

В.С. ЗУБЧЕНКО, кандидат фізико-математичних наук

Національний університет харчових технологій

Л.В. ТКАЧЕНКО, кандидат технічних наук,

Н.В. ПРОЦАН

Український науково-дослідний інститут спирту та біотехнології харчових продуктів

ЗМІНА МЕТАБОЛІЗМУ СПИРТОВИХ ДРІЖДЖІВ ПІД ДІЄЮ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

*Досліджено вплив постійного магнітного поля на метаболізм спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-563, які використовують при зброджуванні цукровмісної сировини. Визначено оптимальні значення постійного магнітного поля і тривалість його дії для максимального накопичення сивушного масла.*

Ключові слова: дріжджі, магнітне поле, метаболізм, цукровмісна сировина, сивушне масло.

*Проведены исследования влияния постоянного магнитного поля на метаболизм спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* У-563, которые используют при сбраживании сахаросодержащего сырья. Определены оптимальные значения постоянного магнитного поля и длительность его действия для максимального накопления сивушного масла.*

Ключевые слова: дрожжи, магнитное поле, метаболизм, сахаросодержащее сырье, сивушное масло.

Дефіцит нафти в Україні, скорочення обсягів її видобування у світі, потребують пошуку нових джерел відновлюваної вуглеводневої сировини для виробництва моторного палива. З огляду на це до основного виду перспективної сировини можна віднести біоетанол [5].

Актуальною проблемою виробництва біоетанолу для використання цього продукту як добавки до бензинів є збільшення в біоетанолі вмісту вищих спиртів (сивушного масла), що дасть змогу збільшити стійкість сумішевих бензинів від розшаровування [6].

©В.С. Зубченко, Л.В.Ткаченко, Н.В. Процан, 2009 р.

Загальновідомо, що при спиртовому зброджуванні цукровмісної сировини, крім основних продуктів бродіння — етанолу та діоксиду вуглецю — завжди утворюються побічні продукти бродіння: гліцерин, альдегіди, вищі спирти (сивушне масло), органічні кислоти, ефіри [8]. Багатьма вченими було визначено кількісні параметри утворення вторинних продуктів бродіння. Показано, що кількість утворених побічних продуктів бродіння залежить від ряду факторів і, головним чином, від фізіологічних, технологічних особливостей та на-

прямку метаболізму дріжджів-продуцентів [4]. Тому пошуки та розробка нових способів зміни напрямку метаболізму продуцентів за допомогою різноманітних фізичних методів мають не тільки науковий інтерес, а й практичне значення.

Відомо, що одержання дріжджів, які мають кращу біохімічну активність, а саме більшу швидкість утворення вищих спиртів — це довготривалий, багатоступеневий селективний процес. Тому використання дії магнітного поля для підвищення біохімічної активності дріжджів у напрямку утворення сивушного масла є актуальною задачею.

Метою нашої роботи було визначення ефективності дії постійного магнітного поля на продуцент дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* штам У-563 для одержання етилового спирту з цукровмісної сировини, і добір оптимальної дози для підвищення біохімічної активності у бік збільшення метаболізму утворення сивушного масла.

Об'єктом досліджень був промисловий штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-563 — триплоїдний гібридний штам дріжджів, який має підвищену генеративну активність, отриманий шляхом схрещування осмофільного спиртового штаму *Saccharomyces cerevisiae* III-1 і хлібопекарського штаму *Saccharomyces cerevisiae* 2-10, який повністю зброджує рафінозу. Від диплоїда гібрид набув осмофільності, спиртостійкості і властивості інтенсивно зброджувати концентровані розчини м'яси 24-26% СР з накопиченням спирту в бражці до 10,5 об.% і отриманням пресованих дріжджів підвищеної якості [4]. Величина клітин дводобової культури на солодовому суслі концентрацією 8% сухих речовин (СР) 6,5-7,0 x 8,0-8,2 мкм. Об'єм клітин 221,17 мкм³. Форма клітин переважає яйцевидна, вегетативне розмноження — брунькуванням. Дріжджі засвоюють глюкозу, галактозу, сахарозу, мальтозу, етанол, гліцерин, оцтову і молочну кислоти. Штам *Saccharomyces cerevisiae* У-563 використовують при виробництві біоетанолу з цукровмісної сировини [9].

