

Леонід Вікторович Левандовський, д-р
техн. наук

Андрій Петрович Михайлів

Сергій Тимофійович Олійнічук, д-р
техн. наук

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ ІЗ ЗЕРНА

Досліджено можливість повної заміни води проясненим фільтратом післяспиртової барди для приготування замісу у технології перероблення зерна в спирт. Встановлено, що такий прийом не погіршує перебіг процесів гідролізу крохмалю і забезпечує нормативний вихід спирту із 1 т сировини, дає змогу суттєво зменшити витрати артезіанської води у виробництві, скоротити об'єм виробничих відходів на 60 ... 70 % і створює передумови для значного здешевлення процесу одержання сушеного кормового продукту із барди внаслідок повторного використання рідкої її частини

Ключові слова: *Післяспиртова барда, обробка, фільтрат, заміс, дозріла бражка, кормовий продукт.*

Виробництво спирту із зерна супроводжується утворенням значної кількості післяспиртової барди – 110 ... 130 м³ на 1000 дал спирту [1]. Традиційно цей відхід згодують в натуральному вигляді сільськогосподарським тваринам, оскільки зернова барда містить цінні поживні речовини, зокрема протеїни, амінокислоти, легкозасвоювані цукри, вітаміни, мікроелементи тощо [2]. Залежно від умов нативну зернову барду можна безпосередньо згодувати тваринам (1 т барди містить 50 ... 70 кормових одиниць), використовувати для вирощування кормових дріжджів та культивування інших мікроорганізмів [3] або висушувати [4].

Внаслідок суттєвого скорочення в Україні великих тваринницьких господарств обсяг споживання нативної барди значно зменшився і більшу частину цього цінного кормового продукту спиртові підприємства вимушені скидати у навколишнє середовище, завдаючи йому значної шкоди.

Основним напрямом використання післяспиртової зернової барди (ПБ) в розвинутих країнах світу є одержання з неї сушеного кормового продукту [4, 5], який містить майже 30 % білка. Досвід згодовування сушеної барди сільськогос -

подарським тваринам показав високу ефективність цього корму [2].

Щоб здешевити сушену барду доцільно максимально зменшити кількість рідкої частини (фільтрату) ПБ, що підлягає випарюванню. Для цього важливим прийомом слід вважати повернення якомога більшої кількості фільтрату в технологічний процес, зокрема замість води для приготування замісу. Такий напрямок досліджень є актуальним, про що свідчить аналіз науково-технічної літератури з цієї проблеми. Зокрема, російські вчені на основі експериментів з підвищення концентрації сухих речовин (СР) середовища у спиртовому виробництві повідомляють про можливість лише часткової (30 ... 40%) заміни води фільтратом барди на приготування замісу без погіршення виходу спирту [6]. При цьому доведено, що завдяки повертанню фільтрату підвищується буферність зброджуваного суслу і гальмується небажане зниження рН під час бродіння, поліпшуючи умови для оцукрювання декстринів.

Дослідженнями спеціалістів УкрНДІспиртбіопрод доведено ефективність використання до 30 % грубого фільтрату барди замість води на стадії приготування замісу з покращанням загальних результатів переробки сировини на спирт [7, 8]. Збільшення зазначеної дози зменшує вихід спирту із крохмалю зерна.

Учені НУХТ довели ефективність використання фільтрату зернової ПБ в кількості 25 ... 50 % до об'єму води на приготування замісу [9]. Але при цьому встановлено, що в умовах збільшення кількості циклів використання фільтрату понад три - основні кінцеві результати зброджування погіршуються: збільшується кількість незброджених цукрів у дозрілій бражці, а вміст накопиченого спирту зменшується. Ці дані значною мірою узгоджуються з висновками німецьких дослідників [10]. Підвищення ж дози фільтрату до 75 % спричиняє небажане збільшення утворення вторинних продуктів метаболізму дріжджів: альдегідів – у 1,5-2 рази, вищих спиртів – у 6-7 разів, ефірів – на 20 ... 45 %, вільних кислот – на 46 ... 93 % [11].

