

О.О. Коваль, пров. інженер,
С.Т. Олійничук, д. т. н.,
Т.І. Лисак, наук. співроб.,
Ю.О. Батог, наук. співроб.,

Інститут продовольчих ресурсів НААН

ВПЛИВ ДОДАТКОВОГО ЖИВЛЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗБРОДЖУВАННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ

*Визначено фізико-хімічний склад дифузійного соку з точки зору придатності для зброджування в біоетанол. Досліджено вплив внесення елементів живлення на ефективність зброджування соку дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* та якісні показники зрілої бражки.*

*Ключові слова: дифузійний сік, біоетанол, *Saccharomyces cerevisiae*, поживні речовини, бродіння.*

O.Koval, lead. eng.
S.Oliynichuk, D. Sc., Technics
T.Lysak, res. worker
Y. Batog, res. worker

Food Resources Institute of NAAS

THE INFLUENCE OF ADDITIONAL NUTRITION ON RAW SUGAR BEET JUICE FERMENTATION EFFICIENCY

*Physical and chemical compound of sugar beet raw juice in terms of its suitability for fermentation into ethanol is determined. The effect of nutrients introduction on juice fermentation by yeasts *Saccharomyces cerevisiae* and quality parameters of fermented wort are researched.*

*Keywords: sugar beet raw juice, bioethanol, *Saccharomyces cerevisiae*, nutrients, fermentation.*

О.А. Коваль, вед. инженер,
С.Т. Олийничук, д-р.техн. наук,
Т.И. Лысак, науч. сотруд.,
Ю.А. Батог, науч. сотруд.

Институт продовольственных ресурсов НААН

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СБРАЖИВАНИЯ ДИФУЗИОННОГО СОКА

*Определен физико-химический состав диффузионного сока с точки зрения пригодности для сбраживания в биоэтанол. Исследовано влияние внесения элементов питания на эффективность сбраживания сока дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* и качественные показатели зрелой бражки.*

*Ключевые слова: диффузионный сок, биоэтанол, *Saccharomyces cerevisiae*, питательные вещества, брожение.*

Постановка проблеми. З урахуванням все більш зростаючого попиту на екологічно толерантні та відновлювані види енергоресурсів, значну увагу за останні роки приділяють виробництву біоетанолу з різних типів сировини.

Оскільки ціни на зернові культури останнім часом мають явну тенденцію до зростання, постає досить актуальне питання розробки технологій з використанням більш економічно вигідної сировини для його виробництва.

Як джерело для виробництва біоетанолу досить широко використовують мелясу – відходи виробництва цукру. Однак, з огляду на певні труднощі, які зараз переживає цукрова галузь України, зокрема постійні та значні коливання цін на вироблений продукт, доцільним є використання певної кількості напівпродуктів цукрового виробництва для виготовлення біоетанолу [1,2].

Поєднання виробництва етанолу та цукру на базі цукрового заводу дозволить не лише знизити витрати на виробництво продукції, а й надасть можливість бути саморегулятором власного виробництва, вирішивши проблему перевиробництва [3].

Зокрема, слід звернути увагу на використання в якості сировини дифузійного соку, особливо в період сокодобування та виробництва цукру.

Метою досліджень було проведення робіт щодо встановлення фізико-хімічного складу неочищеного дифузійного соку з точки зору придатності його для спиртового бродіння та досліджень щодо впливу внесення азотного та фосфорного живлення на ефективність зброджування соку та показники зрілої бражки.

Об'єкти та методи досліджень.

Об'єктами досліджень були неочищений дифузійний сік, дріжджі, дозріла бражка.

Неочищений дифузійний сік аналізували за наступними методиками: концентрацію сухих речовин (СР) – рефрактометричним методом [4]; величину рН середовища – потенціометричним методом за допомогою рН-метра МР-512; масову частку сахарози та інверсійну поляризацію в дифузійному соку – поляриметричним методом [5]; вміст редуруючих речовин – методом Мюллера [6]; загальну суму цукрів, що зброджуються, розраховували за прямою, інверсійною поляризацією та вмістом редууючих речовин [6]; масову частку загального азоту – за методом К'ельдаля [7]; масову частку фосфору – колориметричним методом Бригса [7].

Процес спиртового зброджування суслу в лабораторних умовах досліджували за методом «бродильної проби» [7]. Під час досліджень використовували дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси У 5007 (К-7). Культивування дріжджів проводили за класичною схемою.

Зброджування проводили у термостаті за температури 30 °С впродовж 60 годин. Дифузійний сік готували шляхом підкислення до рН 4,8-5,0 од. за допомогою сірчаної кислоти молярною концентрацією 1 моль/дм³, збагачували азотним та фосфорним живленням у вигляді карбаміду та ортофосфорної кислоти з розрахунку, відповідно, 0,1 % та 0,05 % до маси сухих речовин соку. В якості контрольного зразка використовували нативний дифузійний сік (без внесення додаткових елементів живлення).

