

УДК 577.15:663.5 © 2009

*Леонід Вікторович Левандовський, доктор технічних наук*

*Андрій Петрович Михайлів, здобувач*

*Національний університет харчових технологій, м. Київ*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ ДРІЖДЖІВ НА РЕЗУЛЬТАТИ СПИРТОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА ІЗ ЗЕРНА**

Експериментально визначено оптимальну концентрацію сухих речовин (СР) зернового сусла для культивування спиртових дріжджів, яка становила 19%. Використання таких дріжджів у якості засівних дозволяє одержати найкращі результати спиртового зброджування сусла підвищеної концентрації СР та створює умови для поліпшення технологічних, економічних та екологічних показників технології спирту із зерна.

*Ключові слова:* дріжджі, спиртове зброджування, концентрація сухих речовин, культивування, незброджені вуглеводи, дозріла бражка, біосинтез спирту.

*Леонид Викторович Левандовский, доктор технических наук*

*Андрей Петрович Михайлив, соискатель*

*Національний університет пищевых технологий, г. Киев*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ СПИРТОВОГО СБРАЖИВАНИЯ СУСЛА ИЗ ЗЕРНА**

Експериментально установлена оптимальная концентрация сухих веществ (СВ) зернового сусла для культивирования спиртовых дрожжей, которая составляет 19%. Использование таких дрожжей в качестве засевных позволяет достигнуть наилучших результатов спиртового сбраживания сусла повышенной концентрации и создает условия для улучшения

технологических, экономических и экологических показателей технологии спирта из зерна.

*Ключевые слова:* дрожжи, спиртовое сбраживание, концентрация сухих веществ, культивирование, несброженные углеводы, зрелая бражка, биосинтез спирта.

*Leonid Levandovskiy,*

*Andriy Myhailiv*

***NATIONAL UNIVERSITY OF FOOD TECHNOLOGY***

By results of experiments was found an optimal concentration of dry substanses (DS) grain wort for the cultivation of alcohol yeasts, which was 19 %. Use of such yeasts as seed yeasts permit to have the best results of alcohol fermentation of wort with higher concentration of DS and creates conditions for the increase of technological, economical and ecological points of production of alcohol from grain.

*Key words:* yeasts, alcohol fermentation, concentration of dry substanses, *fermented wash*, cultivation, biosintes of alcohol.

Теорія і практика біотехнології культивування спиртових дріжджів та анаеробного зброджування сусла спиртового виробництва свідчать про значний вплив концентрації сухих речовин (СР) середовища на продуктивність дріжджів, їх генеративну та метаболічну активність, рівень накопичення вторинних продуктів бродіння та втрати цукрів на їх синтез та вихід цільового продукту – спирту [2,4].

У галузі переробки м'яса в спирт ця проблема досліджена досить глибоко, і наукові розробки стосовно культивування спиртових дріжджів на м'ясному суслі різної концентрації СР мають широке практичне впровадження [3]. У технології спирту із зерна вплив концентрацій СР сусла для дріжджів і сусла, що зброджується у бродильних апаратах, на кінцеві результати процесу залишається малодослідженим питанням. Традиційно

склалося у промисловій практиці і зафіксовано у технологічних регламентах спиртового виробництва, принаймні України та Росії, що концентрація СР зернового сусла для дріжджів має бути на 1-2 абсолютних % вища за СР основного сусла [5,7], однак достатнього наукового та експериментального обґрунтування оптимальних величин концентрації СР середовищ на цих стадіях технологічного процесу в літературі не наведено. Однак у даний час ця проблема набуває все більшої актуальності у зв'язку з розширенням сучасних можливостей збільшення концентрації СР зернового сусла за умов застосування комплексу високоактивних ферментних препаратів (ФП), що гідролізують різні біополімери зерна, в рамках удосконалення низькотемпературних технологій теплоферментативної обробки крохмалевмісної сировини [2,7].

Тому **метою наших досліджень** було дослідження впливу концентрації СР сусла для культивування дріжджів та основного сусла на результати технології спирту із зерна.

**Об'єкти і методи досліджень.** Об'єктами досліджень були: дріжджі спиртового виробництва, що вирощені на суслі різної концентрації СР; динаміка виділення  $\text{CO}_2$  протягом процесу бродіння; показники дозрілої бражки, основними з яких є кількість незброджених вуглеводів та концентрація цільового продукту – спирту.

