uzrokovalo sličnu aktivaciju proizvodnih kvasaca i ispoljavanje njihove fermentativne aktivnosti u hlebnom testu.

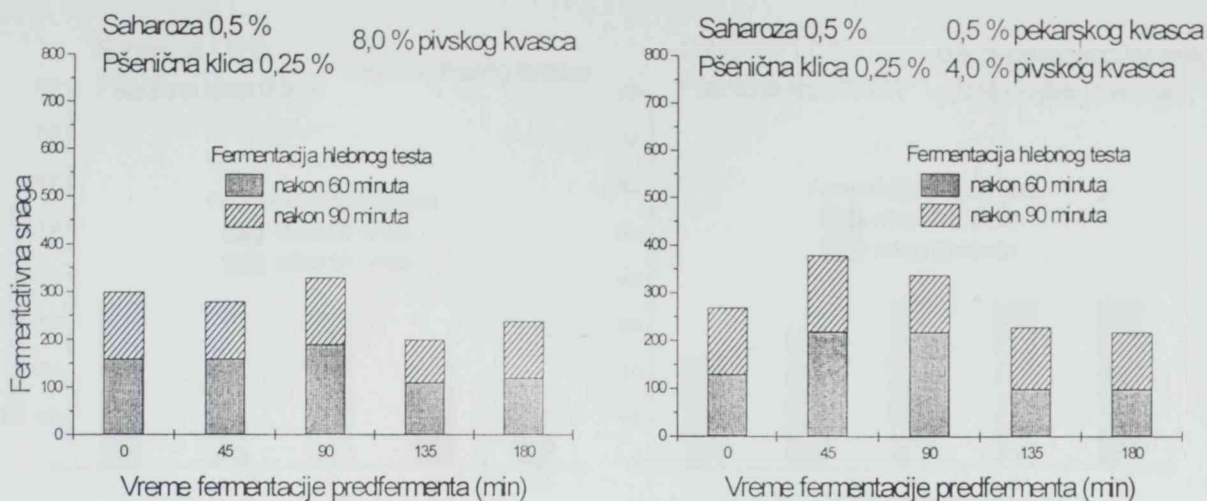


Slika 42: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava A (5,0 % maltex-a) pri korišćenju pivskog i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.

Rezultati prikazani na slici 42 ukazuju da se maksimalna vrednost fermentativne snage u hlebnom testu, zamešenom sa predfermentom proizvedenim u podlozi sa 5% maltex-a, dobija nakon 90 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 300 ml za kombinaciju kvasaca (nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa), odnosno nakon 135 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 320 ml za pivski kvasac (nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa). Ova vrednost fermentativne snage zadržava se i nakon 135 minuta fermentacije predfermenta, da bi nakon tog vremena aktivnost kvasaca opala na vrednost od 200 ml za kombinaciju kvasaca).

Primenom pivskog kvasca u podlozi predfermenta fermentativna aktivnost naglo opada nakon 135 minuta fermentacije predfermenta, što se manifestuje fermentativnom snagom u vrednosti od 60 ml.

Dobijene vrednosti fermentativne snage su uslovno prihvatljive sa aspekta svojstava hlebnog testa. Sadržaj maltex-a u podlozi predfermenta u vrednosti od 5% (računato na brašno za zames) inhibitorno deluje na ćelije pekarskog i pivskog kvasca tokom fermentacije predfermenta, što se odražava i na njihovu fermentativnu aktivnost u hlebnom testu.



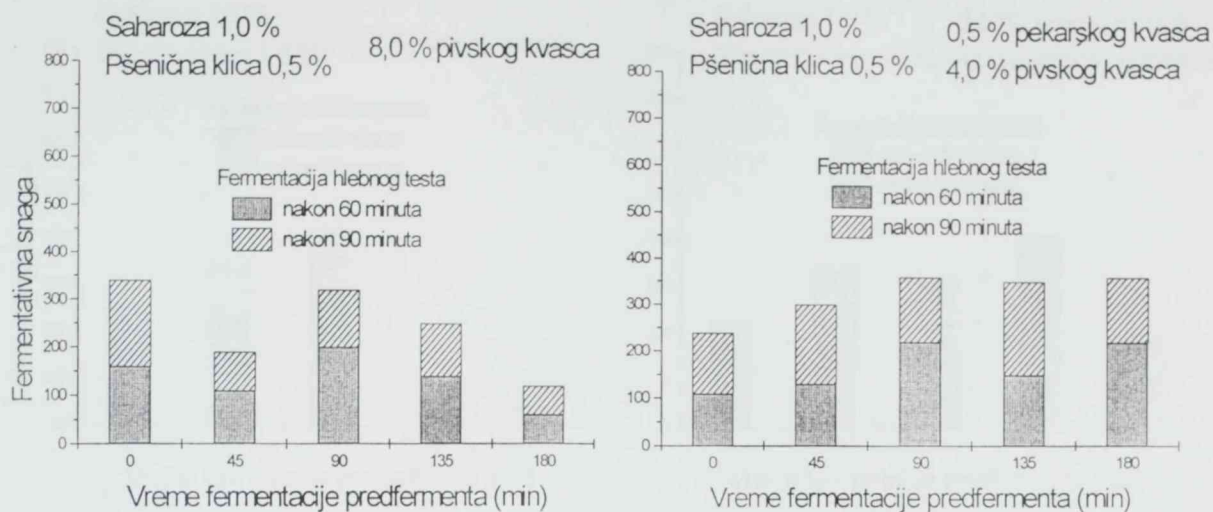
Slika 43: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca

Rezultati analiza predfermenta sastava B, predstavljeni na slici 43, pokazuju da se uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage ostvaruje nakon 45 i 90 minuta fermentacije predfermenta, u vrednosti od 380 ml i 340 ml respektivno, i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa za kombinaciju kvasaca. Takođe se i za primenu pivskog kvasca postiže uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage u vrednosti od 330 ml nakon 90 minuta fermentacije predfermenta.

Nakon 135 minuta fermentacije predfermenta fermentativna snaga u hlebnom testu opada ispod 300 ml, kao granici za uslovno prihvatanje vrednosti, što potvrđuje ranije iznete konstatacije o optimalnom vremenu trajanja fermentacije predfermenta.

Primena kombinacije saharoze i pšenične klice u podlozi predfermenta daje povećanja i smanjenja fermentativne aktivnosti kvasaca gotovo isti kao i u slučaju primene maltex-a u podlozi predfermenta.

Poredeći rezultate analiza predfermenta sastava A (slika 38), koji je komparativan sa sastavom B (slika 43) u pogledu udela izvora ugljenika, mogu se uočiti ne velike razlike u fermentativnoj snazi i potrošnji invert šećera u podlozi predfermenta. Ovo daje dobre pretpostavke u mogućnosti zamene sladnog ekstrakta kao osnove sirovinskog sastava predfermenta kombinacijom saharoze i pšenične klice.



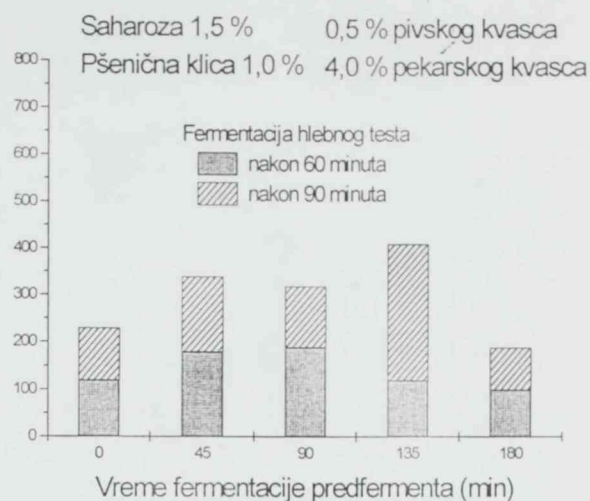
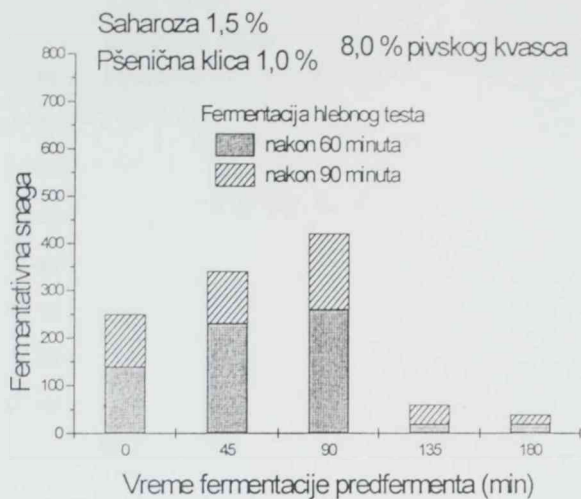
Slika 44: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca

Na slici 44 se uočava da pri direktnom zamesu hlebnog testa (nulto vreme fermentacije predfermenta) ne postiže se prihvatljiva vrednost fermentativne snage ni primenom kombinacije kvasaca ni primenom pivskog kvasca.

Nakon 45 minuta fermentacije predfermenta (sa kombinacijom kvasaca) ostvaruje se uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage u vrednosti od 300 ml (nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa), dok se nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, postiže maksimalna vrednost fermentativne snage od 360 ml, takođe uslovno prihvatljiva vrednost sa aspekta svojstava hlebnog testa.

Poredeći efekte aktivacije pivskog kvasca primenom maltex-a u podlozi predfermenta sa efektima aktivacije primenom saharoze i pšeničnih klica, može se uočiti da je aktivacija ćelija pivskog kvasca izraženija primenom maltex-a u podlozi predfermenta, što se objašnjava veoma bogatim sastavom maltex-a (pored izvora C-atoma i sadržajem vitamina, minerala, proteina).

Može se uočiti da sve do isteka fermentacije predfermenta (180 minuta), fermentativna aktivnost kvasaca u hlebnom testu se zadržava na uslovno prihvatljivoj vrednosti (360 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa).



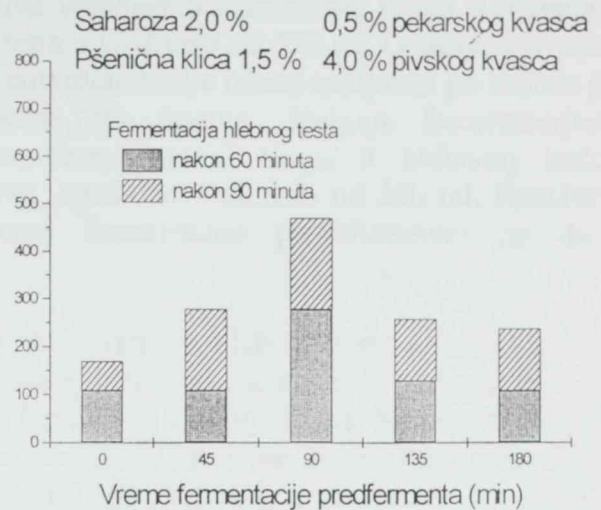
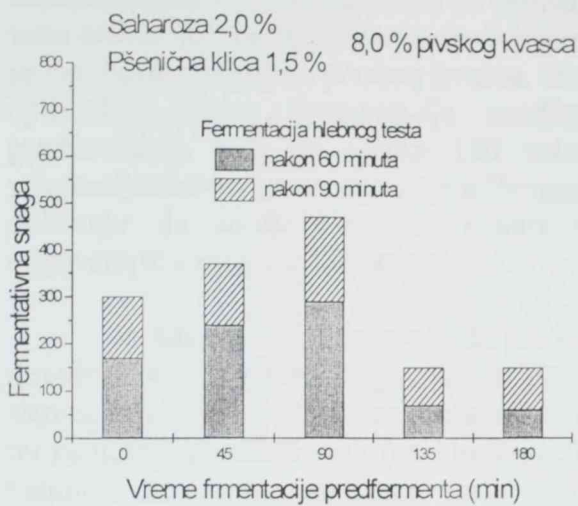
Slika 45: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca

Rezultati prikazani na slici 45 pokazuju da se u nultom vremenu fermentacije predfermenta (direktni zames hlebnog testa) ne postiže se prihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Nakon 45 i 90 minuta fermentacije predfermenta postiže se uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage u vrednosti od 300 ml i 360 ml, respektivno (za kombinaciju kvasaca).

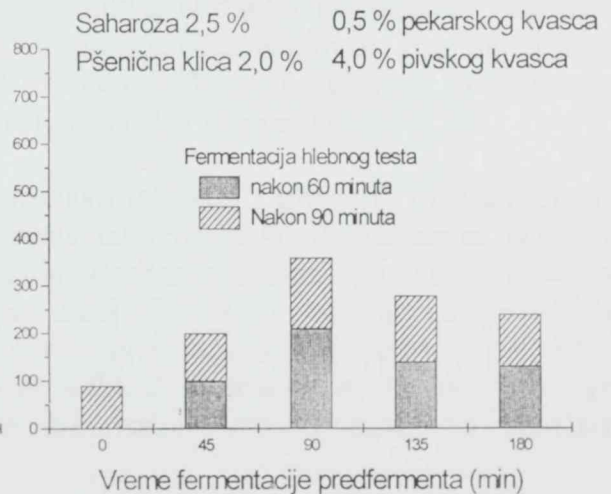
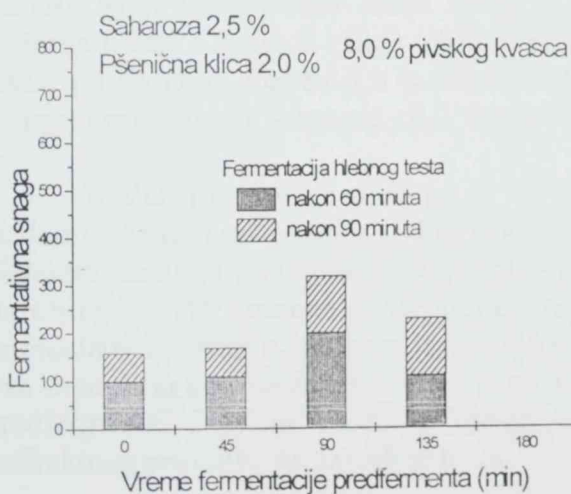
Primenom pivskog kvasca, nakon 45 minuta fermentacije predfermenta ostvaruje se uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage od 340 ml, a dok se nakon 90 minuta ostvaruje prihvatljiva vrednost od 420 ml gasa. Ovo je u korelaciji sa ranije iznetim rezultatima u primeni maltex-a za podlogu predfermenta.

Maksimalna vrednost fermentativne snage, ujedno i prihvatljiva vrednost sa aspekta svojstava hlebnog testa, postiže se nakon 135 minuta fermentacije predfermenta u vrednosti od 410 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa (za kombinaciju kvasaca).

Značajno opadanje aktivnosti kvasaca u hlebnom testu registruje se nakon 180 minuta fermentacije predfermenta, u vrednosti od 190 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa (za kombinaciju kvasaca). Ovo opadanje vrednosti zapremine razvijenog gasa nakon 135 minuta fermentacije predfermenta je veoma izraženo u slučaju primene samo pivskog kvasca (60 ml gasa nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa).



Slika 46: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca.



Slika 47: Fermentativna snaga nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa tokom fermentacije predfermenta sastava B pri korišćenju pivskog kvasca i korišćenju kombinacije pivskog i pekarskog kvasca

Na slikama 46 i 47 prikazani su rezultati primene kombinacije saharoze i pšenične klice u podlozi predfermenta (sa pivskim kvascem i sa kombinacijom pivskog i pekarskog kvasca) sa sadržajima 2,0 % i 2,5 % odnosno 1,5 % i 2,0 % respektivno.

Sa slike 46 se može uočiti da nakon 90 minuta fermentacije predfermenta (sa kombinacijom kvasaca) postiže se prihvatljiva vrednost fermentativne snage u hlebnom testu nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa u vrednosti od 470 ml. Ovakva aktivnost se ispoljava primenom pivskog kvasca. Ovo potvrđuje ranije iznete zaključke po kojima je optimalno vreme fermentacije predfermenta 90 minuta. Daljom fermentacijom predfermenta, sve do isteka 180 minuta, fermentativna snaga u hlebnom testu, pripremljenom sa prizvedenim predfermentom, opada do vrednosti od 240 ml. Rezultati pokazuju da direktan zames (nulto vreme fermentacije predfermenta) ne daje odgovarajuća svojstva hlebnog testa.

Sa slike 47 se primećuje da pri direktnom zamesu hlebnog testa ne ostvaruje se dovoljna fermentativna snaga, što ne obezbeđuje odgovarajuća svojstva hlebnog testa, a samim tim daje i potvrdu zaključaka ranijih ispitivanja iz ove oblasti. Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta (sa kombinacijom kvasaca) ostvaruje se uslovno prihvatljiva vrednost zaremene razvijenog gasa u vrednosti od 360 ml i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Opadanje aktivnosti kvasaca u hlebnom testu nakon 135 minuta fermentacije predfermenta zadržava se i pri ovim sadržajima sahara i pšenične klice (za obe ispitivane kombinacije proizvodnih kvasaca). Fermentativna aktivnost kvasaca u predfermentu opada iz razloga velike koncentracije fermentabilnih komponenti (sahara) koja inhibitorno utiče na aktivnost enzimskog sistema u ćelijama pekarskog i pivskog kvasca.

Važno je istaći i to, da sadržaji šećera u podlozi predfermenta iznad optimalnih mogu dovesti do povećanja osmotskog pritiska podloge i njegovog približavanja vrednosti osmotskog pritiska unutar ćelija kvasaca, što rezultira otežanim transportom hranljivih materija u ćelije kvasaca i time inhibira njihovu fermentativnu aktivnost. Ova činjenica se javila pri sadržaju maltex-a u podlozi predfermenta od 4% i 5% (računato na brašno za zames) i pri sadržaju sahara od 2,5% (računato na brašno za zames).

U slučaju primene podloge sa kombinacijom sahara i pšenične klice umesto sa sladnim ekstraktom (maltex), dobijene su nešto niže vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu pripremljenog sa predfermentom dobijenog nakon optimalnog vremena fermentacije (90 minuta). Međutim, treba istaći da su, u odnosu na povećanja fermentativne snage u hlebnom testu koja se ostvaruju primenom jednostepenog postupka, ova smanjenja gotovo zanemarljiva, te se može zaključiti da se alternativni sastav podloge predfermenta uspešno može primeniti za proizvodnju predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.

c) Izbor optimalnog sastava hranljive podloge

S obzirom na ostvarenje većih ušteda u kvascu, uravnotežen odnos sadržaja fermentabilne komponente i sadržaja kvasca i ostvarenje većih efekata na razvoj gasa u hlebnom testu nakon fermentacije, kao **optimalan sastav predfermenta A** je sadržaj maltex-a od 3,0 %, a kao **optimalan sastav predfermenta B** je sadržaj sahara od 1,5 % i pšenične klice od 1,0 %.

5.3.2. OPTIMIZACIJA PROCESNIH PARAMETARA

Optimizacija procesnih parametara proizvodnje predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba a u cilju revitalizacije otpadnog kvasca iz pivare u pogledu brzine mešanja, specifične brzine aeracije i temperature predfermenta je uz korišćenje sastava predfermenta koji je na bazi prethodnih ispitivanja definisan kao optimalan (tabela 19).

Tabela 19: Sastav predfermenta tokom optimizacije procesnih parametara

Sastav, %	Sastav I		Sastav II	
	u odnosu na brašno	u odnosu na podlogu	u odnosu na brašno	u odnosu na podlogu
Maltex	3	5	3	5
Pivski kvasac pivare A	8	13,3	4	6,67
Pekarski kvasac	-	-	0,5	0,83

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 povoljnih efekata u pogledu toka fermentacije i svojstava hlebnog testa u odnosu na vrednosti ovih parametara pretpostavljene kao povoljne tokom optimizacije sirovinskog sastava predfermenta.

5.3.2.1. Brzina mešanja

S obzirom na sastav, predferment kao podloga u proizvodnji predfaza u postupku proizvodnje hleba predstavlja složen sistem u pogledu hemijskog sastava rastvorenih komponenti. Odgovarajuća homogenost podloge predfermenta ostvaruje se primenom mešanja.

U praksi proizvodnje predfermenta koriste se različita konstrukciona rešenja mešalica uz primenu različitih brzina mešanja zavisno od sastava, konzistencije i reoloških svojstava predfermenta koji se proizvode. U cilju optimizacije brzine mešanja predfermenta kog karakterišu svojstva zacrtana optimalnim sastavom utvrđenim na bazi željenih efekata zacrtanih u ovom radu, sprovedena su ispitivanja uticaja brzine mešanja pomoću turbinske mešalice u laboratorijskom fermentoru Chemap za sledeće brzine mešanja prikazanih u tabeli 20.

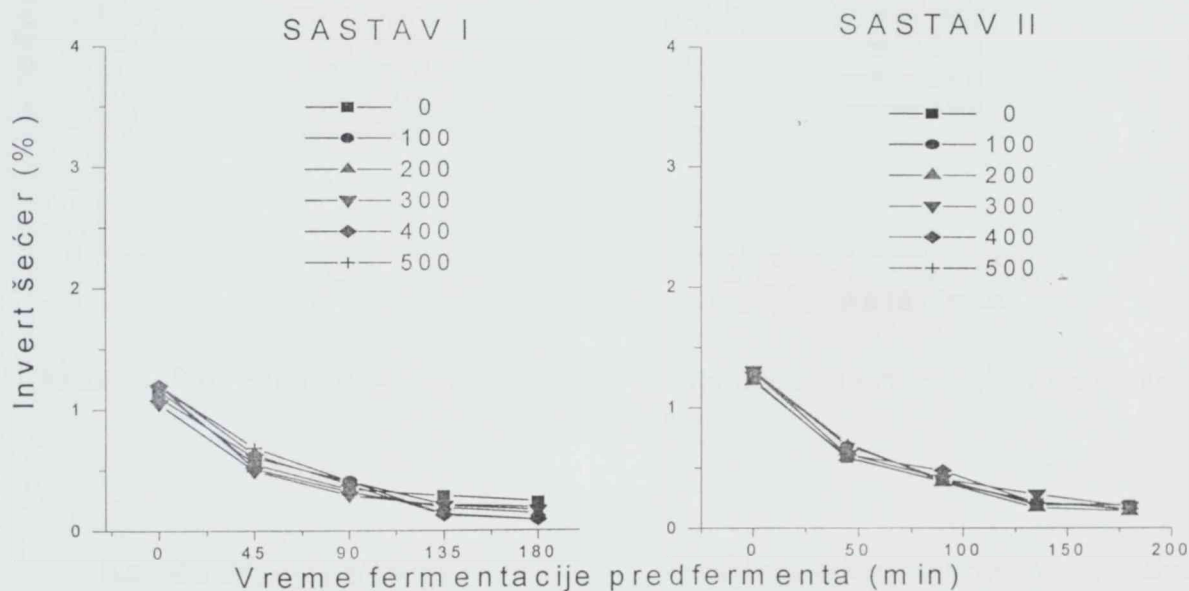
Tabela 20: Ispitivane brzine mešanja predfermenta

Brzina mešanja, o/min	0	100	200	300	400	500
-----------------------	---	-----	-----	-----	-----	-----

Ispitan je uticaj brzine mešanja na tok fermentacionih procesa u predfermentu i na svojstva hlebnog testa zamešenog sa proizvedenim predfermentom. Ispitivanja su izvedena pri brzini aeracije od 6,0 l/min i temperaturi fermentacionog medijuma 30 °C.

a) Tok fermentacije

Rezultati ispitivanja sadržaja fermentabilnih komponenti iskazanog preko sadržaja invert šećera u predfermentu i vrednosti pH za različite brzine mešanja u zavisnosti od trajanja fermentacije prikazani su na slikama 48 i 49.

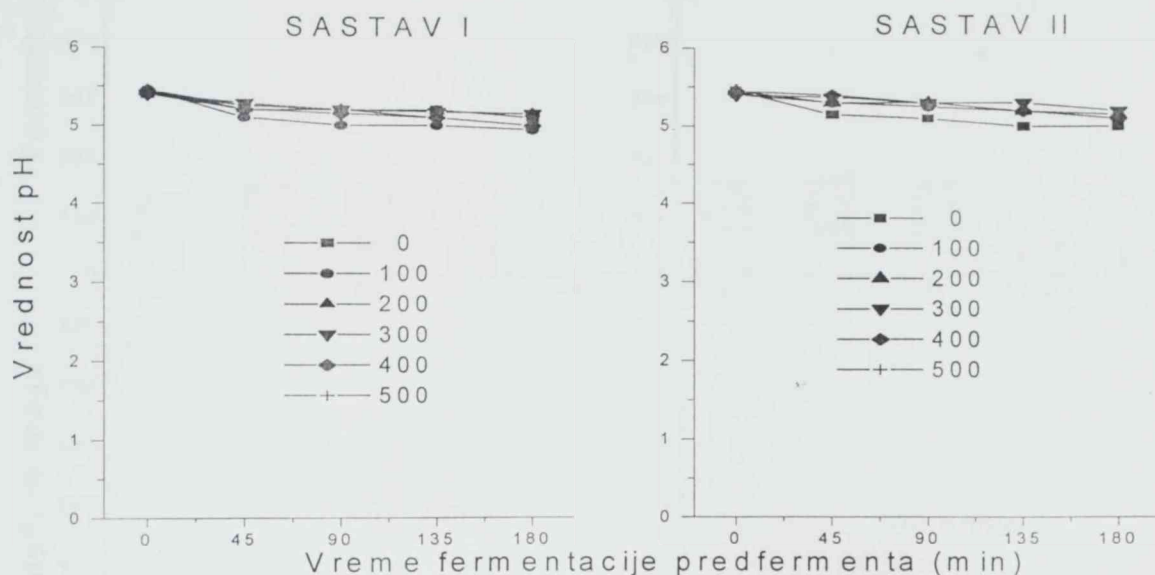


Slika 48: Promena sadržaja invert šećera u predfermentu tokom vremena fermentacije za različite brzine mešanja

Prikazani rezultati na slici 48 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 prvih 45 minuta fermentacije, pri čemu je opadanje sadržaja invert šećera najbrže u prvih 45 minuta fermentacije kod brzina mešanja od 200 i 300 o/min, što ukazuje i na najintenzivniju fermentativnu aktivnost kvasaca pri ovim brzinama mešanja. Nakon 135 minuta fermentacije, bez obzira na primenjenu brzinu mešanja sadržaj invert šećera u podlozi opada do vrednosti koje ukazuju na to da je podloga iscrpljena u pogledu fermentabilnih šećera.

Najslabija potrošnja fermentabilne komponente u fermentacionom medijumu uočava se u eksperimentu bez mešanja predfermenta, što je i logična posledica nedovoljne homogenosti fermentacionog medijuma koja direktno utiče na iskoristljivost hranljivih materija iz podloge od strane ćelija kvasaca.



