

УДК 663.5, 662.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПІВВІДНОШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ДРІЖДЖІВ ТА ОСНОВНОГО СУСЛА НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОГО БРОДІННЯ

Хомічак В. Л.¹, аспірант, с.н.с. відділу технології продуктів бродіння
<https://orcid.org/0009-0002-0593-9757>

Кузнєцова І. В.¹, д.с.-г.н., к.т.н., с.н.с., завідувач відділу
 технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
<http://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

Олійнічук С. Т.¹, д.т.н., с.н.с., завідувач відділу технології продуктів бродіння
<https://orcid.org/0000-0002-2885-6754>

Коваль О. О.¹, к.т.н. с.н.с. відділу технології продуктів бродіння
<https://orcid.org/0000-0003-1035-5895>

Висоцька С. І.^{1,2}, PhD, с.н.с. відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів,
 с.н.с. відділення аграрної економіки та продовольства
<http://orcid.org/0000-0001-7686-9800>

Заварзіна О. С.¹ пров. фахівчиня відділу технології продуктів бродіння
<https://orcid.org/0000-0003-3241-8463>

¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна
²Національна академія аграрних наук України, Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2026-26-14>

Надійшла 19.05.2026. Прийнята після рецензування 21.06.2026. Опублікована 30.06.2026

Ліцензія CC BY-NC-ND 4.0

Предмет. Визначення впливу кількості виробничих дріжджів на інтенсивність перебігу бродіння. **Мета.** Метою є дослідження впливу співвідношення кількості виробничих дріжджів та основного суслу на перебіг процесу безперервного бродіння. **Методи.** Фізико-хімічні методи досліджень. **Результати.** Перебіг процесу безперервного бродіння відбувається при одночасному оцукрюванні та збродженні. Під час технологічного процесу створюються стресові умови для дріжджової культури. Відповідно, правильний підбір штаму дріжджів визначає ефективність процесу бродіння. Зокрема, застосовують у виробництві дріжджі, що проявляють стійкість до осмотичного стресу такі як сухі дріжджі «Первак» (турбо-дріжджі) та вологі дріжджі ДС-02-Е. На відміну від побутових турбо-дріжджів, ДС-02-Е оптимізовані під промисловий безперервний (проточний) або батарейний метод бродіння, де баланс незбродженого цукру в кукурудзяному суслі безпосередньо регулює швидкість потоку та стабільність біомаси. Експериментально показано, що для сухих дріжджів «Первак» оптимальним є використання дріжджів в кількості 16 – 18% від загальної маси суслу, оскільки за даних умов вміст спирту в зрілій бражці без урахування спирту, внесеного з дріжджанкою, становить 11,46–11,50% об., з урахуванням спирту, внесеного з дріжджанкою – 13,00–13,15% об. Встановлено, що для дріжджів ДС-02-Е оптимальним є внесення виробничих дріжджів в кількості 18% від загальної маси суслу, вміст спирту без урахування спирту з дріжджанки складає 11,50% об., з урахуванням спирту, внесеного з дріжджами – 13,25% об. Отже, оптимальною кількістю виробничих дріжджів для штамів, використовуваних в дослідженні є 18% від загальної маси суслу. зміна даного параметру впливає на вміст спирту та незброджених цукрів у бражці, а також на вміст істинних сухих речовин, фактично не впливаючи на решту показників. **Сфера застосування результатів.** Харчова промисловість, а саме спиртова галузь.

Ключові слова: фермент, дріжджі, якість, етанол, кукурудза, гідроліз, крохмаль

A STUDY OF THE EFFECT OF THE RATIO OF YEAST TO WORT ON THE COURSE OF THE CONTINUOUS FERMENTATION PROCESS

Volodymyr Khomichak¹, Postgraduate Student,
 Senior Researcher of Fermentation Products Technology Department
<https://orcid.org/0009-0002-0593-9757>

Inha Kuznietsova¹, D-r of Sc., Agricultural, Senior Researcher,
 Head Department of Sugar Technology, Sugar Products and Ingredients
<http://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

Serhii Olivnichuk¹. D-r of Sc., Enaineerina. Senior Researcher.

Head of Fermentation Products Technology Department

<https://orcid.org/0000-0002-2885-6754>

Olaa Koval¹. PhD. Enaineerina.

