

- Технологии органических и неорганических веществ

4/6 (76) 2015

Содержание

ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

- 4 Optimum conditions determination of methyl methacrylate obtaining over tungsten-containing catalyst
Y. V. Dmytruk, V. V. Ivasiv, R. V. Nebesnyi, S. V. Maykova
- 8 Вплив мікрокремнезему на фазовий склад і властивості шпінелеутворюючої композиції
В. В. Пісчанська, Г. С. Войтюк, Я. М. Пітак
- 13 Дослідження впливу сполук феруму (III) на процес окиснення іонів феруму (II) киснем повітря
В. Т. Яворський, Я. А. Калимон, О. І. Рубай
- 17 Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні осадових крейд вітчизняних родовищ
Д. І. Аршинніков, В. А. Свідерський
- 23 Використання хімічної добавки, яка складається з продуктів переробки полімерної фракції твердих побутових відходів, в якості прискорювача тверднення цементу
Г. Ю. Флейшер, В. В. Токарчук, В. А. Свідерський
- 29 Проектирование эжекционного конденсатора бензиновых паров из парогазовых смесей
М. М. Кологривов, В. П. Бузовский
- 38 Розробка способу використання кислотостійких ферментних препаратів селективної дії
П. Л. Шиян, Т. О. Мудрак, А. М. Куц, Я. А. Боярчук
- 44 Исследование взаимодействия гидроксиэтилэтилендиамина с подсолнечным маслом
А. П. Мельник, О. П. Чумак, С. Г. Малик, А. Е. Хусанов
- 50 Використання діоксиду вуглецю для одержання жирних кислот з соапстоку
С. М. Мольченко, І. М. Демидов
- 54 Вивчення впливу природи емульгатора на процес коолігомеризації в емульсії вуглеводневої фракції
У. В. Фуч, Б. О. Дзіняк, Р. О. Субтельний
- 58 Аналіз специфічності готових форм антимікробних препаратів з *Streptomyces albus*
Т. С. Тодосійчук, О. В. Покас
- 63 Abstract&References

Наведено результати досліджень по вмісту водорозчинних вуглеводів і нерозчинного крохмалю в бражці залежно від рН, температури термоферментативної обробки та стабілізатора активності ферментів іонів Ca^{2+} при використанні кислотостійких ферментних препаратів. Для забезпечення ефективності біоконверсії складових зернової сировини і мікробіологічної чистоти напівпродуктів оптимальне значення рН становить 3,8–4,0, тривалість обробки замісу – 90 хв

Ключові слова: заміс, ферментний препарат, сусло, бражка, водорозчинні вуглеводи, нерозчинний крохмаль, концентрація

Приведены результаты исследований по содержанию водорастворимых углеводов и нерастворимого крахмала в бражке зависимо от рН, температуры термоферментативной обработки и стабилизатора активности ферментов ионов Ca^{2+} при использовании кислотостойких ферментных препаратов. Для обеспечения эффективности биоконверсии составляющих зернового сырья и микробиологической чистоты полупродуктов оптимальное значение рН составляет 3,8–4,0, продолжительность обработки замеса – 90 мин

Ключевые слова: замес, ферментный препарат, сусло, бражка, водорастворимые углеводы, нерастворимый крахмал, концентрация

УДК 663.533

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.46501

РОЗРОБКА СПОСОБУ ВИКОРИСТАННЯ КИСЛОТОСТІЙКИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ СЕЛЕКТИВНОЇ ДІЇ

П. Л. Шиян

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: valinia@ukr.net

Т. О. Мудрак

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: mudrak_t_o@mail.ru

А. М. Куц

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: anatolykuts@ukr.net

Я. А. Боярчук

Аспірант*

E-mail: zevs-gromovuk@mail.ru

*Кафедра біотехнології

продуктів бродіння і виноробства

Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

1. Вступ

В умовах ринкової економіки перед вітчизняною спиртовою галуззю стоять складні завдання, в першу чергу, це зниження собівартості продукції за рахунок розробки і впровадження принципово нових інноваційних технологій, які забезпечать збільшення питомого виходу товарної продукції при максимальній утилізації відходів виробництва.