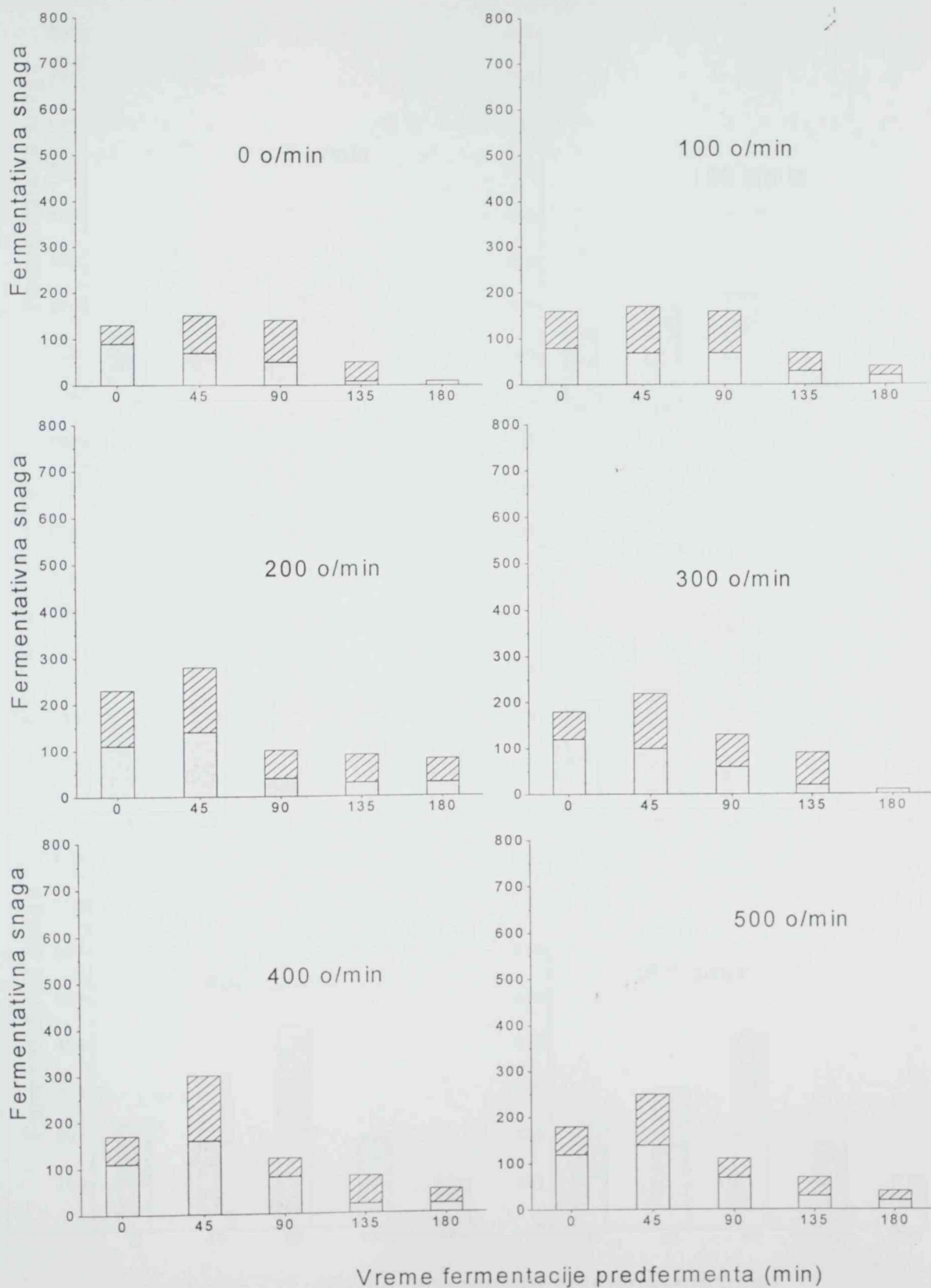
Slika 49: Promena vrednosti pH predfermenta sastava tokom fermentacije za različite brzine mešanja

Kao što se i pretpostavilo, s obzirom na primenjene uslove aeracije, fermentativna aktivnost kvasaca, bez obzira na primenjenu brzinu mešanja nije rezultirala značajnijim promenama vrednosti pH predfermenta, što se registruje na slici 49. Za sve ispitivane brzine mešanja predfermenta registrovan je blago opadanje vrednosti pH. Ovo je posledica asimilacije mineralnih materija ćelijama kvasaca.

b) Svojstva hlebnog testa

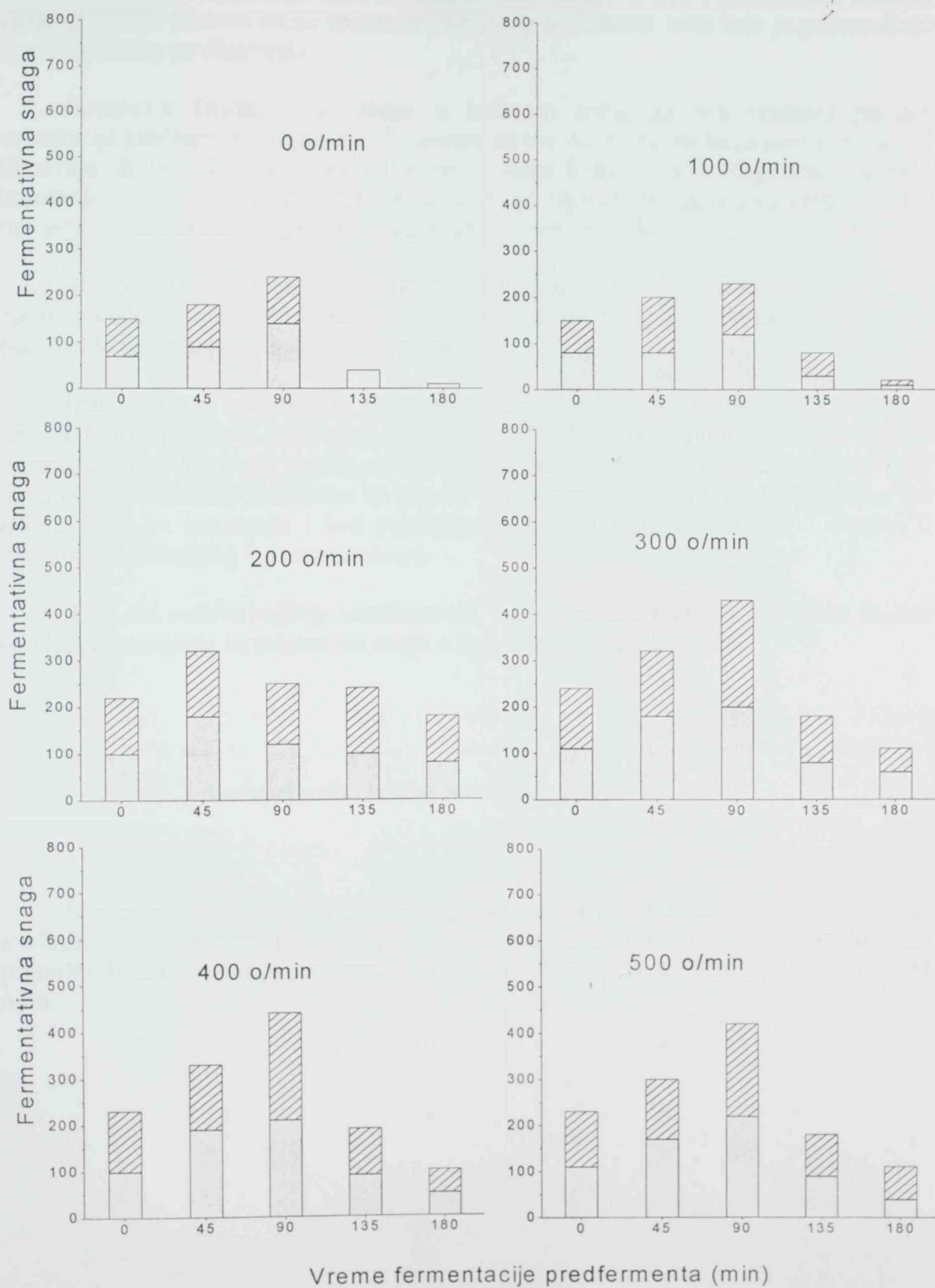
Uticaj brzine mešanja fermentacionog medijuma na svojstva hlebnog testa registrovan je fermentografski na bazi fermentativne snage (ml CO₂) u hlebnom testu tokom 60, odnosno 90 minuta fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 50 i 51.

SASTAV I



Slika 50: Fermentativna snaga kvasca tokom fermentacije predfermenta sastava I za različite brzine mešanja

SASTAV II



Slika 51: Fermentativna snaga kvasaca tokom fermentacije predfermenta sastava II za različite brzine mešanja

Rezultati prikazani na slikama 50 i 51 ukazuju da se povećanjem brzine mešanja povećava efikasnost aktivacije kako pivskog kvasca (sastav I) tako i kombinacije kvasaca (sastav II) što je praćeno preko fermentativne snage u hlebnom testu koje je pripravljeno od proizvedenog predfermenta.

Povećanje fermentativne snage u hlebnom testu, za sva vremena trajanja fermentacije predfermenta sastava I i II, uočava se sve do brzine mešanja predfermenta od 300 o/min, da bi daljim povećanjem brzine mešanja fermentativna snaga stagnira. Ovo stagniranje fermentativne snage u hlebnom testu se objašnjava uspostavljanjem dovoljne homogenosti fermentacionog medijuma pri kome je aktivacija kvasaca najefikasnija.

Za oba sastava podloge predfermenta (I i II), nakon 45 minuta fermentacije nema značajnih razlika u aktivaciji kvasaca (registrovano preko fermentativne snage) sa aspekta uticaja različitih brzina mešanja predfermenta.

Ipak se mora konstatovati da je najpovoljniji efekat na fermentativnu snagu u hlebnom testu registrovan kod brzine mešanja od 300 o/min, pri čemu je, nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, postignuto povećanje fermentativne snage u hlebnom testu tokom 60 i 90 minuta fermentacije od oko 80 % u odnosu na predferment proizveden bez mešanja. Ovo se konstatuje i kod predfermenta sastava I (pivski kvasac) i sastava II (kombinacija pekarskog i pivskog kvasca).

Kod oba sastava podloge predfermenta, brzine mešanja od 400 i 500 o/min dovode i do blagog smanjenja fermentativne snage u hlebnom testu za oko 10 %.

c) Izbor optimalne brzine mešanja

S obzirom da je mešanje podloge predfermenta neophodan uslov za ostvarenje povoljnih efekata aktivacije pivskog kvasca, a na osnovu rezultata optimizacije, kao **optimalna brzina mešanja** predfermenta sastava I i sastava II definisana je brzina od **300 o/min.**

5.3.2.2. Temperatura

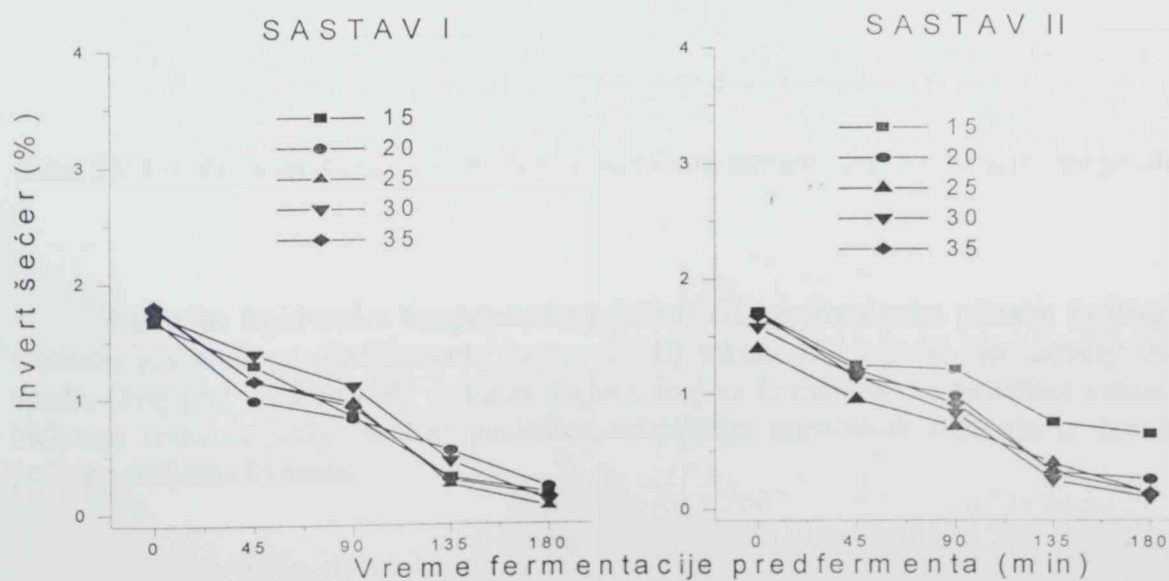
Oba proizvodna mikroorganizma (pivski i pekarski kvasac) koji učestvuju u fermentacionim procesima u predfermentu kao predfazi indirektnog postupka proizvodnje hleba, u cilju aktivacije pivskog kvasca, pripadaju grupi mezofilnih mikroorganizama. Variranje temperature u opsegu prihvatljivom za mezofilne mikroorganizme, u opštem slučaju, kod oba kvasca rezultira favorizovanjem razmnožavanja na nižim temperaturama odnosno alkoholne fermentacije na višim. Ispitivanja uticaja temperature u predfermentu kao složenom biološkom sistemu na tok fermentativnih procesa i fermentativne snage kvasaca u hlebnom testu izvršeno je u opsegu temperatura karakterističnom za mezofilnu mikrofloru, prikazanih u tabeli 21. Ispitivanja su izvršena uz primenu specifične brzine aeracije od 4,5 l/min i brzine mešanja 300 o/min.

Tabela 21: Ispitivane temperature predfermenta

Temperatura predfermenta, °C	15	20	25	30	35
------------------------------	----	----	----	----	----

a) Tok fermentacije

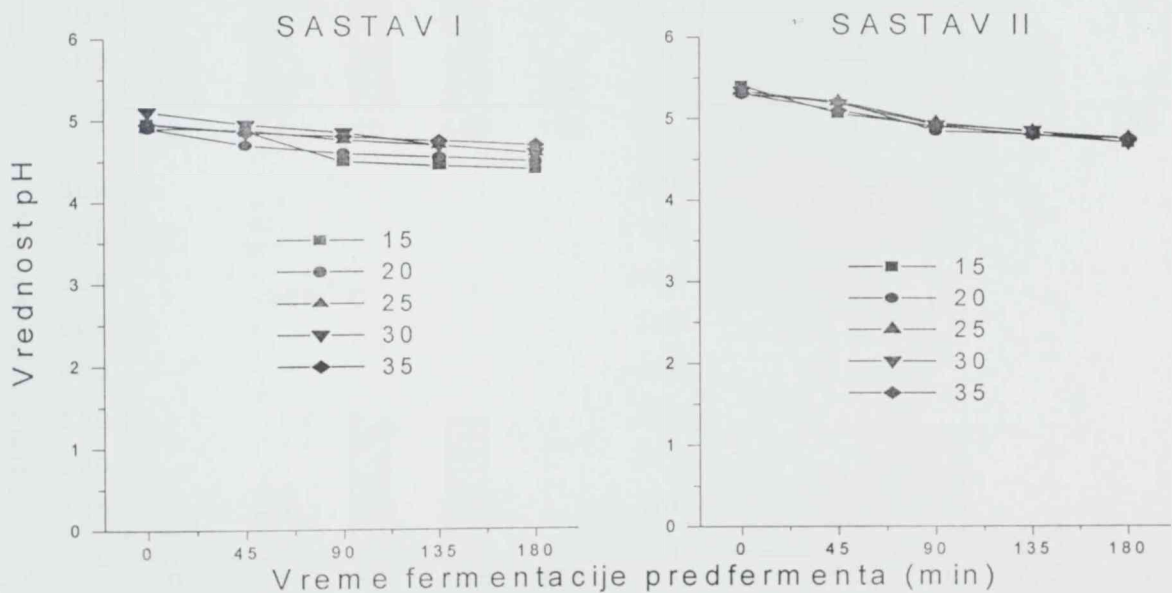
Rezultati ispitivanja sadržaja fermentabilnih šećera u predfermentu, iskazanih preko sadržaja invert šećera, za različite temperature predfermenta u zavisnosti od trajanja fermentacije prikazani su na slikama 52 i 53.



Slika 52: Promena sadržaja invert šećera u predfermentu tokom fermentacije za različite temperature

Sa slike 52 može se uočiti da dinamika opadanja sadržaja invert šećera u podlozi predfermenta različita je u zavisnosti od temperature pod kojim se odvija fermentacija. Na najnižoj temperaturi uključenoj u plan ispitivanja (15 °C), sporije opadanje sadržaja invert šećera tokom celokupnog trajanja fermentacije predfermenta od 3 h ukazuje, kao što je i očekivano, na usporeno odvijanje fermentacionih procesa na ovoj temperaturi. Ovo je više izraženo kod predfermenta sastava II i to kao posledica gotovo duplo manjeg sadržaja kvasca u odnosu na predferment sastava I.

Dinamika potrošnje fermentabilnih šećera iz predfermenta (sastava I i II) od strane kvasca je za temperature 20, 25 i 30 °C približno sličnih karakteristika. Na temperaturi 35 °C aktivnost kvasaca, sudeći po bržem opadanju sadržaja invert šećera, je intenzivnija. Manje vrednosti sadržaja invert šećera u predfermentu sastava II temperature 25 °C pre početka fermentacije (0 h) verovatno su posledica otpočinjanja intenzivne fermentacije još u toku pripreme predfermenta na ovoj temperaturi.

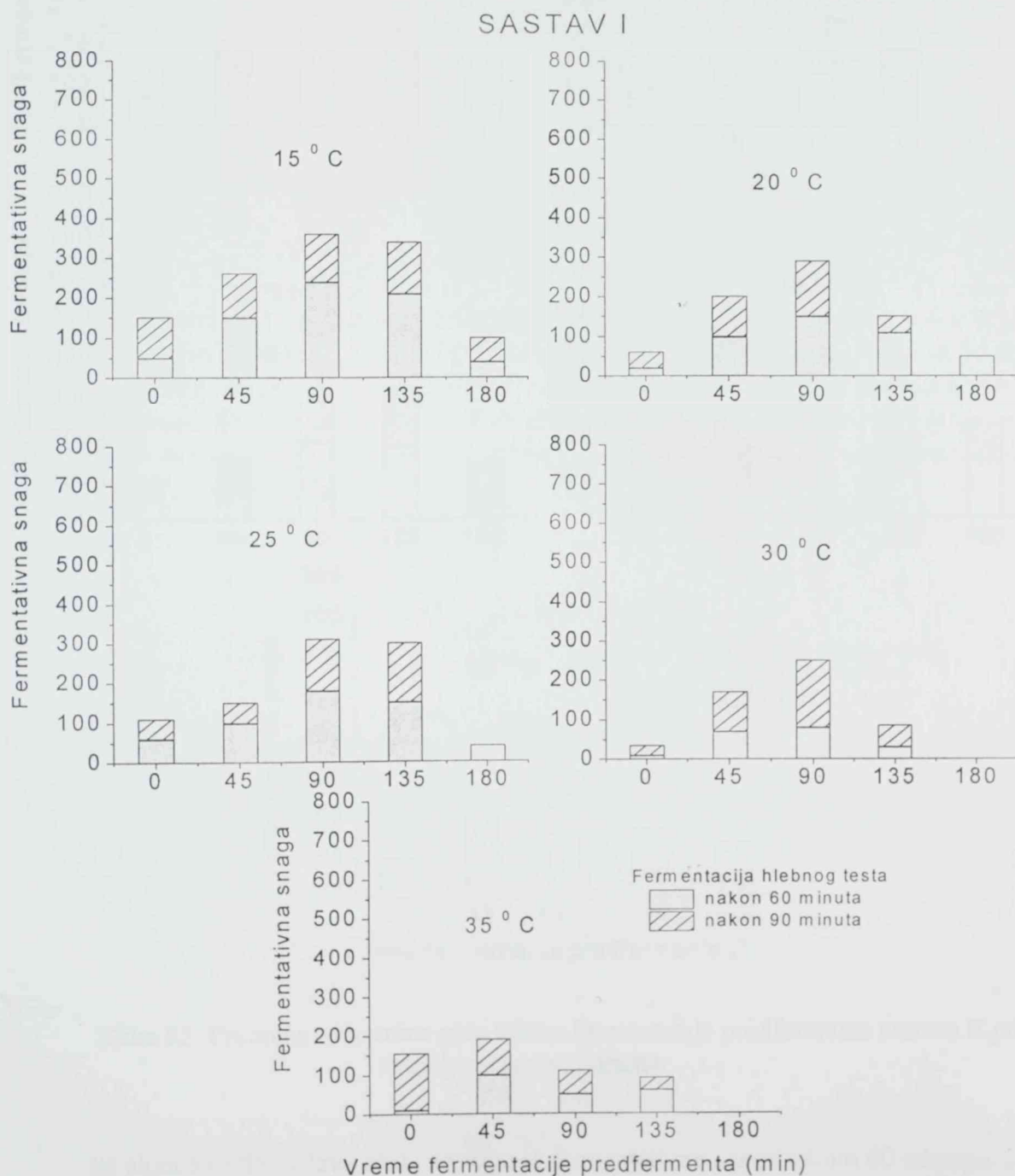


Slika 53: Promena vrednosti pH predfermenta tokom fermentacije za različite temperature

Na svim ispitivanim temperaturama (slika 53), obuhvaćenim planom ispitivanja, vrednost pH podloge predfermenta (sastav I i II) tokom 180 minuta fermentacije blago opada. Ovaj pad vrednosti pH nema značajan uticaj na fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu, a javlja se kao posledica asimilacije mineralnih materija iz hranljive podloge ćelijama kvasaca.

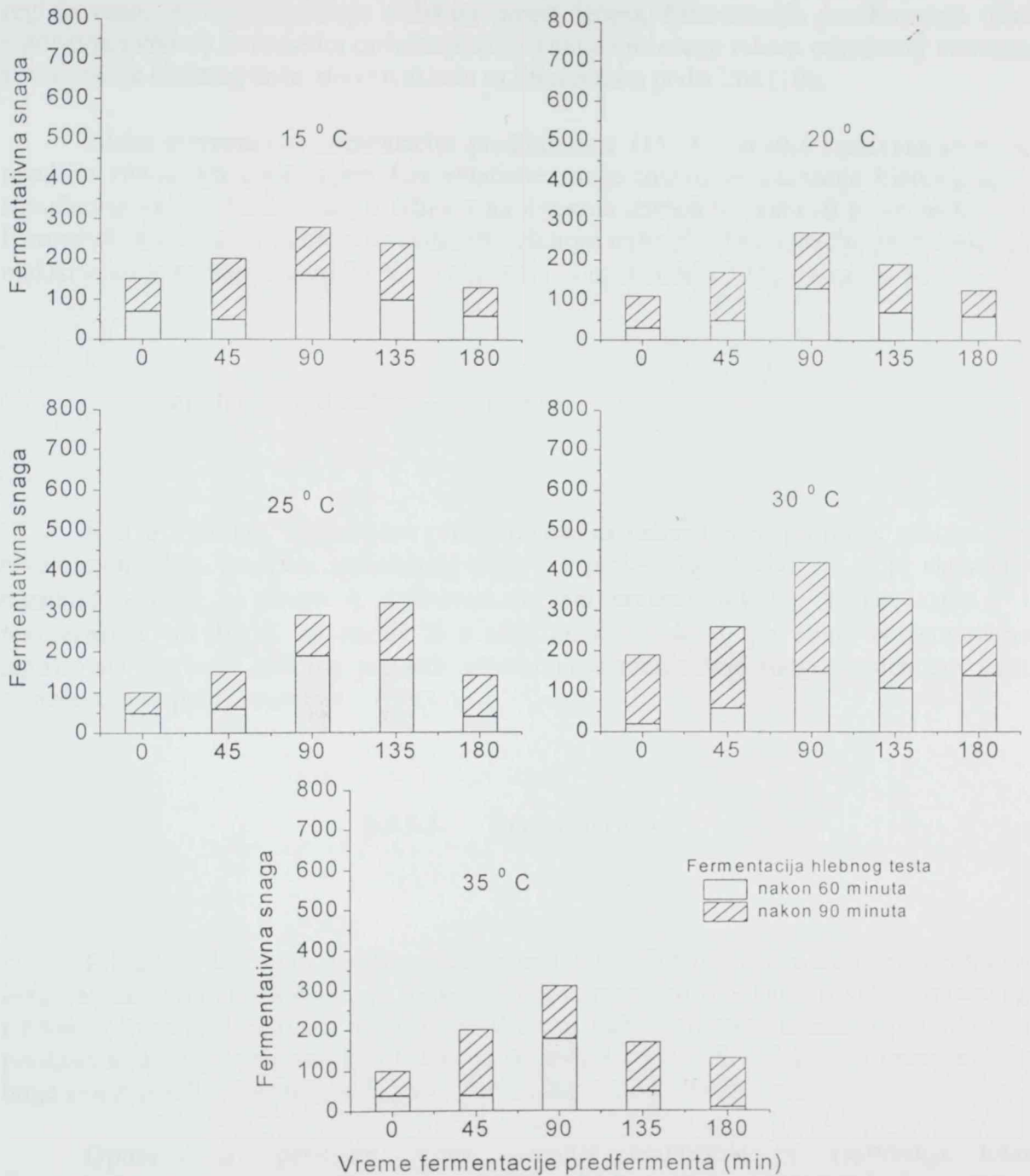
b) Svojstva hlebnog testa

Uticaj temperature predfermenta na dinamiku razvoja gasa u hlebnom testu registrovanom fermentografski prikazan je na slikama 54 i 55.



Slika 54: Fermentativna snaga kvasca tokom fermentacije predfermenta sastava I pri različitim temperaturama

SASTAV II



Slika 55: Promena zapremine gasa tokom fermentacije predfermenta sastava II pri različitim temperaturama

Sa slika 54 i 55 uočava se da povećanje fermentativne snage tokom 60 odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa ostvaruje se nakon 90 minuta fermentacije predfermenta (sastava I i II) na gotovo svim ispitivanim temperaturama. Povećanje zapremine gasa nakon 45 minuta fermentacije, koja se razvije tokom 60 odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa, ostvareno je samo za predferment sastava I na temperaturi 35 °C.

Na višim temperaturama (30 i 35 °C), uprkos intenzivnoj fermentativnoj aktivnosti registrovanoj na bazi opadanja sadržaja invert šećera, fermentacija predfermenta (oba ispitivana sastava) ne rezultira povećanjem fermentativne snage tokom određenog vremena fermentacije hlebnog testa, što je u skladu sa literaturnim podacima (10).

Niska temperatura fermentacije predfermenta (15 °C), u oba ispitivana sastava, rezultira značajnim povećanjem fermentativne snage tokom fermentacije hlebnog testa zamešenog sa predfermentom, u odnosu na direktno zamešeno testo (0 h fermentacije). Fermentativna snaga kvasaca u direktno zamešenom testu (0 h fermentacije predfermenta) maksimalna je na temperaturi 25 °C za sastav I i na temperaturi 30 °C za sastav II.

c) Izbor optimalne temperature

Kao **optimalna** temperatura predfermenta za jednostepeni postupak proizvodnje predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba a u cilju aktivacije otpadnog kvasca iz pivare A definisana je **temperatura od 25 °C za sastav I i temperatura od 30 °C za sastav II** s obzirom na to da su pri ovim temperaturama registrovani najbolji efekti u pogledu povećanja fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom.

5.3.2.3. Brzina aeracije

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

Optimizacija specifične brzine aeracije obuhvatila je ispitivanja toka fermentacionih procesa u predfermentu i svojstava hlebnog testa za različite brzine aeracije prikazane u tabeli 22.

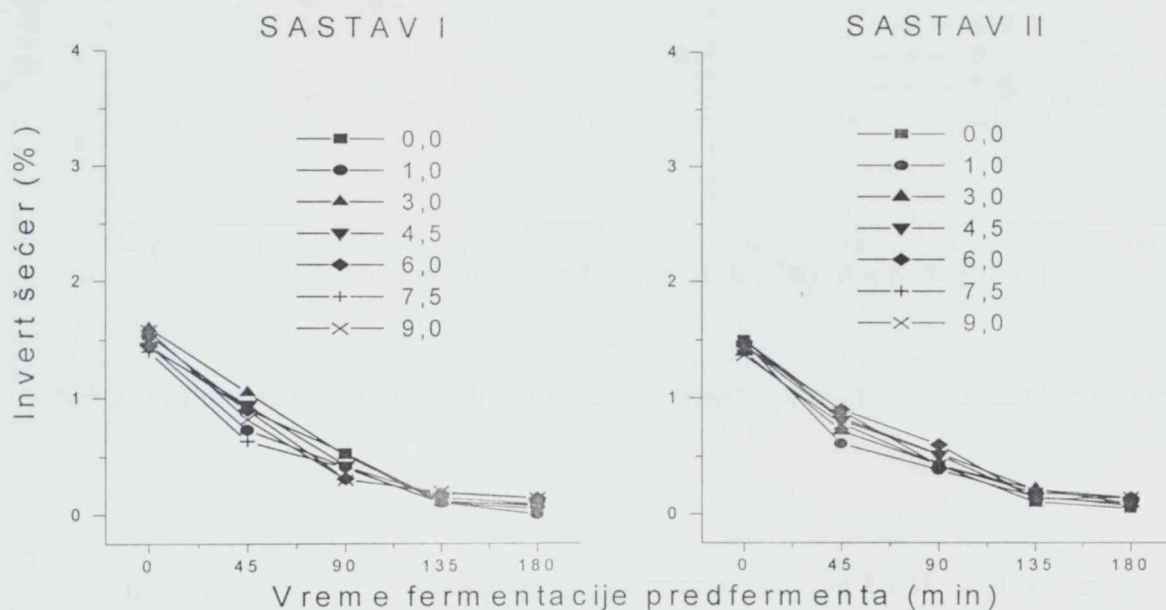
Tabela 22: Ispitivane brzine aeracije predfermenta

Brzina aeracije, l/l min	0	1	3	4,5	6	7,5	9
--------------------------	---	---	---	-----	---	-----	---

Ispitivanja su sprovedena uz primenu brzine mešanja od 300 o/min i pri temperaturi od 30 °C.

a) Tok fermentacije

Rezultati ispitivanja sadržaja fermentabilnih šećera u predfermentu, sagledanog preko sadržaja invert šećera i vrednosti pH, za različite specifične brzine aeracije u zavisnosti od trajanja fermentacije prikazani su na slikama 56 i 57.

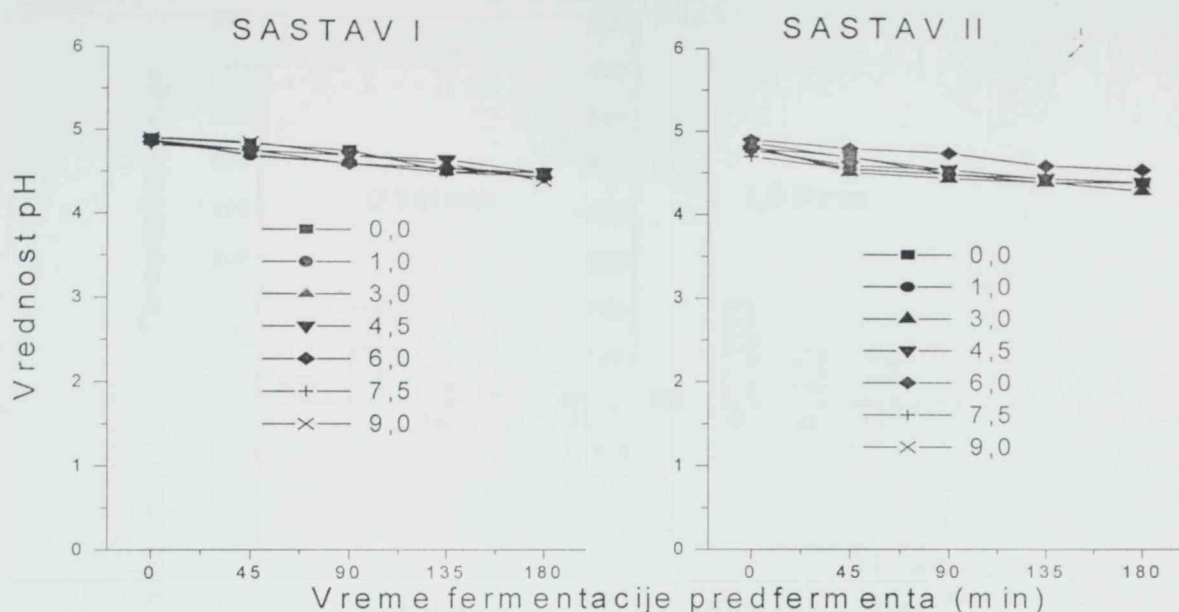


Slika 56: Promena sadržaja invert šećera u predfermentu tokom fermentacije za različite brzine aeracije

Rezultati prikazani na slici 56 ukazuju na to da je u toku prvih 45 minuta fermentacije predfermenta (za oba ispitivana sastva) opadanje sadržaja invert šećera najveće, što ukazuje na intenzivnu fermentativnu aktivnost kvasaca bez obzira na primenjenu brzinu aeracije.

Tokom 45 minuta fermentacije predfermenta sastava I, povećanjem specifične brzine aeracije povećava se potrošnja invert šećera u većoj meri nego što je slučaj kod predfermenta sastava II. Ovo se objašnjava većim udelom proizvodnih kvasaca u predfermentu sastava I (8,0 % pivskog kvasca) u odnosu na predferment sastava II (0,5 % pekarskog i 4,0 % pivskog kvasca).