На наш погляд, основними причинами обмеження дози фільтрату ПБ для приготування суслу спиртового виробництва є зниження з кожним циклом рН

фільтрату (з 5,2 до 3,7 [9]), що погіршує умови для дії термостабільних амілаз концентрованих ферментних препаратів (ФП) і кінцеві результати процесу. Крім того, поступово (з кожним циклом повертання) збільшується вміст СР у фільтраті, що при певному значенні його створює надмірний для нормального функціонування дріжджів осмотичний тиск у середовищі.

Метою нашої роботи було розроблення способу підготовки фільтрату зернової ПБ для максимальної заміни води на етапі приготування замісу із забезпеченням нормативних показників процесу і дозрілої бражки.

Експерименти проводили із застосуванням стендової установки, що складалась з двох модулів:

подрібнення зерна з одержанням помелу, 90 ... 100 % якого проходить крізь сито з діаметром отворів 1 мм; гідроферментативне оброблення замісу з метою декстринізації і оцукрювання крохмалю; анаеробне зброджування сусли з одержанням дозрілої бражки, перегонку її і отримання спиртового дистилату та післяспиртової барди (ПБ);

одержання грубого фільтрату ПБ, реагентне оброблення його за допомогою NaOH або гідроксиду кальцію та ортофосфорної кислоти, виділення проясненого фільтрату і повернення його для приготування замісу замість води.

Об'єктами досліджень були: післяспиртова барда, прояснений фільтрат барди, дозріла бражка. Як сировину використовували зернові культури – жито і пшеницю.

Для аналізу об'єктів досліджень використовували традиційні й сучасні хіміко-технологічні та газохроматографічні методи контролю спиртового виробництва [12]. В зерновій сировині визначали крохмалистість; у дозрілій бражці – рН, кислотність, вміст спирту, незброджених і спирторозчинних цукрів, декстринів; у грубому та проясненому фільтратах – рН, кислотність і вміст СР. Щоб підвищити рН фільтрату до рівня, наближеного до оптимуму дії використовуваних ФП амілазної дії, застосовували розчин NaOH.

Для прояснення грубого фільтрату барди використовували кальцій-фосфатний метод, який полягає у введенні в середовище двох реагентів – гідроксиду кальцію та ортофосфорної кислоти.

Багаторазовому використанню фільтрату ПБ для приготуванню замісу перешкоджають два основних фактори:

поступове підвищення вмісту СР в середовищі внаслідок наявності їх у фільтраті, що повторно використовується, в кількості 3,5 ... 5,0 %;

збільшення рівня кислотності замісу внаслідок того, що фільтрат має рН в межах 3,9 ... 4,8, а оптимум дії амілолітичних ФП – 5,5 ... 6,5.

Щоб усунути негативний вплив цих факторів, досліджували два способи оброблення грубого фільтрату ПБ :

нейтралізація розчином NaOH;

прояснення за допомогою кальцій-фосфатного методу .

Результати такого оброблення грубого фільтрату барди наведено в *табл.1*.

Таблиця 1

Технологічні показники фільтратів барди

Фільтрат барди	Вміст сухих речовин, %	рН	Кислотність, град.
Грубий	4,7	3,9 ... 4,2	0,60 ... 0,65
Нейтралізований	4,7	6,8 ... 6,9	0,00 ... 0,01
Прояснений	3,8	5,5 ... 5,8	0,30 ... 0,33

Як видно з табл.1, в проясненому фільтраті разом із збільшенням рН спостерігається і зменшення вмісту СР з 4,7 до 3,8 %, тоді як у нейтралізованому фільтраті вміст СР залишається незмінним.

Для вивчення довготривалого використання нейтралізованого грубого фільтрату барди (ГФБ) в технології виконано п'ять послідовних циклів перероблення зерна з одержанням дозрілої бражки (*табл. 2*).