Конкурентоспроможність товарної продукції, як на внутрішньому так і на зовнішньому ринках, досягається за рахунок розробки та впровадження у виробництво ресурсозберігаючих та безвідходних технологій з одночасним підвищенням якості товарної продукції.

В Національному університеті харчових технологій ведуться системні дослідження, спрямовані на розробку ресурсо- та енергозберігаючих технологій спиртового виробництва і зниження впливу шкідливих відходів на навколишнє середовище. Зокрема інтенсифікація процесу зброджування сусла з крохмалевмісної сировини та утилізації післяспиртової барди.

Основним відходом спиртових заводів є післяспиртова барда. На сьогоднішній день фільтрат барди використовують на стадії приготування зернового замісу, що скорочує не тільки кількість фільтрату барди, а також зменшує загальну кількість технологічної води

на його приготування. При внесенні фільтрату барди на стадії приготування замісу, знижується його рН, що впливає на активність амплілітичних ферментних препаратів. Тому в роботі проводилась розробка способу використання кислотостійких ферментних препаратів на стадії приготування замісу.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В технології спирту із крохмалевмісної сировини пріоритетним напрямком є дослідження і розробка інноваційних енерго- та ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють знизити температуру термоферментативної обробки (ТФО) замісів та забезпечують більш глибокий гідроліз біополімерів зерна за рахунок використання комплексу ферментних препаратів (ФП) селективної дії [1].

Зміни рН середовища значно впливають на активність ферментів. Вплив концентрації іонів водню на каталітичну активність ферментів полягає у впливі на їх активні центри. При різних значеннях рН реакційного середовища активний центр може бути більше або менше екранований сусідніми з ним фрагментами поліпептидного ланцюга білкової частини ферменту, більш сильно або слабоіонізований. Кислотні й основні групи ферментів здатні до іонізації. При зміні

pH середовища внаслідок приєднання H^+ або OH^- іонів зменшується ступінь іонізації одних або других груп. В різних випадках іони H^+ або OH^- відіграють роль конкурентних інгібіторів ферментів, або призводять до порушення конформації і комплементарності ферменту і субстрату, тобто виступають як реконкурентні інгібітори. Крім того, pH середовища впливає на сутність іонізації субстрату, фермент-субстратного комплексу і продуктів реакції, має великий вплив на стан ферментного білка, визначаючи співвідношення в ньому катіонних і аніонних центрів, що впливає на третинну структуру білкової молекули.

Оптимальне значення pH дії ферменту залежить від природи ферменту і субстрату, від стабільності ферменту, температури середовища та тривалості каталітичної реакції. Максимальна активність α -амілази ячмінного солоду при pH 5,4–5,7, (β -амілази – 4,5–5,0). Більшість глюкоамілаз Asp. awamori має оптимальне значення pH 4,5. З підвищенням температури середовища оптимальне значення pH дії ферменту збільшується [2].

В боротьбі з інфікуванням продуктів бродіння застосовують антимікробні препарати, які придушують сторонні мікроорганізми, головним чином, молочнокислі бактерії, і не знижують життєдіяльність дріжджових клітин. Найбільш часто на спиртових заводах у ролі антисептика використовують антибіотики, що призводить до появи більш стійких мікроорганізмів. А це в свою чергу збільшує витрати антисептику [3].

На спиртових заводах використовують низькотемпературну термоферментативну обробку замісів. При зниженні температури розварювання замісів не вдається повністю інактивувати споруутворюючу мікрофлору, яка на послідовних стадіях технологічного процесу може бути джерелом інфікування напівпродуктів спиртового виробництва і, відповідно, післяспиртової барди, фільтрат якої може використовуватися для приготування замісів. В результаті зниження pH сусле інактивуються ферменти, знижується бродильна активність дріжджів та питомий вихід спирту, погіршується його якість, що обумовлено інфікуванням напівпродуктів спиртового виробництва кислотоутворюючою мікрофлорою та пов'язані з цим наднормативне наростання кислотності [4, 5]. Тому при понижених pH замісу необхідно використовувати кислотостійкі ферментні препарати.

