



ЦИТ: ua217-031

DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-2-031

УДК 663.533

Ковальчук С.С., Пакуляк Х.І.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА
ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ***Національний університет харчових технологій,
Київ, Володимирська 68, 01601***Kovalchuk S., Pakuliak K.****INTENSIFICATION TECHNOLOGY FERMENTING WORT HIGH
CONCENTRATION***National University of Food Technologies
Kyiv, Volodymyrska 68, 01601*

Анотація. Для організації та налагодження виробництва альтернативних джерел енергії необхідно забезпечити їх конкурентоспроможність на ринку енергоносіїв органічного походження.

*В роботі визначено оптимальні технологічні параметри приготування та збродження зернового сусла високої концентрації 20-30 % сухих речовин з використанням осмофільного та термотолерантного штаму дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-16 (селекція НУХТ), здатного синтезувати до 17 % спирту. Підібрані оптимальні концентрації засівних дріжджів для збродження сусла високої концентрації, а також температурні режими, які дозволяють інтенсифікувати процес збродження.*

Ключові слова: збродження, дріжджі, сусло, спирт, концентрація.

*Abstract. For the organization and establishment of alternative energy sources is necessary to ensure their competitiveness in the energy market of organic origin. In this paper we describe the use of optimum technological parameters for preparation and fermentation of a high concentration wort 20-30 % solids using osmophilic and thermotolerant yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* DO-16 (selection of NUPT), capable of synthesizing up to 17 % alcohol, were determined. The selected optimal concentrations of planting yeast during fermentation of the wort of high concentration, as well as temperature regimes that allow intensifying the process of fermentation.*

Key words: fermentation, yeast, mash, alcohol concentration.

Нині виробництво паливного біоетанолу для України є перспективним напрямком, що сприятиме покращенню екологічного стану навколишнього середовища.

Розроблення безвідходної технології переробки зернової сировини в біоетанол обумовлює необхідність використання високонцентрованого сусла з послідувачим збродження, осмофільними та термотолерантними дріжджами. для забезпечення рентабельності виробництва

Швидкість збродження вуглеводів сусла в значній мірі залежить від кількості засівних дріжджів. Тому збільшення їх концентрації є одним із ефективних шляхів інтенсифікації процесу бродіння і зменшення



експлуатаційних витрат на його здійснення.

В технології спирту з крохмалевмісної сировини гідроліз крохмалю до моно- і дисахаридів на стадії термоферментативної обробки сировини проходить не повністю і продовжується під час зброджування сусла після того, як зброджено не менше 1/3 глюкози. Тому скорочення тривалості стадії головного бродіння суттєво впливає на інтенсивність дооцукрення декстринів і скорочує загальний термін процесу зброджування.

Вплив кількості засівних дріжджів на технологічні показники спиртового бродіння досліджували на суслі з кукурудзи концентрацією 20 і 28 % СР. Засівні дріжджі задавали в кількості 20, 40, 60 і 80 млн / см³.

На основі проведених досліджень встановлено, що вихід спирту з 1 тони умовного крохмалю досягає максимального значення при концентрації засівних дріжджів в межах 40 ... 60 млн/см³ (табл.1).

Таблиця 1.

Вплив концентрації засівних дріжджів на показники спиртової бражки

Назва показника	Кількість засівних дріжджів, млн./см ³							
	20		40		60		80	
	20 % СР	28 % СР	20 % СР	28 % СР	20 % СР	28 % СР	20 % СР	28 % СР
Кислотність, град	0,45	0,46	0,44	0,43	0,44	0,44	0,45	0,43
pH бражки	4,8	4,2	4,6	4,3	4,7	4,3	4,5	4,2
Вміст спирту, % об.	10,80	14,62	10,81	14,72	10,80	14,77	10,79	14,80
Розчинених вуглеводів, г/100 см ³	0,310	0,600	0,290	0,501	0,280	0,496	0,250	0,482
Нерозчиненого крохмалю, г/100 см ³	0,090	0,091	0,090	0,090	0,085	0,089	0,085	0,090
Спирто-розчинних вуглеводів, г/100 см ³	0,16	0,26	0,15	0,20	0,15	0,19	0,12	0,18
Декстринів, г/100 см ³	0,15	0,17	0,14	0,15	0,12	0,12	0,13	0,12
Гліцерину, г/100 см ³	0,58	0,66	0,57	0,64	0,55	0,63	0,59	0,64
Дріжджів, млн./см ³	150	210	230	270	215	275	230	280
Вихід спирту, дал/т умовного крохмалю	66,65	66,60	66,60	66,63	66,60	66,62	66,59	66,60

При збільшенні кількості засівних дріжджів і концентрації сусла до 28 % СР вміст спирторозчинних вуглеводів в бражці знижується від 0,26 до 0,18 г / 100 см³, а концентрація спирту в бражці підвищується в середньому на 1,23 % за рахунок більш повного зброджування вуглеводів сировини.