Senior Researcher of Fermentation Products Technology Department

<https://orcid.org/0000-0003-1035-5895>

Svitlana Vvsotska^{1,2}. PhD. Enaineerina.

Senior Researcher of Sugar Technology, Sugar Products and Inaredients Department

<https://orcid.org/0000-0001-7686-9800>

Oksana Zavarzina, Senior Specialist of Fermentation Products Technology Department

<https://orcid.org/0000-0003-3241-8463>

¹Institute of Food Resources NAAS, Kviv, Ukraine

²National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Subject. Determining the effect of the amount of brewer's yeast on the intensity of fermentation. **Purpose.**

A study of the effect of the ratio of brewer's yeast to wort on the course of the continuous fermentation process.

Methods. physical and chemical. **Results.** The continuous fermentation process involves simultaneous

saccharification and fermentation. During this process, stressful conditions are created for the yeast culture.

Accordingly, the correct selection of the yeast strain determines the efficiency of the fermentation process. In

particular, yeasts that exhibit resistance to osmotic stress are used in production, such as "Pervak" dry yeast

(turbo yeast) and DS-02-E fresh yeast. Unlike household turbo-yeasts, DS-02-E is optimized for industrial

continuous (flow) or batch fermentation methods, where the balance of unfermented sugar in the corn mash

directly regulates the flow rate and biomass stability. Experiments have shown that for "Pervak" dry yeast,

the optimal dosage is 16–18% of the total mash weight, since under these conditions, the alcohol content in

the mature mash, excluding the alcohol introduced with the yeast starter, is 11.46–11.50% vol., and including

the alcohol introduced with the yeast starter, it is 13.00–13.15% vol. It has been established that for DS-02-E

yeast, the optimal amount of brewer's yeast is 18% of the total wort mass; the alcohol content, excluding the

alcohol from the yeast starter, is 11.50% by volume, and including the alcohol introduced with the yeast, it is

13.25% by volume. Thus, the optimal amount of commercial yeast for the strains used in the study is 18% of

the total wort mass. Changing this parameter affects the alcohol content and unfermented sugars in the wort,

as well as the true dry matter content, while having virtually no effect on the remaining parameters. **Scope of**

results. Food retail industry, namely alcohol-based industry.

Key words: enzyme, yeast, quality, ethanol, corn, hydrolysis, starch

Постановка проблеми. Сьогодні дріжджі є основою в багатьох харчових процесах, найпоширенішими з яких є дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, Зокрема, їх використання у виробництві алкоголю дозволяє знизити вартість дистиляції, що забезпечує високий вихід етанолу [1, 2]. Водночас під час ферментації сахарози для дріжджів виникають стресові умови, які пригнічують їхню життєдіяльність, такі як: підвищення температури (35–45°C), концентрація етанолу (понад 20%), осмотичний стрес та виникнення бактеріального забруднення [3, 4]. Швидкість росту та метаболізму дріжджів збільшуються зі збільшенням температури, доки не досягне оптимального значення [5, 6]. Нездатність *S. cerevisiae* рости в середовищах, що містять високий рівень спирту, призводить до пригнічення виробництва етанолу [7].

Існує кілька факторів, які впливають на виробництво біоетанолу, включаючи температуру, концентрацію цукру, рН, час ферментації, швидкість перемішування та розмір інокуляту [86]. Швидкість росту мікроорганізмів безпосередньо залежить від температури [87]. Висока температура, яка несприятлива для росту клітин, стає стресовим фактором для мікроорганізмів [88]. Ідеальний діапазон температур для ферментації становить від 20 до 35 °C. Вільні клітини *S. cerevisiae* мають оптимальну температуру близько 30 °C [89]. Крім того, ферменти, які регулюють мікробну активність та процес ферментації, чутливі до високої температури, яка може денатурувати його третинну структуру та інактивувати ферменти [90].

Поширені проблеми дріжджів можна подолати, використовуючи дріжджі, стійкі до етанолу та термотолерантні. Ферментація етанолу при високій температурі є корисним процесом, оскільки вона відбирає термотолерантні мікроорганізми [8].

