

Л.В. Левандовський, д-р техн. наук
 Т.О. Мудрак, канд. техн. наук
 Т.С. Глускіна
 П.Л. Шиян, д-р техн. наук

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГІДРОЛІЗУСКЛАДОВИХ ЗЕРНА У СПИРТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Досліджено можливість та особливості використання ферментних препаратів Гітемпаза 2XL, Олоклост DGS та Біоцелюлаза W у технології спирту із крохмалевмісної сировини. Оптимізовано технологічні режими низькотемпературного розварювання сировини при застосуванні цих ферментних препаратів із забезпеченням нормативного виходу спирту із 1 т умовного крохмалю.

Ключові слова: ферментні препарати, спиртове виробництво, низькотемпературне розварювання сировини, оцукрювання, зброджування, дозріла бражка.

Розширення асортименту концентрованих ферментних препаратів (ФП) селективної та комплексної дії у харчовій галузі та інтенсивне збільшення обсягів їх виробництва за останні роки свідчать про високу ефективність цих біологічних каталізаторів та значний попит на них у харчовій промисловості [1-3].

У технології спирту із крохмалевмісної сировини в Україні за останні роки використання ФП на стадіях розрідження замісу, його теплової обробки, оцукрення крохмалю, вирощування дріжджів та зброджування практично повністю витіснило використання солоду. На даний час інтенсивно застосовуються ФП фірм-виробників різних країн (Данія, США тощо) [4-8]. Однак інтенсивне впровадження енергозберігаючих технологій у виробництві спирту із зерна вимагає оптимізації технології обробки сировини за допомогою ФП при відносно низьких температурах.

Розширення асортименту ФП зумовлено і наступним. Використання амілолітичних ФП сприяє тільки гідролізу крохмалю сировини, але зерно крім крохмалю містить значну кількість і полісахаридів некрохмалистої природи (геміцелюлози, целюлозу, β-глюкани тощо). При біоконверсії вони утворюють в'язкі суспензії, які перешкоджають набухання крохмалю та доступу до нього амілолітичних ферментів. Тому гідроліз полісахаридів некрохмалистої природи зерна за допомогою цитолітичних ферментів не тільки знижує в'язкість напівпродуктів спиртового виробництва, але і підвищує вміст зброджуваних вуглеводів, що, відповідно, сприяє збільшенню виходу спирту [9-10].

Метою нашої роботи було визначення особливостей використання нових для технології спирту ФП: Гітемпази 2XL, Олоклосту DGS та Біоцелюлази W фірми „Kerry Food Ingredients” (Ірландія), а також встановлення оптимальних технологічних режимів розрідження замісу, розчинення та оцукрювання крохмалю в умовах низькотемпературного розварювання.

Об'єктом дослідження були ФП: Гітемпаза (джерело термостабільної α-амілази) — розріджувачий ФП, що продукується штамом *Bacillus licheniformis*; Олоклост (джерело глюкоамілази) — оцукрюючий ФП, який

The possibility and features of enzymatic preparations using, for example Gitempaza 2XL, Oloclast DGS and Biocellulase W for spirit's preparation from starch-containing materials are investigated. The technologic regimes for low-temperature grain cooking at these enzymes preparations using with normative supporting of alcohol outcomes from 1 ton of relative starch is optimized.

Key words: enzymatic preparations, spirit's preparation, low-level regime of boil soft, saccharification, fermentation, fermented wash.

продукується штамом *Rizopus*; Біоцелюлаза — комплексний целюлазний ФП, який продукується штамом *Trichoderma longibrachiatum*, і має геміцелюлазну та β-глюканазну активність. Об'єктом дослідження були також процеси переробки зерна з одержанням дозрілої бражки та середовища спиртової технології: зерновий заміс, сусло спиртового виробництва, виробничі дріжджі та бражка. Як контрольні застосовували одні з найбільш розповсюджених у технології спирту України ФП Термамил CS (містить термостабільну α-амілазу) та Сан-Екстра (містить глюкоамілазу).