U svim slučajevima sadržaj invert šećera dostiže granične vrednosti kod kojih je podloga iscrpljena u pogledu sadržaja fermentabilne komponente nakon 3 h fermentacije.



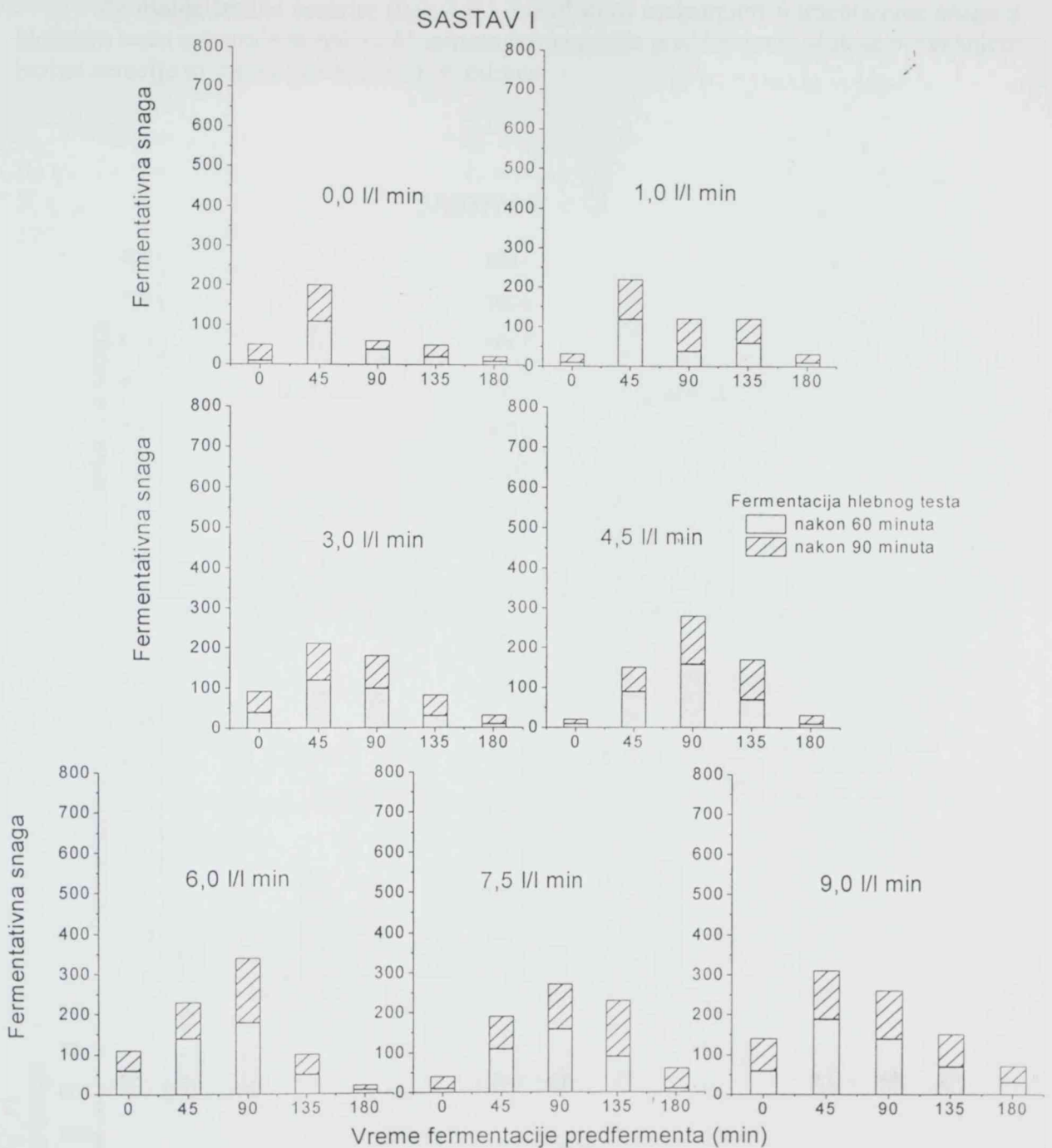
Slika 57: Promena vrednosti pH predfermenta tokom fermentacije za različite brzine aeracije

Opadanje vrednosti pH podloge predfermenta (sastava I i II) registrovano je kod svih primenjenih brzina aeracije (slika 57) u najvećem opsegu od 0,5 pH jedinice, čak i u slučaju oglada bez aeracije (specifična brzina aeracije 0,0 l/l min). Ovo se može objasniti time da se radom mešalice obezbeđuje dovoljna količina rastvorenog kiseonika u podlozi putem površinske aeracije.

Blaga promena vrednosti pH predfermenta je posledica asimilacija mineralnih materija u hranljivoj podlozi ćelijama kvasaca, a što nema veći uticaj na fermentativnu aktivnost kvasaca u hlebnom testu.

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja uticaja primenjene brzine aeracije i trajanja fermentacije predfermenta na fermentativnu snagu u hlebnom testu dobijeni merenjem fermentativne snage (ml CO₂) u fermentografu u toku 60, odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa prikazani su na slikama 58 i 59.

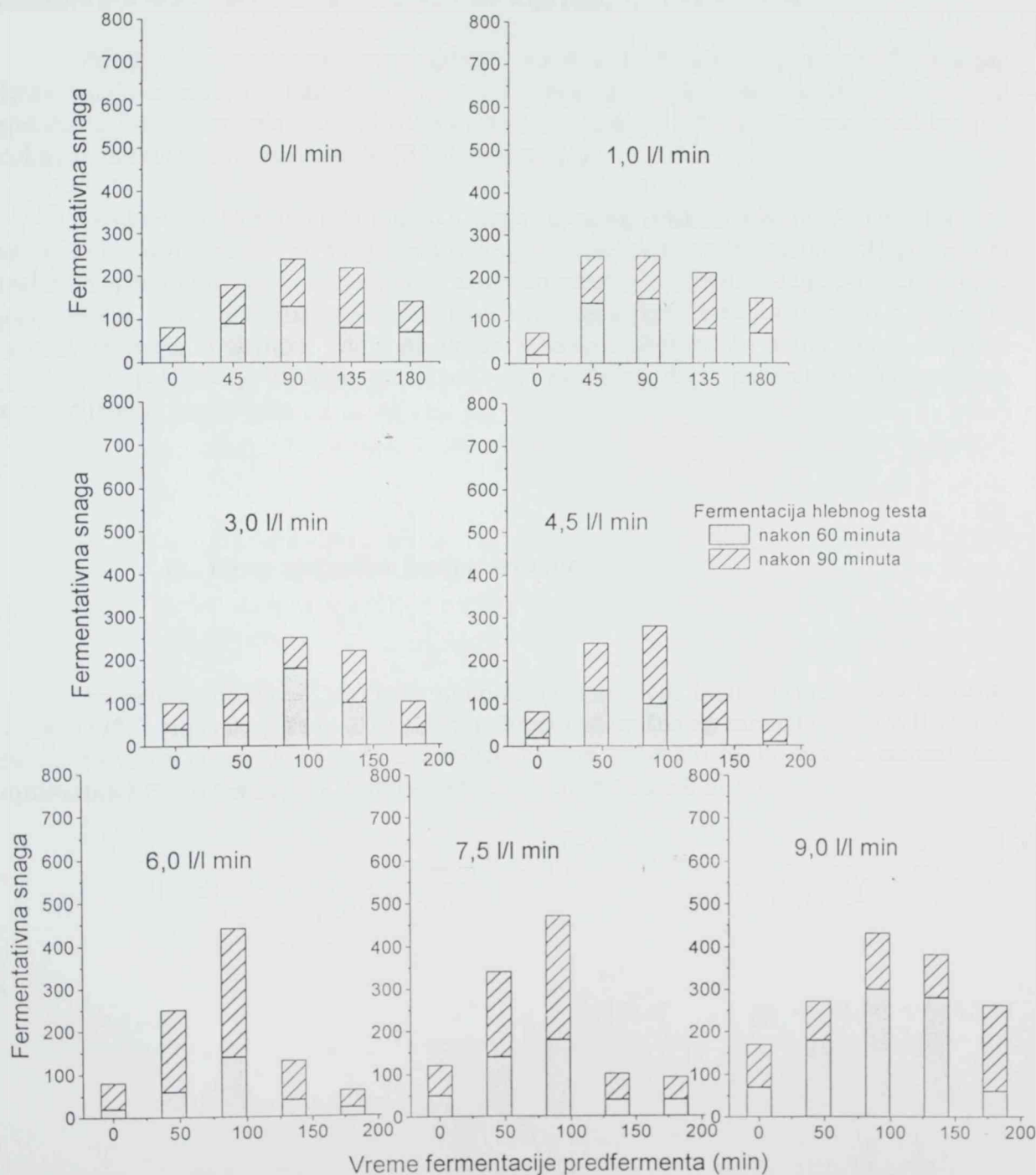


Slika 58: Fermentativna snaga kvasca tokom fermentacije predfermenta sastava I pri različitim brzinama aeracije

Na osnovu rezultata prikazanih na slici 58 može se zapaziti da su izraženiji efekti na povećanje fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava I koji je fermentisao u toku 3 h u odnosu na direktno mešano testo (0 h fermentacije) ostvaruju prilikom primene većih specifičnih brzina aeracije (6,0; 7,5; i 9,0 l/l min).

Za manje brzine aeracije (0,0; 1,0 i 3,0 l/l min) maksimum fermentativne snage u hlebnom testu ostvaruje se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta, dok se povećanjem brzine aeracije to vreme povećava na 90 minuta.

SASTAV II



Slika 59: Fermentativna snaga kvasaca tokom fermentacije predfermenta sastava II pri različitim brzinama aeracije

Najveći efekat na razvoj gasa u hlebnom testu (povećanje u odnosu na direktno mešano testo od 200 % za 60 odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa) registrovan je za brzinu aeracije 6,0 l/l min nakon 90 minuta fermentacije predfermenta sastava I.

Na osnovu rezultata prikazanih na slici 59 može se zapaziti da se izraženiji efekti na povećanje fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava II koji fermentisao 3 h u odnosu na direktno zamešeno testo (0 h fermentacije) ostvaruju prilikom primene većih specifičnih brzina aeracije (6,0; 7,5 i 9,0 l/l min).

Prihvatljive vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu nakon 90 minuta fermentacije ostvaruju se nakon 90 minuta fermentacije predfermenta sastava II primenom specifične brzine aeracije 6,0; 7,5 i 9,0 l/l min, i to gotovo 300 % veće vrednosti koja se dobije u direktno zamešenom testu (0 h fermentacije).

Ovakve razlike u efektima aktivacije pivskog kvasca pivare A (predferment sastava I) i kombinacije pivskog i pekarskog kvasca (predferment sastava II) primenom različitih specifičnih brzina aeracije i u različitim vremenima fermentacije posledica su, sa jedne strane, različitim sadržajima biomase kvasaca u predfermentu (gotovo duplo veći sadržaj biomase u sastavu II), a sa druge strane, različitim fermentativnim snagama pivskog i pekarskog kvasca, pri čemu se prednost daje pekarskom kvascu kao komercijalnom proizvodu.

c) Izbor optimalne brzine aeracije

Na osnovu dobijenih rezultata optimizacije specifične brzine aeracije predfermenta sastava I (8,0 % pivskog kvasca pivare A, računato na brašno za zames) i sastava II (4,0 % pivskog kvasca pivare A i 0,5 % pekarskog kvasca, računato na brašno za zames), kao **optimalna brzina aeracije** je definisana brzina aeracije od **6,0 l/l min**.

5.3.3. OPTIMIZACIJA TEHNIKE FERMENTACIJE

Ispitivanja usmerena ka optimizaciji sastava podloge i procesnih parametara proizvodnje predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba uz primenu jednostepenog postupka u cilju aktivacije pivskog kvasca pivare A obavljena su uz primenu diskontinualne tehnike fermentacije. Dalja istraživanja bila su usmerena na ispitivanje mogućnosti da se efekti ostvareni diskontinualnim postupkom intenziviraju primenom polukontinualne tehnike fermentacije uz održavanje sastava podloge i procesnih parametara proizvodnje na nivou optimalnih vrednosti utvrđenih za diskontinualni postupak.

Supstrat I ciklusa pripreman je sa sastavom utvrđenim kao optimalnim tokom opisanih ispitivanja uz primenu diskontinualne tehnike fermentacije. Nakon 90 minuta fermentacije 2/3 dobijenog predfermenta je vađeno iz fermentora (u praksi bi se koristilo za proizvodnju hleba), a supstrat II ciklusa sastojao se od svežeg supstrata istog sastava kao i u I ciklusu i preostale 1/3 predfermenta dobijenog nakon 90 minuta fermentacije u I ciklusu. Isti postupak primenjen je za pripremu podloga narednih ciklusa. Ispitivanja tehnike fermentacije izvršena su na oba ispitivana sastava predfermenta, sastava I (8,0 % pivskog kvasca pivare A) i sastava II (4,0 % pivskog kvasca pivare A i 0,5 % pekarskog kvasca).

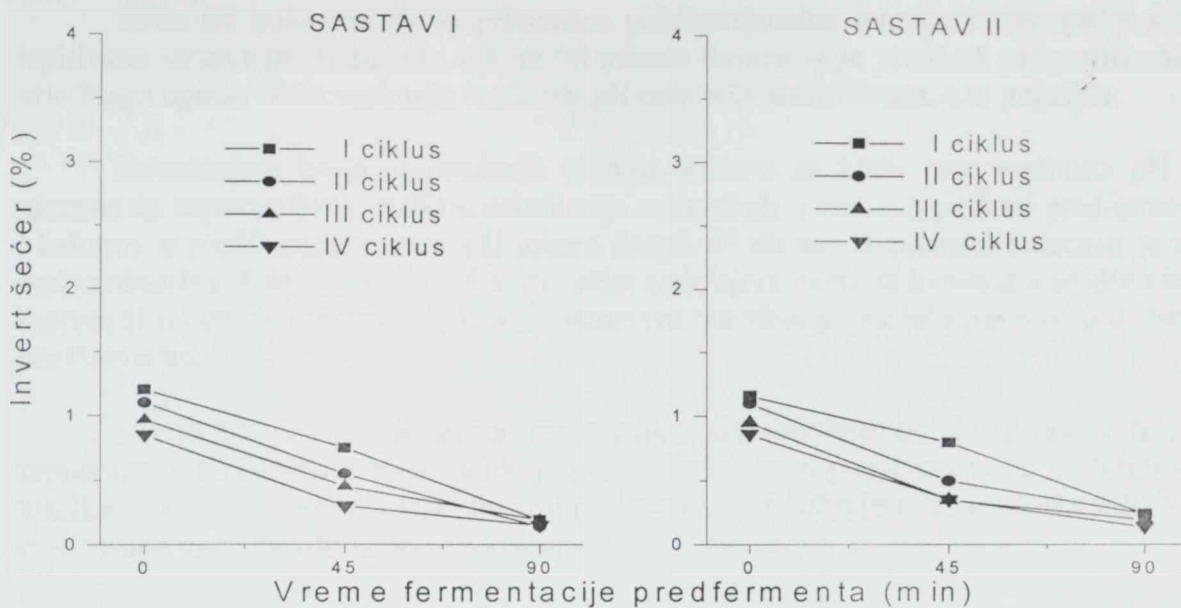
Procesni parametri održavani su na nivou optimalnih vrednosti utvrđenih tokom prikazanih ispitivanja obavljenih uz primenu diskontinualne tehnike fermentacije tokom fermentacije četiri ciklusa koliko je trajalo ispitivanje. Trajanje fermentacije svakog ciklusa bilo je 90 minuta.

a) Tok fermentacije

Podaci dobijeni ispitivanjem sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava I i II tokom trajanja polukontinualne tehnike fermentacije, prikazani su na slikama 60 i 61.

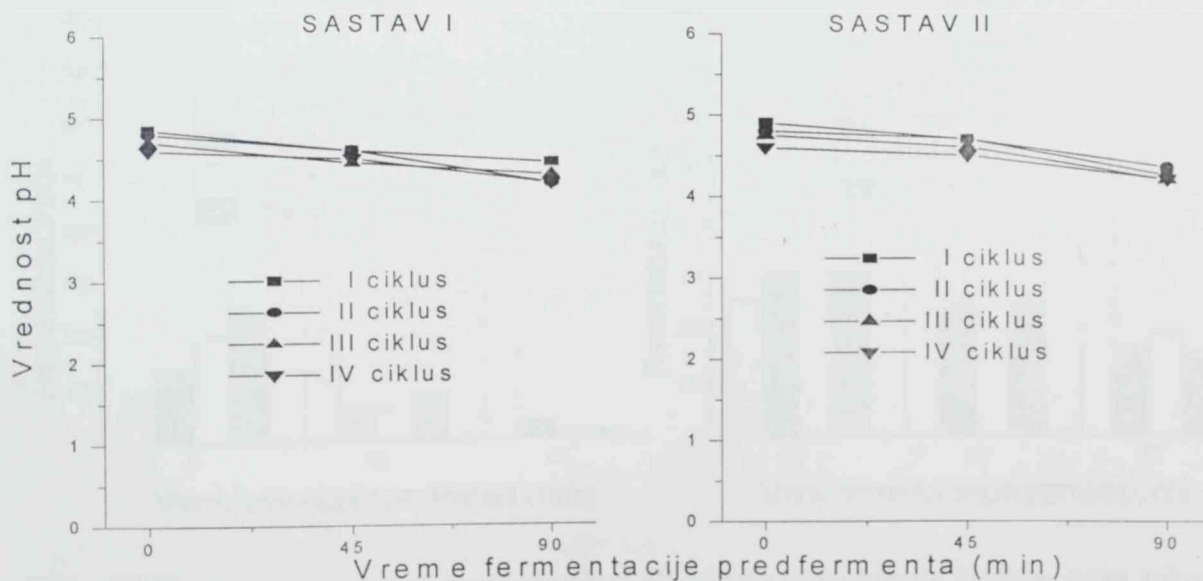
Primenom polukontinualne tehnike fermentacije u oba ispitivana sastava predfermenta (sastav I i II) ostvaruju se unekoliko različiti efekti u pogledu sadržaja invert šećera.

Tokom sva četiri ispitivana ciklusa sadržaj invert šećera u oba sastava predfermenta ravnomerno opada, što ukazuje na ujednačenu fermentativnu aktivnost pekarskog i pivskog kvasca.



Slika 60: Promena sadržaja invert šećera predfermenta sastava I i II tokom polukontinualne tehnike fermentacije

Sa slike 60 može se konstatovati da se povećanjem broja sprovedenih ciklusa, nivo sadržaja invert šećera znatno opada, što ukazuje da se primenom ove tehnike fermentacije ne postiže ravnoteža fermentativne aktivnosti kvasaca i dodatih količina fermentabilnih šećera, već se podloga u pogledu sadržaja fermentabilnih šećera vremenom lagano iscrpljuje.



Slika 61: Promena vrednosti pH redfermenta sastava I i II tokom polukontinualne tehnike fermentacije

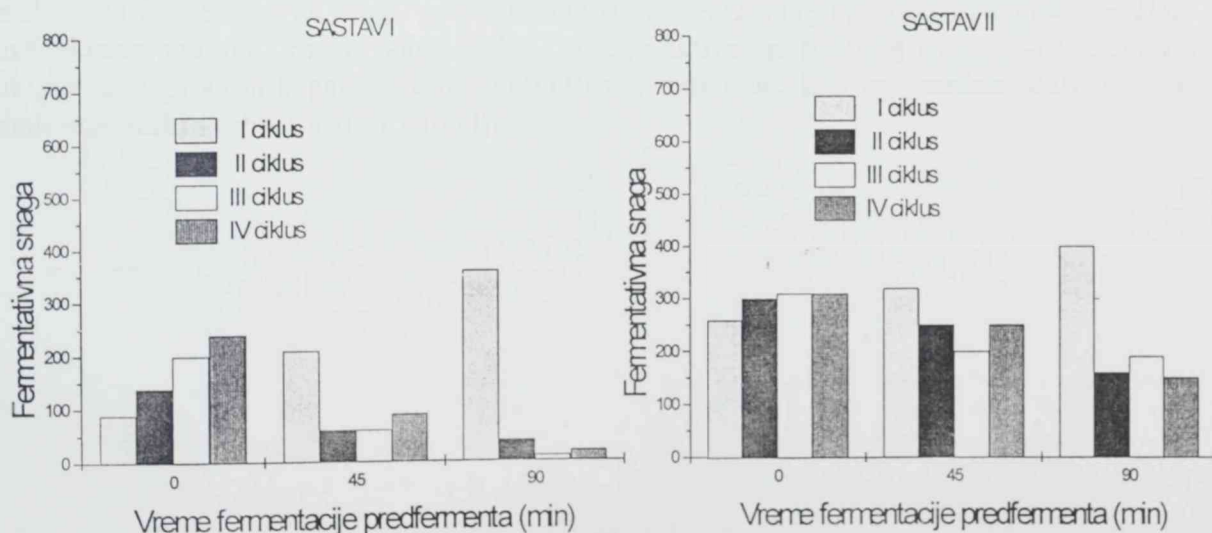
Slika 61 pokazuje da se primenom polukontinualne tehnike fermentacije u oba ispitivana sastava predfermenta, tokom 90 minuta fermentacije vrednost pH predfermenta vrlo blago opada. Veća variranja vrednosti pH nisu bila ni očekivana, a ni poželjna.

Povećanjem broja sprovedenih ciklusa, uočava se blaži pad vrednosti pH što ukazuje na uspostavljanje stabilne asimilacije mineralnih materija u podlozi predfermenta. Međutim, u predfermentu sastava II tokom drugih 45 minuta fermentacije uočava se veći pad vrednosti pH, što se može objasniti većim sadržajem biomase kvasaca u predfermentu sastava II u odnosu na sastav I, kao i prisustvom određenog sadržaja pekarskog kvasca u predfermentu.

Vrednosti pH predfermenta registrovane uz primenu polukontinualne tehnike fermentacije su na nivou vrednosti koje prema literturnim podacima utiču na formiranje kiselkaste note ukusa hleba kao gotovog proizvoda i poboljšanje mikrobiološke održivosti hleba usled mikrocidnog dejstva kiselina (5).

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati praćenja uticaja polukontinualne tehnike fermentacije predfermenta sastava I i II na fermentativnu snagu (ml CO₂) u hlebnom testu registrovanom u fermentografu prikazani su na slici 62.



Slika 62: Fermentativna snaga kvasaca nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, tokom polukontinualne fermentacije predfermenta sastava I i II

Na osnovu rezultata, prikazanih na slici 62, može se uočiti da se primenom polukontinualne tehnike fermentacije u oba ispitivana sastava predfermenta uočavaju se značajna povećanja fermentativne snage u hlebnom testu tokom 90 minuta fermentacije predfermenta ali samo za prvi ciklus fermentacije. Ovo povećanje je nakon 90 minuta fermentacije oko 300 % u odnosu na direktno zamešeno testo i to za predferment sastava I, a oko 50 % za predferment sastava II. Iako je ovo značajno povećanje u odnosu na direktan zames, nije postignuta zadovoljavajuća vrednost fermentativne snage u hlebnom testu sa aspekta svojstva hlebnog testa.

Povećanjem broja ciklusa, tokom 90 minuta fermentacije predfermenta, značajno se smanjuje fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom, što je u većoj meri izraženo kod predfermenta sastava I. Ovo je verovatno posledica s jedne strane većeg sadržaja biomase kvasca u predfermentu sastava I u odnosu na sastav II, bržeg iscrpljivanja ćelija pivskog kvasca a s druge strane, iscrpljivanja podloge u pogledu sadržaja fermentabilnih šećera. Ova konstatacija dodatno govori u prilog tome da primena polukontinualne tehnike fermentacije nije pogodna za postupak aktivacije pivskog kvasca u predfermentu kao predfazi indirektnog postupka proizvodnje hleba.

c) Izbor optimalne tehnike fermentacije

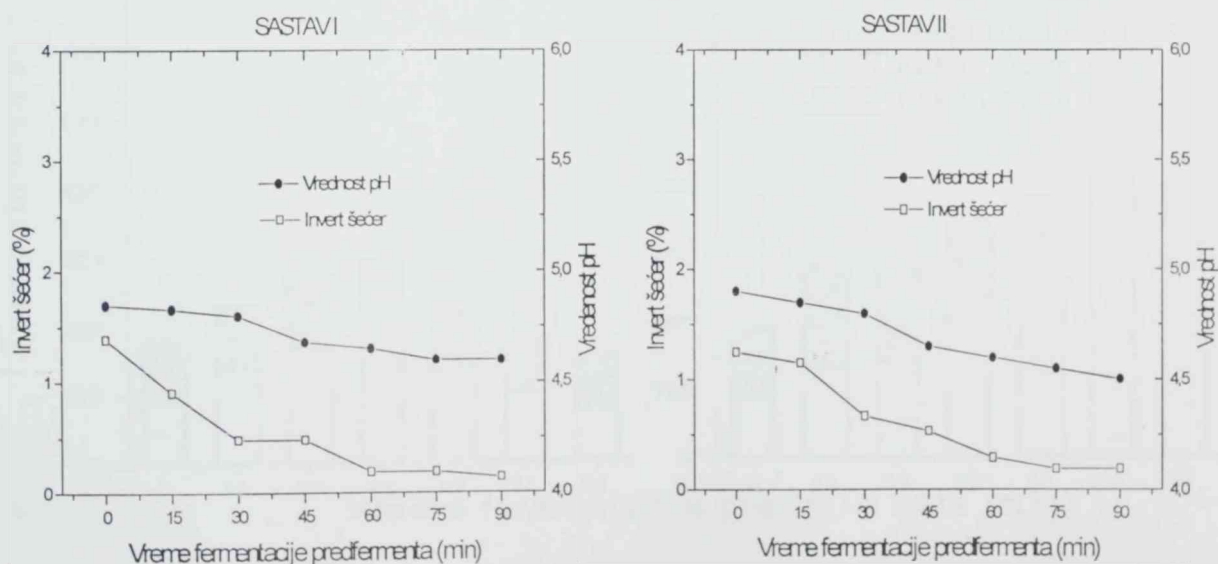
Na bazi postignute stabilnosti toka procesa u pogledu aktivnosti proizvodne mikroflore, sadržaja fermentabilnih šećera u podlozi, kao i maksimalnih postignutih efekata na fermentativnu snagu u hlebnom testu, za proizvodnju predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba a u cilju aktivacije pivskog kvasca sa sastavom i uz primenu procesnih parametara utvrđenih u ovom radu, kao **optimalna**, definisana je **diskontinualna tehnika fermentacije**.

5.3.4. OPTIMIZACIJA VREMENA FERMENTACIJE

U cilju preciznijeg određivanja optimalnog vremena fermentacije predfermenta izvršeno je ispitivanje pokazatelja u kratkim vremenskim intervalima toka fermentacije i efekata aktivacije pivskog kvasca i to na svakih 15 minuta u toku 90 minuta trajanja fermentacije predfermenta. Sastav predfermenta, procesni parametri i tehnika fermentacije odabrani su na osnovu zaključaka ranijih ispitivanja prikazanih u ovom radu i to: sastav I (8 % pivskog kvasca) i sastav II (4 % pivskog kvasca i 0,5 % pekarskog kvasca) sa 3 % maltex-a računato na brašno za zames, temperatura 30 °C, brzina mešanja 300 o/min, brzina aeracije 6 l/l min i diskontinualna tehnika fermentacije.

a) Tok fermentacije

Rezultati dobijeni ispitivanjem sadržaja invert šećera u predfermentu sastava I i II tokom 90 minuta trajanja fermentacije i to uzorkovanjem na svakih 15 minuta prikazani su na slici 63.



Slika 63: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH predfermenta sastava I i II tokom fermentacije

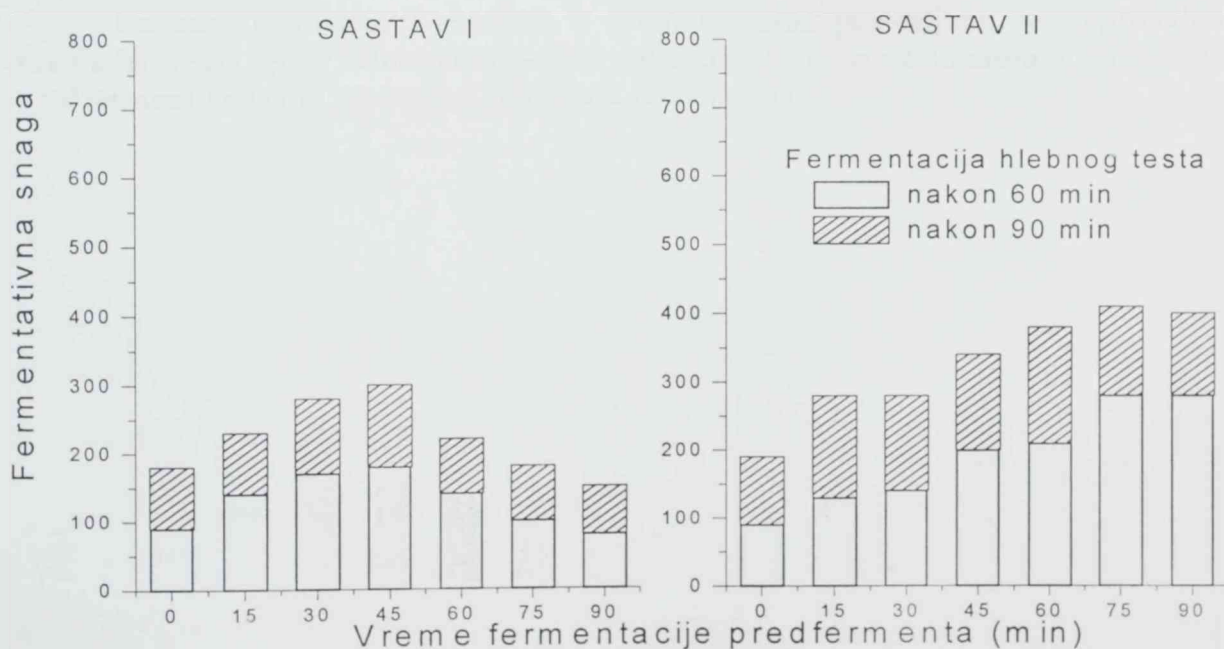
Na osnovu rezultata prikazanih na slici 63 se može uočiti, da sadržaj invert šećera brzo opada tokom prvih 30 minuta fermentacije predfermenta sastava I i to za oko 70 %, a potom je to opadanje blaže sve do vrednosti koje ukazuju na to daje podloga iscrpljena u pogledu fermentabilnih šećera.