3. Ціль і задачі досліджень

Метою досліджень було визначення оптимальних умов гідролізу біополімерів вуглеводмісної сировини при понижених значеннях pH та температури гідроферментативної обробки.

Для досягнення даної мети досліджень були поставлені наступні задачі:

- знизити pH замісу за допомогою H_2SO_4 до 3,4...5,0;
- дослідити оптимальну концентрацію амілаз, тривалість та температуру термоферментативної обробки на показники дозрілої бражки;
- вплив тривалості ТФО та pH на контамінацію розрідженого замісу сторонньою мікрофлорою.

4. Матеріали та методи досліджень хіміко-технологічних показників напівпродуктів спиртового виробництва

Досліджувались комплекси кислотостійких ФП, які зберігають високу ферментативну активність при pH 3,4...5,0 та температурі до 68 °C – Amylex HT (α -амілаза), Diazyme SG (глюкоамілаза), Alphasase AFP (протеаза), Laminex (ксиланаза) – фірма «Даніско».

Як сировину використовували кукурудзу та жито. Дослідження проводили у трикратній повторності.

При впровадженні ТФО зернових замісів та кислотостійких ФП визначальною умовою є ступінь подрібнення зерна. Заміси з кукурудзи готували із ступенем подрібнення 95 % проходу крізь сито з отворами діаметром 0,6 мм при гідромодулі 1+3. Концентрація сухих речовин сусле – 20 %. Заміси з жита готували із ступенем подрібнення 85 % проходу крізь сито з отворами діаметром 1,0 мм при гідромодулі 1+3,5. Концентрація сухих речовин сусле – 18 % (Дисперсність помелу взято за рекомендаціями фірми «Даніско»).

Враховуючи те, що клейстеризація крохмалю жита відбувається при температурі 55...60 °C, а кукурудзи – 65...68 °C [6], дослідження ефективності процесу розріджування проводились при вищезгаданих температурах протягом 90 та 180 хвилин при pH 3,4...5,0. Значення pH корегували внесенням розчину сірчаної кислоти. ФП задавалися у наступній кількості: α -амілаза – 0,075; 0,2; 0,4; 0,5 од. АЗ/г крохмалю; глюкоамілаза – 5,0 од. ГЛЗ/г крохмалю відповідно; протеази – 0,035 од. ПЗ/г сировини; ксиланази 4,0 од. КЗ/г сировини. Вміст загальних та розчинених вуглеводів визначали фотоелектро-колориметричним методом з антроновим реактивом.

5. Результати досліджень хіміко-технологічних показників бражки

В процесі приготування замісів при понижених значеннях pH (3,4–4,5) із швидким підвищенням температури розріджування до 68 °C для кукурудзи і 60 °C – для жита спостерігалось значне підвищення в'язкості замісу, що імовірно обумовлено коагуляцією білків із наступною адсорбцією на них ферментів, що і призводить до зниження гідролітичної активності α -амілази [7, 8]. Тому при приготуванні замісу підвищення температури проводили поступово з 50 до 60 та 68 °C відповідно жита і кукурудзи.

Використання на спиртових заводах низькотемпературної термоферментативної обробки (ТФО) зернової сировини не завжди забезпечує повне температурне інгібування споруутворюючої мікрофлори.

Для запобігання розвитку контамінауючої мікрофлори використовують різні антисептики – сульфонал, дезактин, полідез та інші, а також антибіотики (в основному нобак, каморан), які задають на стадіях ТФО зернових замісів та зброджування сусле [1]. Їх застосування на різних стадіях спиртового виробництва може призвести до мутації контамінауючої мікрофлори та утворення штамів, стійких до вищезгаданих антисептиків.

Для забезпечення антибактеріального ефекту на стадії дріжджегенерації використовують кислотне

антисептування суслу. Однак на інших стадіях технологічного процесу підкислення суслу не використовують зв'язку з інгібуванням гідролітичних ферментів.

