

**УДК 664.643.1**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА  
ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ  
СИРОВИНИ**

**Мудрак Т.О., Кириленко Р.Г., Ковальчук С.С., Куц  
А.М., Марущак Г.Р., Мартинов В.І., Цюлковський С.С.**  
[mudrak\\_t\\_o@ukr.net](mailto:mudrak_t_o@ukr.net), [nuftkrq@ukr.net](mailto:nuftkrq@ukr.net), [sofi55508@ukr.net](mailto:sofi55508@ukr.net),  
[anatolykuts@ukr.net](mailto:anatolykuts@ukr.net), [ge ru44h@gmail.com](mailto:ge ru44h@gmail.com), [marti199@ukr.net](mailto:marti199@ukr.net), [stepan-ts@ukr.net](mailto:stepan-ts@ukr.net)  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Одним із способів підвищення рентабельності спиртового виробництва є використання висококонцентрованого сусла з подальшим збродженням його осмофільними та термотолерантними штамами дріжджів.

**Актуальність проблеми.** Розробка нових біокаталітичних технологій приготування та збродження концентрованого зернового сусла з використанням фізіологічно активних рас дріжджів дозволяє підвищити ефективність переробки сільськогосподарської сировини на спирт, технологічним шляхом знизити утворення відходів виробництва, в тому числі післяспиртової барди [1].

Глибокий гідроліз складових зернової сировини, особливо висококонцентрованих замісів, забезпечує повноту збродження і знижує тривалість процесу. Відомо, що синергічний ефект при взаємодії різних активностей ферментів максимально проявляється при їх правильному збалансованому підборі [2].

**Метою досліджень** є розробка умов біокаталітичної конверсії полісахаридів і білкових речовин зернового сусла із концентрацією сухих речовин до 28% та ефективного збродження його осмофільним і термотолерантним штамом дріжджів *Sacch. cerevisiae* ДО-16.

**Об'єктом досліджень** наукової роботи була технологія збродження висококонцентрованого сусла при використанні осмофільного і термотолерантного штаму спиртових дріжджів.

**Предметом досліджень** було вивчення впливу концентрації мультиензимного комплексу ферментних препаратів (ФП) на якість гідролізу та збродження сусла високої концентрації при використанні осмофільного і термотолерантного штаму дріжджів *Sacch. cerevisiae* ДО-16. Визначені

оптимальні концентрації ФП при зброджування крохмалевмісної сировини, які забезпечують ефективно зброджування сусла і максимальне накопичення спирту в бражці.

*Матеріалами досліджень* наукової роботи були: заміс, ферментні препарати, сусло, спиртові дріжджі, спиртова бражка.

**Результати досліджень.** В роботі досліджено вплив комплексу ФП амілолітичної, протеолітичної та геміцеллюлозної дії на якість гідролізу та зброджування сусла високої концентрації при використанні осмофільного і термотолерантного штаму дріжджів *Sacch. cerevisiae* ДО-16.

У дослідах використовували заміс та сусло із пшениці та кукурудзи концентрацією 28 % сухих речовин. Для розріджування крохмалю зернового сусла на стадії декстринізації використовували ФП— джерело  $\alpha$ -амілази — Амилекс 4Т при дозуванні 0,2...0,8 од. АЗ/г крохмалю, для оцукрювання замісу — джерело глюкоамілази — Глюколад Л із розрахунку 5,0...8,0 од. ГлЗ/г крохмалю. У якості додаткових ФП використовували: протеолітичний — Нейтразау кількості 0,02; 0,03 та 0,05 од. ПрЗ/г сировини, цитолітичний — Шеарзим із розрахунку 0,2 та 0,35 од. ЦЗ/г сировини,  $\beta$ -глюканазу 10L — 0,015 і 0,03 од.  $\beta$ - ГлЗ/г сировини. Зброджували сусло при температурі 32...36°C.