Як видно з наведених даних, рН дозрілої бражки, що одержана з використанням нейтралізованого ФБ на приготування замісу, був вищим у всіх п'яти циклах процесу (5,1 ... 5,3), ніж у варіантах з ГФБ (4,2 ... 3,9). Це супроводжувалось також зменшенням вмісту нерозчиненого крохмалю бражки на 0,09 ... 0,13 г/100 см³ у варіантах з нейтралізованим фільтратом, а також істин –

Таблиця 2

Показники дозрілої бражки при 100%-ній заміні води фільтратами

барди із жита для приготування замісу

Для приготування замісу використано	№ циклу використання ФБ	рН середовища	Кислотність, град.	Істинні СР, %	Вміст спирту, об.%	Загальний цукор, г/100 см ³	Нерозчинений крохмаль, г/100 см ³
Воду (контроль)	0	4,3	0,6	4,2	7,3	0,75	0,13
Грубий фільтрат	1	4,2	0,8	6	7,25	0,79	0,15
Нейтралізований		5,1	0,5	5,8	7,35	0,76	0,06
Грубий фільтрат	2	4,2	0,9	6,4	7,25	0,92	0,24
Нейтралізований		5,1	0,7	6,1	7,4	0,9	0,14
Грубий фільтрат	3	4	1,2	6,6	7,2	1,08	0,28
Нейтралізований		5,2	0,7	6,2	7,4	1,02	0,16
Грубий фільтрат	4	4	1,1	6,8	7,15	1,16	0,31
Нейтралізований		5,3	0,6	6,3	7,3	1,1	0,19
Грубий фільтрат	5	3,9	1,1	6,9	7,1	1,32	0,34
Нейтралізований		5,3	0,6	6,4	7,2	1,2	0,21

них СР – на 0,4 ... 0,5 %.

Цікавим є характер змін у вмісті спирту в обох варіантах. При багаторазовому використанні ГБФ цей показник поступово зменшується, починаючи з другого циклу до п'ятого – з 7,25 до 7,10 об. %. Деяко інакша картина спостерігається в разі повертання нейтралізованого фільтрату: накопичення спирту в перших трьох циклах збільшувалось (з 7,25 до 7,4 об. %), а в подальшому поступово зменшувалось до 7,2 об. % у п'ятому циклі.

Отже, одержані дані свідчать про перевагу у використанні нейтралізованого фільтрату на приготування замісу, але тільки у перших трьох-чотирьох циклах. Після цього накопичення основного продукту-спирту в дозрілій бражці зменшується. На наш погляд, причиною цього є наявність в ПФБ певної кількості завислих речовин і збільшення загального вмісту СР (з 4,2 у контролі до 6,4 об. % у п'ятому циклі). Ці обставини сприяють погіршенню умов

функціонування дріжджів внаслідок збільшення осмотичного тиску середовища, що, як відомо з класичної літератури стосовно спиртового зброджування, супроводжується зменшенням активності дріжджів.

Щоб усунути це негативне явище, проведено експерименти з багаторазовим використанням проясненого фільтрату барди після оброблення ГФБ кальційфосфатним методом.

Результати досліджень (табл. 3) свідчать про те, що п'ятиразове використання проясненого фільтрату барди забезпечує стабільне накопичення спирту в дозрілих бражках кожного циклу (7,7 ... 7,8 об.%), що не було нижче, ніж у контрольному варіанті, тобто в першому циклі – на воді, в якому цей показник становив 7,7 об.%. Цей факт демонструє перевагу підготовки фільтрату проясненням його кальційфосфатним методом над нейтралізацією (див. табл. 2). При цьому спостерігалось, що внаслідок оптимізації рН замісу, завдяки підтриманню цього параметра в ПФБ на рівні 5,5 ... 5,8 (проти 4,8 ... 4,6 в нативному фільтраті), створювались оптимальні умови для дії ФП, що гідролізують крохмаль сировини: концентрація нерозчиненого крохмалю в дозрілих бражках в усіх дослідних варіантах становила 0,04 ... 0,07 г/100см³, тобто була на рівні контролю (0,06 г/100см³).