На сьогодні мікробіологічна промисловість виробляє кислотостійкі ФП здатних гідролізувати біополімери крохмалевмісної сировини при низьких значеннях рН – 3,4...4,5. Це дало можливість використання кислотного антисептування на стадії ТФО крохмалевмісної сировини.

Результати досліджень показали (табл. 1, 2), що в зрілих бражках зменшується концентрація водорозчинних вуглеводів та нерозчиненого крохмалю, а вміст спирту при цьому збільшується в середньому на 0,2...0,3 % при зниженні активної кислотності суслу до рН 3,8.

При використанні досліджуваних ФП в дозрілих бражках спостерігається зниження рН з 4,53 до 3,36 (табл. 1, 2). Цей процес можна пояснити тим, що відбувається інтенсивне дезамінування амінокислот в результаті розмноження та життєдіяльності дріжджів під час доброджування у відсутності молочнокислих бактерій і, як наслідок, утворення в збродуваному середовищі органічних кислот. При рН суслу 3,8...4,0 отримано найкращі технологічні показники спиртових бражок.

Подальші дослідження були спрямовані на визначення впливу концентрації амілітичних ФП на процес збродування суслу. Для досліджень використовували кислотостійкі ФП Amylex HT (α -амілаза) в кількості 0,075, 0,2 і 0,4 од. АЗ/г крохмалю та Diazyme SG (глюкоамілаза) в кількості 3,5, 5,0 та 9,0 од. ГЛЗ/г крохмалю. Замість готували із кукурудзи крохмалістістю 63,8 % при гідромодулі 1+3, ступінь подрібнення зерна – 95 % проходу крізь сито з отворами діаметром 0,6 мм. Розріджування замісу проводили при температурі 63 °С та 68 °С; тривалість розріджування – 90 та 180 хвилин, оцукрювання – 30 хвилин; рН замісу – 3,8.

Аналізуючи показники дозрілої бражки (табл. 3), отриманої при температурі ТФО 63 °С видно, що із підвищенням концентрації ФП вміст водорозчинних вуглеводів в зразках з другого по четвертий протягом 90 хвилин розріджування був практично однаковий і становить 0,075 – 0,08 г/100 см³ бражки, а нерозчинений крохмаль був високим і складав 0,26...0,39 г/100 см³ залежно від кількості використання α -амілази. При підвищенні температури ТФО з 63 °С до 68 °С концентрація водорозчинних вуглеводів в дозрілих бражках суттєво не змінювалась, а концентрація нерозчиненого крохмалю помітно знизилася і була на рівні нормативних показників – 0,09...0,10 г/100 см³ бражки при тривалості розріджування 90 хвилин.

З метою посилення ефекту пастеризації для інгібування сторонньої мікрофлори у виробничих умовах можна збільшити експозицію ТФО більше 90 хвилин при використанні кислотостійкої α -амілази.

Спостерігається така ж тенденція і при збродуванні житнього суслу (табл. 4).

Дослідні зразки готували із жита. Ступінь подрібнення зерна 85 % проходу крізь сито з отворами діаметром 1,0 мм та крохмалістістю 59,2 %. Замість готували при гідромодулі 1+3,5.

Термоферментативну обробку замісу проводили при наступних температурах: 50 °С та 60 °С та тривалості розріджування 90 та 180 хвилин при рН замісу – 3,8.

На основі проведених досліджень під час ТФО замісів із кукурудзи та жита кислотостійкою α -амілазою для відповідності нормативним показникам необхідно вносити концентрацію Amylex HT 0,2 од. АЗ/г крохмалю, температура розріджування для жита 60 °С та для кукурудзи – 68 °С, тривалістю – 90 хвилин.