Як сировину для експериментів використовували зерно кукурудзи. Зерно подрібнювали з одержанням помелу, що характеризувався 90% -ним проходом через сито з діаметром отворів 1 мм. З метою декстринізації та оцукрювання крохмалю заміс піддавали теплоферментативній обробці. Одержане сусло зброджували з одержанням дозрілої бражки.

Для аналізу об'єктів досліджень використовували традиційні хіміко-технологічні методи контролю спиртового виробництва [11-13]. У зерновій сировині визначали вологість та крохмалистість; при бродінні сусла визначали кількість двоокису вуглецю, що виділявся із бражки; у дозрілій бражці — вміст спирту, незброджених і спирторозчинних цукрів та кислотність.

З метою оптимізації дозування досліджуваних ФП визначали їх активності за традиційними методами [11, 14]. Результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Активності досліджуваних ферментних препаратів

Показник	ФП розріджувачої дії						ФП оцукрюючої дії	
	Гітемпаза 2XL при t, °C			Термамил CS при t, °C			Олоклост DGS	Сан Екстра
	30	60	90	30	60	90		
Величина активності, од/см ⁴	850	1500	530	600	2200	1550	9800	12500

Як видно з табл.1, амілолітична активність Гітемпази в умовах, передбачених класичною методикою, де процес ферментолізу виконують при 30 °C, не поступається активності Термамилу. Однак при підви-

ценні температури активність Гітемпازی відчутно поступається активності Термамилу (при 90°C цей показник втричі менший).

Враховуючи одержані результати, було визначено такі дози ФП для проведення досліджень (дм³/т крохмалю): Гітемпаса — 0,5; Термамил — 0,4; Олокласт — 1,1 та Сан Екстра — 0,9. Комплексний ФП Біоцелюлаза задавали за рекомендаціями виробника із розрахунку 0,1 дм³/т крохмалю. Крім того, для стабілізації активності Гітемпازی у заміс вводили іони кальцію у вигляді хлориду кальцію. Одержані результати зведено у табл. 2.

цення концентрації сухих речовин зернового суслу у виробничих умовах.

Наступний етап досліджень проведено з метою оптимізації режиму гідроферментативної обробки замісу та мінімізації витрат ФП. Результати представлено у табл. 3.

Одержані дані свідчать, що мінімально доцільне дозування Гітемпازی становить 0,5 дм³/т крохмалю, а для Олокласту — 1,1 дм³/т крохмалю. Зменшення дозування цих ФП (варіанти 2-5) погіршує головний показник процесу: накопичення спирту у дозрілій бражці зменшується.

Таблиця 2

Технологічні показники дозрілої бражки при використанні ФП за різними технологічними режимами

№ варіанту	Умови експерименту				Показники дозрілої бражки					
	Теплоферментативна обробка замісу				Оцукрювання		Незброжені вуглеводи, г/дм ³			Вміст спирту, об. %
	ФП	Тривалість, хв.	Температура, °C	Ca ⁺⁺ , мг/дм ³	ФП	Кислотність, град.	Загальні	Водорозчинні	Нерозчинен. крохмаль	
1 (контроль)	Термамил SC	180	90	-	Сан Екстра	0,60	2,4	2,8	0,4	7,47
2	Гітемпаса 2XL	180	90	200	Олокласт DGS	0,62	4,8	2,1	2,4	7,30
3	Гітемпаса 2XL	40 140	60 90	-	Олокласт DGS	0,60	3,0	2,8	0,2	7,47
4	Гітемпаса 2XL	40 140	60 90	200	Олокласт DGS	0,58	3,1	2,5	0,5	7,48
5	Гітемпаса 2XL	140 40	60 90	-	Олокласт DGS	0,57	4,8	2,1	2,4	7,31
6	Гітемпаса 2XL + Біоцелюлаза W	40 140	60 90	200	Олокласт DGS	0,61	3,1	2,6	0,4	7,47

