

**В.С. ЗУБЧЕНКО**, канд. фіз.-мат. наук,  
Національний університет харчових технологій  
**Л.В. ТКАЧЕНКО**, канд. техн. наук,  
**Н.В. ПРОЦАН**  
Український науково-дослідний інститут спирту  
та біотехнології харчових продуктів

## СТАБІЛІЗАЦІЯ СПИРТОУТВОРЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ДРІЖДЖІВ ПРИ ЗБРОДЖУВАННІ СУСЛА ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

*Досліджено вплив постійного магнітного поля на спиртоутворюючу здатність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010, які використовують при збродженні крохмалевмісної сировини. Визначено оптимальні значення та тривалість дії постійного магнітного поля для стабілізації спиртоутворюючої здатності дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 під час збродження сусла підвищеної концентрації.*

**Ключові слова:** дріжджі, магнітне поле, крохмалевмісна сировина, спиртоутворююча здатність.

Проведены исследования влияния постоянного магнитного поля на спиртообразующую способность дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010, которые используют при сбраживании крахмалсодержащего сырья. Определены оптимальные значения и длительность воздействия постоянного магнитного поля для стабилизации дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 при сбраживании сусли повышенной концентрации.

**Ключевые слова:** дрожжи, магнитное поле, крахмалсодержащее сырье, спиртообразующая способность.

*The investigation of influence of the constant magnetic field on alcohol-productive activity of *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 yeasts, which are used in the fermentation of starch raw materials, were carried out. The optimum values of the constant magnetic field and duration of its effect for stabilization of alcohol-productive activity of *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 yeasts in the process of fermentation of raw materials of high concentration, were determined.*

**Key words:** yeast, magnetic field, starch raw materials, alcohol-productive activity

На сучасному рівні розвитку науки у галузі технології перероблення в етиловий спирт крохмалевмісної сировини виникають нагальні проблеми, пов'язані зі збродженням зернового сусла підвищеної концентрації. Стимувальним фактором під час збродження сусла підвищеної концентрації з крохмалевмісної сировини є висока концентрація вуглеводів у середовищі, яка лімітується можливостями дріжджових клітин та репресією їх продуктами метаболізму [7]. Відомо, що підвищення концентрації сусла та в наслідок цього - концентрації спирту, під час його збродження, призводить до гальмування процесів розвитку дріжджів та бродіння. Підвищення концентрації етилового спирту призводить до пригнічення життєдіяльності та зниження бродильної активності дріжджових клітин. Встановлено, що за концентрації у середовищі етилового спирту більше 5 % об. спостерігається інгібування процесу брунькування клітин, а за концентрації спирту вище 12 % об. — повне пригнічення росту дріжджів [3].

© В.С. Зубченко, Л.В. Ткаченко, Н.В. Процан, 2011

Послаблення негативного впливу підвищеної концентрації середовища можна досягти шляхом стабілізації фізіологічних властивостей продуцента дріжджів за спиртоутворюючою здатністю за рахунок дії фізичних чинників в т.ч. постійного магнітного поля. Використання дріжджів стабілізованих за спиртоутворювальною здатністю для зброджування сусла підвищеної концентрації дасть змогу інтенсифікувати процес спиртового виробництва за рахунок підвищення міцності бражки, що в свою чергу приведе до зменшення витрат води на технологічні потреби та пари на перегонку бражки, а також сприятиме зменшенню об'єму стічних вод.

Тому пошуки та розробка нових способів стабілізації метаболізму дріжджів-продуцентів за допомогою дії магнітного поля мають не тільки науковий інтерес, а й практичне значення. Тому використання дії постійного магнітного поля для стабілізації фізіологічних властивостей продуцента дріжджів за спиртоутворюючою здатністю є актуальною задачею.

Метою нашої роботи було визначення ефективності дії постійного магнітного поля на продуцент дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* штам У-5010 для одержання етилового спирту з крохмалевмісної сировини, і добір оптимальної дози для стабілізації спиртоутворюючої здатності.

Об'єктом досліджень був промисловий штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010, який використовують у виробництві етилового спирту з крохмалевмісної сировини [4]. Штам відселекцьовано шляхом багато-ступінчастого відбору з виробничої популяції дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* раси XII та адаптовано до підвищених температур бродіння. Штам У-5010 — це факультативний анаероб. Розмір клітин дводобової культури на солодовому суслі з масовою часткою сухих речовин (СР) 8 % — (5—6,2) x 2—5,8) мкм.

Обробленню постійним магнітним полем піддавали пробірки з 25 см<sup>3</sup> добової культури дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010, яку було вирощено на солодовому суслі з масовою часткою СР 16 %.