При безперервному бродінні клітини дріжджів постійно перебувають на піку активності (в логарифмічній фазі), сахароза переробляється у міру надходження, спиртовий стрес стабільний та контрольований (відповідає концентрації спирту в конкретній точці процесу), знижується рівень утворення гліцерину та вищий вихід етанолу. Для підвищення ефективності спиртового виробництва використовують різні штами дріжджів, які характеризуються різною стійкістю до тих чи інших умов. Зокрема, для висококонцентрованих субстратів (22–31%) застосовують осмофільні дріжджі, для високо концентрованого спирту у бражці (12–16 об.%) використовують спиртостійкі, а для зброджування крохмалевмісної сировини при підвищених температурах (35–36°C) використовують термотолерантні. Вченими Національного університету харчових технологій було селекційовано за ознаками осмофільності штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11, який при концентрації сухих речовин 22–30% може синтезувати 12–16 об.% етилового спирту [9]. Такими ж ознаками характеризуються штами ДТ-05-М, ДС-02-Е, проте на підприємствах спиртової промисловості в більшості випадків використовують сухі дріжджі іноземних виробників [10]. Вченими Інституту продовольчих ресурсів НААН України було селекційовано штам осмофільних дріжджів ДС-02-Е. Дослідження показали, що порівняно з комерційними сухими дріжджами, сахароміцети штаму ДС-02-Е накопичують спирту на 0,66 дал/т сировини більше [9], а також менше накопичують гліцеролу за підвищених концентрацій субстрату [11, 12].

Таким чином, дослідження впливу дріжджів на перебіг процесу безперервного бродіння є актуальним питанням у виробництві біоетанолу.

Предмет – визначення впливу кількості виробничих дріжджів на інтенсивність перебігу бродіння.

Метою є дослідження впливу співвідношення кількості виробничих дріжджів та основного суслу на перебіг процесу безперервного бродіння.

Метод та методики досліджень. Для досліджень щодо визначення впливу кількості виробничих дріжджів на інтенсивність перебігу бродіння було використано два штами дріжджів – сухі дріжджі «Первак» та вологі дріжджі ДС-02-Е.

Сухі дріжджі «Первак» (турбо-дріжджі) – це активні сухі спиртові дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, емульгатори (Е472е, Е491) та комплекс мінеральних солей (поживні речовини).

Вологі дріжджі ДС-02-Е – це осмофільний штам *Saccharomyces cerevisiae*, що складається з чистої культури дріжджових клітин, без сторонніх домішок.

В якості субстрату для вирощування дріжджів використовували стерильне солодове сусло з концентрацією сухих речовин (СР) 10% та сусло на основі меляси концентрацією СР 10%, підкислене до рН 4,8, з додатковими джерелом живлення азотом та фосфором. В якості сировини для дріжджового суслу було обрано саме мелясу через доступність її цукрів до зброджування без попередньої обробки та наявність в складі неорганічних сполук, що покращують показники буферності суслу відносно органічних кислот, спродукованих дріжджовими клітинами в процесі життєдіяльності.

Дріжджі ДС-02-Е культивували на солодовому стерильному суслі з концентрацією сухих речовин 10% у три етапи:

1-й етап – у пробірку з дріжджами додавали 10 см³ суслу заданої концентрації;

2-й етап – у колбу додавали 50 см³ солодового суслу та засівали дріжджі з попередньої стадії;

3-й етап – у колбу додавали 200 см³ мелясного суслу та дріжджі з попередньої стадії.

Культивування проводили на етапах 1 та 2 при температурі 30°C тривалістю 24 год і на етапі 3 – до вмісту сухих речовин в дріжджовій бражці на рівні 4–5% . Кількість біомаси в дріжджанці на час введення її в основне сусло становила 18–19 г/дм³.

Дріжджі «Первак» вводили в мелясне сусло в кількості, еквівалентній кількості вологих дріжджів і проводили етап 3 аналогічним чином. Кількість біомаси в дріжджанці на час

введення її в основне сусло становила 18–19 г/дм³. В зрілій дріжджанці визначали вміст спирту та незброджених вуглеводів, за цими даними визначали максимальну повноту зброджування для розрахунку спирту, введеного в основне сусло з виробничими дріжджами.

Основне сусло з крохмалевмісної сировини готували з розрахунку на вміст спирту в зрілій бражці на рівні 12,0% об., як субстрат використовували подрібнену кукурудзу, показники якості якої представлено в таблиці 1.

В дослідженнях використовували зерно кукурудзи третього класу та вторинні продукти (відходи), які отримують у виробничих умовах. Фізико-хімічні показники кукурудзяної сировини наведено в таблиці 1.