Певне збільшення вмісту загальних і водорозчинних цукрів у дозрілій бражці від першого до п'ятого циклу можна пояснити внесенням їх з ПФБ, а не погіршенням процесу зброджування вуглеводів сировини, про що свідчить вищеописана картина накопичення спирту.

Отже встановлено., що негативного впливу проясненого фільтрату ПБ у разі повної заміни ним води для приготування замісу на гідроліз крохмалю та біосинтез спирту під час бродіння сусла немає.

Висновки. Розроблено спосіб раціонального використання відходу спиртового виробництва - післяспиртової барди – в технологічному процесі методом реагентного оброблення (прояснення) фільтрату барди з наступним застосуванням його замість води для приготування замісу.

Таблиця 3

Технологічні показники дозрілої бражки при п'ятиразовому використанні проясненого фільтрату для приготуванні замісу

№ циклу використання ФБ	Виділилось CO ₂ під час бродіння, г/250 мл	Зріла бражка						Фільтрат барди						
		Спирт, об. %	Загальний цукор	Водорозчинний цукор	Спирто розчинний цукор	Декстрини	Нерозчинений крохмаль	Нативний (ГФБ)			Прояснений (ПФБ)			
								СР, %	Кислотність, град	pH	СР, %	Кислотність, град	pH	
			г/100 см ³											
0 (Контроль на воді)	15,1	7,7	0,40	0,33	0,06	0,25	0,06	4,2	0,6	4,8	3,5	0,30	5,5	
1	15,2	7,8	0,45	0,40	0,05	0,31	0,05	5,0	0,7	4,6	4,4	0,25	5,7	
2	15,4	7,9	0,48	0,44	0,20	0,22	0,04	5,3	0,7	4,6	4,8	0,25	5,8	
3	15,3	7,8	0,56	0,50	0,22	0,25	0,05	5,8	0,6	4,7	5,1	0,24	5,7	
4	15,3	7,8	0,60	0,54	0,28	0,20	0,05	6,0	0,5	4,8	5,3	0,35	5,5	

5	15,4	7,8	0,60	0,52	0,23	0,26	0,07	6,3	0,5	4,8	5,5	0,43	5,5
---	------	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	------	-----

Використання проясненого фільтрату барди методом 100 % -ної заміни води у замісі протягом п'яти циклів не погіршує основного показника технології – виходу спирту, що переважає результати досліджень інших учених з цієї проблеми.

Спосіб дає змогу суттєво зменшити загальні витрати артезіанської води у виробництві, скоротити об'єм виробничих відходів на 60 ... 70 % і створює передумови для значного здешевлення процесу одержання сушеного кормового продукту із барди внаслідок повторного використання рідкої її частини.

Одержані результати свідчать про перспективність виробничого впровадження запропонованого способу, що спрямований на поліпшення техніко-економічних показників та екологізацію технології спирту із зерна.

ЛІТЕРАТУРА

1. *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.
2. *Технологія спирту*/ В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян та ін.; Під ред. проф. В.О. Маринченка. – Вінниця: "Поділля – 2000", 2003. – 496 с.
3. *Справочник по производству спирта. Сырье, технология и теххимконтроль* / В.Л. Яровенко, Б.А. Устинников, Ю.П. Богданов, С.И. Громов. – М.: Легкая и пищ. пром – сть, 1981. – 366 с.
4. *Новые технологии для спиртовой отрасли и кормопроизводства* / Д.В. Арсеньев, В.М. Красницкий, А.В. Кузьмичев и др. // Производство спирта и ликеро-водочных изделий. – 2001. – № 4. – С. 24, 25.
5. *Технология комплексной безотходной переработки зерна на спирт и кормопродукты для сельскохозяйственных животных* / В.М. Красницкий, Д.В. Арсеньев, А.В. Кузьмичев и др. // Ликеро-водочное производство и виноделие. – 2001. – № 11. – С. 25 – 27.
6. *Леденев В.П.* Технология комплексной переработки зернового сырья на спирт и концентрированные продукты «Экоспирт» // Современные прогрессивные

технологии и оборудование в спиртовой и ликеро-водочной промышленности. – М.: Пищепромиздат, 2000. – С. 24 – 47.