Пробірки з добовою культурою дріжджів поміщали у камеру, де підтримували постійне магнітне поле, напруженість якого змінювали від 20 до 100 кА/м. Тривалість перебування пробірок з дріжджовими клітинами у постійному магнітному полі становила від 5 до 30 хв. У контрольному варіанті пробірки з дріжджами не піддавали дії постійного магнітного поля.

Під час досліджень в процесі вирощування дріжджів і подальшого спиртового зброджування для приготування сусла використовували зерно кукурудзи крохмалистістю 62,08 %. Сусло готували за умов низько-температурного гідроферментативного оброблення таким чином. Помел з кукурудзи, який характеризувався 95—96 % проходу крізь сито з діаметром отворів 1 мм одержували за допомогою лабораторного млина. Для приготування замісу 70 г помелу кукурудзи змішували зі стерильною водопровідною водою таким чином, щоб одержати сусло за концентрацією СР на рівні 22 %, і вносили розріджуючий ферментний препарат Термамил СЦДС з розрахунку 0,75 дм<sup>3</sup> на 1 т умовного крохмалю та підігрівали до температури від 90 до 95 °С, за якої витримували впродовж 3-х годин. Розварений заміс охолоджували до температури 58 °С, вносили оцукрюючий ферментний препарат Сан-Супер 360Л з розрахунку 1,5 дм<sup>3</sup> на 1 т умовного крохмалю. Оцукрювання проводили за температури 58 °С впродовж 1 години. Оцукрене сусло використовували для досліджень, які здійснювали в лабораторних умовах за методом "бродильної проби" [2].

Сусло, яке використовували для вирощування дріжджів (дріжджове сусло), готували аналогічно, але збагачували азотним і фосфорним живленням, за нормами прийнятими у спиртовій галузі [8]. Для підтримки асептичних умов впродовж довготривалого дослідження проводили пастеризацію за температури 85 °С впродовж 40 хв. Після пастеризації сусло охолоджували, підкислювали сірчаною кислотою до величини рН на рівні 3,8—4,0. Готове дріжджове сусло засівали 25 см<sup>3</sup> дріжджів з пробірок, які піддавали обробленню магнітним полем. Колби у контрольному варіанті засівали дріжджами, які не піддавали обробленню магнітним полем. Тривалість вирощування дріжджів становила 18 год за температури (31±1) °С. Контроль процесу проводили за кількістю СО<sub>2</sub>, що виділявся за цей час, проводивши зважування кожні 6 години.

Дріжджі використовували для засіву оцукреного сусла з розрахунку 10% до об'єму сусла. Дослідження за кожним варіантом проводили в трьох повторностях. Зброджування сусла, яке засівали дріжджами за різними варіантами оброблення магнітним полем, проводили за температури (31±1)°С. Контроль процесу зброджування проводили за кількістю СО<sub>2</sub>, що виділявся під час бродіння. Процес

## ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

бродиння вважали закінченим, коли за 2 години кількість виділеного  $\text{CO}_2$  становила менше 0,1 г. Для перевірки стабілізації спиртоутворюючої здатності дріжджів, останні послідовно пасажували на свіже дріжджове сусло з концентрацією СР 22 %, з подальшим використанням їх для зброджування сусла підвищеної концентрації. Під час досліджень було проведено десять пасажувань дріжджів.

Показники дозрілої бражки визначали за методиками, що використовуються у практиці спиртового виробництва [1,2], а саме видиму густину та істинні сухі речовини (СР) — ареометричним методом, величину рН — потенціометричним методом, величину кислотності — електрометричним титруванням, кількість загального, розчинного цукру та нерозчиненого крохмалю — за колориметричним методом з антроновим реактивом [5]. В бражних дистилятах концентрацію етилового спирту визначали ареометричним методом [6].

Показники дозрілої бражки, одержаної при зброджуванні дріжджами, які було оброблено магнітним полем напруженістю  $3,5 \cdot 10^5$  А/м впродовж 5, 15 та 30 хв. у порівнянні з контрольним варіантом, наведено у таблиці.

З одержаних даних видно, що при використанні для зброджування сусла підвищеної концентрації дріжджів, які було оброблено магнітним полем напруженістю  $3,5 \cdot 10^5$  А/м впродовж 15 хв., спостерігається стабілізація показника концентрації спирту в дозрілій бражці, тобто значення знаходиться на одному рівні (12,65 % об.) як після першого, так і після 10-го пасажів.