U slučaju fermentacije predfermenta sastava II opadanje sadržaja invert šećera je ravnomernije ali nakon 90 minuta fermentacije takođe dostiže vrednosti koje ukazuju na to da je podloga iscrpljena u pogledu fermentabilnih šećera. Ovo direktno pokazuje fermentativnu aktivnost kvasca tokom fermentacije predfermenta.

U oba ispitivana sastava predfermenta (I i II), tokom fermentacije vrednost pH blago opada, ali se tokom svih 90 minuta fermentacije kreće u opsegu optimalnom za fermentativnu aktivnost pivskog i pekarskog kvasca. Ovo opadanje vrednosti pH je pretpostavljmo posledica asimilacije mineralnih materija ćelijama kvasaca.

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati praćenja uticaja vremena fermentacije predfermenta na fermentativnu snagu kvasaca u hlebnom testu registrovani na fermentografu (ml CO₂) prikazani su na slici 64.



Slika 64: Promena zapremine gasa koja se razvije u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava I i II tokom 90 minuta fermentacije

Rezultati prikazani na slici 64 pokazuju da se fermentacijom predfermenta sastava I (8,0 % pivskog kvasca) maksimalna vrednost fermentativne snage se dobija nakon 45 minuta fermentacije predfermenta (300 ml). Daljom fermentacijom predfermenta fermentativna snaga opada, što se može objasniti iscrpljenošću podloge u pogledu fermentabilnih šećera (0,19 %).

Fermentaciom predfermenta sastava II maksimalne vrednosti fermentativne snage se ostvaruju nakon 75 minuta fermentacije u vrednosti od 410 ml. Prihvatljiva vrednost fermentativne snage se ostvaruje i nakon 90 minuta fermentacije predfermenta.

Dobijeni rezultati potvrđuju ranije iznete konstatacije u ovom radu, a to da je za predferment sastava I potrebno kraće vreme fermentacije da bi se postigla aktivacija pivskog kvasca (oko 45 minuta), dok je za predferment sastava II potrebno oko 90 minuta fermentacije. Veći sadržaji pivskog kvasca pivare A u podlozi predfermenta iziskuju kraće vreme fermentacije. Ovde je važno naglasiti da se sastav I odnosi samo na pivski kvasca pivare A pri udelu od 8,0 % računato na brašno za zames i pri čijoj se fermentaciji postže izvesna aktivacija ali ne prihvatljiva fermentativna aktivnost kvasca, dok sastav II sadži izvesnu količinu komercijalnog pekarskog kvasca (0,5 % računato na brašno za zames) i takođe pivskog kvasca pivare A (4,0 % računato na brašno za zames), pri čijoj fermentaciji se postiže prihvatljiva fermentativna aktivnost kvasaca u hlebnom testu.

c) Izbor optimalnog vremena fermentacije predfermenta

Na osnovu prikazanih rezultata u ovom i ranijim poglavljima, kao **optimalno vreme fermentacije predfermenta sastava I** definiše se vreme od **45 minuta** odnosno za **predferment sastava II** vreme od **90 minuta** fermentacije.

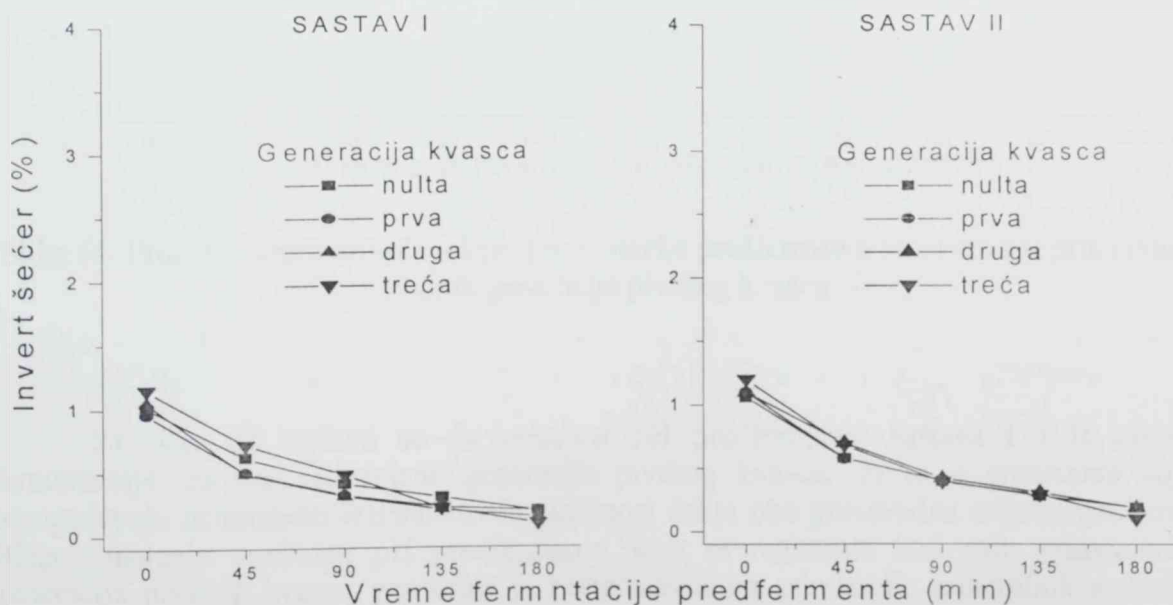
5.3.5. PRIMENA RAZLIČITIH GENERACIJA PIVSKOG KVASCA

Nakon izvršenih ispitivanja usmerenih ka optimizaciji sastava, procesnih parametara i tehnike fermentacije postupka proizvodnje predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba a u cilju aktivacije otpadnog kvasca pivare A (treće generacije) izvršena su i ispitivanja primene različitih generacija pivskog kvasca pivare A (nulte, prve, druge i treće generacije). Korišćen je sastav predfermenta, procesni parametri i tehnika fermentacije koji su u prethodnim ispitivanjima određeni kao optimalni i to: sastav I (8 % pivskog kvasca) i sastav II (4 % pivskog kvasca i 0,5 % pekarskog kvasca) sa 3 % maltex-a računato na brašno za zames, temperatura 30 °C, brzina mešanja 300 o/min, brzina aeracije 6 l/l min i diskontinualna tehnika fermentacije.

Tok fermentacije predfermenta praćen je preko promene sadržaja invert šećera i vrednosti pH, a svojstva hlebnog testa praćena su preko fermentativne snage kvasaca u hlebnom testu zamešenom sa proizvedenim predfermentom.

a) Tok fermentacije

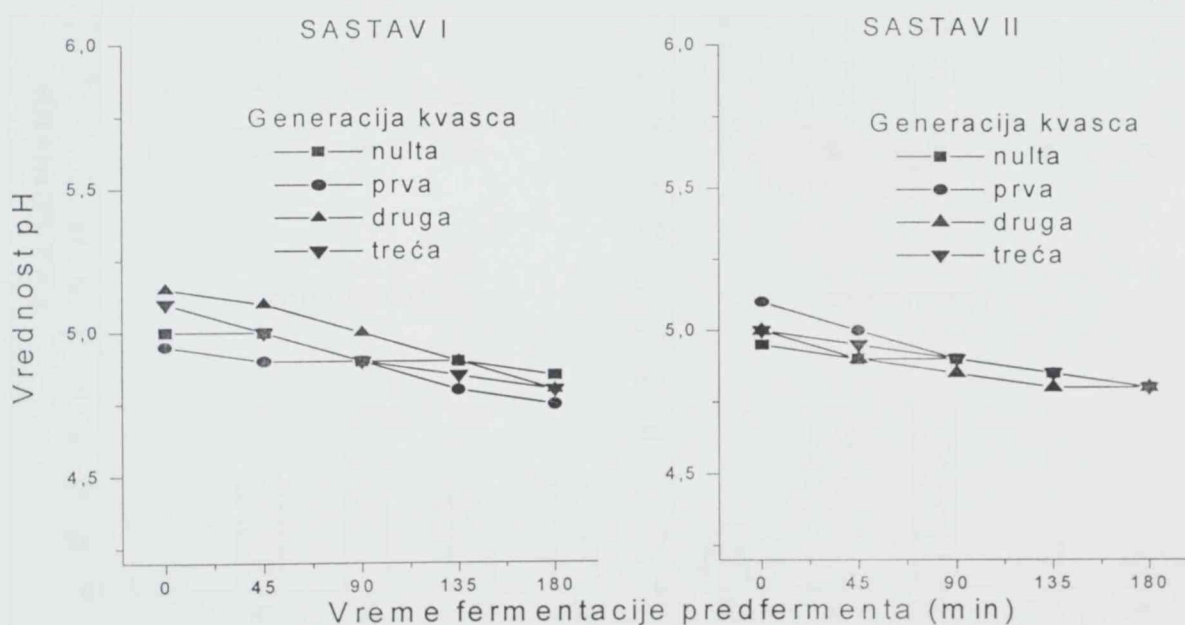
Uticaj primene različitih generacija pivskog kvasca pivare A na tok fermentativnih procesa u predfermentu sagledan je na bazi kretanja sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 65 i 66.



Slika 65: Promena sadržaja invert šećera tokom fermentacije predfermenta sastava I i II primenom različitih generacija pivskog kvasca

Rezultati prikazani na slici 65 pokazuju da tokom prvih 45 minuta fermentacije predfermenta oba ispitivana sastava (I i II), sadržaj invert šećera opada za oko 40 % i to za sve primenjene generacije pivskog kvasca. Daljom fermentaciom predfermenta sadržaj invert šećera, gotovo za sve generacije pivskog kvasca, opada na graničnu vrednost za primenjenu metodu. Ovakvo opadanje sadržaja invert šećera tokom fermentacije predfermenta ukazuje na dosta intenzivnu fermentativnu aktivnost kvasaca u oba ispitivana sastava.

U nultom vremenu fermentacije, u oba ispitivana sastava predfermenta, uočava se nešto niži sadržaj invert šećera i to u slučaju primene pivskog kvasca nulte i prve generacije, što je posledica veoma intenzivne fermentativne aktivnosti kvasaca i njihove asimilacije fermentabilnih šećera već u samim trenucima pripreme podloge predfermenta. Čelije pivskog kvasca druge i treće generacije su nešto slabije fermentativne snage usled fermentacije koje su prošle u procesu proizvodnje piva, što ima za posledicu manji pad sadržaja invert šećera u predfermentu u nultom vremenu fermentacije.

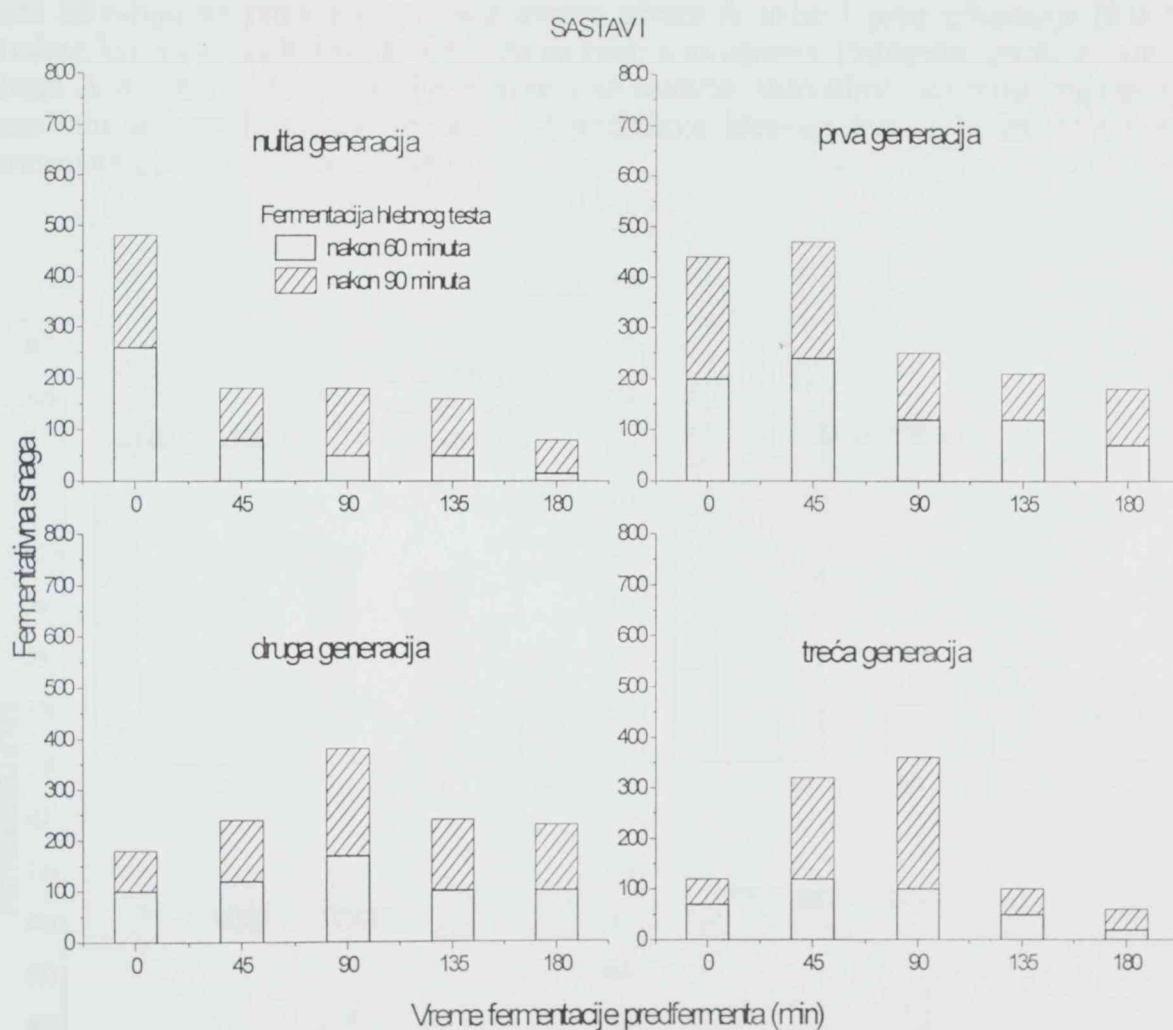


Slika 66: Promena vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta sastava I i II primenom različitih generacija pivskog kvasca

Sa slike 66 uočava se da vrednost pH predfermenta sastava I i II tokom fermentacije, za sve primenjene generacije pivskog kvasca, varira u granicama koje omogućavaju neomatanu fermentativnu aktivnost ćelija oba proizvodna mikroorganizma. Blago opadanje vrednosti pH predfermenta, koji se registruje kod svih primenjenih generacija pivskog kvasca, posledica je pretpostavljamo asimilacije mineralnih materija ćelijama kvasaca.

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja efekata primene različitih generacija pivskog kvasca pivare A na fermentativnu snagu u hlebnom testu (ml CO₂) prikazani su na slikama 67 i 68.

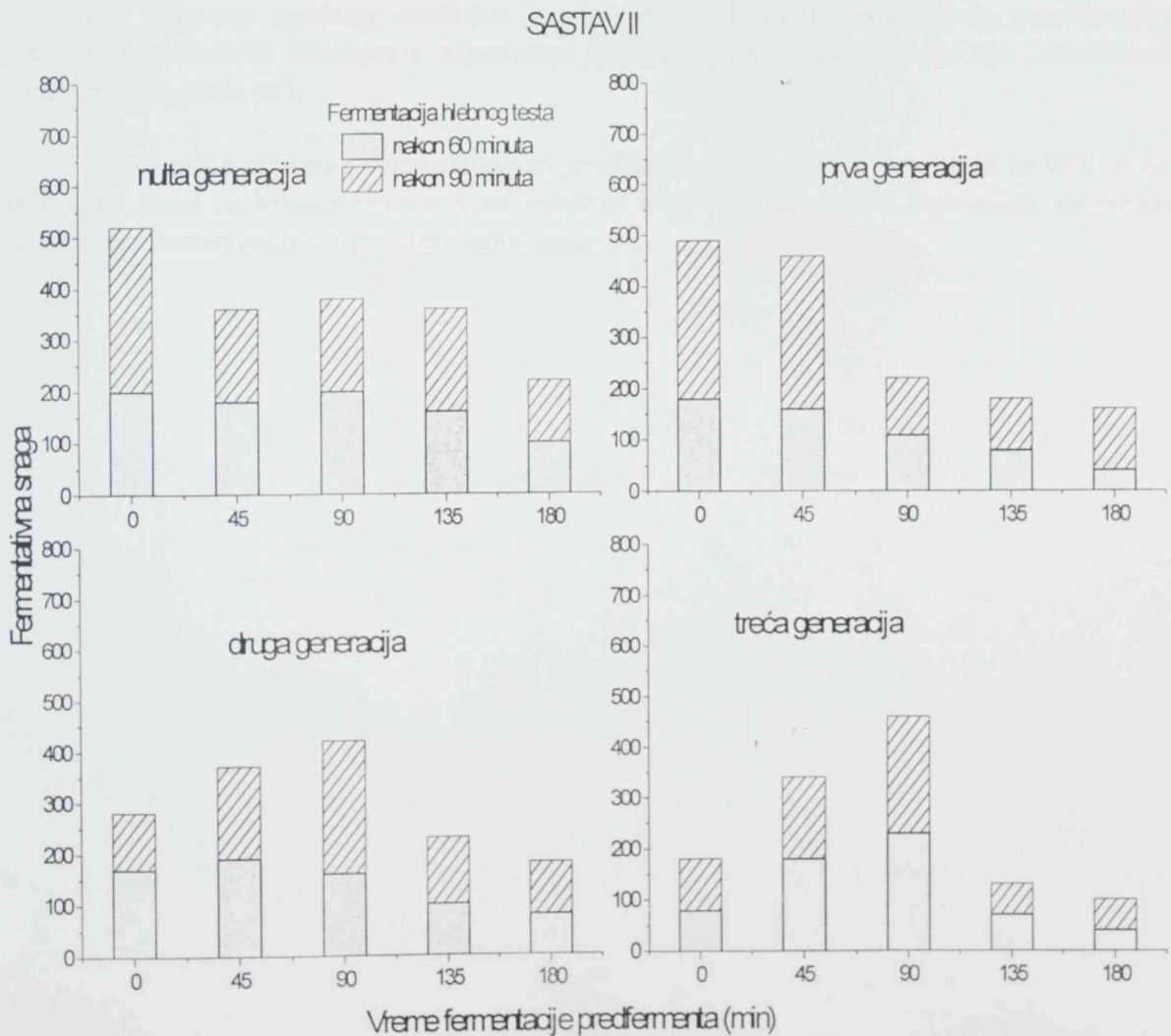


Slika 67: Fermentativna snaga kvasca u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava I tokom fermentacije primenom različitih generacija pivskog kvasca

Rezultati prikazani na slici 67 pokazuju da se primenom pivskog kvasca pivare A nulte generacije ostvaruju najbolji efekti aktivacije i to u nultom vremenu fermentacije predfermenta što se manifestuje fermentativnom snagom u hlebnom testu zamešenom sa proizvednim predfermentom u vrednosti od 480 ml.

Primenom starijih generacija pivskog kvasca pivare A povećava se vreme fermentacije predfermenta koje je potrebno da se obezbede povoljni efekti aktivacije pivskog kvasca. Za pivski kvasac prve generacije to je vreme fermentacije predfermenta od 45 minuta (470 ml gasa nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa) a za drugu i treću generaciju kvasca 90 minuta fermentacije predfermenta (380 ml i 360 ml gasa nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, respektivno).

Prihvatljive vrednosti fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa ostvaruju se primenom pivskog kvasca pivare A nulte i prve generacije (8,0 % pivskog kvasca u predfermentu računato na brašno za zames). Primenom pivskog kvasca pivare A druge i treće generacije ostvaruju se uslovno prihvatljive vrednosti zapremine gasa koji se razvije nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa i to za 90 minuta fermentacije predfermenta sastava I.



Slika 68: Fermentativna snaga kvasaca u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava II tokom fermentacije primenom različitih generacija pivskog kvasca

Na slici 68 su prikazani rezultati fermentacije predfermenta sastava II (4,0 % pivskog kvasca i 0,5 % pekarskog kvasca) koji ukazuju da su efekti aktivacije pivskog kvasca pivare A različitih generacija veoma slični sa efektima aktivacije pivskog kvasca pivare A u predfermentu sastava I (slika 67).

Najbolji efekti se uočavaju primenom nulte i prve generacije i to u direktnom zamesu hlebnog testa (0 h fermentacije predfermenta) u vrednosti od 520 ml i 490 ml gasa nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, respektivno.

Primenom starijih generacija pivskog kvasca pivare A u predfermentu sastava II povećava se vreme fermentacije predfermenta i to za drugu i treću generaciju kvasca na 90 minuta fermentacije predfermenta. Ovo je verovatno posledica iscrpljenosti ćelija pivskog kvasca starijih generacija s obzirom da su više puta vraćane u proces proizvodnje piva. Starije generacije pivskog kvasca karakteriše manja fermentativna snaga usled iscrpljenosti, veći procenat mrtvih ćelija ali i bolja prilagođenost na podlogu koja je na bazi sladovine odnosno sladnog ekstrakta (maltex-a). Daljom fermentacijom predfermenta sastava II uočava se smanjenje zapremine razvijenog gasa kao i u slučaju fermentacije predfermenta sastava I.

Generalno gledano, fermentacijom predfermenta sastava II ostvaruju se bolji efekti aktivacije pivskog kvasca pivare A na svojstva hlebnog testa (veće zapremine razvijenog gasa) nego fermentacijom predfermenta sastava I.

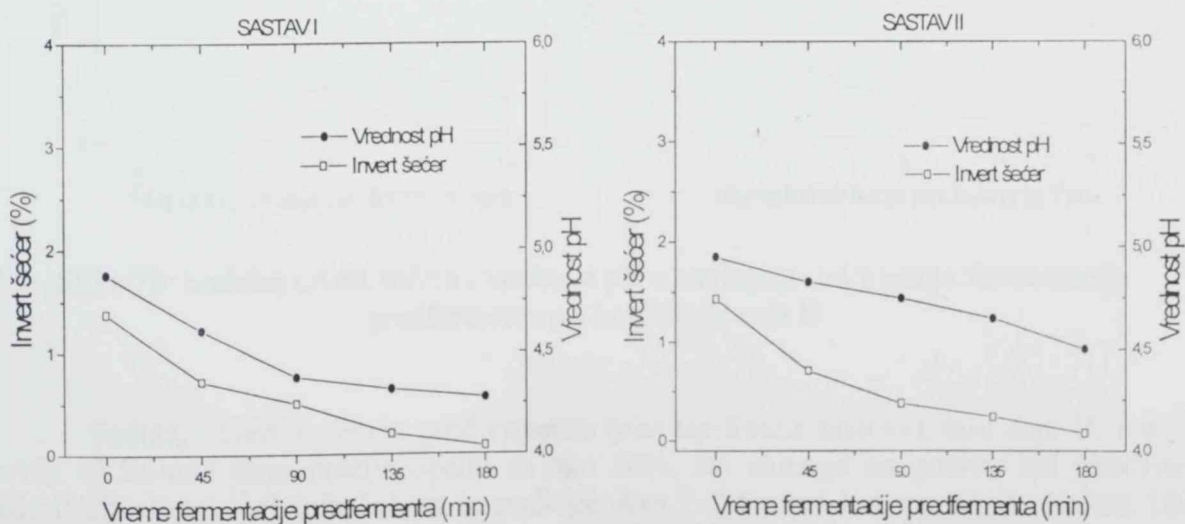
5.3.6. PRIMENA RAZLIČITIH SOJEVA PIVSKOG KVASCA

U ovom poglavlju dati su rezultati ispitivanja primene optimiziranog postupka revitalizacije pivskog kvasca pivare A na aktivaciju različitih sojeva pivskog kvasca, odnosno otpadnog kvasca iz više domaćih pivara.

Iz razloga čuvanja poslovne tajne domaćih pivara, u ispitivanjima su korišćeni sojevi pivskog kvasca poreklom iz šest domaćih pivara koje su označene radnim šiframa A, B, C, D, E i F, koje zajedno čine oko 60 % od ukupne proizvodnje piva (pivskog kvasca) u našoj zemlji. Korišćen je sirovinski sastav predfermenta I i II, procesni parametri procesa i tehnika fermentacije koji su u prethodnim ispitivanjima određeni kao optimalni i to: sastav I (8 % pivskog kvasca) i sastav II (4 % pivskog kvasca i 0,5 % pekarskog kvasca) sa 3 % maltex-a računato na brašno za zames, temperatura 30 °C, brzina mešanja 300 o/min, brzina aeracije 6 l/l min i diskontinualna tehnika fermentacije. Tok fermentacije predfermenta praćen je preko promene sadržaja invert šećera i vrednosti pH, a svojstva hlebnog testa praćena su preko fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa proizvedenim predfermentom.

a) Tok fermentacije

Uticaj primene različitih sojeva pivskog kvasca (otpadni kvasac različitih pivara) na tok fermentativnih procesa u predfermentu sagledan je na bazi kretanja sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 69-74.

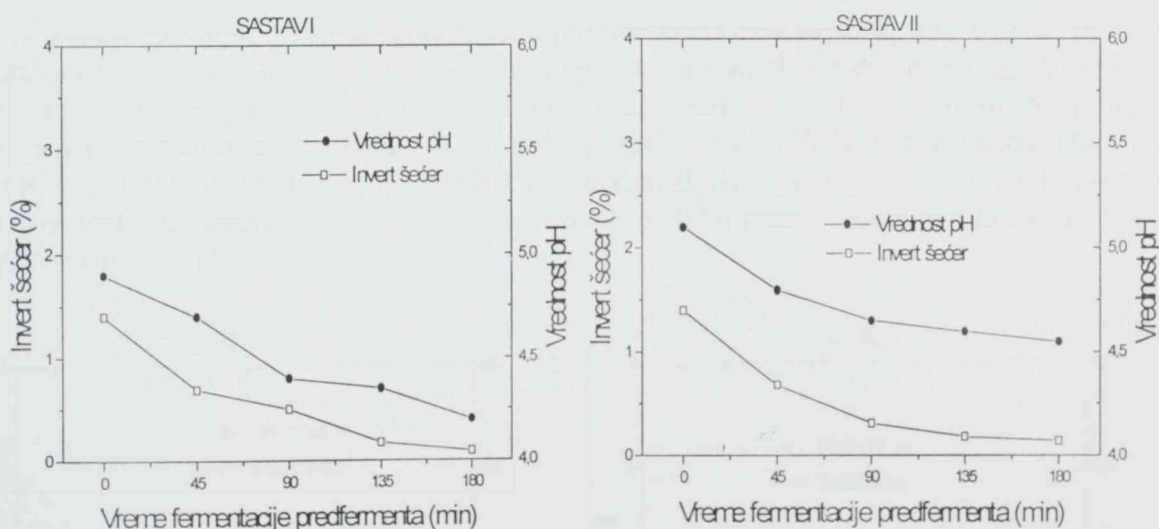


Slika 69: Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja A

Sadržaj invert šećera u predfermentu oba ispitivana sastava, kod soja A, nakon prvih 45 minuta fermentacije opada za oko 50%, što ukazuje na intenzivnu asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge i aktivnost kvasca. Sadržaj invert šećera nakon 90 minuta fermentacije predfermenta sastava I opada za preko 60% a sastava II za oko 70%, što potvrđuje dalju asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge i aktivnost kvasca, ali uz nešto slabiji trend smanjenja sadržaja invert šećera. Nakon 180 minuta fermentacije predfermenta (oba sastava) sadržaj invert šećera (0,08%) opada na vrednost koja ne može da podmiri fiziološke potrebe ćelija pivskog kvasca. Ovako niska vrednost sadržaja invert šećera je takođe uzrok iscrpljenosti ćelija kvasca i opadanja njegove aktivnosti u hlebnom testu.

Važno je istaći i to, da promene sadržaja invert šećera u podlozi predfermenta oba sastava tokom 180 minuta fermentacije očekivano prate promene fermentativne aktivnosti pivskog kvasca u hlebnom testu.

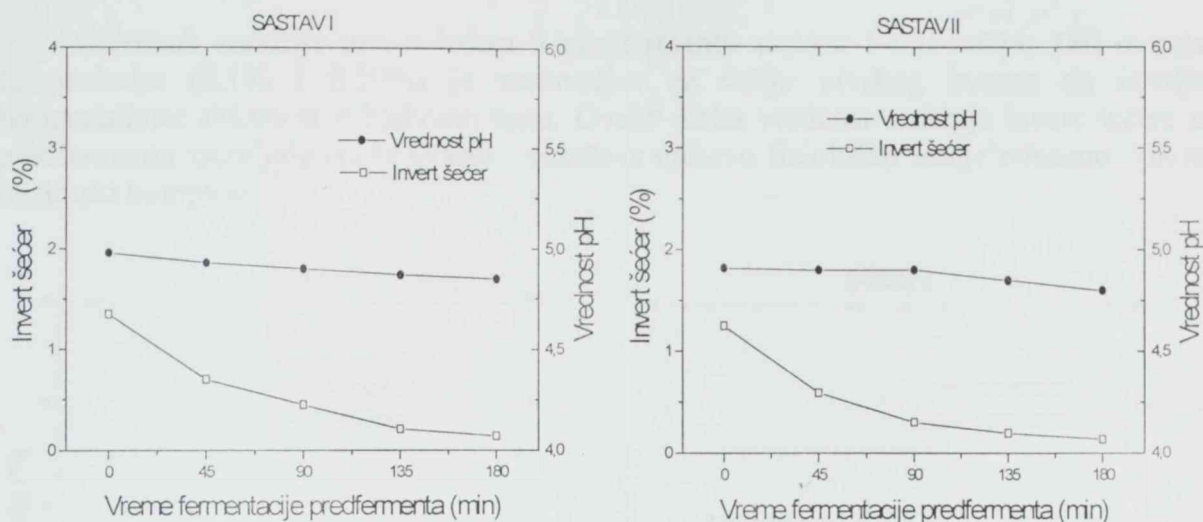
Sa aspekta vrednosti pH predfermenta, fermentacija se odvijala u optimalnom opsegu za ćelije kvasca, od nultog vremena fermentacije u vrednosti 4,88 odnosno 4,95 do krajnje vrednosti 4,28 odnosno 4,50 za sastave I i II respektivno. Ovo opadanje vrednosti pH predfermenta za nešto više od pola pH jedinice tokom 180 minuta fermentacije, nema uticaj na aktivnost kvasca u hlebnom testu, a javlja se kao posledica probijanja pufernog kapaciteta podloge predfermenta (maltex-a).