Контроль процесу зброджування здійснювали за кількістю CO₂, що виділювався під час бродіння. У дозрілій бражці визначали вміст незброджених цукрів фотоколориметричним методом з резорциновим реагентом [7]. В бражних дистилятах визначали концентрацію етанолу ареометричним методом [4].

Результати та їх обговорення. Досліджено фізико-хімічний склад неочищеного дифузійного соку. Результати досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічний склад дифузійного соку

№ з/п	Найменування показника	Результати випробувань
1	Масова частка СР, %	17,75
2	рН середовища, од.	6,05
3	Масова частка сахарози, %	14,8
4	Інверсійна поляризація, %	4,05
5	Масова частка редукуючих речовин (за Мюллером), %	0,31
6	Сума зброджуваних цукрів, %	14,2
7	Масова частка загального азоту, %	1,23
8	Масова частка фосфору, %	0,009
9	Доброякісність, %	80,0

Узагальнюючи отримані дані, можна стверджувати про придатність неочищеного дифузійного соку для зброджування в біоетанол, однак слід відзначити і можливу нестачу основних елементів живлення, необхідних для забезпечення нормального розвитку та життєдіяльності спиртових дріжджів, що корелює з даними, отриманими з літературних джерел [8].

В процесі зброджування неочищеного дифузійного соку з внесенням основних елементів живлення та без їх застосування було визначено динаміку виділення вуглекислого газу, яку наведено в рисунку 1.

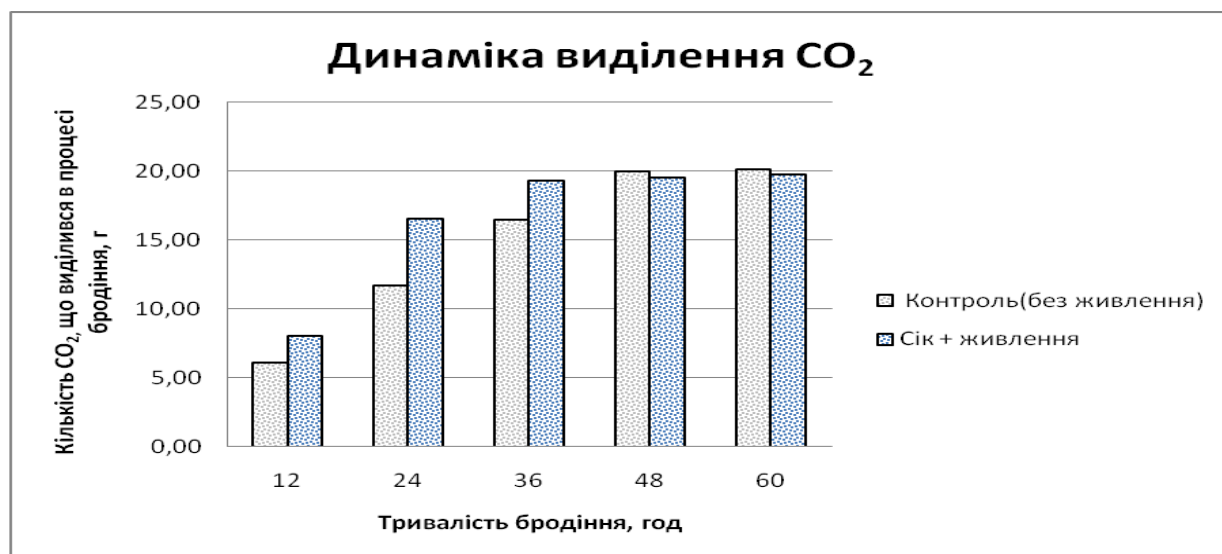


Рисунок 1. Динаміка виділення CO₂ в процесі зброджування неочищеного дифузійного соку

Як видно з рисунку 1, інтенсивність зброджування бражки на основі дифузійного соку є рівною. Так, для дифузійного соку, збагаченого мінеральними елементами живлення, вже на першу добу ступінь зброджування цукрів становив 83,9 %, а після 60 годин ферментації процес спиртового бродіння повністю завершився. Щодо контрольного варіанту, то швидкість зброджування бражки на першу добу становила 58,2 %, однак після 48 годин зброджування кількість виділеного вуглекислого газу була практично однаковою в обох варіантах. Більш інтенсивне виділення CO₂ у варіанті з підживленням може бути пояснено забезпеченням кращих умов для розмноження дріжджових клітин. При цьому зменшується

тривалість лаг-фази та збільшується швидкість розмноження клітин, скорочується час генерації культури дріжджів, що, в свою чергу, сприяє скороченню терміну бродіння [10].