Таблиця 3

Технологічні показники дозрілої бражки при використанні різних доз ФП

№ варіанту	Умови експерименту				Показники дозрілої бражки						
	Теплоферментативна обробка замісу				Оцукрювання		Незброжені вуглеводи, г/дм ³			Вміст спирту, об. %	
	ФП	Доза ФП, дм ³ /т крохм.	Тривалість, год	Температура, °C	ФП	Доза ФП, дм ³ /т крохм.	Кислотність, град.	Загальні	водорозчинні		нерозчинен. крохмаль
1 (контроль)	Термамил SC	0,4	3	90	Сан Екстра	0,9	0,65	2,6	1,9	0,7	7,51
2	Гітемпаса 2XL	0,5	1	60	Олокласт DGS	0,5	0,55	7,9	5,5	2,4	7,07
3	Гітемпаса 2XL	0,5	1	60	Олокласт DGS	0,75	0,60	6,4	4,8	1,5	7,07
4	Гітемпаса 2XL	0,4	1	60	Олокласт DGS	0,75	0,60	4,2	3,5	0,6	7,35
5	Гітемпаса 2XL + Біоцелюлаза W	0,4 0,1	1 2	60 90	Олокласт DGS	0,75	0,50	4,0	3,3	0,7	7,34
6	Гітемпаса 2XL + Біоцелюлаза W	0,5 0,15	1 2	60 90	Олокласт DGS	1,1	0,60	3,8	3,4	0,4	7,49
7	Гітемпаса 2XL	0,5	3	75-80	Олокласт DGS	1,1	0,58	3,1	2,9	0,2	7,48
8	Гітемпаса 2XL	0,5	1,5 1,5	75-80 90	Олокласт DGS	1,1	0,58	3,5	3,3	0,2	7,57

Із представлених у табл. 2 даних видно, що у присутності іонів кальцію здійснення гідроферментативної обробки замісу за допомогою Гітемпازی (варіант 2) за умови використання рекомендованого для ФП фірми „Новозим” режиму (180 хв. при 90°C) не дає позитивних результатів, що ілюструється підвищенням вмістом нерозчиненого крохмалю у дозрілій бражці (2,4 г/100 дм³) у порівнянні з контролем (0,4 г/100 дм³). Але застосування двоступінчатої теплової обробки замісу (40 хв. при 60°C та 140 хв. при 90°C — варіанти 3 та 4) забезпечує високий ступінь розчинення крохмалю, що сприяє значному зменшенню його у нерозчиненому вигляді у зрілій бражці (0,02-0,05 г/100 дм³) та накопиченню спирту на рівні контролю (7,47-7,48 об. %). Збільшення тривалості обробки замісу при такій температурі до 140 хвилин (варіант 5) погіршило показники дозрілої бражки: кількість незброжених вуглеводів зростає до 4,8 г/100 дм³, а вміст спирту зменшився до 7,31 об. %. Стосовно використання Біоцелюлази (варіант 6) можна відзначити відчутне збільшення рухливості замісу при нормативному виході спирту з 1 т сировини, що створює умови для підви-

ження процесу теплоферментативної обробки (варіант 7) заміс обробляли одноступенево протягом трьох годин при температурі 75-80°C з оптимальною кількістю розріджуючого та оцукрюючого ФП. При цьому вміст спирту у дозрілій бражці був на рівні контрольного варіанту. Але, зважаючи на необхідність попередження розвитку шкідливої мікрофлори на подальших стадіях технології в умовах виробництва, бажано завершити процес теплоферментативної обробки підвищенням температури замісу до 90°C (варіант 8), що забезпечує також накопичення спирту не нижче, ніж у контролі.

Підтверджено ефективність внесення Біоцелюлази у кількості 0,15 дм³/т крохмалю при оптимальних дозах Гітемпازی та Олокласту (варіант 6, табл. 3). Це проявляється у покращанні плинності замісу і, як наслідок, депчо вищій швидкості зброджування суслу у перші дві доби процесу, що спостерігали за кількістю виділеного CO₂.