7. *Повторне використання барди для приготування замісу* / С.Т.Олійнічук, П.Г.Псалом, М.М. Веровчук та ін. // Харчова і переробна промисловість. – 1999. – №7. – С. 22, 23.

8. *Сосницький В.В.* Розробка технології культивування виробничих дріжджів при переробці зерна в спирт з використанням ферментних препаратів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Укр. держ. ун - т харч. технол. – К., 2000. – 17 с.

9. *Дослідження з використання фільтрату барди для приготування замісу в технології зернового спирту* / В.М. Ісаєнко, В.О. Маринченко, В.Ф. Семененко та ін. // Харчова пром-сть. – 2001. – №1 (46). – С. 104 – 106.

10. *Heiniq W., Eienckel J., Werther H.* Energieeinsparung durch Rückführung von Getrideschlempe in den Maischprozeß // Lebensmittelindustrie. - 1986. - №5 (33).

11. *Маринченко В.О., Карпутіна М.В., Ісаєнко В.М.* Вплив технологічних прийомів на ефективність застосування відходів спиртового виробництва // Харчова пром-сть. – 2003. – №2. – С. 11-12.

12. *Инструкция по технохимическому и микробиологическому контролю спиртового производства:* Утв. Госагропромом СССР 15.01.86. – М.: Агропромиздат, 1986. –9 с.

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ ІЗ ЗЕРНА

Леонід Вікторович Левандовський, Андрій Петрович Михайлів, Сергій Трофимович Олійнічук

Досліджено можливість повної заміни води проясненим фільтратом післяспиртової барди для приготування замісу у технології перероблення зерна в спирт. Встановлено, що такий прийом не погіршує перебіг процесів гідролізу крохмалю і забезпечує нормативний вихід спирту із 1 т сировини, дає змогу суттєво зменшити витрати артезіанської води у виробництві, скоротити об'єм виробничих відходів на 60 ...70 % і створює передумови для значного здешевлення процесу одержання сушеного кормового продукту із барди внаслідок повторного використання рідкої її частини

Ключові слова: *Післяспиртова барда, обробка, фільтрат, заміс, дозріла бражка, кормовий продукт.*

Leonid Levandovskiy, Andrey Myhailiv, Sergey Oliynichuk

An Ekologization of production of alcohol from grain

The obtained refined grain slop's filtrate could be used again for the preparation of a mixing in the full (100%) fresh water substitution mode without the decline of processes technological parameters and decreasing of spirit's output from 1 ton of conventional starch. Such a method establishes prerequisites for substantial (up to 60-70%) decreasing of polluting runoffs volume and essential fall in price for the process of getting dry feedstuff.

KEY WORDS: *After-spirituous grain slop, treatment, filtrate, mixing, fermented wash, feedstuff.*

Леонид Викторович Левандовский, Андрей Петрович Михайлив, Сергей Трофимович Олійнічук

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА ИЗ ЗЕРНА

Исследована возможность полной замены воды осветленным фильтратом послеспиртовой барды для приготовления замеса в технологии переработки

зерна в спирт. Установлено, что такой прием не ухудшает протекание процессов гидролиза крахмала и обеспечивает нормативный выход спирта из 1 т сырья, дает возможность существенного уменьшения расхода артезианской воды в производстве, сократить объем производственных отходов на 60 ...70 % и создает предпосылки для значительного удешевления процесса получения сушеного кормового продукт из барды вследствие повторного использования жидкостной ее части.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Послеспиртовая барда, обработка, фильтрат, замес, зрелая бражка, кормовой продукт..*