Таблиця 2

Результати спиртового зброджування дифузійного соку

№ з/п	Найменування показника	Результати випробувань	
		Дифузійний сік без живлення	Дифузійний сік з внесенням додаткового живлення
1	рН середовища, од.	4,40	4,16
2	Вміст етанолу, % об.	9,3	9,1
3	Вміст незброджених цукрів, г/100см ³	0,05	0,09
4	Вихід біоетанолу з 1 т сировини, дал	8,68	8,50

З даних, наведених в таблиці 2, видно, що зброджування соку, збагаченого мінеральними елементами живлення, показало вміст спирту в бражці 9,1 %об., що на 0,2 %об. нижче, ніж у випадку зброджування нативного соку. Це, можливо, вказує на те, що внесення елементів живлення створює сприятливі умови для збільшення питомої швидкості росту клітин та накопичення біомаси дріжджів, що, відповідно, зменшує кількість цукрів, які перетворюються на етанол в процесі бродіння.

Вміст незброджених цукрів при цьому є незначним і практично однаковим (0,05-0,09 г/100 см³) в обох варіантах, що можна пояснити відсутністю в соку речовин, які негативно впливають на життєдіяльність дріжджових клітин.

Слід також зазначити, що загалом вміст незброджених цукрів в бражці був нижчим, а спирту – вищим, ніж це зазначено в літературних джерелах [8,9]. Цю відмінність можна пояснити використанням раси дріжджів К-7 з підвищеною біосинтетичною активністю щодо зброджування цукровмісної сировини в етанол.

Висновки

1. Встановлено, що за технологічними показниками досліджені зразки дифузійного соку є ефективною сировиною для виробництва біоетанолу і забезпечують його вихід 8,50 - 8,68 дал з однієї тонни сировини.

2. Зброджування неочищеного дифузійного соку характеризується високою швидкістю росту дріжджів, інтенсивністю споживання цукрів, скороченням тривалості процесу на 30 % та зменшення втрат з незбродженими вуглеводами.

3. Внесення додаткових елементів живлення у нормах, використаних в дослідженні, позитивно впливає на інтенсифікацію трансформації цукрів впродовж перших 24 годин процесу зброджування, але при цьому знижує кінцевий вміст спирту в бражці.

4. Використання дифузійного соку в якості сировини для виробництва біоетанолу не потребує додаткового внесення азотного та фосфорного живлення за умови оптимальної реакції середовища на рівні рН 4,8-5,0.

Література

1. Сичевський М.П. Шляхи диверсифікації цукробурякового виробництва / Сичевський М.П., Хомічак Л.М., Олійнічук С.Т., Ярчук М.М., Калініченко М.Ф. // Цукор України. - 2013. - № 4 (88). – с. 9 - 14.
2. Хомічак Л. М. Основні принципи комплексної технології переробки цукрових буряків на цукор та біопалива // Хомічак Л. М., Олійнічук С. Т. - Виступи учасників

конференції // Міжнародна науково-технічна конференція цукровиків України. - 2013. - с.78-82

3. Пришляк Н.В. Ефективність виробництва біопалива на підприємствах бурякоцукрового комплексу : дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Пришляк Наталія Вікторівна. – Вінниця, 2015. – 242с.

4. Рухлядева А.П. Технохимический контроль спиртового производства // М.: Пищевая промышленность, 1974. – 356 с.

5. Инструкция по химико-технологическому контролю и учету сахарного производства. К.:1983. – 476 с.

6. Меляса бурякова. Технічні умови : ДСТУ 3696-98 (ГОСТ 30561-98) - [Чинний від 1999-01-01]. — Київ : Держстандарт України, 1999. — (Нац. стандарт України).

7. Великая Е.И. Лабораторный практикум по курсу общей технологии бродильных производств./ Великая Е.И., Суходол В.Ф. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 312 с.

8. Зубченко В.С. Використання напівпродуктів цукрового виробництва як альтернативної сировини для одержання біоетанолу / Зубченко В.С., Грушицький М.І., Ткаченко Л.В. // Харчова промисловість - 2008. - № 7. – с. 12-14.

9. Małgorzata Gumienna Evaluation of ethanol fermentation parameters for bioethanol production from sugar beet pulp and juice / Małgorzata Gumienna, Katarzyna Szambelan, Henryk Jeleń, Zbigniew Czarnecki // Journal of the Institute of Brewing - Volume 120 - Issue 4 - 2014. - pages 543–549.

10. Коваль О.О. Зброджування цукровмісних продуктів цукрового виробництва в біоетанол / О.О. Коваль, С.Т. Олійнічук, Л.М. Хомічак, Ю.О. Батог // Цукор України : науково - практичний галузевий журнал. - 2014. - N 2. - С. 10-13.