Slika 70: Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja B

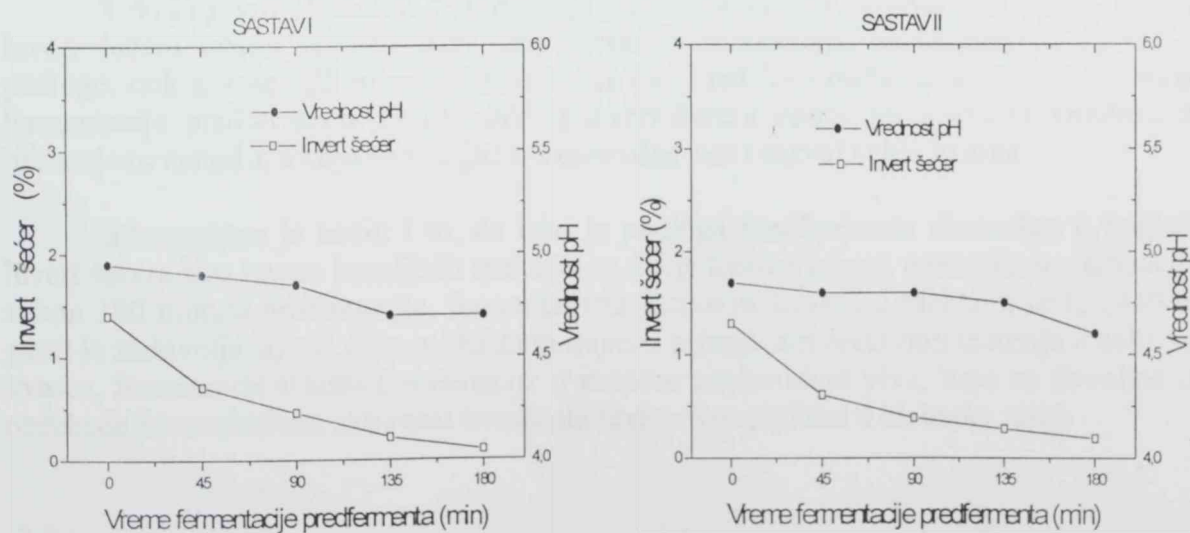
Sadržaj invert šećera u predfermentu (oba ispitivana sastava), kod soja B, nakon prvih 45 minuta fermentacije opada za oko 50%, što ukazuje na gotovo isti intenzitet asimilacije fermentabilnih šećera iz podloge, kao i aktivnost kvasca soj A. Nakon 180 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera opada na gotovo nultu vrednost. Iscrpljenost podloge predfermenta u pogledu fermentabilnih šećera nesumljivo utiče i na fermentativnu snagu kvasca koja se odražava na brašnu kao podlozi u hlebnom testu.

Važno je istaći i razliku između sojeva A i B u pogledu fermentativne aktivnosti u predfermentu dobijenim nakon 180 minuta fermentacije a pri istim sadržajima invert šećera u datom vremenu fermentacije predfermenta.



Slika 71: Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja C

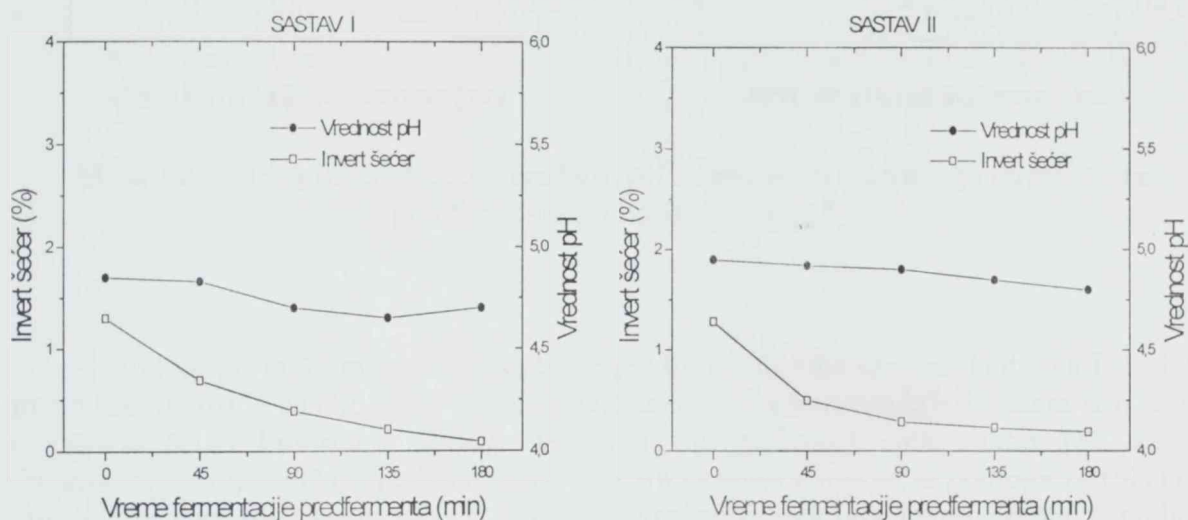
Nakon prvih 45 minuta fermentacije predfermenta oba sastava, kod soja C, sadržaj invert šećera opada za oko 50%, što ukazuje na asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge, a što je gotovo ista vrednost kao i kod sojeva A i B. Nakon 90 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera opada za oko 70%, što je važno istaći jer nakon tog vremena fermentacije predfermenta dolazi do opadanja aktivnosti kvasca u hlebnom testu. Do kraja fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera opada za oko 90% od početnog sadržaja.



Slika 72: Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja D

Tokom prvih 45 minuta fermentacije predfermenta oba sastava, kod soja D, sadržaj invert šećera opada za oko 50%, što potvrđuje asimilaciju fermentabilnih komponenti iz podloge, ali i isti trend opadanja sadržaja invert šećera u predfermentu kao i kod sojeva A, B i C.

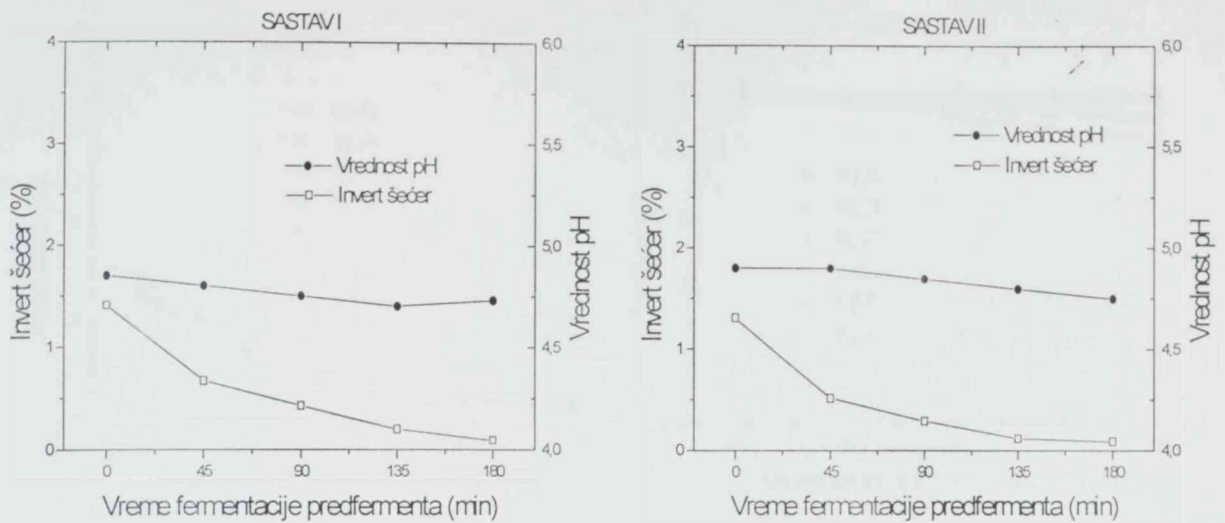
Ostatak sadržaja invert šećera u predfermentu sastava I i II nakon 180 minuta fermentacije (0,1% i 0,19%) je nedovoljan za ćelije pivskog kvasca da ispolje fermentativnu aktivnost u hlebnom testu. Ovako niska vrednost sadržaja invert šećera u predfermentu iscrpljuje ćelije kvasca i narušava njihovo fiziološko stanje odnosno njihov enzimski kompleks.



Slika 73: Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja E

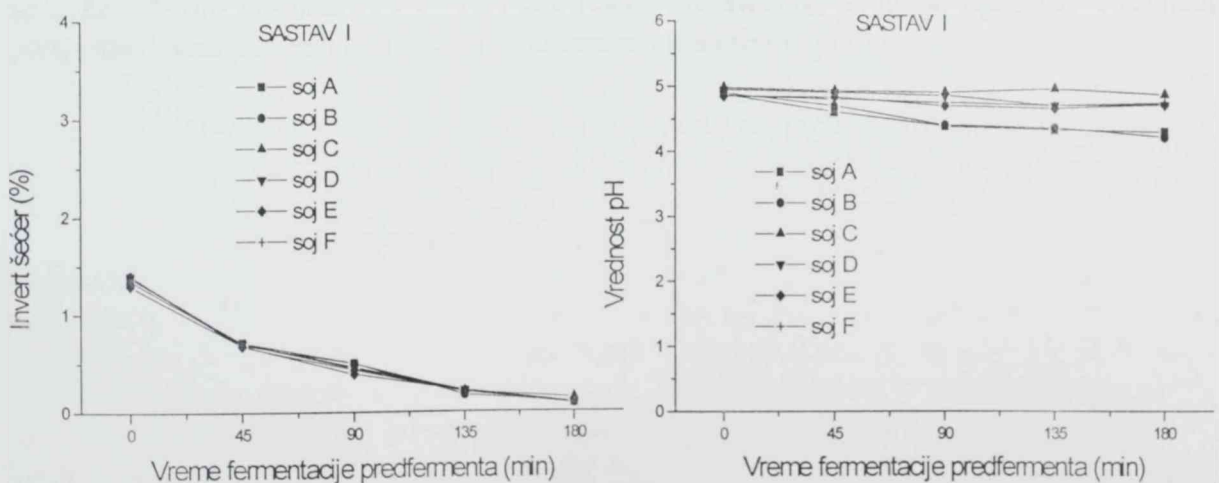
Tokom prvih 45 minuta fermentacije predfermenta oba sastava, kod soja E, sadržaj invert šećera opada za oko 50%, što potvrđuje asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge, dok nakon 135 minuta fermentacije ovaj sadržaj opada za oko 85%. Na kraju fermentacije predfermenta (3 h), sadržaj invert šećera opada na graničnu vrednost za primenjenu metodu, a koja neomogućava normalan rast i razvoj ćelija kvasca.

Interesantno je uočiti i to, da iako je podloga predfermenta siromašan u pogledu invert šećera kao izvora hranljivih materija za ćelije kvasca tokom postupka revitalizacije, nakon 180 minuta fermentacije, fermentativna aktivnost kvasca u hlebnom testu (440 ml gasa) je zadovoljavajuća. Ovo može da se objasni prisustvom rezervnih materija u ćelijama kvasca, formiranim tokom fermentacije u procesu proizvodnje piva, koje su dovoljne da obezbede fermentativnu aktivnost kvasca na brašnu kao podlozi u hlebnom testu.

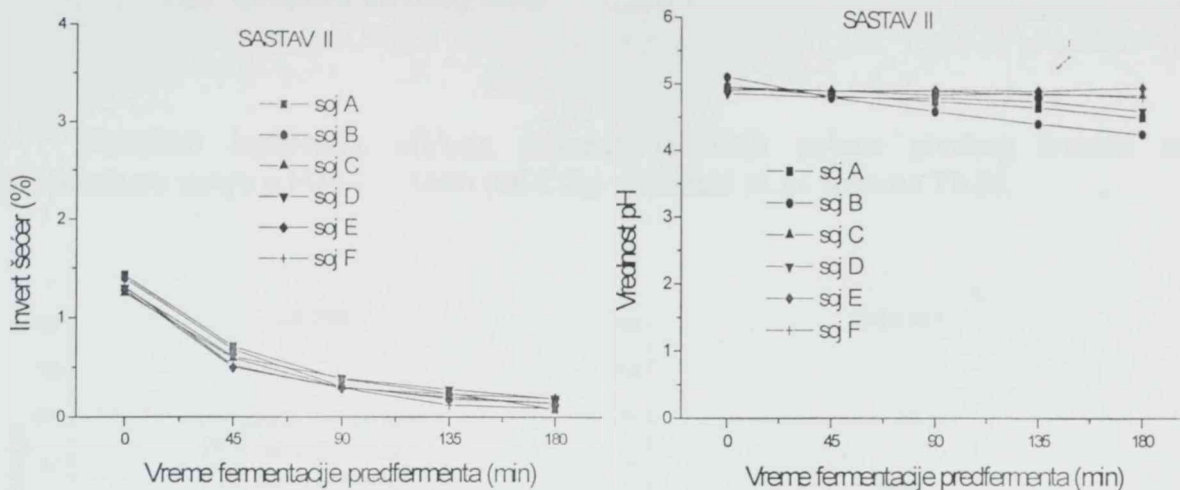


Slika 74: Sadržaj invert šećera i vrednost pH u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja F

Tokom prvih 45 minuta fermentacije predfermenta oba sastava, kod soja F, sadržaj invert šećera opada za oko 50%, što potvrđuje asimilaciju fermentabilnih šećera iz podloge od strane ćelija kvasaca i njihovu fermentativnu aktivnost, dok nakon 180 minuta fermentacije ovaj sadržaj opada na vrednost koja ukazuje na to da je podloga iscrpljena u pogledu fermentabilnih šećera. Ovako niske vrednosti sadržaja invert šećera u podlozi predfermenta, iscrpljuju ćelije kvasca u pogledu njihove fermentativne snage, što ima za posledicu i smanjenje fermentativne snage u hlebnom testu.



Slika 75: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta sastava I za različite sojeve pivskog kvasca



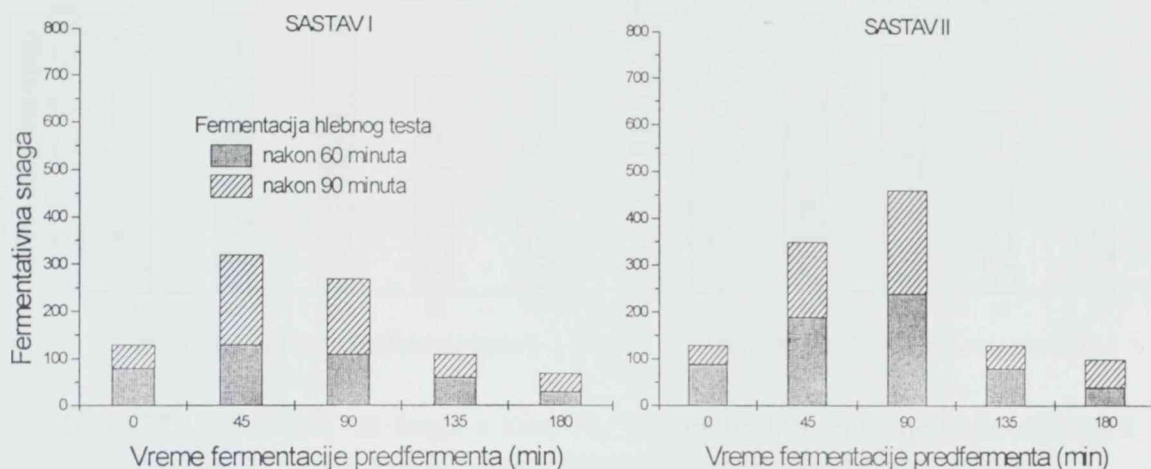
Slika 76: Promena sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta sastava II za različite sojeve pivskog kvasca

Na osnovu rezultata analiza sadržaja invert šećera, prikazanih na slici 76, u medijumu predfermenta, oba ispitivana sastava, kod svih ispitivanih sojeva pivskog kvasca, može se uočiti gotovo isti trend smanjenja sadržaja invert šećera što odražava njihovu fermentativnu aktivnost u predfermentu kao predfazi indirektnog postupka proizvodnje hleba. Međutim, fermentativna aktivnost kvasca u hlebnom testu kod različitih sojeva je različita i ukazuje na, sa jedne strane različita fiziološka stanja ćelija kvasaca kao posledice određenih uslova fermentacije u procesu proizvodnje piva, a sa druge strane same fiziologije kvasaca kao posledice genotipa datog soja pivskog kvasca.

Vrednost pH predfermenta, koji je za pivski kvasac optimalan od 4,5 do 5,5, kretao se u navedenim granicama kod svih ispitivanih sojeva, dok je blago opadanje vrednosti pretpostavljamo posledica asimilacije mineralnih materija iz podloge.

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja efekata primene različitih sojeva pivskog kvasca na fermentativnu snagu u hlebnom testu (ml CO₂) prikazani su na slikama 77-84.

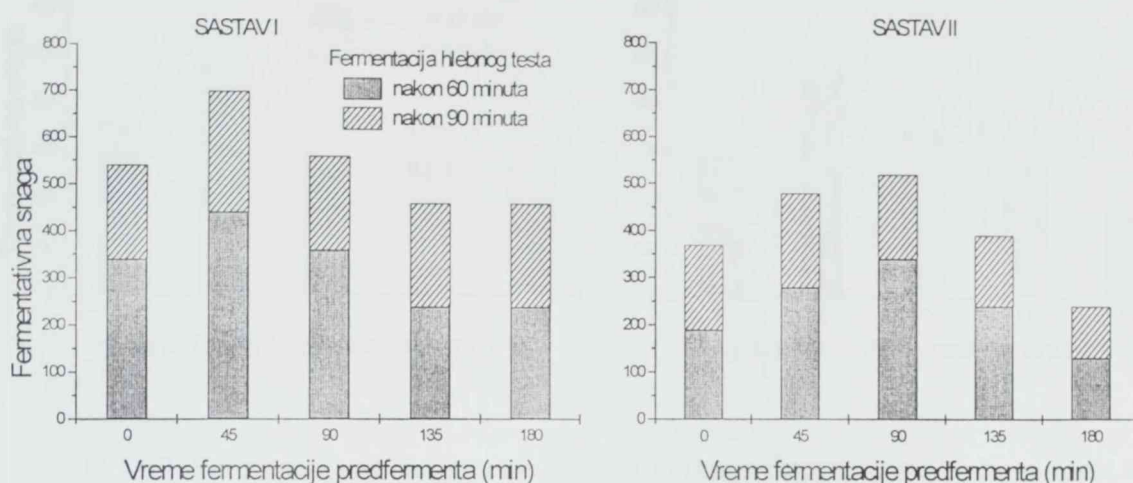


Slika 77: Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja A.

Rezultati pokazuju da se kod soja A u nultom vremenu fermentacije predfermenta, oba ispitivana sastava, ostvaruje nezadovoljavajuća vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa u vrednosti od 130 ml. Nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sastava I postiže se maksimalna vrednost fermentativne snage u vrednosti od 340 ml a sastava II nakon 90 minuta fermentacije prihvatljiva vrednost od 460 ml i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Ovo je potvrda rezultata ranijih ispitivanja sa kojima je ustanovljeno da su za aktivaciju pivskog kvasca u predfermentu sastava I dovoljna vremena do 45 minuta a sastava II do 90 minuta fermentacije.

Daljom fermentacijom predfermenta sastava I i II, sve do 180 minuta, fermentativna snaga nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa opada do vrednosti od 70 ml odnosno 100 ml. Ovi rezultati ukazuju na to da se, pri korišćenju pivskog kvasca iz pivare A (soj A) kao proizvodnog mikroorganizma u predfermentu sastava I u procesima proizvodnje hleba, ne ostvaruje zadovoljavajuća aktivnost pivskog kvasca u hlebnom testu, za razliku od predfermenta sastava II gde se dobijaju prihvatljive vrednosti fermentativne snage. Međutim, aerobni uslovi i temperatura od 30°C u procesu aktivacije kvasca pospešuju rast i umnožavanje ćelija i u izvesnoj meri pokreću fermentativnu aktivnost kvasca u hlebnom testu, za razliku od anaerobnih uslova i dosta nižoj temperaturi koji vladaju u procesu proizvodnje piva gde je favorizovana alkoholna fermentacija.

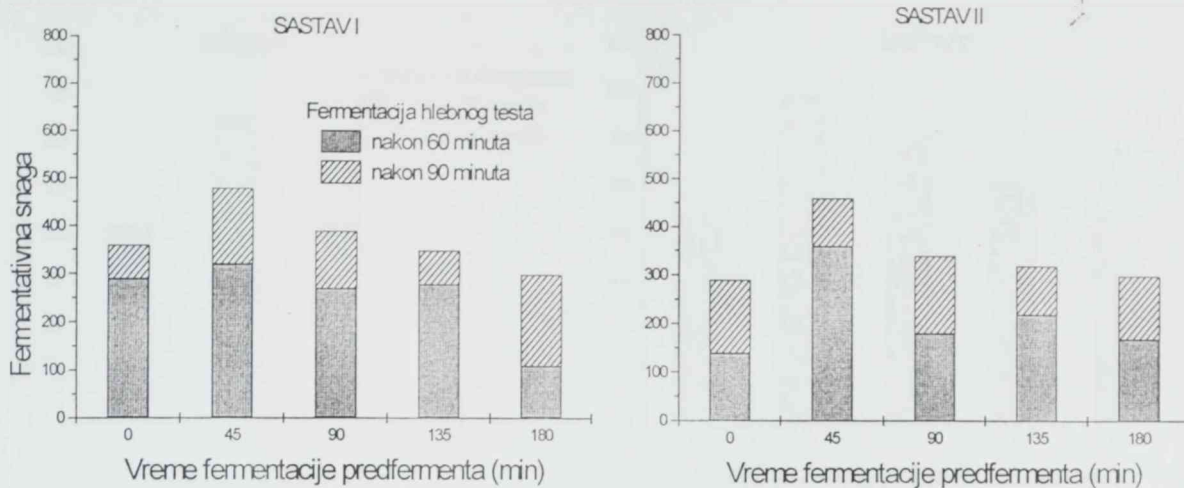
Važno je istaći i to, da ćelije pivskog kvasca mogu biti u takvom fiziološkom stanju (narušen enzimski sistem u ćeliji), da je gotovo ne moguće obezbediti uslove pod kojima bi se takve ćelije mogle revitalizovati i primeniti u zamesu hlebnog testa.



Slika 78: Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja B.

Kod soja B u nultom vremenu fermentacije predfermenta sastava I ostvaruje se uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage, nakon 60 minuta fermentacije hlebnog testa, u vrednosti od 340 ml, dok se nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa postiže prihvatljiva vrednost od 540 ml, za razliku od predfermenta sastava II gde se ne postiže prihvatljiva fermentativna snaga. Maksimalna vrednost fermentativne snage, nakon 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa, postiže se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sastava I i to u vrednosti od 440 ml odnosno 700 ml, a predfermenta sastava II nakon 90 minuta fermentacije i to u vrednosti od 340 ml odnosno 520 ml. Ove vrednosti je u potpunosti prihvatljive sa aspekta svojstava hlebnog testa. Daljom fermentacijom predfermenta, fermentativna snaga u hlebnom testu opada, da bi se nakon 180 minuta fermentacije predfermenta zadržala na vrednosti od 460 ml za sastav I, što je takođe prihvatljiva vrednost, odnosno 240 ml za sastav II što je neprihvatljiva vrednost.

Iako je intenzitet asimilacije fermentabilnih šećera isti (slika 70), veoma značajna razlika se javlja u fermentativnoj snazi u hlebnom testu, što samo potvrđuje razlike koje postoje u fiziologiji sojeva A i B. Evidentna razlika između fermentativne aktivnosti u hlebnom testu sojeva pivskog kvasca pivare A i B, a pri istim uslovima postupka revitalizacije i aktivacije kvasaca, je potvrda različitosti u fiziološkom stanju ćelija odnosno enzimskog kompleksa ćelija, ali i potvrda ne potpuno istih uslova koji vladaju u procesima proizvodnje piva u ove dve pivare. Naime, pored razlike koja postoji u fiziologiji ćelija pivskog kvasaca soja A i soja B, dodatne promene na fiziološko stanje ćelija kvasaca, tokom procesa proizvodnje piva, utiču i u uslovi fermentacije kao što su: temperatura, vrednost pH, sadržaj i vrsta hranljivih materija, itd.

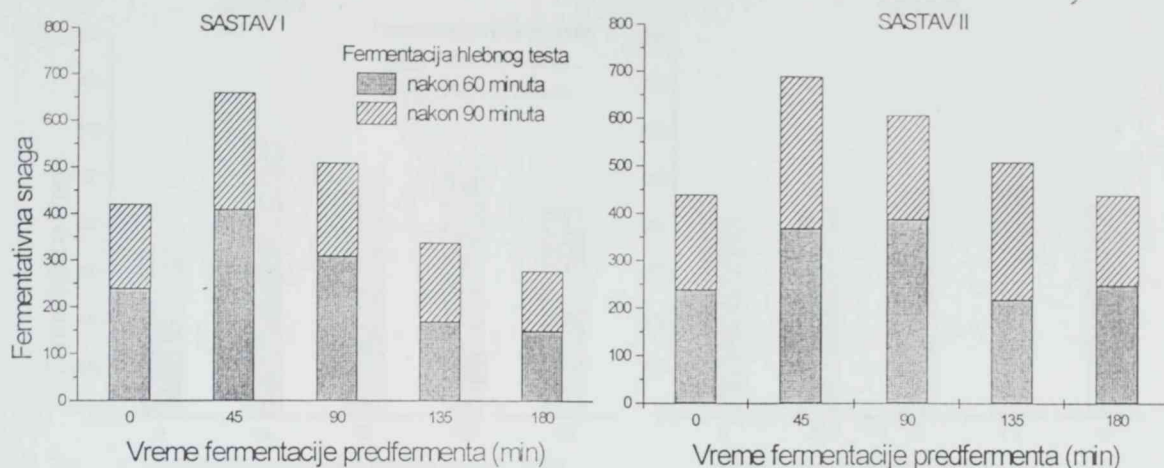


Slika 79: Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja C.

Kod soja C rezultati pokazuju da se u nultom vremenu fermentacije predfermenta sastava I ostvaruje uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa od 360 ml. Nakon 45 minuta fermentacije predfermenta oba sastava postiže se maksimalna vrednost fermentativne snage i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, što predstavlja prihvatljivu vrednost. Daljom fermentacijom predfermenta, sve do 180 minuta, zapremina razvijenog gasa nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa se smanjuje na vrednost od 300 ml. Ove vrednosti ukazuju na slabiju aktivaciju ćelija pivskog kvasca pivare C (soj C) u odnosu na soj B a nešto veću u odnosu na soj A, što opet potvrđuje razlike kako u fiziologiji sojeva tako i u uslovima fermentacije u procesima proizvodnje piva.

Vreme fermentacije predfermenta od 45 minuta može se izdvojiti kao vreme za koje se postigne maksimum aktivacije ćelija pivskog kvasca za primenu u proizvodnji predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba i to za sva tri soja A, B, C.

Iako su efekti aktivacije pivskog kvasca soj C nešto slabiji (480 ml odnosno 460 ml gasa nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sastava I odnosno II) u odnosu na soj B (700 ml odnosno 480 gasa nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sastava I odnosno II) kvasac pivare C se uspešno može primeniti u procesu proizvodnje predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.



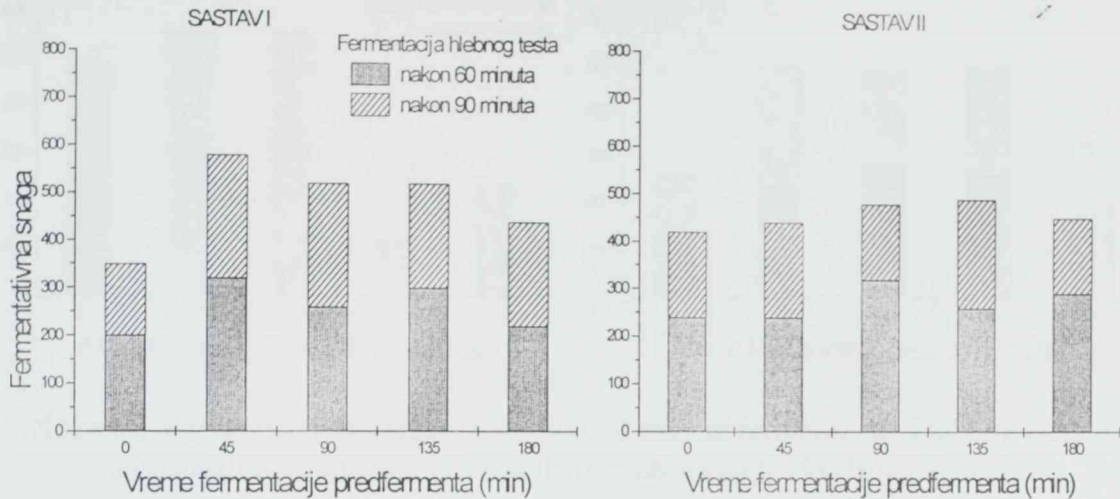
Slika 80: Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja D.

Ćelije pivskog kvasca pivare D, već u nultom vremenu fermentacije predfermenta oba ispitivana sastava, pokazuju zadovoljavajuću fermentativnu aktivnost u hlebnom testu, što se može objasniti s jedne strane samom fiziologijom ćelija datog soja, a s druge strane uslovima fermentacije u procesu proizvodnje piva koji su pogodovali za ćelije kvasca u smislu njihove primene u zamesu hlebnog testa.

Nakon 45 minuta fermentacije predfermenta oba sastava, postiže se maksimalna vrednost fermentativne snage od 660 ml za sastav I odnosno 650 ml za sastav II i to nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa, što ujedno predstavlja i prihvatljivu vrednost fermentativne snage i potvrdu ranijih ispitivanja u pogledu optimalnog vremena fermentacije predfermenta. Prihvatljivu vrednost fermentativne snage sa aspekta kriterijuma primene kvasca za zames hlebnog testa se ostvaruje i nakon 90 minuta fermentacije predfermenta oba sastava.