Таблиця 1
Фізико-хімічний склад кукурудзи
(n = 3, p < 5)

Показник	Кукурудза
Сміттєва домішка, %	0,03
Вологість зерна, %	12,5
Вологість помелу, %	12,8
Вміст умовного крохмалю, %	59,33

Гідроліз крохмалю зерна кукурудзи здійснювали ферментними препаратами: α -амілаза (Tegamil BLHL) з витратами 2,0 од. активності на 1 г крохмалю та глюкоамілази (Tegamil GA 490) з витратами 8,0 од. активності на 1 г крохмалю, виробництва Peli Bio-Chem Technology (Shanghai) Co.

Кількість виробничих дріжджів становила: 14, 16, 18 та 20% від загальної маси суслу.

Загальна тривалість бродіння становила 72 години, з урахуванням терміну бродіння дріжджанки (етап 3 приготування дріжджів).

Результати досліджень. Безперервне бродіння здійснюється шляхом постійного додавання субстратів, культурального середовища та поживних речовин у біореактор, що містить активні мікроорганізми. Об'єм культури в безперервній роботі має бути постійним, а продукти ферментації безперервно відбираються з середовища [13]. В умовах зброджування суслу підвищеної концентрації створюються несприятливі умови для живлення дріжджів і перебігу бродіння, як через високу концентрацію зброджуваних цукрів на початку бродіння, так і через нарощування вмісту спирту в бражці, що також інгібує життєдіяльність дріжджів. Глюкоамілазу додають безпосередньо у бродильні апарати разом із дріжджами. Це дозволяє кукурудзяному крохмалю розщеплюватися до глюкози поступово. Дріжджі миттєво поглинають утворений цукор і завдяки цьому його концентрація в реакторі ніколи не буває занадто високою (немає осмотичного стресу), і ніколи не падає до критичного мінімуму.

У разі надлишку живильних речовин дріжджові клітини запасують резервні речовини – глікоген, фосфати, ліпіди, трегалозу. Резервні речовини у клітинах визначають фізіологічний стан дріжджової культури, безпосередньо впливають на перебіг бродіння, беруть участь у підтримці життєздатності клітин у стресових умовах. Зниження реакції на осмотичний стрес здійснюють поступовою адаптацією клітин до високої концентрації суслу, починаючи зі стадії культивування дріжджів. Застосовують у виробництві дріжджів, що проявляють стійкість до осмотичного стресу. Враховуючи дане, в дослідженні використовували сухі дріжджі «Первак» (турбо-дріжджі) та вологі дріжджі ДС-02-Е. Турбо-дріжджі вже містять стартовий комплекс вітамінів, мікроелементів і регуляторів кислотності, що пришвидшує перебіг спиртового бродіння. Дріжджові клітини розщеплюють цукор, перетворюючи його на етиловий спирт і вуглекислий газ, виділяючи при цьому тепло. До складу входять речовини, що запобігають утворенню піни, яка часто виникає при активному бродінні. Вміст поживних речовин мінімізують стрес для дріжджів, завдяки чому виділяється менше сивушних масел і зберігається чистий смак. Результати проведеного експерименту представлено в таблиці 2.

Механізм дії *Saccharomyces cerevisiae* в умовах безперервного бродіння кукурудзяного суслу кардинально відрізняється від класичного періодичного процесу. Головна відмінність полягає в тому, що дріжджі штучно утримуються у стані постійної динамічної рівноваги - в логарифмічній фазі росту, де швидкість вимивання біомаси з реактора дорівнює швидкості приросту нових клітин. Якщо у виробництві використовується повернення лютерної води або

фільтрату барди, сусло містить фурфурол – це продукт розпаду пентоз. *S. cerevisiae* в безперервному потоці адаптує метаболізм, використовуючи специфічні дегідрогенази для відновлення токсичного фурфуролу до менш шкідливого фурфурилового спирту.