Обробленню постійним магнітним полем піддавали пробірки з 20 см³ добової культури дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-563, яку культивували за температури 30 °С впродовж 24 год. на стерильному м'ясному суслі з масовою часткою СР 24 % з додаванням 5% сивушного масла.

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. Контролем були пробірки з дріжджами, що вирощували на аналогічному м'ясному середовищі з додаванням сивушного масла, які не піддавали дії постійного магнітного поля.

Для вирощування дріжджів і подальшого спиртового зброджування як сировину використовували цукробурякову м'ясу, яка мала показники, що

відповідають вимогам ДСТУ 3696-98 [2]. З м'яси готували сусло з масовою часткою СР 24 %, підкислювали його сірчаною кислотою до величини рН на рівні 5,2 та збагачували азотним і фосфорним живленням, за нормами прийнятими в спиртовій галузі. Дослідження здійснювали в лабораторних умовах за методом «бродильної проби» [3]. Кількість засівних дріжджів була однаковою для усіх варіантів і становила 20 %. Досліди для кожного варіанту оброблення дріжджів проводили в трьох повторностях. Зброджування сусла, яке засівали дріжджами за різними варіантами оброблення, проводили впродовж 72 год. за температури 30 °С.

Показники дозрілої бражки визначали за методиками, що використовуються у практиці спиртового виробництва [1,3], а саме: видиму густину сухих речовин (СР) — ареометричним методом, величину рН — потенціометричним методом, величину кислотності — електрометричним титруванням, кількість незбродженого цукру — за колориметричним методом з резорцином [7], біомасу дріжджів ваговим методом з перерахунком на 75 % вологість [1]. В бражних дистилатах визначали концентрацію етилового спирту ареометричним методом [9]. Вміст сивушного масла в бражних дистилатах визначали за реакцією з розчином парадиметил-амінобензальдегіду в сірчаній кислоті [3].

Показники дозрілої бражки, одержаної при зброджуванні дріжджами, які було оброблено магнітним полем напруженістю 1,5-10⁵ А/м впродовж 5, 10, 20 та 30 хв. у порівнянні з контролем, наведено у таблиці.

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

Показники	Контроль без обробки	Варіанти оброблення дріжджів магнітним полем			
		5 хв.	10 хв.	20 хв.	30 хв.
Видима густина, % СР	6,6	6,6	6,5	6,4	6,5
рН середовища	5,02	5,01	5,02	5,03	5,01
Кислотність, град	0,65	0,66	0,65	0,66	0,68
Концентрація спирту, об. %	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Вміст незброджених цукрів, %	0,218	0,216	0,213	0,211	0,212
Біомаса дріжджів 75% вологості, г/дм ³	24,6	24,8	25,3	28,8	28,6
Вміст сивушного масла, г/дм ³ а.а.	5,14	5,28	5,82	6,38	6,32

З одержаних даних видно, що при використанні для зброджування м'ясного сусла дріжджів, які було оброблено магнітним полем, у дозрілій бражці спостерігається пряма залежність накопичення сивушного масла від тривалості оброблення. При збільшенні тривалості обробки до 20 хв. та 30 хв. кількість сивушного масла зростає, відповідно, до

6,38 та 6,32 г/дм³ а.а. (при цьому у контролі кількість сивушного масла становить 5,14 г/дм³ а.а.). Зміна напрямку метаболізму дріжджів, які піддавали обробленню магнітним полем впродовж 20 та 30 хв., на утворення сивушного масла, підтверджується і збільшенням накопичення біомаси дріжджів до 28,8 та 28,6 г/дм³, відповідно, що на 16,3 — 17,1 % більше, ніж в контролі. При цьому усі інші показники дозрілої бражки: видима густина, значення рН, кислотність, концентрація етилового спирту, вміст незброджених цукрів, знаходяться на рівні контрольного варіанту.

З метою встановлення збереження придбаних властивостей накопичення сивушного масла дріжджами, які піддавали дії постійного магнітного поля впродовж 20 та 30 хв., було проведено п'ять послідовних пасажувань дріжджів з наступним збродуванням та визначанням вмісту сивушного масла у дозрілій бражці. Результати проведених досліджень наведено на рисунку 1.