Daljom fermentacijom predfermenta, sve do 180 minuta, fermentativna snaga nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa se smanjuje na potpuno neprihvatljivu vrednost od 280 ml za sastav I i prihvatljivu vrednost od 440 ml za sastav II.

Ovi rezultati potvrđuju zaključke iz prethodna tri eksperimenta a to da se maksimalna fermentativna aktivnost kvasca u hlebnom testu, ostvaruje nakon 45 minuta fermentacije predfermenta oba ispitivana sastava, a da se nakon tog vremena fermentacije ispoljava iscrpljenost ćelija kvasca i opadanje fermentativne snage.



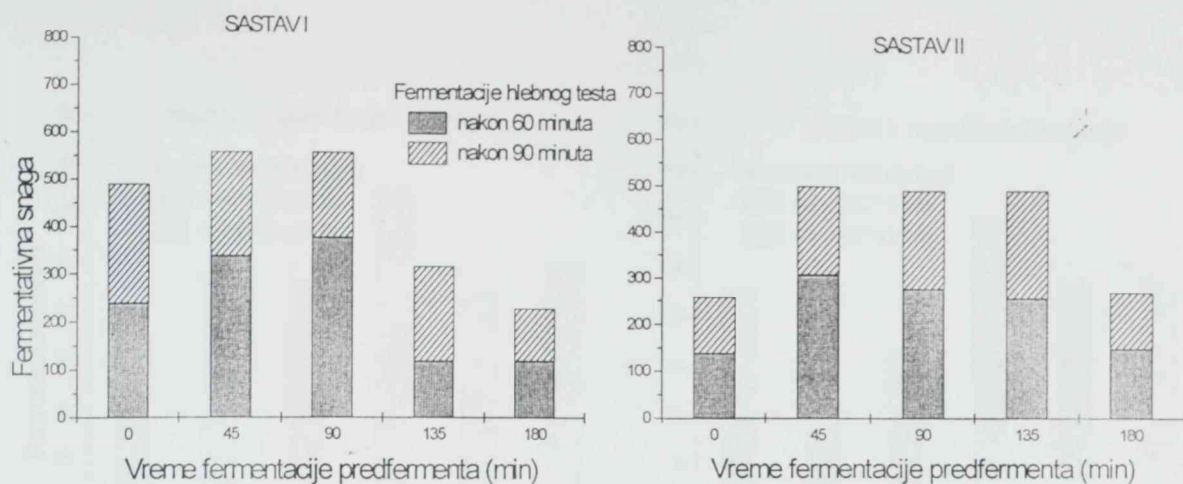
Slika 81: Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja E.

Kod soja E uslovno prihvatljiva vrednost fermentativne snage u hlebnom testu je ostvarena u nultom vremenu fermentacije predfermenta sastava I. Maksimalna vrednost fermentativne snage postignuta je nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sastava I u vrednosti od 580 ml nakon 90 minuta fermentacije hlebnog testa. Fermentacijom predfermenta sastava II dobijaju se prihvatljive vrednosti fermentativne snage u hlebnom testu u svim vremenima fermentacije predfermenta.

Daljom fermentacijom predfermenta, nakon 90 i 135 minuta, fermentativna aktivnost kvasca u hlebnom testu se smanjuje do vrednosti 520 ml za sastav I odnosno 480 ml i 490 ml za sastav II, da bi nakon 180 minuta fermentacije predfermenta fermentativna snaga opala na vrednost od 440 ml kod oba ispitivana sastava.

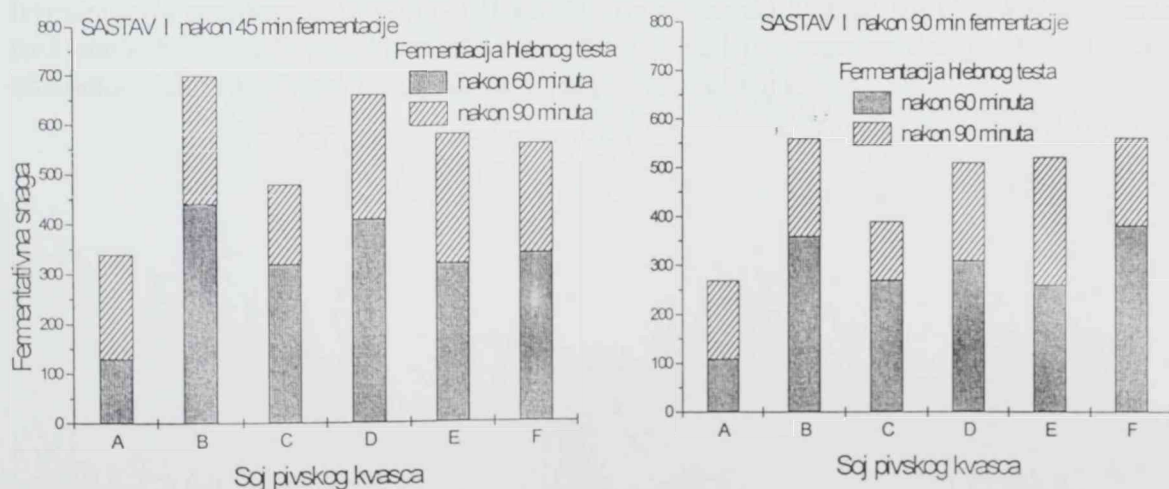
Ovi rezultati pokazuju da se kvasac pivare E (soj E) uspešno aktivira za primenu u zamesu hlebnog testa i to pri svim vremenima fermentacije predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.

Fermentativna aktivnost pivskog kvasca soja E, u hlebnom testu koje je pripremljeno sa predfermentom oba sastava dobijenim nakon 180 minuta fermentacije, u potpunosti je zadovoljavajuća, što nije slučaj sa ostalim ispitivanim sojevima pivskog kvasca. Može se pretpostaviti da uslovi fermentacije u procesu proizvodnje piva u pivari E obezbeđuju dovoljan sadržaj rezervnih materija u ćelijama pivskog kvasca, što omogućava da se kasnije u procesu revitalizacije otpadnog kvasca iz pivare obezbedi prihvatljiva fermentativna aktivnost u hlebnom testu tokom svih 180 minuta fermentacije predfermenta.

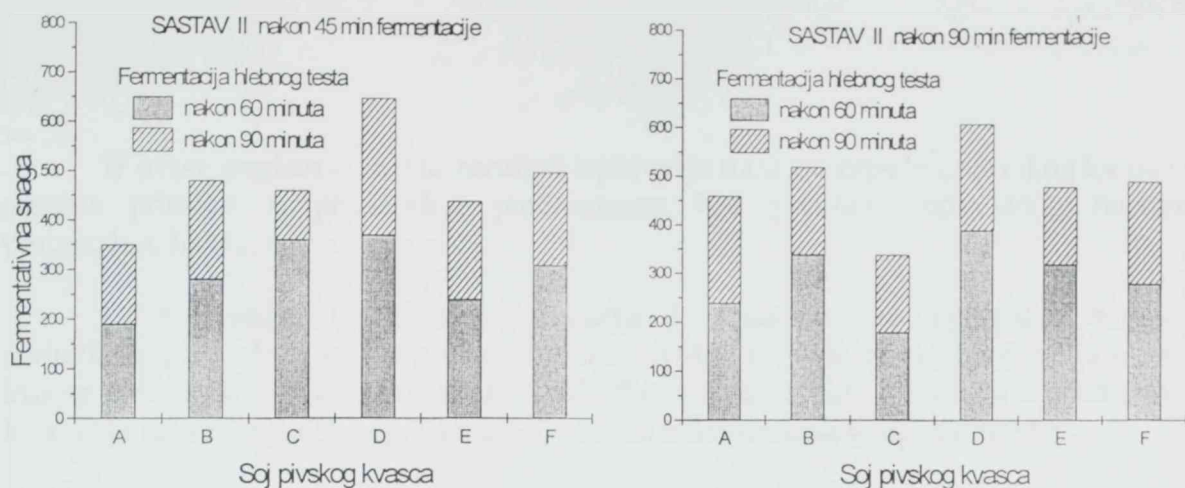


Slika 82: Fermentativna snaga u toku 60 i 90 minuta fermentacije hlebnog testa u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta pri korišćenju soja F.

U nultom vremenu fermentacije predfermenta sastava I, pivski kvasac soj F ostvaruje zadovoljavajuću fermentativnu aktivnost u hlebnom testu izraženu preko fermentativne snage u vrednosti od 490 ml. Ovako slična fermentativna aktivnost, u nultom vremenu fermentacije predfermenta sastava I, ispoljena je i kod kvasca pivare B. Maksimalna vrednost fermentativne snage postignuta je nakon 45 minuta fermentacije predfermenta oba sastava u vrednosti 560 ml za sastav I i 520 ml za sastav II. Vreme fermentacije predfermenta oba ispitivana sastava od 45 minuta može se izdvojiti kao optimalno vreme potrebno da se postigne maksimalna ali i potrebna fermentativna aktivnost ispitivanih pivskih kvasca u hlebnom testu. Produženje vremena fermentacije predfermenta oba sastava, fermentativna aktivnost pivskog kvasca (soj F) u hlebnom testu opada sve do isteka 180 minuta koliko je i zadato vreme fermentacije. Ovo produženje vremena fermentacije predfermenta dovelo je do iscrpljivanja ćelija kvasca i njihove nemogućnosti fermentacije brašna kao podloge.



Slika 83: Fermentativna snaga u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava I dobijenim nakon 45 i 90 minuta fermentacije za različite sojeve pivskog kvasca



Slika 84: Fermentativna snaga u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom sastava II dobijenim nakon 45 i 90 minuta fermentacije za različite sojeve pivskog kvasca

Poredeći rezultate ispitivanja svih sojeva pivskog kvasca (sojevi A, B, C, D, E i F), slika 83, a sa aspekta mogućnosti primene kvasca u zamesu hlebnog testa, odnosno njihove fermentativne aktivnosti u hlebnom testu, ispitivani sojevi pivskog kvasca ako se koriste za aktivaciju u predfermentu sastava I (nakon 45 i 90 minuta fermentacije) mogu se rangirati po njihovoj efikasnosti primene i to sledećim redom: soj B, soj D, soj E, soj F, soj C i soj A.

Na osnovu rezultata ispitivanja prikazanih na slici 84 može se uočiti da se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta sastava II (kombinacija pivskog i pekarskog kvasca) dobija nešto izmenjen redosled efikasnosti aktivacije sojeva pivskog kvasca u odnosu na predferment sastava I i to: soj D, soj B, soj F, soj C, soj E i soj A. Produženjem vremena fermentacije predfermenta sastava II na 90 minuta pivski kvasac soj C pokazuje značajno smanjenje fermentativne aktivnosti u hlebnom testu i pri tome se dobija sledeći redosled efikasnosti aktivacije: soj D, soj B, soj F, soj E, soj A i soj C.

5.3.7. TRAJNOST OTPADNOG PIVSKOG KVASCA

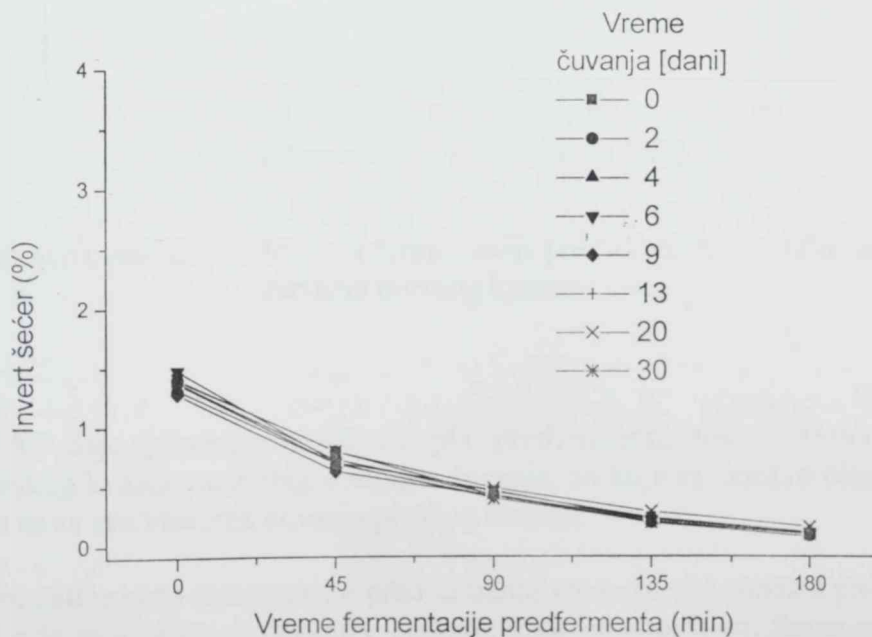
U ovom poglavlju su dati rezultati ispitivanja trajnosti otpadnog pivskog kvasca sa aspekta primene u proizvodnji predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba.

U proizvodnji predfermenta sastava I primenjen je optimalan postupak revitalizacije otpadnog pivskog kvasca ranije utvrđen u ovom radu. Korišćen je otpadni kvasac pivare B koji se pokazao kao najefikasniji sa aspekta svojstava hlebnog testa. Kvasac je nakon odgorčavanja i separacije čuvan u frižideru na temperaturi +4°C.

Tok fermentacije predfermenta praćen je preko promene sadržaja invert šećera i vrednosti pH a efekat vremena čuvanja kvasca na svojstva hlebnog testa preko fermentativne snage u hlebnom testu.

a) Tok fermentacije

Uticao vremena čuvanja pivskog kvasca pivare B na tok fermentativnih procesa u predfermentu sagledan je na bazi kretanja sadržaja invert šećera i vrednosti pH tokom fermentacije. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 85 i 86.

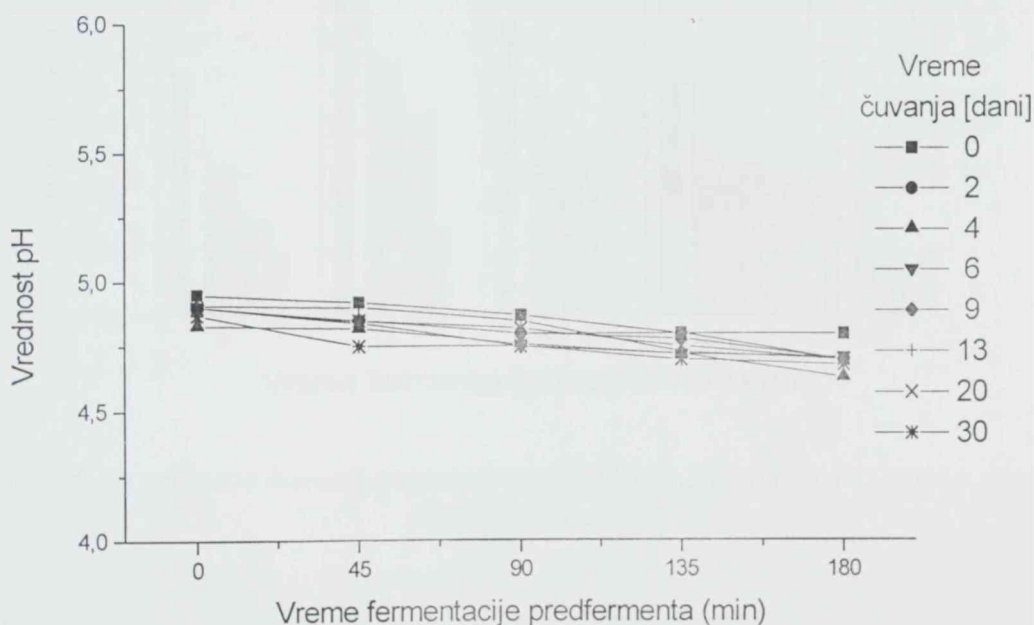


Slika 85: Promena sadržaja invert šećera tokom fermentacije predfermenta za različita vremena čuvanja pivskog kvasca

Rezultati prikazani na slici 85 ukazuju da tokom fermentacije predfermenta sastava I, za čiju proizvodnju je korišćen odgorčen i separisan otpadni pivski kvasac pivare B čuvan određen vermenski period u frižideru na temperaturi +4°C, postoji ravnomerno opadanje sadržaja invert šećera koji je gotovo isti za sva ispitivana vremena čuvanja pivskog kvasca.

Nakon prvih 45 minuta fermentacije predfermenta sadržaj invert šećera opada za oko 50 % što je potvrda intenzivne fermentativne aktivnosti pivskog kvasca, da bi do isteka 180 minuta fermentacije sadržaj invert šećera opao na vrednost koja ukazuje na to da je podloga iscrpljena u pogledu fermentabilnih šećera.

Sa aspekta fermentativne aktivnosti pivskog kvasca tokom fermentacije predfermenta, u cilju aktivacije pivskog kvasca, nema značajnog uticaja vremena čuvanja kvasca na tok fermentacije predfermenta.



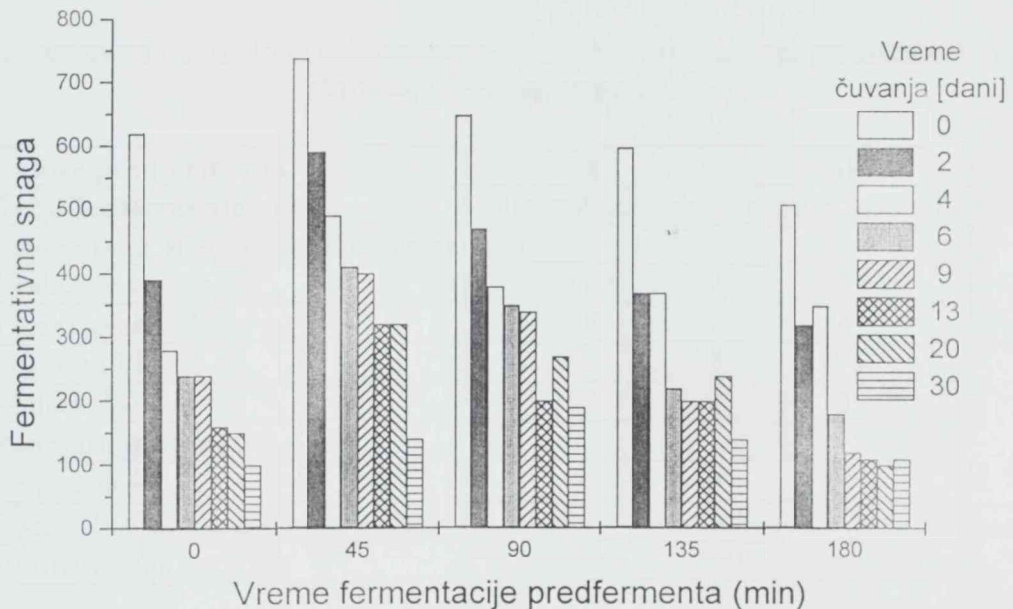
Slika 86: Promena vrednosti pH tokom fermentacije predfermenta za različita vremena čuvanja pivskog kvasca

Slika 86 daje promenu vrednosti pH predfermenta tokom fermentacije pri korišćenju pivskog kvasca različitog vremena čuvanja, sa koje se uočava blago opadanje vrednosti pH i to za sva vremena čuvanja pivskog kvasca.

Tokom 180 minuta fermentacije predfermenta vrednost pH opada u proseku za 0,5 pH jedinice što je sa aspekta proizvodnje hlebnog testa zanemarljivo. Smanjenje sadržaja invert šećera je pretpostavljamo posledica asimilacije mineralnih materija ćelijama kvasca.

b) Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja efekata primene pivskog kvasca čuvanog u različitim vremenskim periodima na temperaturi +4°C na fermentativnu snagu (ml CO₂) u hlebnom testu prikazani su na slici 87.



Slika 87: Efekat vremena čuvanja proizvedenog predfermenta na fermentativnu snagu u hlebnom testu

Rezultati prikazani na slici 87 mogu se rezimirati na sledeći način:

- najbolji efekti na svojstva hlebnog testa postižu se nakon 45 minuta fermentacije predfermenta nezavisno od vremena čuvanja pivskog kvasca;
- povećanjem vremena čuvanja pivskog kvasca smanjuje se fermentativna snaga pivskog kvasca i to nakon dva dana za oko 20 %, nakon četiri dana za oko 35 %, nakon šest i devet dana za oko 45 %;
- nakon devet dana čuvanja pivskog kvasca, fermentativna snaga u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom proizvedenim nakon 45 minuta fermentacije dostiže graničnu vrednost sa aspekta njene prihvatljivosti;
- čuvanjem pivskog kvasca 20 i više dana na temperaturi +4°C dolazi do smanjenja fermentativne snage kvasca odnosno smanjenja zapremine gasa koji se razvije u hlebnom testu zamešenom sa proizvedenim predfermentom posmatrano nakon 45 minuta fermentacije predfermenta.

5.3.8. OCENA OPTIMALNOG POSTUPKA

Na osnovu izvršenih ispitivanja usmerenih ka optimizaciji sastava podloge, procesnih parametara i tehnike fermentacije predfermenta kao predfaze postupka proizvodnje hleba a u cilju aktivacije pivskog kvasca pivare A definisan je optimalan jednostepeni postupak sa aspekta postizanja željenih efekata zacrtanih u ovom radu. Pregled parametara kojim je definisan izvedeni optimalan jednostepeni postupak dat je u tabeli 23.

Tabela 23: Parametri optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje predfermenta u cilju aktivacije pivskog kvasca

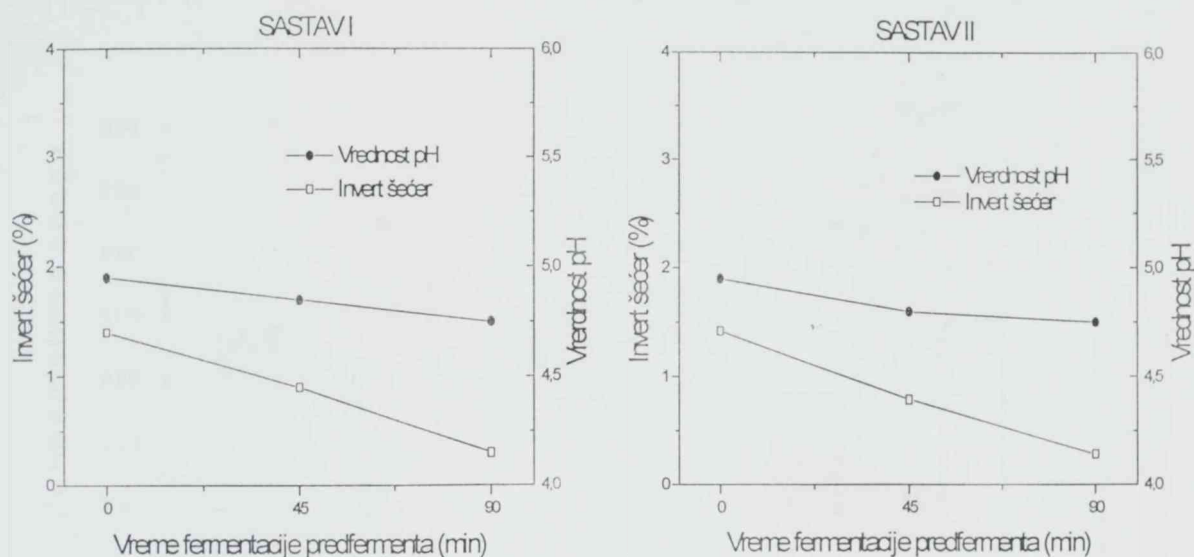
Sastav predfermenta	I	II
Tehnika fermentacije	diskontinualna	diskontinualna
Sastav (u odnosu na brašno za zames)		
Voda, %	51,5	57,8
Pivski kvasac, %	8	4
Pekarski kvasac, %	-	0,5
Maltex, %	3	3
Procesni parametri		
Temperatura, °C	30	
Specifična brzina aeracije, l/l min	6	
Brzina mešanja, o/min	300	

Ocena optimalnog postupka proizvodnje predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba u cilju aktivacije pivskog kvasca obavljena je korišćenjem pivskog kvasca pivare B, koji je dao najbolje efekte na svojstva hlebnog testa, i to na bazi:

- toka fermentacionih procesa tokom proizvodnje praćenih na osnovu dinamike potrošnje fermentabilnih šećera sagledane preko sadržaja invert šećera i vrednosti pH fermentacionog medijuma;
- ostvarenih efekata na svojstva hlebnog testa definisanih fermentativnom snagom odnosno dinamikom razvoja gasa tokom fermentacije registrovanom u fermentografu;
- efekata na kvalitet i održivost svežine hleba registrovanih na bazi pokazatelja ocene hleba dobijenog probnim pečenjem.

5.3.8.1. Tok fermentacije

Rezultati ispitivanja sadržaja invert šećera i vrednosti pH fermentacionog medijuma tokom 90 minuta fermentacije prikazani su na slici 88.



Slika 88: Tok fermentacije predfermenta uz primenu optimalnog jednostepenog postupka

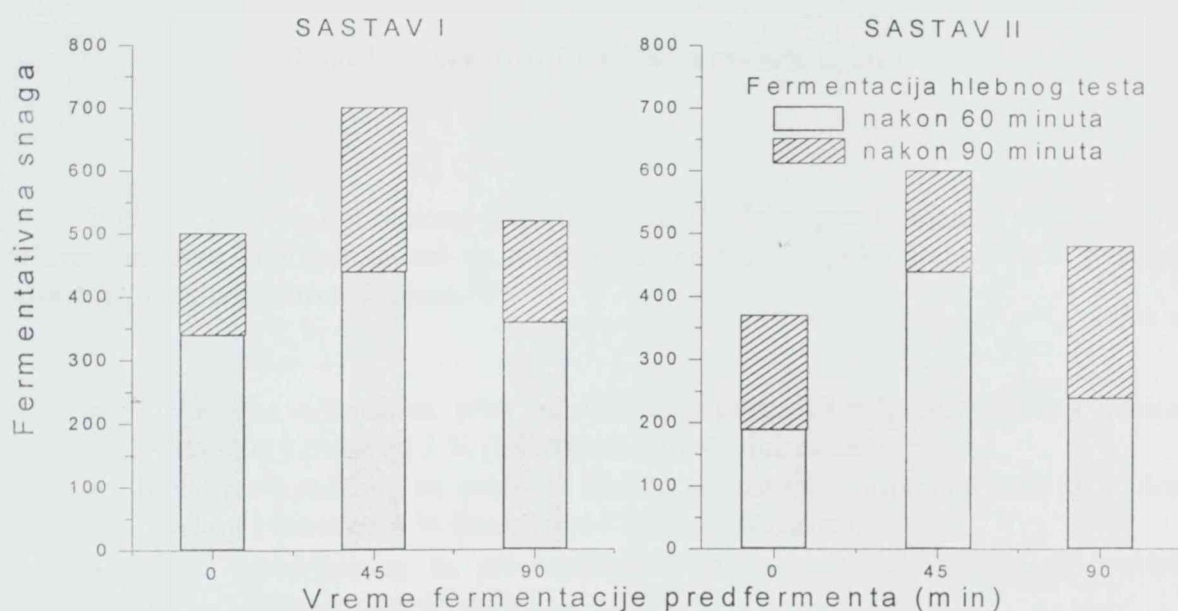
Rezultati prikazani na slici 88 pokazuju opadanje sadržaja invert šećera u predfermentu oba ispitivana sastava za oko 40 % što ukazuje na intenzivnu fermentaciju u toku prvih 45 minuta. Daljom fermentacijom ova vrednost opada za oko 80 % u odnosu na nulto vreme fermentacije. Poredeći oba primenjena sastava predfermenta (I i II) ne uočavaju se veće razlike u fermentativnoj aktivnosti kvasaca.

Vrednost pH predfermenta u toku 90 minuta fermentacije varira u optimalnom opsegu za normalno umnožavanje ćelija pekarskog i pivskog kvasca.

Definisan postupak karakteriše intenzivna fermentativna aktivnost pivskog i pekarskog kvasca iskazana preko opadanja sadržaja invert šećera.

5.3.8.2. Svojstva hlebnog testa

Rezultati ispitivanja uticaja trajanja fermentacije predfermenta uz primenu definisanog optimalnog jednostepenog postupka na fermentativnu snagu tokom 60, odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa zamešenog sa dobijenim predfermentima u odnosu na direktno zamešeno testo, registrovani u fermentografu, prikazani su na slici 89.



Slika 89: Efekti primene optimalnog jdnostepenog postupka na fermentativnu snagu u hlebnom testu u zavisnosti od trajanja fermentacije predfermenta

Na slici 89 se uočava da se primenom definisanog optimalnog jednostepenog postupka proizvodnje predfermenta sastava I kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba a u cilju aktivacije pivskog kvasca postiže se povećanje fermentativne snage, u toku prvih 45 minuta fermentacije, koji se razvije tokom 60 odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa za oko 30 % odnosno 40 % zamešenog sa predfermentom u odnosu na direktno zamešeno testo (0 h fermentacije). Produženjem vremena fermentacije predfermenta na 90 minuta smanjuje se fermentativna snaga u hlebnom testu i to za gotovo istu vrednost za koju je došlo do povećanja u toku prvih 45 minuta fermentacije predfermenta.

Primenom definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfermenta sastava II takođe se postiže povećanje fermentativne snage, u toku prvih 45 minuta, koja se razvije tokom 60 odnosno 90 minuta fermentacije hlebnog testa za 130 % odnosno 60 % zamešenog sa predfermentom u odnosu na direktno zamešeno testo.

Ovakav odnos ukazuje da primena definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfermenta za aktivaciju pivskog kvasca dovodi do promene fermentativne snage u hlebnom testu u pravcu povećanja razvoja gasa u prvih 45 minuta fermentacije, što je najverovatnije posledica postignute aktivacije oba kvasca koja dovodi do skraćenja ili izostajanja lag faze u fermentativnoj aktivnosti kvasca nakon zamesa hlebnog testa. Najznačajniji efekti na razvoj gasa u hlebnom testu postižu se nakon 45, pa i nakon 90 minuta fermentacije predfermenta.