На основі отриманих даних встановлено, що ступінь гідролізу крохмалю залежить від дозування розріджуючих ФП. Найвищий ступінь гідролізу для замісу із кукурудзи (26,1%) спостерігався при дозуванні ФП в кількості 0,6 од. АЗ/г крохмалю. Зі зниженням його концентрації до 0,4 од. АЗ/г крохмалю ступінь гідролізу крохмалю був нижче лише на 0,6% і складав 25,5%. Для пшениці цей показник склав 0,5 од. АЗ/г крохмалю. Відомо, що ступінь гідролізу крохмалю залежить не тільки від концентрації ФП, але й від виду сировини [3, 4]. Отримані дані свідчать, що найвищий ступінь розріджування крохмалю для пшениці досягався за 3,0 год, а кукурудзи — 3,0...3,5 годин і складав 26,1%.

На наступному етапі роботи вивчали вплив концентрації оцукрюючого ФП на процес зброджування сусла. Аналіз експериментальних даних показав, що найбільш ефективно відбувався процес зброджування сусла в зразках, де дозування ФП складає 6...7 од. ГлЗ/г крохмалю залежно від виду зернової сировини.

Для підвищення реологічних показників концентрованого зернового сусла і отримання нормативних якісних показників бражки підібрані комплекси ФП цільового призначення та їх концентрації.

Отримані дані свідчать, що при додаванні протеолітичного ФП в бражці з пшениці покращується фізіологічна активність дріжджів і збільшується

концентрація спирту в бражці на 1,2 – 1,45 % залежно від кількості внесеного ФП, а в зразках із кукурудзи спостерігалась тенденція на її ріст. Незначне збільшення кількості дріжджових клітин, ймовірно, пов'язано з тим, що зброджування проводили при температурі 32...36°C. При зброджуванні сусла із досліджуваних видів сировини, де використовували β-глюканазу 10L спостерігалось не тільки збільшення концентрації спирту на 1,2...1,3%, але й підвищення вмісту зброджених вуглеводів. Це пов'язано з тим, що при використанні даного ФП відбувається гідроліз некрохмальних полісахаридів, частина яких дріжджами не зброджується (але дають реакцію з антроновим реактивом). Використання комплексу з β-глюканазою і протеазою при підбраному дозуванні забезпечує необхідне розріджування та оцукрення крохмалю, що дозволяє інтенсифікувати процес зброджування, і як результат — збільшити концентрацію спирту в бражках на 0,7...1,3 % залежно від виду зернової сировини. Рекомендоване дозування препаратів складає 0,05 од. ПЗ/г сировини і 0,02 та 0,03 од. β-ГЛЗ/г сировини для кукурудзи і пшениці відповідно. Використання цитолітичного ФП на стадії оцукрювання і зброджування сусла при переробці кукурудзи сприяло збільшенню концентрації спирту в бражці на 0,8 % у порівнянні із контролем і зменшенню концентрації зброджуваних вуглеводів і нерозчинного крохмалю на 8,6...16%. Використання цитолітичного ФП при зброджуванні сусла із пшениці відчутних результатів не спостерігалось.

**Висновки.** При зброджуванні сусла із пшениці та кукурудзи початковою концентрацією СР до 28 % селекціонованою расою дріжджів *Sacch. cerevisiae* ДО-16, запропоновано використовувати комплекси ФП та їх дозування, що забезпечують збільшення концентрації спирту в зрілій бражці до 14,0...14,5 об. %.

### Список використаних джерел

1. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009 — 424 с.
2. Римарева Л.В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей. — М.: ДеЛи принт 2010. — 252с.
3. Immel St., Lichtenthaler F.W. The hydrophobic topographies of amylose and its blue iodine complex // *Starch/Starke*. 2000 (52). — № 1. — S. 1.
4. Braz. J. Chem. Eng. Ethanol production from grains [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]: evaluation of the enzymatic hydrolysis and the hydrolysate fermentability. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 28 no.4 Paulo Oct./Dec. 2011. vol. 28.