Таблиця 2

Вплив кількості виробничих дріжджів на показники зрілої бражки за використання штамів ДС-02-Е та «Первак» (n = 3, p < 5)

Показник дозрілої бражки	Кількість дріжджів, % від загальної маси сусла							
	14		16		18		20	
	ДС-02-Е	«Первак»	ДС-02-Е	«Первак»	ДС-02-Е	«Первак»	ДС-02-Е	«Первак»
Вміст спирту загальний, % об.	12,70	12,70	12,90	13,00	13,25	13,15	13,25	13,20
Вміст спирту, отриманого за рахунок цукрів дріжджанки, % об.	1,40	1,31	1,60	1,50	1,80	1,69	2,00	1,88
Вміст загальних незброджених цукрів, г/ 100 см ³	0,726	0,748	0,681	0,690	0,530	0,641	0,519	0,527
Вміст водорозчинних незброджених цукрів, г/ 100 см ³	0,700	0,739	0,672	0,667	0,508	0,608	0,500	0,519
Вміст спирторозчинних незброджених цукрів	0,664	0,722	0,658	0,635	0,456	0,569	0,480	0,512
pH	4,43	4,44	4,35	4,38	4,42	4,49	4,40	4,45
Титрована кислотність, град.	0,68	0,70	0,70	0,72	0,72	0,74	0,70	0,70
Вміст істинних сухих речовин, %	4,20	4,25	4,50	4,50	4,90	4,85	5,10	5,00
Вміст нерозчиненого крохмалю, г/ 100 см ³	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01
Вміст декстринів, г/ 100 см ³	0,03	0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02	0,01
Вміст гліцерину, г/ 100 см ³	0,78	0,90	0,79	0,94	0,81	0,93	0,82	0,90

Кукурудзяне сусло є складним субстратом і під час перебігу процесу безперервного зброджування дріжджова клітина активує специфічні захисні ферментативні механізми. Зокрема, кукурудза містить протеїни, але має низький вміст легкозасвоюваного аміноазоту. *S. cerevisiae* активує систему поглинання амінокислот і через реакції трансклутаминації дріжджі виділяють вищі спирти. Використання в дріжджанці сусла низької концентрації сприятливо впливає на перебіг ферментації як для сухих, так і для вологих дріжджів. За умови введення дріжджів в кількості 14% від маси загального сусла, не досягається розрахункового показника вмісту спирту.

Штам ДС-02-Е – це високопродуктивна селекційна культура спиртових дріжджів, що широко використовується у промисловому виробництві етанолу з крохмалевмісної сировини. На відміну від побутових турбо-дріжджів, ДС-02-Е оптимізовані під промисловий безперервний метод бродіння, де баланс незбродженого цукру в кукурудзяному суслі безпосередньо регулює швидкість потоку та стабільність біомаси. Вміст незбродженого (залишкового) цукру є досить високим за використання обох штамів дріжджів оскільки дріжджі в такій кількості не можуть переробити весь зброджуваний цукор за необхідний термін. Вміст нерозчиненого крохмалю та декстринів є низьким за всіма варіантами

дослідження, що свідчить про те, що процес підготовки сусла до зброджування проходив за оптимальних умов.

Механізм дії спиртових дріжджів штаму ДС-02-Е базується на їхній здатності здійснювати високоінтенсивне спиртове бродіння в умовах підвищеного осмотичного тиску у висококонцентрованому суслі з мінімальними втратами вуглеводів на утворення побічних продуктів. Штами дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* і ДС-02-Е працюють за біохімічним та клітинним алгоритмом. Даний штам адаптований до висококонцентрованого сусла. Клітини ДС-02-Е мають модифіковану структуру мембранних транспортних білків, які активно та безперешкодно закачують глюкозу, мальтозу та мальтотріозу всередину клітини, навіть коли концентрація цукрів ззовні є критично високою і звичайні дріжджі зазнали б плазмолізу. В цитоплазмі дріжджової клітини запускається класичний шлях Ембдена-Мейєргофа-Парнаса (гліколіз), але з адаптованою регуляцією ферментів. Молекула глюкози послідовно розпадається до двох молекул пірвиноградної кислоти (пірувату). Фермент піруватдекарбоксилаза відщеплює вуглекислий газ, утворюючи оцтовий альдегід. На цьому етапі виділяється велика кількість газу. Фермент алкогольдегідрогеназа переносить водень з ко-ферменту на оцтовий альдегід, відновлюючи його до етилового спирту. У стандартних дріжджів за високої концентрації цукру в суслі клітина змушена синтезувати надмірну кількість гліцеролу (гліцерину), щоб вирівняти внутрішній тиск із зовнішнім. Це призводить до втрат цукру до 8%, і відповідно, зниження виходу спирту.