5.3.8.3. Kvalitet i održivost svežine hleba

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

- hleba proizvedenog uz primenu direktnog postupka pripreme testa sa udelom pekarskog kvasca od 2 % (intenzivni i brzohodni zames);
- hleba proizvedenog uz primenu direktnog postupka pripreme testa sa udelom pivskog kvasca od 8 % (intenzivni i brzohodni zames);
- hleba proizvedenog sa predfermentom (sastava I) nakon 45 i 90 minuta fermentacije (intenzivni zames);
- hleba proizvedenog sa predfermentom (sastava I) nakon 45 minuta fermentacije (brzohodni zames);
- hleba proizvedenog sa predfermentom (sastava II) nakon 90 minuta fermentacije (brzohodni zames).

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

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

Tabela 24: Efekti primene optimalnog postupka pripreme predfermenta na kvalitet hleba

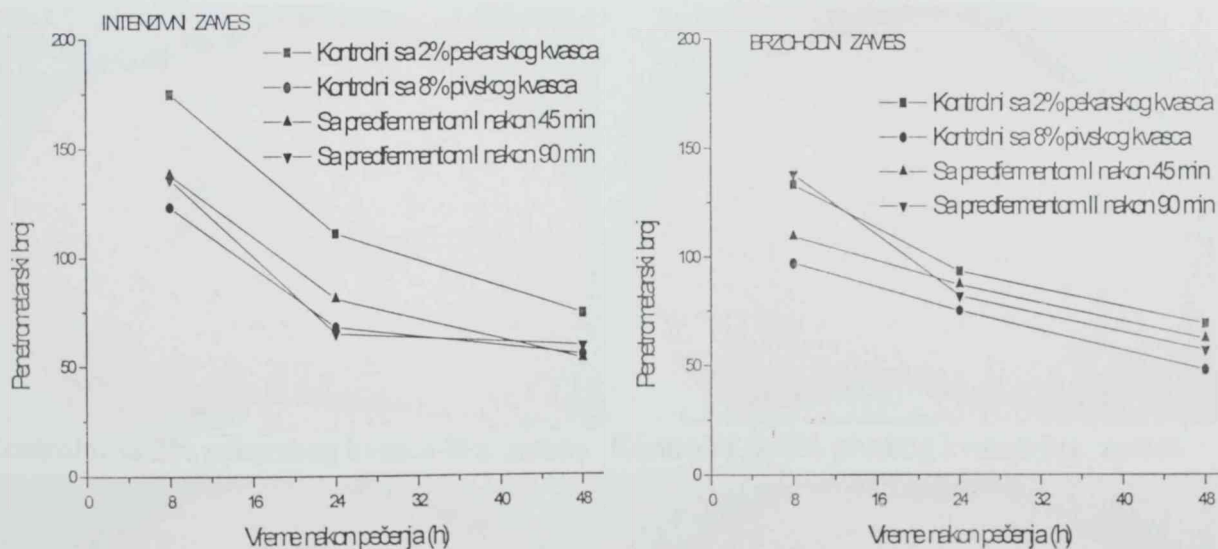
Intenzivni zames				
	Kontrolni-2% pekarskog kvasca	Kontrolni – 8% pivskog kvasca	Sa predfermentom I nakon 45 min fermentacije	Sa predfermentom I nakon 90 minuta fermentacije
Završna fermentacija, min	90	90	90	95
Zapremina hleba, ml	2600	2020	1890	1820
Odnos visine i prečnika	72/117	72/107	74/112	73/110
Elastičnost sredine	vrlo dobra	odlična	odlična	vrlo dobra
Ravnomernost pora	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna	prilično ravnomerna
Finoća strukture pora	fina	skoro fina	skoro fina	malo gruba
Boja i sjaj kore	svetlo rumena i sjajna	rumena i sjajna	rumena i sjajna	rumena i sjajna
Fizičke osobine kore	tanka i elastična	tanka i krta	tanka i krta	tanka i krta
Miris i ukus	neutralan	blago alkoholno aromatičan	blago alkoholno aromatičan	blago alkoholno aromatičan
Brzohodni zames				
	Kontrolni-2% pekarskog kvasca	Kontrolni – 8% pivskog kvasca	Sa predfermentom I nakon 45 min fermentacije	Sa predfermentom II nakon 90 min fermentacije
Završna fermentacija, min	74	75	65	85
Zapremina hleba, ml	2200	1950	2000	2010
Odnos visine i prečnika	78/122	74/110	74/110	75/110
Elastičnost sredine	odlična	vrlo dobra	vrlo dobra	zadovoljavajuća
Ravnomernost pora	prilično ravnomerna	ravnomerna	ravnomerna	prilično ravnomerna
Finoća strukture pora	skoro fina	malo gruba	malo gruba	malo gruba +
Boja i sjaj kore	rumena i sjajna	rumena i sjajna	rumena i sjajna	svetlo rumena i sjajna
Fizičke osobine kore	tanka i malo tvrda	tanka i elastična	tanka i malo elastična	tanka i tvrda
Miris i ukus	neutralan	blago alkoholno aromatičan	blago alkoholno aromatičan	blago alkoholno aromatičan

Na osnovu rezultati prikazani u tabeli 24 u kojoj su dati efekti primene optimalnog postupka pripreme predfermenta na kvalitet hleba može se zapaziti da hleb proizveden sa predfermentom sastava I dobijenog nakon 45 odnosno 90 minuta fermentacije, primenom intenzivnog zamesa, i sa predfermentom sastava I dobijenog nakon 45 minuta i predfermentom sastava II dobijenog nakon 90 minuta, primenom brzohodnog zamesa, ostvaruje kvalitet koji je na nivou kvaliteta kontrolnog uzorka (hleb sa 2 % pekarskog kvasca i hleb sa 8 % pivskog kvasca primenom direktnog zamesa). Primenom brzohodnog zamesa u proizvodnji hleba sa predefermentom sastava I (nakon 45 minuta fermentacije) i sastava II (nakon 90 minuta fermentacije) ostvaruje se skraćenje trajanja završne fermentacije u odnosu na direktan zames hleba. Hleb proizveden sa pivskim kvascem, bilo sa predfermentom sastava I ili sastava II, bilo kao kontrolni uzorak (direktni zames sa 8 % pivskog kvasca) ostvaruje specifične efekte na miris i ukus, što je i okarakterisano kao blago alkoholno aromatičan.

Rezultati praćenja efekata primene definisanog optimalnog postupka proizvodnje predfermenta kao predfaze aktivacije pivskog kvasca za primenu u proizvodnji hleba na održivost svežine hleba prikazani su u tabeli 25 i slici 90.

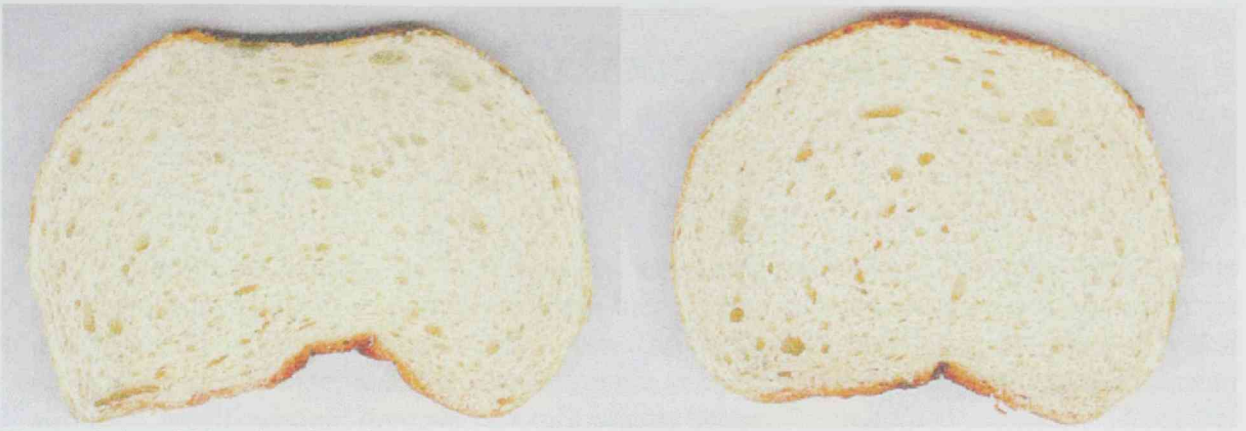
Tabela 25: Efekti primene optimalnog postupka pripreme predfermenta na održivost svežine hleba

Ocena hleba, h nakon pečenja	Penetrometarski broj		
	8 h	24 h	48 h
Intenzivni zames			
Kontrolni – 2% pekarskog kvasca	175	111	74
Kontrolni – 8% pivskog kvasca	123	68	55
Sa predfermentom I nakon 45 min. fermentacije	138	81	53
Sa predfermentom I nakon 90 min. fermentacije	136	65	59
Brzohodni zames			
Kontrolni – 2% pekarskog kvasca	133	93	69
Kontrolni – 8% pivskog kvasca	97	75	48
Sa predfermentom I nakon 45 min. fermentacije	109	87	62
Sa predfermentom II nakon 90 min. fermentacije	138	82	57

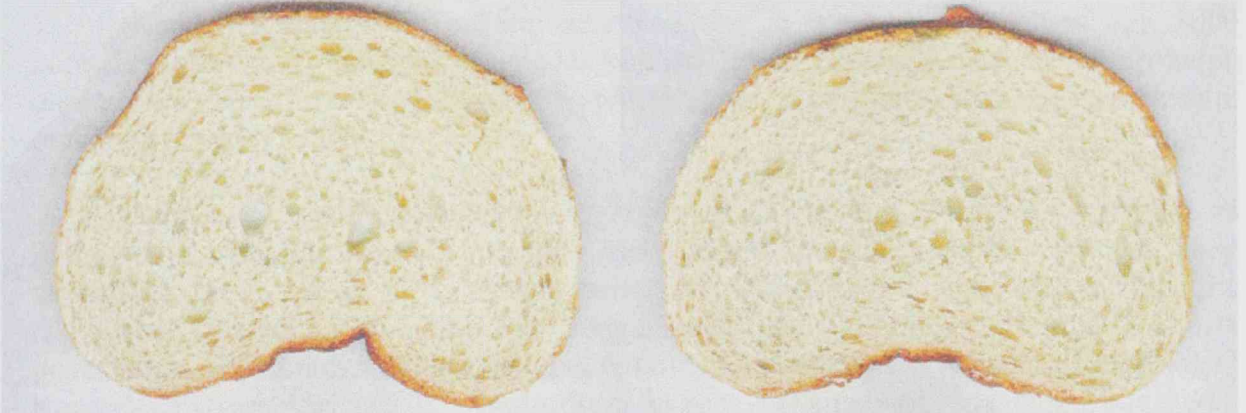


Slika 90: Vrednosti penetrometarskog broja tokom vremena proteklog nakon pečenja u zavisnosti od načina pripreme testa

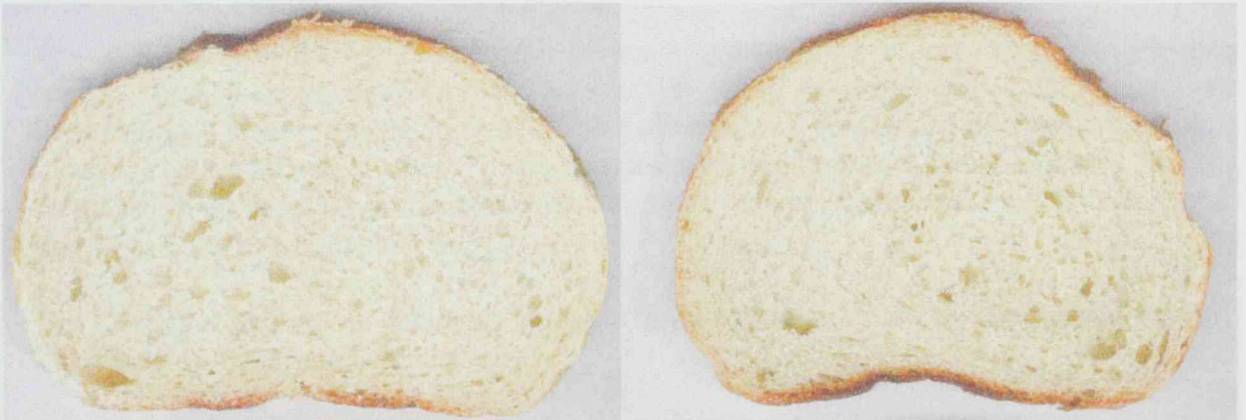
Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 25 i na slici 90 može se konstatovati da hleb proizveden sa pivskim kvascem (nezavisno od sastava predfermenta i načina zamesa) karakteriše blaži trend smanjenja penetrometarskog broja u toku 48 h nakon pečenja u odnosu na kontrolni hleb sa 2 % pekarskog kvasca (sa direktnim zamesom), što ukazuje na izražene pozitivne efekte na održivost svežine hleba. Sporije starenje hleba je jedna od značajnih karakteristika proizvedenog hleba na bazi pivskog kvasca.



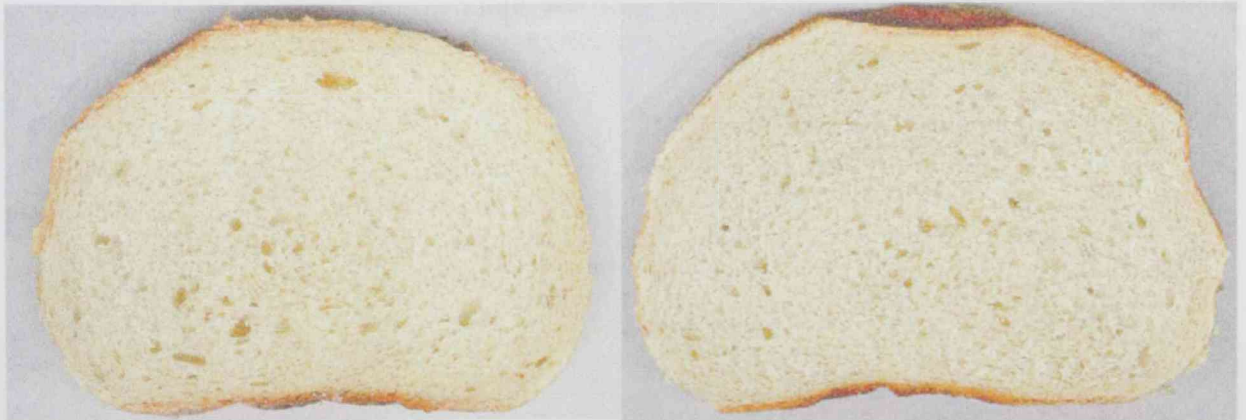
Kontrolni sa 2% pekarskog kvasca-int. zames Kontrolni sa 8% pivskog kvasca-int. zames



Sa predfermentom I nakon 45 min-int. zames Sa predfermentom I nakon 90 min-int. zames



Kontrolni sa 2% pekarskog kvasca-brz. zames Kontrolni sa 8% pivskog kvasca-brz. zames



Sa predfermentom II nakon 45 min-brz. zames Sa predfermentom II nakon 90 min-int. zames

Slika 91: Uporedni prikaz sredine hleba proizvedenog sa pekarskim i pivskim kvascem primenom intenzivnog i brzohodnog zamesa

5.4. 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.

Kapacitet savremenih pekara zanatskog tipa je u proseku na nivou oko 3000 komada hleba/dan. U tom smislu dohodak koji ova pekara ostvaruje može da pokrije samo ograničene iznose investiranja u nova postrojenja, pa i u ovo postrojenje za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca.

Kapacitet industrijskih pekara, opremljenih sa jednom, dve, pa i tri linije za proizvodnju hleba kreću se od 10000 do preko 50000 komada hleba/dan međutim, zbog nedostataka koje imaju u kvalitetu hleba ovi kapaciteti su uglavnom nedovoljno iskorišćeni. Imajući u vidu mogućnost većeg obima investicija i mogućnost njihove otplate povećanjem obima proizvodnje zahvaljujući novoj specijalnoj vrsti hleba (na bazi pivskog kvasca) i ostvarenjem ušteda u pekarskom kvascu, pekare ovog tipa mogu obezbediti investiranje u postrojenje za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca.

S obzirom da većina domaćih pivara poseduje linije za obradu pivskog kvasca (pranje, prosejavanje, odgorčavanje, separacija) može se pretpostaviti da bi najmanja investiranja u nova postrojenja, kao što je postrojenje za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca, bilo ostvarivo od strane pivare za razliku od prethodno navedenih pekara. Takođe se otvara mogućnost da pivare revitalizovan pivski kvasac komercijalizuju i plasiraju i to kao tečni i presovani pivski kvasac.

Idejno rešenje je izrađeno na primeru njegove primene u industrijskoj pekari, kapaciteta 10000 komada hleba/dan.

Stoga su u ovom poglavlju date osnovne karakteristike opšteg idejnog rešenja postrojenja za primenu proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba u cilju revitalizacije otpadnog pivskog kvasca.

5.4.1. OPIS TEHNOLOŠKOG POSTUPKA

Tehnološki postupak revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u procesu proizvodnje hleba odvija se u skladu sa šemom prikazanom na slici 92.

Odgorčavanje otpadnog pivskog kvasca obuhvata sledeće faze:

- u bioreaktor za odgorčavanje (bioreaktor I) dozira se suspenzija otpadnog pivskog kvasca i 0,5 % rastvor Na_2CO_3 iz rezervoara pomoću pumpe u odnosu 1:1;
- primenom mehaničke mešalice homogenizuje se suspenzija oko 15 minuta;
- separacija pivskog kvasca a potom dva puta ispiranje sa česmenskom vodom.

Separisan i odgorčen pivski kvasac sadrži oko 25 % suve materije i kao takav se dalje revitalizuje u jednostepenom procesu proizvodnje predfermenta kao predfaze u postupku proizvodnje hleba.

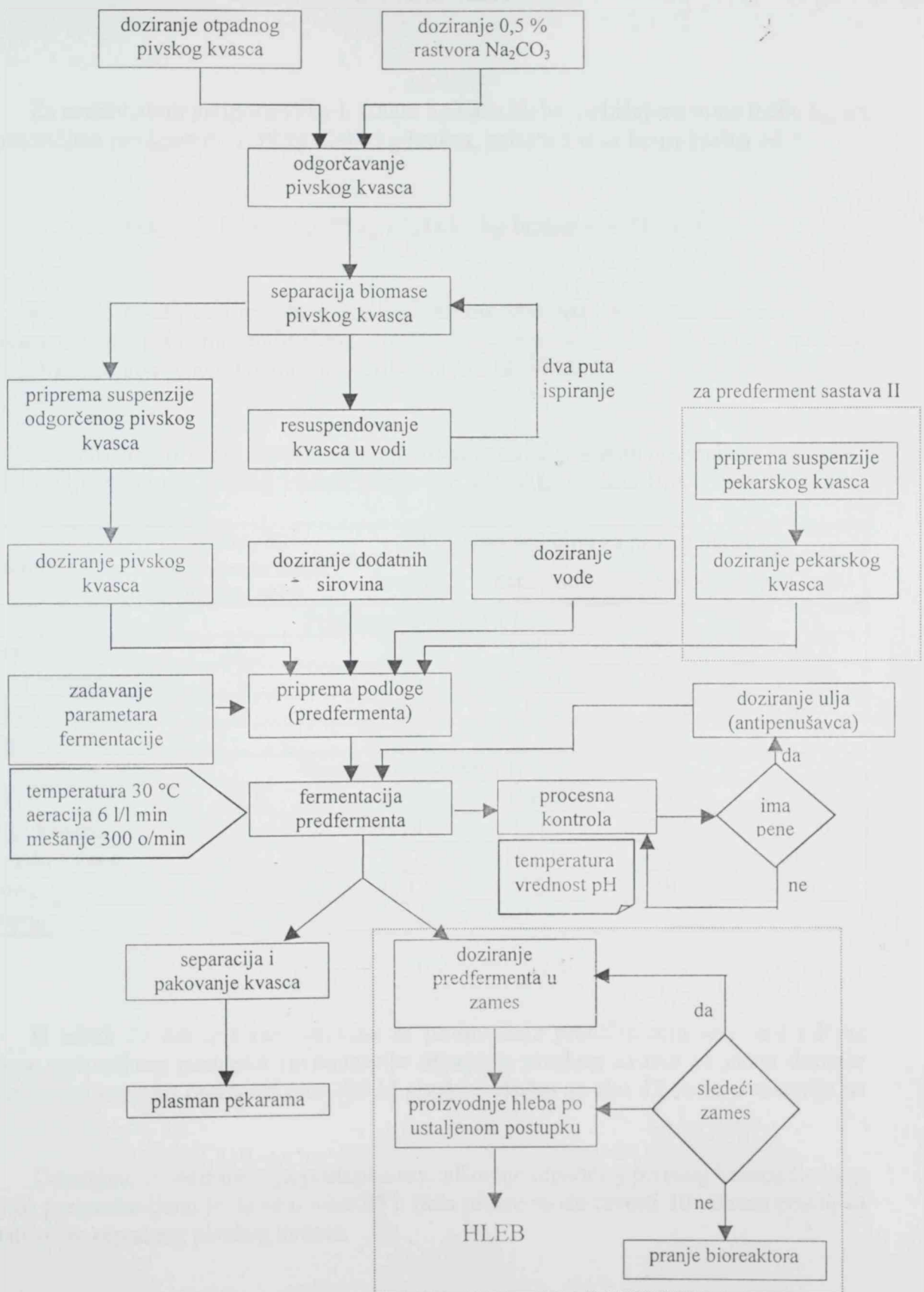
U bioreaktoru I pristupa se odgorčavanju nove količine otpadnog pivskog kvasca za potrebe sledećeg proizvodnog ciklusa, a u slučaju završetka dnevne proizvodnje pristupa se pranju bioreaktora.

U bioreaktor za fermentaciju predfermenta (bioreaktor II) se doziraju potrebne sirovine i to:

- voda potrebne temperature, se dozira u bioreaktor pre dodavanja ostalih komponenti, a količina vode se smanjuje za količinu upotrebljenu za suspendovanje kvasca;
- pivski kvasac se dozira u obliku ranije pripremljene suspenzije iz suda za suspendovanje kvasca;
- pekarski kvasac ako se radi sa predfermentom sastava II (4 % pivskog kvasca i 0,5 % pekarskog kvasca) dozira se takođe u obliku ranije pripremljene suspenzije iz suda za suspendovanje pekarskog kvasca;
- sladovina (sladni ekstrakt) se dozira iz rezervoara pomoću pumpe, dok se u slučaju alternativnog korišćenja kombinacije sirove pšenične klice i saharoze ove sirovine doziraju preko sistema za doziranje ili uz ručnu odvag;

U bioreaktoru II se uz primenu mehaničke mešalice homogenizuje predferment uz istovremeno zadavanje parametara fermentacije na komandnoj tabli bioreaktora. Fermentacija predfermenta traje 45 minuta. Tokom fermentacije kontrolišu se temperatura i vrednost pH predfermenta preko ugrađene merne tehnike bioreaktora. Takođe se vizuelno ili automatski vrši kontrola pene i po potrebi vrši se doziranje jestivog ulja kao antipenušavca.

Zreo predferment se dozira preko pumpe direktno u zames testa u potrebnoj količini (ako je postrojenje za revitalizaciju pivskog kvasca u samoj pekari) ili se pivski kvasac separiše ako je postrojenje u pivari. Po završetku dnevne proizvodnje bioreaktor II se pere i priprema za proizvodni ciklus narednog dana.



Slika 92: Šema tehnološkog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u postupku proizvodnje hleba

5.4.2. 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:

$$10000 \text{ komada hleba} \cdot 0,600 \text{ kg} / 1,38 \text{ kg/kg brašna} \approx 4350 \text{ kg brašna}$$

Dnevni, nedeljni, mesečni i godišnji bilans sirovina potrebnih za proizvodnju predfermenta uz primenu optimalnog sirovinskog sastava za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca, utvrđenog u ovom radu prikazan je u tabeli 26.

Tabela 26: Bilans sirovina za proizvodnju predfermenta uz primenu optimalnog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za potrebe pekare kapaciteta 10000 kom hleba/dan

Sirovina	Udeo, % (na brašno za zames hlebnog testa)	Potrebna količina za proizvodnju, kg			
		dnevno	nedeljno	mesečno	godišnje
Predferment sastava I					
Voda	51,5	2241	15687	67230	784350
Pivski kvasac	8	348	2436	10440	121800
Maltex	3	130,5	913,5	3915	45675
Ukupno:		2719,5			
Predferment sastava II					
Voda	57,8	2515	17605	75450	880250
Pivski kvasac	4	174	1218	5220	60900
Pekarski kvasac	0,5	21,75	152,25	652,5	7612,5
Maltex	3	130,5	913,5	3915	45675
Ukupno:		2841,25			

U tabeli 27 dat je bilans sirovina za proizvodnju predfermenta sastava I i II uz primenu optimalnog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca iz jedne domaće pivare koja u proseku proizvodi oko 200 hl pivskog kvasca sa oko 12 % suve materije na dan.

Uzimajući u obzir trajanja postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca (jednog ciklusa) pretpostavljeno je da se u toku 24 h rada pivare može izvesti 10 ciklusa postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca.

Tabela 27: Bilans sirovina za proizvodnju predfermenta uz primenu optimalnog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca u jednoj domaćoj pivari

Sirovina	Udeo, % (na podlogu predfermenta)	Potrebna količina za proizvodnju, kg			
		ciklus	dnevno (10 ciklusa)	nedeljno	mesečno
Predferment sastava I					
Pivski kvasac	13,3	1000	10000	70000	300000
Voda	81,7	6142,8	61428	429996	1842840
Maltex	5	375,9	3759	26313	112770
Ukupno			75187		
Br. kom. hleba			276477		
Predferment sastava II					
Pivski kvasac	6,67	1000	10000	70000	300000
Pekarski kvasac	0,83	124,4	1244	8708	37320
Voda	87,5	13118,4	131184	918288	3935520
Maltex	5	749,6	7496	52472	224880
Ukupno			149924		
Br. kom. hleba			527669		

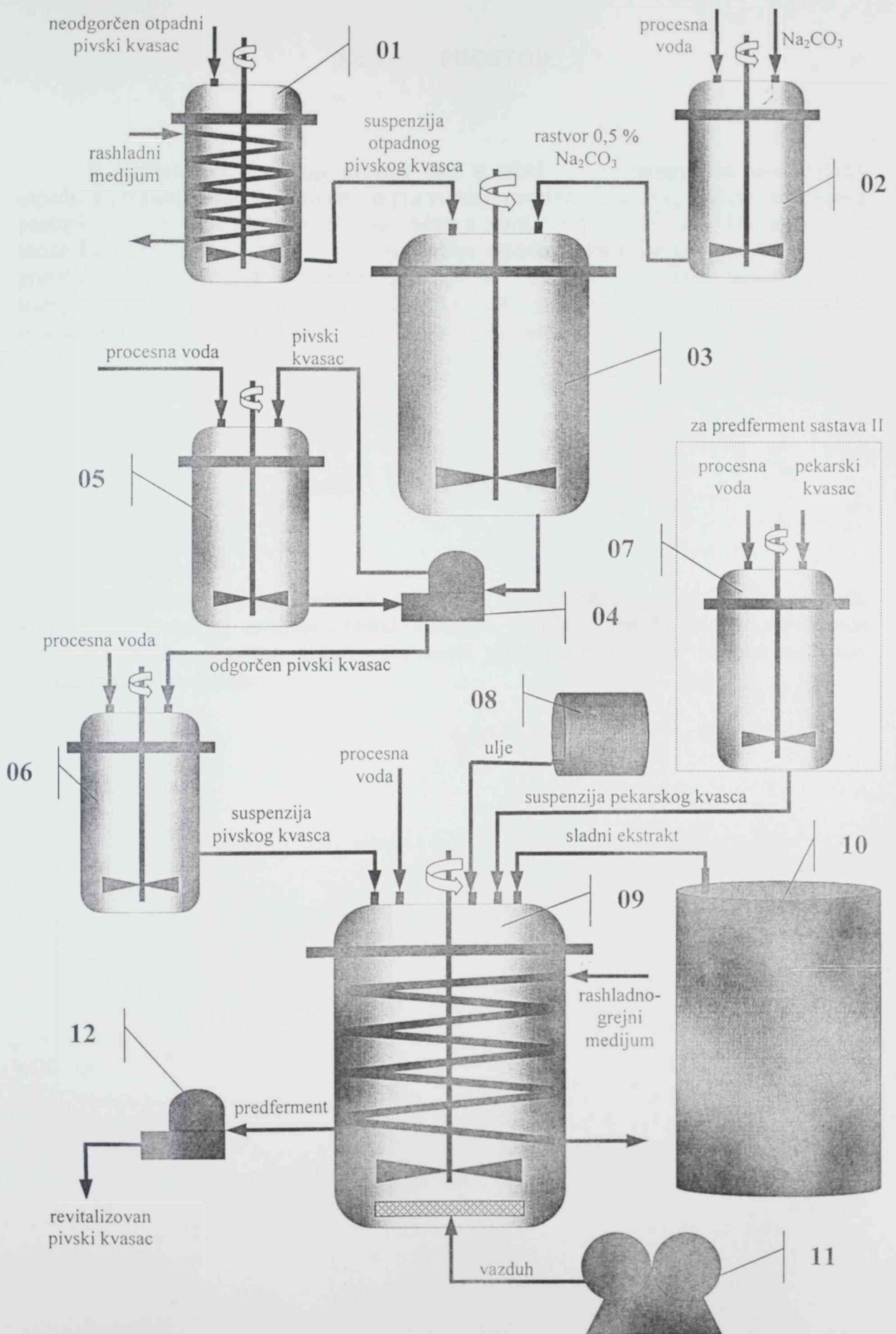
Iz datog bilansa sirovina se uočava da proizvodnjom predfermenta odnosno revitalizovanog pivskog kvasca u pivari navedenog kapaciteta može da se ostvari proizvodnja oko 270000 komada hleba (vekna hleba od 600 g) sa predfermentom sastava I odnosno oko 500000 komada hleba sa predfermentom sastava II. Ove značajne količine hleba ukazuju na to da pivare ovog kapaciteta mogu distribuirati revitalizovan pivski kvasac pekarama lociranim u širem gradskom području s ciljem zadovoljenja potreba potrošača.