Таблиця 1

Хіміко-технологічні показники бражки із кукурудзи залежно від рН замісу

№ дослідів	Умови дослід: рН суслу	рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³				Концентрація спирту, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн./см ³
			водорозчинних	нерозчиненого крохмалю	спирторозчинних	декстрини		
1	контр. 5,2	4,48	0,10	0,10	0,06	0,04	9,45	138
2	5,0	4,39	0,10	0,10	0,05	0,05	9,49	134
3	4,5	4,09	0,09	0,10	0,05	0,04	9,49	132
4	4,0	3,97	0,09	0,10	0,04	0,05	9,50	131
5	3,8	3,64	0,09	0,10	0,04	0,05	9,52	130
6	3,6	3,49	0,13	0,11	0,04	0,08	9,48	125
7	3,4	3,36	0,13	0,11	0,05	0,07	9,48	120

Таблиця 2

Хіміко-технологічні показники бражки із жита від рН замісу

№ дослідів	Умови дослід: рН суслу	рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³				Концентрація спирту, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн./см ³
			водорозчинних	нерозчиненого крохмалю	спирторозчинних	декстрини		
1	Контр. 5,7	4,53	0,51	0,09	0,16	0,32	9,11	145
2	5,0	4,80	0,40	0,09	0,06	0,31	9,11	144
3	4,5	4,37	0,40	0,09	0,06	0,31	9,12	142
4	4,0	3,88	0,40	0,09	0,07	0,30	9,13	142
5	3,8	3,72	0,40	0,09	0,06	0,31	9,13	140
6	3,6	3,54	0,40	0,09	0,08	0,29	9,12	130
7	3,4	3,38	0,41	0,10	0,08	0,30	9,10	128

Таблиця 3

Хіміко-технологічні показники бражки із кукурудзи

№ до-слів	Умови досліду				рН браж-ки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³			Концентрація спирту, % об.
	концентрація α -амілази, од. АЗ/г крохмалю*	т, хв.	т, °С розріджування	рН замісу		водорозчинних	загальних	перозчиненого крохмалю	
1	Контроль	180	90	5,9	4,47	0,11	0,21	0,09	9,68
2	0,075	90	63	3,8	3,72	0,07	0,51	0,39	8,95
3	0,2				3,77	0,08	0,47	0,35	9,00
4	0,4				3,78	0,08	0,48	0,36	9,08
5	0,075				3,80	0,12	0,41	0,26	9,41
6	0,2	180	68	3,8	3,78	0,11	0,23	0,10	9,75
7	0,4				3,79	0,11	0,22	0,09	9,72
8	0,075				3,78	0,13	0,53	0,36	9,09
9	0,2				3,72	0,13	0,52	0,35	9,12
10	0,4	180	63	3,8	3,72	0,11	0,52	0,36	9,18
11	0,075				3,78	0,14	0,44	0,27	9,43
12	0,2				3,79	0,13	0,31	0,12	9,61
13	0,4				3,72	0,14	0,33	0,17	9,60

Примітка: * – витрата глюкоамілази *Diazyme SG* – 5,0 ГлЗ/г крохмалю

Таблиця 4

Хіміко-технологічні показники бражки із жита

№ до-слів	Умови досліду				рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³			Концентрація спирту, % об.
	концентрація α -амілази, од. АЗ/г крохмалю *	т, хв.	т, °С розріджування	рН замісу		водорозчинних	загальних	перозчиненого крохмалю	
1	Контроль	180	90	5,6	4,93	0,66	0,70	0,05	9,35
2	0,075	90	50	3,8	3,68	0,24	1,00	0,68	8,22
3	0,2				3,65	0,17	0,92	0,67	8,04
4	0,4				3,71	0,17	0,82	0,58	8,12
5	0,075				3,70	0,41	0,72	0,28	8,95
6	0,2	180	60	3,8	3,72	0,39	0,55	0,10	9,20
7	0,4				3,78	0,38	0,54	0,10	9,18
8	0,075				3,69	0,52	1,20	0,61	6,93
9	0,2				3,72	0,50	1,00	0,45	7,07
10	0,4	180	60	3,8	3,71	0,45	0,99	0,44	7,18
11	0,075				3,75	0,52	7,32	0,72	8,12
12	0,2				3,77	0,45	1,25	0,72	8,28
13	0,4				3,75	0,45	1,20	0,68	8,25

Примітка: * – витрата глюкоамілази *Diazyme SG* – 5,0 ГлЗ/г крохмалю

В дослідженнях були проведені вплив концентрації глюкоамілази (3,5; 5,0 та 9,0 од. ГлЗ/г крохмалю) на процес зброджування суслу. Ферментний препарат α -амілазу задавали із розрахунку 0,2 од. АЗ/г крохмалю (табл. 5).