Генетично закріплена осмофільність штаму ДС-02-Е дозволяє йому утримувати баланс без гіперпродукції гліцеролу та перенаправляти цукри на утворення етанолу. В результаті, накопичення гліцерину та пропіонової кислоти в бразі мінімізується, а вихід чистого спирту зростає на кілька відсотків порівняно із расою турбо-дріжджів.

У міру зброджування концентрація спирту зростає. Спирт руйнує ліпідний шар звичайних дріжджів, роблячи їх проникними для токсинів. Механізм дії ДС-02-Е передбачає змінений ліпідний склад мембрани. Це дозволяє клітині зберігати щільність і продовжувати переробляти цукор навіть тоді, коли міцність браги досягає максимально можливого значення, не впадаючи в анабіоз і не гинучи завчасно.

Введена кількість (табл. 2) виробничих дріжджів у сусло не впливає на показники рН, титрованої кислотності та вмісту гліцерину. Водночас, за використання вологих дріжджів ДС-02-Е у зрілій бражці менше утворюється гліцерину на 13–16%, порівняно із застосуванням сухих дріжджів. Нормоване значення вмісту гліцерину в зрілій бражці становить від 0,3 до 0,8% від маси бражки (або приблизно 3–8 г/л). У перерахунку на зброджений цукор норма накопичення гліцерину за правильних умов бродіння становить 2,5–4,0%. Гліцерин синтезується дріжджами природним шляхом для підтримання осмотичного тиску всередині клітини та відновлення балансу коферментів. Проте для виробника спирту гліцерин - це пряма втрата цукру, оскільки кожна молекула гліцерину утворюється замість молекули етилового спирту. Таким чином, у безперервному процесі при використанні турбо-дріжджів концентрація незбродженого цукру на вході є більшою (понад 18–20%), дріжджі захищаються від зневоднення та починають більше виробляти гліцерин як осмопротектор. Отже, використання дріжджів з чистої культури, з поетапним культивуванням сприяє стійкості дріжджових клітин до наступного перебування в суслі підвищеної концентрації.

Вміст істинних сухих речовин у бражці є головним фактором, який визначає швидкість бродіння, фізіологічний стан дріжджів та фінальну міцність бражки. Вміст істинних сухих речовин в зрілій бражці знижується (табл. 2) відповідно, до зниження кількості внесених виробничих дріжджів, що відповідає зменшенню кількості загальних сухих речовин, внесених з дріжджовим мелясним суслом, яке має вміст сухих речовин більший, за сусло з крохмалевмісної сировини. У зрілій кукурудзяній бражці залишковий вміст істинних сухих речовин зазвичай становить 4–5%. Це не цукор, а незброджувані дріжджами компоненти кукурудзи: розчинні білки, мінеральні солі та нерозщеплені ферментами декстрини.

Для сухих дріжджів «Первак» оптимальним є використання дріжджів в кількості 16–18% від загальної маси суслу, оскільки за даних умов вміст спирту в зрілій бражці без урахування спирту, внесеного з дріжджанкою, становить 11,46–11,50% об., з урахуванням спирту, внесеного з дріжджанкою – 13,00–13,15% об.

Для дріжджів ДС-02-Е оптимальним варіантом є внесення виробничих дріжджів в кількості 18% від загальної маси суслу, вміст спирту без урахування спирту з дріжджанки складає 11,50% об., з урахуванням спирту, внесеного з дріжджами – 13,25% об.

Отже, оптимальною кількістю виробничих дріжджів для штамів, використовуваних в дослідженні є 18% від загальної маси суслу. зміна даного параметру впливає на вміст спирту та незброджених цукрів у бражці, а також на вміст істинних сухих речовин, фактично не впливаючи на решту показників.

Висновки. Показано, що для сухих дріжджів «Первак» оптимальним є використання дріжджів в кількості 16 – 18% від загальної маси суслу, оскільки за даних умов вміст спирту в зрілій бражці без урахування спирту, внесеного з дріжджанкою, становить 11,46–11,50% об., з урахуванням спирту, внесеного з дріжджанкою – 13,00–13,15% об.