5.4.3. OPREMA

Pregled jedinica opreme potrebnih za realizaciju automatizovane proizvodnje predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba po definisanom optimalnom postupku revitalizacije otpadnog pivskog kvasca pod kontrolisanim uslovima dat je u tabeli 28. Tabelom su obuhvaćene i najvažnije tehničke karakteristike jedinica opreme, kao i napomene o proračunima dimenzija i kapaciteta. Šema postrojenja za proizvodnju predfermenta u postupku revitalizacije otpadnog pivskog kvasca data je na slici 93.

Tabela 28: Specifikacija opreme postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za potrebe pekare kapaciteta 10000 komada hleba/dan

Pozicija	Naziv opreme	Tehničke karakteristike
01	Rezervoar otpadnog neodgorčenog pivskog kvasca	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven mešalicom i sistemom za hlađenje do temperature +4°C; zapremina suda za dnevnu proizvodnju za slučaj suspenzije otpadnog pivskog kvasca sa oko 12 % suve materije oko 1000 l; prečnik suda 0,95 m; visina 1,45 m (odnos prečnika i visine 2:3)
02	Sud za 0,5 % rastvor Na ₂ CO ₃	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven armaturom za dovod procesne vode i mešalicom; zapremina suda za nedeljnu proizvodnju 0,5 % rastvora Na ₂ CO ₃ oko 1000 l; prečnik suda 0,95 m; visina 1,45 m (odnos prečnika i visine 2:3)
03	Bioreaktor I sa mehaničkom mešalicom	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven armaturom za dovod suspenzije pivskog kvasca, rastvora Na ₂ CO ₃ i mešalicom; zapremina suda za dnevnu proizvodnju 2 m ³ ; prečnik suda 1,2 m; visina suda 1,8 m (odnos visine i prečnika).
04	Separator	Kapacitet min. 1000 kg suspenzije kvasca/dan
05	Sud za resuspendovanje pivskog kvasca	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven armaturom za dovod procesne vode, otvorom za unos pivskog kvasca i mešalicom; zapremina suda za dnevnu proizvodnju za slučaj suspenzije odgorčenog pivskog kvasca sa oko 12 % suve materije oko 1000 l; prečnik suda 0,95 m; visina 1,45 m (odnos prečnika i visine 2:3)
06	Sud za suspenziju odgorčenog pivskog kvasca	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven armaturom za dovod procesne vode i pivskog kvasca i mešalicom; zapremina suda za dnevnu proizvodnju oko 12 % suve materije oko 1000 l; prečnik suda 0,95 m; visina 1,45 m (odnos prečnika i visine 2:3)
07	Sud za suspenziju pekarskog kvasca	Cilindrični sud od nerđajućeg čelika sa bombiranim dancem i poklopcem, snabdeven armaturom za dovod procesne vode i pekarskog kvasca i mešalicom; zapremina suda za dnevnu proizvodnju oko 1000 l; prečnik suda 0,95 m; visina 1,45 m (odnos prečnika i visine 2:3)
08	Rezervoar jestivog ulja	Cilindrični sud od sintetskog materijala sa ravnim dnom i dancem zapremine za podmirenje nedeljne potrošnje ulja oko 100 l; prečnik suda 0,44 m; visina suda 0,66 m (odnos prečnika i visine 2:3)
09	Bioreaktor II 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, sladnog ekstrakta, ulja i vazduha; ugrađena mešalica i uređaj za razmenu toplote; zapremina suda za dnevnu proizvodnju oko 3,75 m ³ ; prečnik suda 1,5 m; visina 2,25 m (odnos prečnika i visine 2:3)
10	Rezervoar sladnog ekstrakta	Cilindrični sud od sintetskog materijala sa ravnim dnom i dancem zapremine za podmirenje mesečne potrošnje sladnog ekstrakta oko 3,75 m ³ ; prečnik suda 1,5 m; visina 2,25 m (odnos prečnika i visine 2:3)
11	Duvaljka vazduha	Centrifugalna duvaljka sa mogućnošću 18 m ³ vazduha u minuti
12	Separator	Kapacitet min. 3000 kg predfermenta/dan



Slika 93: Šema postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za primenu u postupku proizvodnje hleba

5.4.4. PROSTOR

S obzirom na dimenzije opreme date u tabeli 28 postrojenje za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za primenu u proizvodnji predfermenta kao predfaze indirektnog postupka proizvodnje hleba za smeštaj zahteva prostor od oko 50 m². Ovo postrojenje može biti locirano u pivari iz koje se dobija otpadni pivski kvasac, pri čemu bi se proizvedeni predferment separisao (pozicija 12) a dobijeni pivski kvasac potom transportovao do pekare. Ako se postrojenje nalazi u pekari, proizvedeni predferment iz bioreaktora II dozira se direktno u zames testa u potrebnoj količini.

5.4.5. RADNA SNAGA

Za opsluživanje postrojenja potrebno je dva radnika, kojih je moguće, preraspodelom radnog vremena i radnih zadataka, angažovati među redovno zaposlenim radnicima pivare odnosno pekare, što znači da praktično nema potrebe dodatnog angažovanja radne snage.

6. ZAKLJUČCI

Istraživanja i razmatranja obavljena u okviru ovog rada, izvršena u potpunosti uz korišćenje sirovinske baze dostupne na domaćem tržištu, obuhvatila su:

- a) ispitivanje uticaja sredstva za odgorčavanje na efekte aktivacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u procesu proizvodnje hleba;
- b) ispitivanje uticaja pripreme otpadnog pivskog kvasca, variranja sirovinskog sastava podloge predfermenta i procesnih parametara primenom dvostepenog postupka aktivacije (postupak proizvodnje tečnih kvasova razvijen na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu) na tok fermentacije predfermenta i efekte aktivacije pivskog kvasca;
- c) ispitivanje uticaja variranja sastava podloge predfermenta, procesnih parametara i tehnike fermentacije primenom jednostepenog postupka aktivacije na tok fermentacije predfermenta i efekte aktivacije pivskog kvasca;
- d) ispitivanje primene različitih generacija i sojeva otpadnog pivskog kvasca kao i njegove trajnosti u postupku revitalizacije za primenu u procesu proizvodnje hleba;
- e) razmatranja dobijenih rezultata usmerena ka definisanju optimalnog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u procesu proizvodnje hleba;
- f) ocenu razvijenog postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca sa aspekta toka fermentacionih procesa i svojstava hlebnog testa i kvaliteta hleba kao finalnog proizvoda;
- g) razradu osnove za idejno rešenje postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca uz primenu razvijenog postupka.

Dobijeni rezultati mogu se rezimirati u okviru sledećih zaključaka:



Uticaj sredstva za odgorčavanje rezultira sledećim efektima aktivacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u procesu proizvodnje hleba:

- ☞ povećanjem koncentracije sredstva za odgorčavanje u slučaju isprane biomase pivskog kvasca povećava procenat mrtvih ćelija, dok je ovo povećanje nešto izraženije kod biomase kvasca koja nije isprana nakon odgorčavanja. Procenat mrtvih ćelija se sa 0,5 % Na_2CO_3 i 0,5 % NaHCO_3 kao sredstvima za odgorčavanje (sa ispiranjem) povećava u odnosu na nativni pivski kvasac za 35 %, odnosno 50 % respektivno, dok se pri odgorčavanju bez ispiranja procenat mrtvih ćelija povećava za 60 %, odnosno 120 % respektivno.

- ☞ rastvori Na_2CO_3 i NaHCO_3 uklanjaju čestice hmelja i zaostale proteine sa površine ćelije kvasca, ali i negativno deluju na strukturne komponente ćelije kvasca što u dužem kontaktu može dovesti do liziranja ćelija kvasca. S obzirom da je za dalja ispitivanja primene pivskog kvasca u pekarskoj industriji neophodan odgorčen pivski kvasac sa što manjim procentom mrtvih ćelija, kao povoljno sredstvo za odgorčavanje otpadnog pivskog kvasca za revitalizaciju i primenu u procesu proizvodnje hleba može se izdvojiti rastvor 0,5 % Na_2CO_3 .
- ☞ priprema otpadnog pivskog kvasca procesima odgorčavanja i separacije pozitivno utiče na efekte aktivacije pivskog kvasca za primenu u procesima proizvodnje hleba. Ovaj postupak dodatno garantuje odstranjvanje gorkog ukusa pivskog kvasca koji bi se mogao negativno odraziti na ukus hleba, a i prevodi pivski kvasac u komercijalno prihvatljiviji oblik.



Priprema otpadnog pivskog kvasca, variranje sastava podloge predfermenta i procesnih parametara primenom dvostepenog postupka aktivacije rezultira sledećim efektima na tok fermentacije predfermenta i aktivaciju pivskog kvasca:

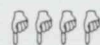
- ☞ aktivacija pivskog kvasca primenom dvostepenog postupka aktivacije je efektivnija u slučaju primene aerobnih uslova fermentacije (fermentacija predfermenta);
- ☞ sastav podloge predfermenta za aktivaciju pivskog kvasca mora biti takav da garantuje dovoljnu količinu fermentabilnih šećera za sve vreme aktivacije;
- ☞ prvi stepen postupka za proizvodnju tečnih kvasova razvijen na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu može se primeniti za aktivaciju pivskog kvasca i njegovu primenu u pekarstvu, i
- ☞ pivski kvasac nije preporučljiv za primenu u procesima proizvodnje hleba koji zahtevaju dužu fermentaciju, kao što je dvostepeni postupak proizvodnje hleba.



Variranje sastava podloge predfermenta, procesnih parametara i tehnike fermentacije primenom jednostepenog postupka aktivacije rezultira sledećim efektima na tok fermentacije predfermenta i aktivaciju pivskog kvasca:

- ☞ pri većem sadržaju pivskog kvasca u predfermentu sastava I (pivski kvasac) od 8,0 % i 10,0 % u odnosu na brašno za zames ostvaruju se nešto veće zapremine razvijenog gasa u hlebnom testu u odnosu na sadržaje od 4,0 % i 6,0 %.

- ☞ pri sadržaju pekarskog i pivskog kvasca od 0,5 % i 4 % (računato na brašno za zames) u podlozi predfermenta sastava II (kombinacija pivskog i pekarskog kvasca) ostvaruje se zadovoljavajuća fermentativna aktivnost nakon 90 minuta fermentacije predfermenta, dok se nešto viša vrednost dobija sa sadržajima pekarskog i pivskog kvasca od 0,5 % i 6 %.
- ☞ s obzirom na ostvarenje većih ušteda u kvascu, uravnotežen odnos sadržaja fermentabilne komponente i sadržaja kvasca i ostvarenje većih efekata na fermentativnu snagu u hlebnom testu nakon fermentacije, kao optimalan sadržaj sladnog ekstrakta (maltex-a) u predfermentu izdvaja se sadržaj od 3,0 %, dok se zamenom sladnog ekstrakta kombinacijom 1,5 % saharoze i 1,0 % pšenične klice računato na brašno za zames hlebnog testa ostvaruju gotovo isti efekti.
- ☞ sa aspekta uticaja različitih brzina mešanja predfermenta, za oba sastava podloge predfermenta (I i II), nakon 45 minuta fermentacije nema značajnih razlika u aktivaciji kvasaca.
- ☞ na višim temperaturama (30 i 35 °C), uprkos intenzivnoj fermentativnoj aktivnosti registrovanoj na bazi opadanja sadržaja invert šećera, fermentacija predfermenta (oba ispitivana sastava) ne rezultira povećanjem fermentativne snage koja se razvije tokom određenog vremena fermentacije hlebnog testa. Niska temperatura fermentacije predfermenta (15 °C), u oba ispitivana sastava, rezultira povećanjem fermentativne snage tokom fermentacije hlebnog testa zamešenog sa predfermentom, u odnosu na direktno zamešeno testo (0 h fermentacije).
- ☞ izraženiji efekti na povećanje fermentativne snage u hlebnom testu zamešenom sa predfermentom oba ispitivana sastava koji je fermentisao 3 h u odnosu na direktno zamešeno testo (0 h fermentacije) ostvaruju prilikom primene većih specifičnih brzina aeracije.
- ☞ primenom polukontinualne tehnike fermentacije u oba ispitivana sastava predfermenta neostvaruju se odgovarajući efekti aktivacije pivskog kvasca.



Primene različitih generacija i sojeva otpadnog pivskog kvasca kao i njegove trajnosti u postupku revitalizacije za primenu u procesu proizvodnje hleba ostvaruju se sledeći efekti:

- ☞ pivskom kvascu nulte i prve generacije nije potrebna aktivacija već se mogu direktno primenjivati u proizvodnji specijalnih vrsta hleba sa pivskim kvascem.
- ☞ pivski kvasac starijih generacija potrebno je aktivirati da bi se doveli u stanje pogodno za primenu u pekarskoj proizvodnji.
- ☞ pivski kvasac starijih generacija pogodnije je koristiti u kombinacijama sa malim sadržajima pekarskog kvasca.
- ☞ poredeći rezultate ispitivanja svih sojeva pivskog kvasca (sojevi A, B, C, D, E i F), a sa aspekta mogućnosti primene kvasca u zamesu hlebnog testa, odnosno njihove fermentativne aktivnosti u hlebnom testu, definisan optimalni postupak aktivacije je opšte prihvatljiv za otpadne pivski kvasac iz svih pivara.



Optimalni rezultati u smislu ostvarenja željenih efekata revitalizacije otpadnog pivskog kvasca za primenu u procesu proizvodnje hleba, zacrtanih u ovom radu ostvaruju se primenom:

- ☞ diskontinualne tehnike fermentacije predfermenta, za sastav I: 8 % pivskog kvasca, 3 % maltex-a i celokupna količina vode računato na brašno za zames hlebnog testa pri trajanju fermentacije od 45 minuta; za sastav II: 4 % pivskog kvasca, 0,5 % pekarskog kvasca, 3 % maltex-a i celokupna količina vode računato na brašno za zames hlebnog testa, pri trajanju fermentacije od 90 minuta. Za oba sastava predfermenta temperatura 30 °C, brzina aeracije 6 l/l min i brzina mešanja 300 o/min.



Razvojem i primenom automatizovanih postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za primenu u proizvodnji hleba u skladu sa postupcima definisanim u ovom radu postiglo bi se:

- ☞ rentabilnu revitalizaciju otpadnog kvasca iz pivare za primenu u proizvodnji hleba prvenstveno u okviru postojećih postrojenja u industriji piva;
- ☞ ostvarenje ušteda u proizvodnji hleba odnosno smanjenje uvoznih količina pekarskog kvasca za oko 13 %.
- ☞ rešavanje problema otpadnog kvasca iz pivara u cilju zaštite životne okoline;
- ☞ dobijanje nove specijalne vrste hleba koji ispunjava standardne uslove pekarskog proizvoda koga karakteriše povećana nutritivna vrednost (proteina, vitamina B kompleksa) namenjenom određenom krugu potrošača koji pretenduju na pekarski proizvod na bazi pivskog kvasca.



Saznanja do kojih se došlo u ovom radu daju kvalitetnu bazu informacija neophodnu za:

- ☞ izradu mašinsko-tehnološke dokumentacije za razvoj postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za primenu u proizvodnji hleba, od strane domaće mašinogradnje;
- ☞ pravilan izbor postojeće opreme za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca za primenu u proizvodnji hleba, koja se nudi od strane različitih proizvođača na svetskom tržištu.

7. LITERATURA

1. Acraman A.L.: Process Biochem. (1966) 313-317
2. Angermann A., Spicher G.: Pufferung und Teigsäuerung, Grot und Gebäck, 18 (1964) 8, s. 162-169
3. Auerman L.J.: Tehnologija pekarske proizvodnje (prevod D. Beleslin), Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1988
4. Baras J.: Tehnoekonomski aspekti korišćenja nuzproizvoda industrije piva i slada, Poslovna zjednica industrije slada i piva, Beograd, 1984
5. 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
6. Beleslin D., Bojat S.: Povećanje arome i održavanje svežine hleba u industrijskim uslovima pri direktnom postupku proizvodnje, Žito hleb 1 (1974) 3, s. 17-21
7. Bode J., Seibel W.: Säuerungen und Führungen – Begriffbestimmungen, Getreide, Mehl und Brot 36 (1982) 1, s. 11-12
8. Božidarević, D., Vlahović D.: Obeležja potrošnje brašna, hleba i drugih proizvoda pšenice u domaćinstvima Jugoslavije, Monografija »Proizvodnja i prerada žita i brašna – domaći potencijali, svetski kvalitet«, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1996, s. 27-36
9. Brümmer J.M., Huber H.: Begriffbestimmungen für Vorstufen (Sauerteige, Vorteige, Quellstufen) und Weizenteigführungen, Getreide, Mehl und Brot 41 (1987) 4, s. 110-112
10. Brümmer J.M.: Tehnološka i analitička ispitivanja pšeničnog kiselog testa od tipskih brašna, Žito hleb 18 (1991) 1-2, s. 37-40
11. Brümmer J.M.: Brotlockerung durch Sauerteig. 1 Mitt.: Grundlagen der Gas- und Säurebildung Versuchsdurchführung, Getreide, Mehl und Brot 49 (1995) 2, s. 90-92
12. Cole E.W., Helmke V., Pence J.W.: Alpha-keto acids in bread pre-ferments, cereal Chemistry 43 (1966) s. 357
13. Dodić S.: Ispitivanje mogućnosti primene pivskog kvasca u pekarskoj industriji, Diplomski rad pod mentorstvom dr S. Popov, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1996
14. Dozet J.: Racionalizacija metode za ocenu pecivosti sorte pšenice, Magistarska teza pod mentorstvom dr G. Kaluđerski, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1991
15. Đaković Lj.: Pšenično brašno, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1997
16. Hadživuković S.: Statistički metodi, Radnički univerzitet »Radivoj Ćirpanov«, Novi Sad, 1973
17. Hadživuković S.: Planiranje eksperimenta, Privredni pregled, Beograd, 1977
18. Hasterlik A.: Die Technologie des Botes und die Tiebmittel im Bäckereigewerbe, F. Enke, Stuttgart, 1927
19. Hickenbottom J.W.: Processing, types, and uses of barley malt extracts und syrups, cereal Foods World, 41 81996) 10, s. 788-790

20. Hlavaček F.: Brauereihefen, Veb Fachbuchverlag, Leipzig, 1961
21. Hough J.S.: The biotechnology of malting and brewing, Cambridge University Press, Cambridge, 1985
22. Jančić N., Beleslin D.: Primena SUR penetrometra PNR 6 za ocenjivanje fizičkog kvaliteta sredine hleba i peciva, Žito hleb, 6 (1979) 2, s. 21-30
23. JUS E.M8.020, 1958, Određivanje aktivnosti pekarskog kvasca
24. Kaluderski G., Filipović N.: Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1998
25. Kovačević M., Mešak K., Rudan M.: Mogućnosti poboljšanja ukusa i arome hljeba proizvedenog intenzivnim zamjesom, Žito hleb 12 (1985) 1, s. 3-9
26. Kovačević M.: Savremeno pekarstvo, Cvetnik, Novi Sad, 1991
27. Kovačević M.: Pekarstvo i poslastičarstvo, Progres, Novi Sad, 1997
28. Kunze W.: Tehnologija sladarstva i pivarstva, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd, 1998
29. Levenspiel O.: Osnovi teorije i projektovanja hemijskih reaktora, ICS i TMF, Beograd, 1979
30. Marić V., Novak S., Horvat P.: Biokemijsko inženjerstvo, Prehrambeno biotehnološki fakultet, Zagreb, 1987
31. Mastilović J.: Optimizacija indirektnog postupka proizvodnje hleba primenom savremenih biotehnoloških procesa, Doktorska disertacija pod mentorstvom Dr S.Popov, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1999
32. Mastilović J., Popov S., Sarafijanović T.: Terminology in the field of indirect method of bread production, 14th International Congress »Cereal bread 2000«, Proceedings, Novi Sad (2001)
33. Menden E., Cremer H.D.: Untersuchungen über die Bekömmlichkeit von Sauerteigbrotten, Brot und Gebäck, 9 (1955) 3, s. 34-41
34. Monarov E., Vukobratović R., Grubor M.: ito 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
35. 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
36. Monckton H.A.: A history of english ale and beer, The Bodley Head. London, Sydney, Toronto, 1966
37. Opuszynska H., Kowalczyk 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
38. Pejin D.: Tehnologija pekarskog kvasca, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1989
39. Petrović N., Đukić D., Filipović R.: Tehnologija mesa, Novi Sad, 1973

40. Pollock J.R.A.: *Brewing Science*, Academic Press, London, New York, Toronto, Sidney, San Francisco, 1981
41. Popov S.: *Osnovi biohemijskog inženjerstva*, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1998
42. Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za pekarski kvasac, Sl. list SRJ broj 9, 2002
43. 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
44. Pravilnik o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, Sl. list SRJ broj 52, 1995
45. Rachline M.: *The spirit of bread – form oven to the table*, Editions Atlas, 1994
46. Rouchman D., Hendry R., Tjorvi E.: *Brit 1* (1978)
47. Rorlich M.: *Der Sauerteig – historisch betrachtet*, Brotindustrie, 1, s. 9-14
48. Rothe M.: *Aroma von Brot* (prevod na ruski), Пищевая промышленность, Москва, 1978
49. 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) 4, s. 240-243
50. Seibel W.: *Sauerteig, lebensmittelsrechtlich betrachtet*, Getreide, Mehl und Brot 40 (1986) 1 s. 28
51. Spicher G., Stephan H.: *Handbuch Sauerteig: Biologie, Biochemie, Technologie*, Behr's Verlag GmbH & Co., Hamburg, 1997
52. *Statistički godišnjak Jugoslavije 1997*, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1997
53. Trojan M.: *Mikrobiologie der Brotherstellung. Ber.2. Tagung Internationale Probleme der modernen Getreideverarbeitung und Getreidechemie*, (1965) s. 172-181; prema Spicher i Stephan, 1997
54. Vasilieva R.T.: *Nutritivna vrednost hleba proizvedenog u Bugarskoj*, Žito hleb 23 (1996) 2-3, s. 54-59
55. Vasiljević D.: *Prva pekara na svetu*, 5. mart, 1989
56. Veljković S.: *Hranljiva, biološka i dijetetska vrednost pšenične klice*, Žito hleb 24 (1997) 1-2, s. 41-44
57. Vrbaški Lj., Markov S.: *Praktikum iz mikrobiologije*, Prometej, Novi Sad, 1992
58. Vukobratović R.: *Stabilizacija pšenične klice i njena primena u prehrambenoj industriji*, Doktorska disertacija, Prehrambeno biotehnološki fakultet sveučilišta u Zagrebu, 1990
59. Walker G.M.: *Yeast physiology and biotechnology*, John Wiley & Sons, New York, 1999
60. 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
61. Wick E.L., Figueiredo M., Wallace D.H.: *The volatile components of white bread prepared by a preferment method*, Cereal Chemistry, 41 (1964), s. 284-287



UNIVERZITET U NOVOM SADU

TEHNOLOŠKI FAKULTET

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 Siniša Dodić, dipl. ing.

Mentor/komentor:

MN

Dr Stevan Popov, vanredni profesor

Naslov rada:

NR

**OPTIMIZACIJA POSTUPKA
REVITALIZACIJE OTPADNOG
KVASCA IZ INDUSTRIJE PIVA ZA
PRIMENU U PEKARSKOJ INDUSTRIJI**

Jezik publikacije:

JP

srpski (latinica)

Jezik izvoda:

JI

srpski / engleski

Zemlja publikovanja:

ZP

SR Jugoslavija

Uže geografsko područje:

UGP

Vojvodina

Godina:

GO

2002.

Izdavač:
IZ autorski reprint

Mesto i adresa:
MA 21000 Novi Sad, Bul. Cara Lazara 1

Fizički opis rada:
FO 7 poglavlja, 168 strana, 93 slike,
28 tabela, 61 referenca

Naučna oblast:
NO biotehnologija

Naučna disciplina:
ND biohemijsko inženjerstvo

Predmetna odrednica/ključne reči:
PO revitalizacija, pivski kvasac, optimizacija,
indirektni postupak proizvodnje, hleb

UDK broj:
UDK 663.48:663.14.038.7:664.64.016.3/8

Čuva se :
ČU Biblioteka Tehnološkog fakulteta
u Novom Sadu, Bul. Cara Lazara 1

Važna napomena:
VN nema

Izvod / abstrakt:
IA

U cilju revitalizacije otpadnog kvasca iz industrije piva za primenu u pekarskoj industriji, kao polazna osnova za ispitivanje primenjivani su dvostepeni i jednostepeni postupak proizvodnje predfaza indirektnog postupka proizvodnje hleba, razvijeni na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu. Sprovedena su istraživanja optimizacije postupka revitalizacije otpadnog pivskog kvasca. Optimizacija je obuhvatila sastav podloge, procesne parametre proizvodnje i tehniku fermentacije. Definisana je optimalni postupak revitalizacije otpadnog pivskog kvasca i primenjen je za različite generacije i sojeve otpadnog pivskog kvasca, pri čemu je utvrđeno da otpadni pivski kvasac nulte i prve generacije nije potrebno aktivirati, dok je za kvasac starije generacije neophodno da prođu postupak aktivacije za primenu u pekarskoj industriji. Jednostepeni postupak proizvodnje predfaza u postupku aktivacije pivskog kvasca pokazao se u pogledu efekata aktivacije prihvatljiviji od dvostepenog

postupka. Ispitana je i trajnost otpadnog pivskog kvasca za primenu u pekarskoj industriji pri čemu je utvrđeno da otpadni pivski kvasac nije preporučljivo čuvati duže od devet dana pre njegove aktivacije. Definisan postupak je pozitivno ocenjen u pogledu tokova fermentacionih procesa za vreme proizvodnje, uticaja na svojstva hlebnog testa i uticaja na kvalitet hleba kao gotovog proizvoda. Razrađeno je idejno rešenje postrojenja za revitalizaciju otpadnog pivskog kvasca.

Datum prihvatanja teme:

DP

Datum odbrane:

16.05.2002.

DO

Članovi komisije:

KO

1. dr Dušanka Pejin, red. prof., Tehnološki fakultet, Novi Sad, predsednik
2. dr Olgica Grujić, red. prof., Tehnološki fakultet, Novi Sad
3. dr Stevan Popov, vanr. prof., Tehnološki fakultet, Novi Sad, mentor
4. dr Jasna Mastilović, naučni saradnik, Tehnološki fakultet, Novi Sad

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF TECHNOLOGY

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monographic publication

Type of record:

TR

Textual material, printed

Contents code:

CC

Ph D. thesis

Author:

AU

Dodić Siniša, M.Sc.

Menthor/ comenthor:

MN

Stevan Popov, Ph.D, associate professor

Title:

TI

**OPTIMIZATION OF REVITALIZATION
PROCEDURE OF WASTE YEAST
FROM BREWERY FOR APPLICATION
IN BAKING INDUSTRY**

Language of text:

LT

Serbian

Language of abstract:

LS

Serbian / English

Country of publication:

CP

Yugoslavia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publication year:

PY

2002.

Publisher: Author reprint
PB

Publ. place: 21000 Novi Sad, Bulevar Cara Lazara 1
PL

Physical description: 7 volumes, 168 pages, 93 figs,
PD 28 tables, 61 references

Scientific field: Biotechnology
SF

Scientific discipline: Biochemical engineering
SD

Subject/ Key words: revitalization, brewer's yeast, optimization,
SX indirect production procedure, bread

UC: 663.48:663.14.038.7:664.64.016.3/.8

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

Note: none
N

Abstract:
AB

The aim was revitalization of beer industry waste yeast, and its application in bakery industry. A basis for investigation was one-step and two-step process for prephases production in indirect procedure for bread manufacturing, which is developed on Faculty of Technology at Novi Sad. It was investigated optimization of revitalization procedure of brewing yeast waste. Optimization contained substrate composition, proces parameters for manufacturing and fermentation technique. It is optimated revitalization of brewing yeast waste and applied for different generations and subspecies. For brewing yeast waste from initial and first generation activation is not necessary, but for olden yeast generation and its application in bakery industry, activation is necessary. In prephases production, one step activation procedure of brewing yeast had better effectiveness thay two step procedure. Durability of brewig yeast waste was also investigated. It is concluded that brewing yeast

waste is not recommended for storage longer than 9 days before its activation. Defined procedure in a view of manufacturing fermentative processes, influence on bread dough properties and bread quality are marked positively. It is also defined a pattern of projects for revitalization of brewing yeast waste.

Accepted by the Scientific Board on:

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

1. Dušanka Pejin Ph.D., full prof., Faculty of Technology, Novi Sad, president
2. Olgica Grujić Ph.D., full prof., Faculty of Technology, Novi Sad
3. Stevan Popov Ph.D., assoc. prof., Faculty of Technology, Novi Sad, mentor
4. Jasna Mastilović Ph.D., assis. prof., Faculty of Technology, Novi Sad

BIOGRAFIJA

Mr Siniša N. Dodić, dipl.ing. rođen je 07.12.1972. godine u Somboru, gde je završio Osnovnu školu. Gimnaziju (prirodno-matematički smer) završio je 1991. godine u Somboru. Iste godine je upisao Tehnološki fakultet u Novom Sadu, smer Farmaceutskog inženjerstva.

Diplomski rad pod nazivom »Ispitivanje mogućnosti primene pivskog kvasca u pekarskoj industriji« odbranio je pre početka apsolvenskog staža 1996. godine sa ocenom 10. Iste godine je upisao postdiplomske studije na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, smer Farmaceutsko inženjerstvo. Magistarski rad pod nazivom »Ispitivanje biosorpcije i bioakumulacije jona cinka kvascem *Saccharomyces cerevisiae*« odbranio je 1999. godine.

Od 1997. godine zaposlen je na Tehnološkom fakultetu kao istraživač-saradnik na predmetu Osnovi biohemijškog inženjerstva. Od 1999. godine radi na Tehnološkom fakultetu kao asistent-pripravnik, a od 2000. godine kao asistent na istom predmetu. U svom nastavnom radu držao je vežbe na predmetima Osnovi biohemijškog inženjerstva i Mikrobiologija.

Autor je i koautor 34 radova i saopštenja, od čega je 1 rad u vodećem časopisu međunarodnog značaja, 6 radova u časopisima međunarodnog značaja, 2 rada saopštena na skupu međunarodnog značaja štampani u celini, 9 radova u časopisu nacionalnog značaja, 4 rada saopštena na skupu nacionalnog značaja štampani u celini, 6 radova saopštenih na skupu međunarodnog značaja štampani u izvodu i 5 radova saopštenih na skupu nacionalnog značaja štampani u izvodu. U 20 radova i saopštenja je prvi autor.