Під час бродіння спиртові дріжджі синтезують поряд з спиртом інші органічні сполуки, на що витрачається певна кількість зброджуваних вуглеводів, це зменшує питомий вихід цільового продукту. Найбільша кількість вуглеводів серед інших супутніх органічних речовин витрачається на синтез гліцерину (1,39 г на 1 г гліцерину). Тому заходи, спрямовані на зменшення його



синтезу, є резервом для збільшення виходу спирту. Найменше гліцерину синтезувалось при кількості засівних дріжджів 40 ... 60 млн / см³. Крім того, збільшення популяції дріжджів гальмує розвиток сторонньої мікрофлори. За традиційною технологією оцукрювання розрідженого сусла до зброджуваних вуглеводів здійснюється в оцукрювачі при температурі 50 ... 55°C протягом 25 ... 40 хв. За таких умов оцукрювач може бути джерелом розвитку кислотоутворюючої мікрофлори, і при цьому ферментні препарати втрачають до 40 % активності [2].

Враховуючи, що оптимум дії оцукрюючих ферментних препаратів знаходиться при температурах 50 ... 55 °С, тому доцільно наближати температуру бродіння до оптимуму дії ферментів. Для цього необхідно визначити лімітуючі межі підвищення температури бродіння, при якій спиртові дріжджі будуть зберігати високу фізіологічну активність. Це є ключовим питанням при зброджуванні сусла високих концентрацій.

В наступній серії досліджень зброджували сусло з кукурудзи з концентрацією 20, 26 і 30% СР., при температурах 30, 32, 35 і 37 °С. Засівні дріжджі вносили з розрахунку 20 і 40 млн/см³ залежно від концентрації сухих речовин сусла.

Аналіз динаміки зброджування сусла показав, що з підвищенням температури бродіння активність дріжджів зростає незалежно від початкової концентрації сухих речовин сусла, а його тривалість скорочується. Так, при температурі бродіння 35 °С за перші 36 годин інтенсивність зброджування сусла була вищою в середньому на 20 ... 30 % у порівнянні з контролем. Далі інтенсивність бродіння знижувалась, що може бути обумовлено високою концентрацією спирту, який гальмує процеси метаболізму дріжджової клітини. При температурі 30 °С (контроль) тривалість бродіння знаходилось в межах 72 ... 84 годин залежно від початкової концентрації сухих речовин сусла. З підвищенням температури бродіння від 32 до 37 °С його тривалість скорочувалась і становила 40 ... 45 годин при концентрації (20% СР); 58 ... 62 години (26 % СР) і 72 ... 76 годин (30 % СР). З підвищенням температури зброджування висококонцентрованого сусла (26 ... 30% СР) від 30 до 37 °С тривалість бродіння скорочувалась в середньому на 6 ... 10 годин і знаходилась в межах 58 ... 76 годин.

Підвищення температури зброджування від 30 до 32°C концентрація спирту в бражці зростала на 0,37; 0,51 і 0,64 % для концентрацій сусла – 20; 26 і 30 % СР відповідно. При підвищенні температури від 32 до 37 °С концентрація спирту в бражці істотно не змінювалась за однакової концентрації сусла. Максимальна кількість мертвих дріжджових клітин спостерігалась при температурі 37 °С та концентрації сусла 30 % СР, і складала –18%. Найменший вміст розчинених вуглеводів в бражці був отриманий за температури 35 °С.

Аналіз отриманих даних показав, що зміна температури зброджування по-різному впливала на окремі хіміко-технологічні показники спиртової бражки. Тому були проведені дослідження постадійного зброджування сусла за такими режимами:

- перший – 24 години при температурі 32°C, наступні 36 годин - при



температурі 35 °С і доброджування при температурі 30 °С;

- другий – 35 °С перші 24 години і 36 годин при температурі 32 °С до кінця бродіння.

Постадійне зброджування висококонцентрованого сусла дозволило забезпечити високу фізіологічну активність дріжджів, створити умови для зниження на 8 ... 10 % концентрації декстринів, на 17 ... 20 % знизити кількість мертвих клітин в бражках.

З технологічної точки зору найбільш доцільним є другий режим, за якого відпадає потреба охолодження розрідженого сусла до більш низької температури 32 °С. Такий температурний режим є ефективним при зброджуванні сусла високих концентрацій 26 ... 30% СР і може бути рекомендований для промислового використання.

Використання запропонованої технології зброджування сусла високих концентрацій дозволить збільшити вміст спирту в зрілих бражки, а також підвищити потужність спиртових заводів без додаткових капіталовкладень, знизити на 20-30% вихід барди і тим самим покращити екологічний стан навколишнього середовища.

Література:

1. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійничук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія и практика: Монографія. - К.: Видавничий дім

"Асканія", 2009. - 424 с.

2. Римарева, Л.В. Сбраживание концентрированного зернового сусла с использованием осмофильной расы спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 1039 /Л.В. Римарева, М.Б. Оверченко, Е.М. Серба, К.Л. Агашичева Н.И. Игнатова, // Производство спирта и ликероводочных изделий.—2011.— №3.—С.10-12

Наукові керівники: к.т.н., доц. Мудрак Т.О., к.т.н., доц. Куц А.М.

Стаття відправлена: 31.05.2017 г.