Встановлено, що для дріжджів ДС-02-Е оптимальним є внесення виробничих дріжджів в кількості 18% від загальної маси суслу, вміст спирту без урахування спирту з дріжджанки складає 11,50% об., з урахуванням спирту, внесеного з дріжджами – 13,25% об. Отже, оптимальною кількістю виробничих дріжджів для штамів, використовуваних в дослідженні є 18% від загальної маси суслу. зміна даного параметру впливає на вміст спирту та незброджених цукрів у бражці, а також на вміст істинних сухих речовин, фактично не впливаючи на решту показників.

Бібліографія

1. Kasavi C., Finore I., Lama L., et al. (2012). Evaluation of industrial *Saccharomyces cerevisiae* strains for ethanol production from biomass. *Biomass- Bioenergy* Vol. 45 p. 230–238. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953412002498>. doi:10.1016/j.biombioe.2012.06.013
2. Lin Y., Zhang W., Li C., et al. (2012). Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742. *Biomass- Bioenergy* Vol. 47. p. 395–401. DOI:10.1016/j.biombioe.2012.09.019.
3. Basso L.C., Amorim H.V., Oliveira A.J., Lopes M.L. (2008) Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil, *FEMS Yeast Res.* Vol. 8. p. 1155–1163. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00428.x>.
4. Tofighi A., Assadi M.M., Asadirad M.H.A., Karizi S.Z. (2014). Bio-ethanol production by a novel autochthonous thermo-tolerant yeast isolated from wastewater, *J. Environ. Health Sci. Eng.* Vol. 12. P. 107. <https://link.springer.com/article/10.1186/2052-336X-12-107>.
5. Alexandre H., Charpentier C. (1998). Biochemical aspects of stuck and sluggish fermentation in grape must, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 20. p. 20–27. DOI:10.1038/sj.jim.2900442.
6. Attfield P.V. (1997). Stress tolerance: the key to effective strains of industrial baker's yeast, *Nat. Biotechnol.* Vol. 15. P. 1351–1357. DOI:10.1038/nbt1297-1351.
7. Fiedurek J., Skowronek M., Gromada A. (2011). Selection and adaptation of *Saccharomyces cerevisiae* to increased ethanol tolerance and production, *Pol. J. Microbiol.* Vol. 60. p. 51–58. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21630574>.
8. Fonesca G.G., Heinzle E., Wittmann C., Gombert A.K. (2008). The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 79. P. 339–354. DOI: 10.1007/s00253-008-1458-6.
9. Осмофільний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / С.В. Іванов, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, С.Т. Олійнічук, П.М. Бойко, Г.В. Єрмакова: Патент №72045 Україна: МПК C12N 15/00. № 201114490; заявл. 07.12.11 ; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15. 32.
10. Сичевський М.П., Олійнічук С.Т., Данілова К.О. Біосинтез етилового спирту різними расами дріжджів в умовах підвищеної концентрації суслу. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і 71 природокористування України. 2016. № 5. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_10.
11. Oliynichuk S.T. Lysak T.I., Marynchenko V.O. Dependence of glycerol accumulation and starch hydrolyzates fermentation on wort concentration. *Biotechnologia Acta.* 2015.V. 8, № 4. P. 128–134. doi:10.15407/biotech8.04.128.

12. Олійнічук С.Т., Лисак Т.І., Коваль О.О. Зброджування сусла підвищеної концентрації з крохмалевмісної сировини. *Продовольчі ресурси*. №7. 2016. С. 139–143. <https://iprjournal.kyiv.ua/index.php/pr/article/view/267>.

13. Ivanova V., Petrova P., Hristov J. (2011) Application in the ethanol fermentation of immobilized yeast cells in matrix of alginate/magnetic nanoparticles, on chitosan-magnetite microparticles and cellulose coated magnetic nanoparticles, *Int. Rev. Chem. Eng.* 3 289–299. https://www.researchgate.net/publication/51890164_Application_in_the_Ethanol_Fermentation_of_Immobilized_Yeast_Cells_inMatrix_of_AlginatMagnetic_Nanoparticles_on_Chitosan-MagnetiteMicroparticles_and_Cellulose-coated_Magnetic_Nanoparticles.

14. Zabed H., Faruq G., Sahu J.N., et al., (2014). Bioethanol production from fermentable sugar juice, *Sci. World J.* p. 1–11. DOI: 10.1155/2014/957102.