Висновок. Розроблено оптимальний режим переробки зерна у спирт з використанням ФП: Гітемпаса

2XL, Олокласт DGS та Біоцелюлаза W, основними параметрами якого є: дозування розріджуючого ФП Гітемпаза у зерновий заміс у кількості 0,5 дм³/т крохмалю; теплоферментативна обробка замісу протягом 3 годин, причому у перші 1,5-2 години при температурі 75-80°C, а решта часу — при 90°C; оцукрювання крохмалю шляхом уведення оцукрюючого ФП Олокласт DGS у кількості 1,1 дм³/т крохмалю протягом 30 хвилин при температурі 55-60°C. Слід зауважити, що уведення при приготуванні замісу Біоцелюлаза W у кількості 0,10-0,15 дм³/т крохмалю дозволяє зменшити в'язкість замісу, що може бути передумовою до збільшення концентрації сухих речовин при приготуванні замісу у виробничих умовах. Таким чином, результати проведених досліджень свідчать про можливість широкого застосування ФП фірми "Kerry Food Ingredients" (Ірландія) в спиртовій промисловості України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поляков В.А., Римарева А.В. Состояние и перспективы применения микробных биокатализаторов в перерабатывающих отраслях АПК // Микробные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК — М.: ВНИИПБТ, 2006. — С. 3-9.
2. П. Бирибах, Н. Фиш, У. Хендерсон, Д. Вилрет, А. Аблаев Катализатор созидания: ферменты для создания безопасной и здоровой пищи // Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки. — 2005. — № 1. — С. 24-26.
3. Римарева Л.В. Создание микробных ферментных препаратов и их роль в повышении эффективности биотехнологических процессов в пищевой промышленности // Состояние и перспективы развития биотехнологических процессов в пищевой промышленности. — М.: Пищевая пром-сть, 2001. — С. 20-42.
4. Левандовський Л.В., Олійничук С.Т., Омеляничук Т.К. Дослідження процесу гідролізу крохмалю зернової сировини в спиртовому виробництві вітчизняними ферментними препаратами // Вісник аграрної науки. — 2001. — № 7. — С. 57-59.

5. Чередниченко В.С., Абрамова И.М., Воробьева Т.Г. Применение ферментных препаратов в производстве спирта // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2001. — № 3. — С. 11.

6. Цурикова Н.В., Васильева Н.Я., Нефедова Л.И. и др. Исследование концентрированных ферментных препаратов в спиртовой промышленности // Производство спирта и ликеро-водочных изделий. — 2001. — № 2. — С.24-26.

7. Гусева Т.И., Радина Н.В., Мартыненко Н.Н. Опыт применения ферментных препаратов фирмы «Эндэ индустриал корпорейшн» при производстве спирта // Научно-технический прогресс в спиртовой и ликеро-водочной отрасли. — М.: Пищевая пром-сть, 2001. — С. 83-93.

8. Технологічний регламент виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини: ТРУ 18.8049. — 2000: Затв. Держагропромом України 25.10.2000. — Введено в дію з 01.12.2000. — К., 2000. Ч. 1. — 143 с.

9. Паляниця Л. Я., Березовская Н. И., Косив Р.Б., Ворожбыт О.С. Применение ферментных препаратов для переработки зерна ржи // Микробные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК. — М.: ВНИИПБТ, 2006. — С. 149-152.

10. Губрий Г.Г., Бачурин П.Я., Мазур Н.С., Устинников Б.А. Конверсия целлюлозосодержащего сырья препаратами целлюлаз в производстве этанола // Пищевая пром-сть. — 1995. — № 5. — С. 24-25.

11. Инструкция по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства: Утв. Госагропромом СССР 15.01.86. — М.: Агропромиздат, 1986. — 399 с.

12. Великая Е.И., Суходол В.Ф. Лабораторный практикум по курсу общей технологии бродильных производств. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 312 с.

Надійшла до редколегії 25.05.07 р.