Аналізуючи таблицю 5 із збільшенням концентрації глюкоамілази з 5,0 до 9,0 од. ГлЗ/г крохмалю в процесі одукрювання і зброджування, суттєво не впливало на показники дозрілої бражки. Рекомендовані витрати кислотостійкої глюкоамілази в розрідженій заміс може бути прийнята із розрахунку 5,0 од. ГлЗ/г крохмалю.

У спиртовому виробництві амілолітичні ферментні препарати гідролізують крохмаль зернової сировини, але вони не забезпечують повноцінного живильного середовища для нормального розвитку та життєдіяль-

ності дріжджів. Це пов'язано з тим, що амілолітичні ФП в своєму складі не містять в достатній кількості інших ферментативних систем, як у солоді, які здатні гідролізувати білкові речовини і некрохмальні полісахариди [9].

Дослідження проводились із наступними ФП: Amylex НТ (α -амілаза); Diazyme SG (глюкоамілаза); AlphaLase АFР (протеаза) та Laminex (ксиланаза).

Для зброджування суслу із кукурудзи використовували:

– α -амілазу, глюкоамілазу та протеазу.

Для зброджування суслу із жита використовували:

– α -амілазу, глюкоамілазу та протеазу;

– α -амілазу, глюкоамілазу та ксиланазу;

– α -амілазу, глюкоамілазу, протеазу та ксиланазу.

Таблиця 5

Хіміко-технологічні показники бражки із жита залежно від концентрації глюкоамілази

№ дослідів	Умови дослідів		Динаміка зброджування, маса CO ₂ , г/200 см ³						рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³			Концентрація спирту, % об.
	концентрація глюкоамілази од. ГЛЗ/г крохмалю	рН замісу	12 год	24 год	36 год	48 год	60 год	72 год		водорозчинних	загальних	нерозчиненого крохмалю	
1	Контроль	5,6	8,80	9,50	11,90	12,30	13,80	14,00	4,60	0,52	0,61	0,08	9,48
2	3,5	3,8	8,00	9,20	11,05	11,78	13,55	13,71	3,78	0,41	0,52	0,10	9,43
3	5,0		8,33	9,62	11,59	12,27	13,97	14,00	3,77	0,36	0,46	0,09	9,49
4	9,0		8,38	9,67	11,72	12,40	13,98	14,05	3,75	0,35	0,45	0,09	9,50

Для досліджень використовували кукурудзу та жито. Заміс готували з концентрацією сухих речовин 20 % та 18 % відповідно при гідромодулі 1+3 та 1+3,5, рН замісу підтримували на рівні 3,8.

На основі проведених досліджень амілолітичні ферменти задавали із розрахунку α-амілазу – 0,2 од. АЗ/г крохмалю та глюкоамілазу – 5,0 од. ГЛЗ/г крохмалю.

Дані отриманні в дослідженні показують, що використання вищезгаданих комплексних ФП селективної дії забезпечує більш глибокий гідроліз зернової сировини та збільшують вихід спирту (табл. 6).

Аналізуючи показники збродженого суслу із кукурудзи при використанні протеази, концентрація водорозчинних вуглеводів, нерозчиненого крохмалю, декстринів зменшується в середньому на 13,3 %, 9,1 % та 16,6 % відповідно, концентрація спирту збільшувалась в середньому на 0,5 %.

Наступну зернову культуру, яку використовували – жито. Воно відрізняється від інших зернових культур значним вмістом білкових і гумі-речовин, що обумовлює високу в'язкість суслу і погіршує його технологічні властивості та ускладнює процеси гідромеханічної та термоферментативної обробки житніх замісів. Тому при приготуванні суслу із жита крім протеолітичних ферментів використовувалась ксиланаза (табл. 6).