Reference

1. Kasavi C., Finore I., Lama L., et al. (2012). Evaluation of industrial *Saccharomyces cerevisiae* strains for ethanol production from biomass. *Biomass- Bioenergy* Vol. 45 p. 230–238. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953412002498>. doi:10.1016/j.biombioe.2012.06.013

2. Lin Y., Zhang W., Li C., et al. (2012). Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742. *Biomass- Bioenergy* Vol.47. p. 395–401. DOI:10.1016/j.biombioe.2012.09.019.

3. Basso L.C., Amorim H.V., Oliveira A.J., Lopes M.L. (2008) Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil, *FEMS Yeast Res.* Vol. 8. p. 1155–1163. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00428.x>.

4. Tofighi A., Assadi M.M., Asadirad M.H.A., Karizi S.Z. (2014). Bio-ethanol production by a novel autochthonous thermo-tolerant yeast isolated from wastewater, *J. Environ. Health Sci. Eng.* Vol. 12. P. 107. <https://link.springer.com/article/10.1186/2052-336X-12-107>.

5. Alexandre H., Charpentier C. (1998). Biochemical aspects of stuck and sluggish fermentation in grape must, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 20. p. 20–27. DOI:10.1038/sj.jim.2900442.

6. Attfield P.V. (1997). Stress tolerance: the key to effective strains of industrial baker's yeast, *Nat. Biotechnol.* Vol. 15. P. 1351–1357. DOI:10.1038/nbt1297-1351.

7. Fiedurek J., Skowronek M., Gromada A. (2011). Selection and adaptation of *Saccharomyces cerevisiae* to increased ethanol tolerance and production, *Pol. J. Microbiol.* Vol. 60. p. 51–58. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21630574>.

8. Fonesca G.G., Heinzle E., Wittmann C., Gombert A.K. (2008). The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 79. P. 339–354. DOI: 10.1007/s00253-008-1458-6.

9. Osmofilnyi shtam drizhdzhiv *Saccharomyces cerevisiae* DO-11 dlia mikrobiolohichnoho syntezu etylovoho spyrtu z krokhmalevmisnoi syrovyny [Osmophilic *Saccharomyces cerevisiae* strain DO-11 for the microbiological synthesis of ethyl alcohol from starch-containing raw materials] / S.V. Ivanov, P.L. Shyian, T.O. Mudrak, S.T. Oliinichuk, P.M. Boiko, H.V. Yermakova: Patent №72045 Ukraina: MPK C12N 15/00. № 201114490; zaiavl. 07.12.11 ; opubl. 10.08.12, Biul. № 15. 32. [in Ukrainian].

10. Sychevskyi M.P., Oliinichuk S.T., Danilova K.O. Biosintez etylovoho spyrtu riznymi rasamy drizhdzhiv v umovakh pidvyshchenoi kontsentratsii susla. [Biosynthesis of ethyl alcohol by various yeast strains under conditions of elevated must concentration]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. 2016. № 5. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_10. [in Ukrainian].

11. Oliinichuk S.T. Lysak T.I., Marynchenko V.O. Dependence of glycerol accumulation and starch hydrolyzates fermentation on wort concentration. *Biotechnologia Acta*. 2015. V. 8, № 4. P. 128–134. doi:10.15407/biotech8.04.128.

12. Oliinichuk S.T., Lysak T.I., Koval O.O. Zbrodzhuvannia susla pidvyshchenoi kontsentratsii z krokhmalevmisnoi syrovyny. [Fermentation of high-concentration wort from starch-containing raw materials] *Prodovolchi resursy*. [Food Resources] № 7. 2016. 139–143. <https://iprjournal.kyiv.ua/index.php/pr/article/view/267> [in Ukrainian].

13. Ivanova V., Petrova P., Hristov J. (2011). Application in the ethanol fermentation of immobilized yeast cells in matrix of alginate/magnetic nanoparticles, on chitosan-magnetite microparticles and cellulose coated magnetic nanoparticles, *Int. Rev. Chem. Eng.* 3 289–299. https://www.researchgate.net/publication/51890164_Application_in_the_Ethanol_Fermentation_of_Immobilized_Yeast_Cells_inMatrix_of_AlginatMagnetic_Nanoparticles_on_Chitosan-MagnetiteMicroparticles_and_Cellulose-coated_Magnetic_Nanoparticles

14. Zabed H., Faruq G., Sahu J.N., et al., (2014). Bioethanol production from fermentable sugar juice, *Sci. World J.* p. 1–11. DOI: 10.1155/2014/957102.