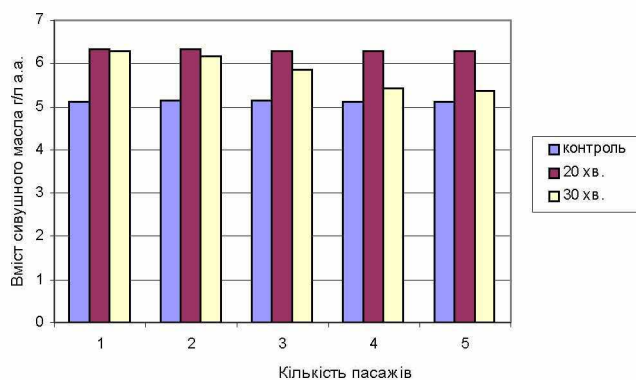


Рис. 1. Динаміка накопичення сивушного масла від кількості пасажів дріжджів

У результаті проведених досліджень визначено, що дріжджі, які було оброблено магнітним полем впродовж 20 хв., і після п'яти пасажувань зберігали здатність накопичувати збільшену кількість сивушного масла у порівнянні з контрольною культурою дріжджів, яку не піддавали дії постійного магнітного поля. Також встановлено, що у дріжджів, які було оброблено магнітним полем впродовж 30 хв., уже після 3-го пасажування кількість сивушного масла у дозрілій бражці зменшувалась майже до значень контрольного варіанту.

Таким чином, експериментально встановлено оптимальні значення постійного магнітного поля (напруженість 1,510³ А/м при тривалості 20 хв.), на штаму дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-563, за якими досягається максимальний ефект збільшення накопичення сивушного масла на 17 % ніж у контрольному варіанті. Досягнутий ефект зберігається впродовж п'яти послідовних пасажувань дріжджів. Зміну напрямку метаболізму дріжджів у бік збільшення накопичення сивушного масла можна пояснити тим, що під час дії постійного магнітного поля збільшується активність ферментних систем

дріжджів. Подальше збільшення тривалості оброблення до 30 хв., мабуть, призводять до більш глибоких змін у дріжджовій клітині, що призводить до погіршення біохімічної активності дріжджів, хоча продуктивність їх за накопиченням біомаси залишається на рівні контролю.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що оброблення штаму спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-563 постійним магнітним полем напруженістю 1,5·10³ А/м впродовж 20 хв., дає можливість збільшити накопичення сивушного масла на 17 % у порівнянні з вихідною культурою. При цьому усі інші показники дозрілої бражки, крім біомаси дріжджів, залишаються на рівні контролю.

Встановлено, що за оптимального значення дії постійного магнітного поля, здатність даного штаму дріжджів накопичувати збільшену кількість сивушного масла зберігається впродовж п'яти пасажувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Великая Е.М., Суходол В.Ф. Лабораторный практикум по общей технологии броидильных производств. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 312с.
2. ДСТУ 3696-98 (ГОСТ 30561-98). Меляса бурякова. Технічні умови. — Київ: Держстандарт України. — 21 с.
3. Инструкция по химико-технологическому и микробиологическому контролю комплексной переработки мелассы на спирт и другие продукты. — М.: Агропромиздат, 1986. — 220с.
4. Коновалов С.А. Биохимия дрожжей. — М.: Пищевая пром-ть, 1980. — С.271.
5. Лавров Є. Паливо майбутнього // Харчова і переробна промисловість. — 2004. — №12. — С.4–6.
6. Онощенко С.Н. Применение оксигенатов при производстве перспективных автомобильных бензинов. — К.: Техника, 2003. — С.63.
7. СОУ15.9-37-240:2005. Сировина цукровмісна для виробництва спирту етилового зброджена. Метод визначення незброджених цукрів, що не зброжені.
8. Технологія спирту / Під ред. проф. В.О. Маринченко. — Вінниця: Поділля. — 2000. — 2003. — С.496.
9. Типовий технологічний регламент одержання мелясно-спиртової бражки і пресованих хлібопекарських дріжджів: ТТР № 000 32744-3508-2005: Затв. Держ деп. Продовольства 20.09.05. — К., 2005. — 245 с.

Одержана редколлегією 31.03.09 р.