При використанні ФП селективної дії (дослід № 6), концентрація водорозчинних вуглеводів, нерозчиненого крохмалю та декстринів зменшувалась в середньому на 36,0 %, 30,8 % та 43,8 % відповідно, концентрація спирту збільшилась на 0,9 %.

На стадії ТФО використання комплексів ФП селективної дії збільшується концентрація дріжджових

клітин в бражках. Найбільш це можна помітити при переробленні жита. Їх концентрація збільшується на 23,5 %. Ці дані свідчать про підвищення фізіологічної активності спиртових дріжджів, а також про використання амінного азоту, який утворюється при гідролізі білкових речовин для біосинтезу дріжджових клітин.

Із попередніх досліджень встановлено, що при гідролізі крохмалю кислотостійкою α-амілазою Amylex ПТ при зниженні рН замісу до 3,8 відбувається часткова її інактивація, яка зростає із збільшенням експозиції термоферментативної обробки.

Стійкість ферменту у кислому середовищі залежить від концентрації іонів Ca²⁺. Навіть незначна їх концентрація сприяє підвищенню стабільності α-амілази. Наявність в субстраті іонів Ca²⁺ не впливають на активність ферменту, а лише виконує захисну роль у конформації молекули фермент-субстратного комплексу [7].

Наступні дослідження були спрямовані на визначення впливу Ca²⁺ на стабільність ферментних препаратів та зброджування суслу, отриманого із кукурудзи та жита.

В якості джерела іонів Ca²⁺ використовували сіл CaCl₂, яку вносили в заміс із розрахунку 278,0 г/м³ (100 г/м³ Ca²⁺) та 330,0 г/м³ (120 г/м³ Ca²⁺).

Аналізуючи табл. 7 видно, що зменшується концентрація водорозчинних, нерозчинених та спирторозчинних вуглеводів для кукурудзи в середньому на 25,0 %; 18,2 %, 33,3 % та 25,0 % відповідно, для жита – на 11,1 %; 42,9 % та 3,8 % відповідно (крім нерозчиненого крохмалю для жита) при концентрації в замісах іонів Ca²⁺ 100 г/м³. При цьому концентрація спирту в дозрілих бражках збільшується в середньому на 0,8 %.

Таблиця 6

Хіміко-технологічні показники бражки із жита залежно від комплексу додаткових ФП

№ дослідів	Умови дослідів: концентрація ФП		рН бражки	Концентрація вуглеводів в бражці, г/100 см ³				Концентрація спирту, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн/см ³
	протеази, од. ПЗ/г сировини	ксиланази, од. КЗ/г сировини		водорозчинних	нерозчиненого крохмалю	спирторозчинних	декстрини		
Кукурудза									
1	Контроль		3,65	0,15	0,11	0,02	0,12	9,57	180
2	0,035	–	3,68	0,13	0,10	0,02	0,10	9,62	190
Жито									
3	Контроль		3,70	0,25	0,13	0,07	0,16	8,81	200
4	0,035	–	3,69	0,18	0,10	0,06	0,11	8,84	230
5	–	0,40	3,70	0,19	0,11	0,07	0,11	8,82	218
6	0,035	0,40	3,69	0,16	0,09	0,06	0,09	8,89	247

- ред. В. А. Полякова, А. В. Рымаревой // Микробные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК. – Москва, ВНИИПБТ, 2006. – С. 141–148.
7. Жеребцов, Н. А. Амилотические ферменты в пищевой промышленности [Текст] / Н. А. Жеребцов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 160 с.
 8. Бупин, М. А. Изменения углеводного состава и вязкости зернового замеса в процессе водно-тепловой обработки [Текст] / М. А. Бупин, С. В. Востриков, А. Н. Яковлев // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2005. – № 4. – С. 22–23.
 9. Рымарева, Л. В. Мультиэнзимные системы в производстве спирта [Текст] / Л. В. Рымарева, М. Б. Оверченко, Н. И. Игнатова, А. Т. Кадиева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2004. – № 3. – С. 22–24.
 10. Технологічний регламент виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів ТР-00032744-812–2002 [Текст]. – К.: Міністерство аграрної політики України, 2002.