Зменшення тривалості оброблення до 5 хв. приводить до зниження концентрації спирту у дозрілій бражці після 10-го пасажу, порівняно з 1-им пасажем на 0,5 % об., при цьому у контрольному варіанті концентрація спирту після 10-го пасажу на суслі підвищеної концентрації становить 11,75 % об., що на 0,9 % об. менше по відношенню до 1-го пасажу.

Зменшення тривалості оброблення до 5 хв. приводить до зниження концентрації спирту у дозрілій бражці після 10-го пасажу, порівняно з 1-им пасажем на 0,5 % об., при цьому у контрольному варіанті концентрація спирту після 10-го пасажу на суслі підвищеної концентрації становить 11,75 % об., що на 0,9 % об. менше по відношенню до 1-го пасажу. При збільшенні тривалості обробки до 30 хв. концентрація спирту у дозрілій бражці після 10-го пасажу знижується, порівняно з 1-им пасажем, на 0,05 % об. Стабілізація спиртоутворюючої здатності дріжджів, які піддавали обробленню магнітним полем впродовж 15 та 30 хв., підтверджується показниками дозрілих бражок: видимою густиною та вмістом загальних незброджених вуглеводів.

### Показники дозрілої бражки, одержаної після зброджування дріжджами, обробленими постійним магнітним полем

Показники	Контрольний варіант(без оброблення)		Варіанти оброблення дріжджів магнітним полем					
			5 хв.		15 хв.		30 хв.	
	1-й пасаж	10-й пасаж	1-й пасаж	10-й пасаж	1-й пасаж	10-й пасаж	1-й пасаж	10-й пасаж
Видима густина, % СР	-1,0	-0,2	-1,0	-0,6	-1,0	-1,0	-1,0	-0,8
рН середовища	4,2	3,8	4,2	3,9	4,2	4,1	4,2	4,0
Кислотність, град	0,65	0,78	0,65	0,74	0,65	0,64	0,65	0,67
Концентрація спирту, % об.	12,65	11,75	12,65	12,15	12,65	12,65	12,65	12,60
Вміст загальних незброджених вуглеводів, %	0,43	0,87	0,40	0,53	0,39	0,40	0,41	0,45

У результаті проведених досліджень визначено, що дріжджі, які було оброблено магнітним полем впродовж 15 хв., і після десяти пасажувань зберігали спиртоутворюючу здатність, тобто синтезували однакову кількість спирту, при цьому в контрольному варіанті, спиртоутворююча здатність дріжджів, які не піддавали дії постійного магнітного поля, поступово знижується.

Таким чином, експериментально встановлено оптимальні значення постійного магнітного поля (напруженість  $3,5 \cdot 10^5$  А/м за тривалості 15 хв.), на штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010, за якими досягається максимальний ефект стабілізації спиртоутворюючої здатності. Досягнутий ефект зберігається впродовж десяти послідовних пасажувань дріжджів. Одержані результати можна пояснити тим, що під час дії постійного магнітного поля підвищується активність ферментних систем дріжджів. Подальше збільшення тривалості оброблення до 30 хв., не приводять до покращання результатів і тому не має практичного значення.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що оброблення штаму спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010 постійним магнітним полем напруженістю  $3,5 \cdot 10^5$  А/м впродовж 15 хв, дає можливість ефективно зброджувати сусло підвищеної концентрації за рахунок стабільної спиртоутворюючої здатності дріжджових клітин. Визначено, що за оптимального значення дії постійного магнітного поля, здатність даного штаму дріжджів синтезувати стабільну кількість етилового спирту зберігається впродовж десяти пасажувань.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Великая Е.М., Суходол В.Ф.* Лабораторный практикум по общей технологии бродильных производств. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 312с.
2. *Инструкция по теххимическому контролю спиртового производства.*—М.: Агропромиздат, 1986. — 400 с
3. *Коновалов С.А.* Биохимия дрожжей. — М.: Пищевая пром-ть, 1980. — С.271.
4. *Патент України 36477А.* Штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* XII-Т для мікробіологічного синтезу спирту з крохмалевмісної сировини. Опубл. 16.04.2001, Бюл.№3
5. *СОУ 15.9-37-243:2005* Сировина крохмалевмісна зброджена для виробництва етилового спирту. Методи визначання незброджених цукрів
6. *СОУ 15.9-37-242:2005* Сировина крохмалевмісна зброджена для виробництва етилового спирту. Методи визначання об'ємної частки етилового спирту
7. *Технологія спирту* /Під ред. проф. В.О. Маринченко. — Вінниця: Поділля. — 2000. — 2003. — С.496.
8. *Технологічний регламент виробництва етилового спирту з крохмале-вмісної сировини.* — К.: УкрНДІспиртбіопрод, 2000. — 144с.

*Одержана редколегією 27.09.2010 р.*