Експерименти з культивування дріжджів та зброджування зернового сусла виконували наступним чином. Зерно пшениці з крохмалистістю 55 % подрібнювали з одержанням помелу, 90% якого проходило крізь сито з діаметром отворів 1мм. Заміс готували, змішуючи помел з водою у співвідношеннях, які забезпечували одержання сусла для дріжджів концентрацією 16, 17, 18 та 19 %, а основного сусла (для спиртового зброджування) -- 17, 18, 19 та 20 % СР. Декстринізацію крохмалю замісу здійснювали за допомогою термостабільної амілази ФП Термамил СЦ (доза 400 мл/т крохмалю) протягом 2 годин за  $t = 90-95^\circ \text{C}$ .

Оцукрювання крохмалю виконували введенням ФП Сан Екстра (містить глюकोамілазу) із розрахунку 1200 мл на 1т крохмалю і витримкою середовища за  $t = 55-56^{\circ}\text{C}$  протягом 30 хв. Оцукрене сусло зброджували дріжджами *Sacharomyces cerevisiae* раси XII-Т, вирощеними на суслі різних концентрацій, та додавали їх у кількості 10% до об'єму основного сусла. Зброджування сусла проводили у скляних колбах (0,75л) у термостаті ( $t=30-31^{\circ}\text{C}$ ) протягом 72 год.

Динаміку процесу зброджування оцінювали за масою виділеного із бражки  $\text{CO}_2$  з інтервалом 24 год. Дозрілу бражку аналізували традиційними методами [4]: рН середовища визначали потенціометричним методом, видиму густину та істинні СР – аерометричним, загальні та водорозчинні незброджені цукри і нерозчинний крохмаль – колориметричним антроновим, концентрацію спирту – пікнометричним.

**Результати досліджень.** Процес вирощування дріжджів, які використовували як засівний матеріал для зброджування сусла, здійснювали з урахуванням сучасних розробок вітчизняних науковців [5]. Сутність цього процесу полягає у тому, що його завершують при ступені зброджування середовища близько 1/2 від початкової концентрації СР, а не 2/3, як це прийнято у традиційній технології спирту із зерна.

Показники засівних дріжджів для зброджування сусла в даних дослідженнях (табл.1), свідчать про те, що у всіх чотирьох варіантах різних за початковою концентрацією СР сусла для дріжджів (16, 17, 18 та 19 %) ступінь зброджування СР в кінці процесу вирощування становила 44 - 49 %, тобто не перевищувала 1/2.

Результати досліджень зброджування сусла указаними дріжджами зведені у табл. 2 і показують, що використання дріжджів різних варіантів для зброджування основного сусла з концентрацією СР 17, 18, 19 та 20% певною мірою впливає на показники дозрілих бражок.

При порівнянні характеристик зрілих бражок, одержаних при зброджуванні сусла однакових концентрацій, видно, що за деякими

параметрами різниця майже відсутня. Це стосується, зокрема, видимої густини та рН бражки (табл. 2).

Аналізуючи глибину зброджування цукрів в даних експериментах, результати яких зображено на рис. 1, можна зробити наступні висновки. Із збільшенням СР середовища для культивування дріжджів з 16 до 18% кількість незброджених цукрів у дозрілій бражці зменшується у випадках зброджування основного суслу з СР 18, 19 та 20%, тобто більш концентрованого. При подальшому підвищенні СР суслу для дріжджів до 19% спостерігається незначне підвищення кількості незброджених цукрів до 3,1-3,3 проти 2,9-3,1 до введених у процесі порівняно з дріжджами з 18% СР. Це збільшення пов'язано, на наш погляд, більшою мірою реологічними особливостями середовища підвищеної концентрації СР [1], що залежать від глибини гідролізу крохмалю, рослинних білків та інших складових суслу, ніж погіршенням бродильної активності дріжджів в умовах підвищеного осмотичного тиску.

Разом з тим, незважаючи на указане, кількість незброджених цукрів у варіанті, де дріжджі вирощені на 19%-ному суслі, була меншою, ніж при використанні для зброджування засівних дріжджів вирощених на суслі з 16 % СР.

Важливо зазначити, що при збільшенні СР суслу для дріжджів у досліджуваному діапазоні, встановлено тенденцію до поступового зменшення кількості розчинних незброджених вуглеводів при зброджуванні основного суслу найвищої концентрації СР (у наших дослідженнях – 20 %), а саме (табл. 2): від 0,48 (при використанні дріжджів, вирощених на суслі з 16 % СР) до 0,36 г/100 мл (дріжджі вирощені на суслі з 19 % СР). Згідно класичних уявлень науковців про аналіз вуглеводного складу дозрілої бражки можна стверджувати, що зменшення вмісту розчинних вуглеводів є свідченням посилення фізіологічної активності продуценту спирту – дріжджів. У даному випадку причиною такого позитивного явища є збільшення концентрації СР дріжджового суслу.

При визначенні оптимального варіанту згідно поставленої мети досліджень враховували два основних фактори. З одного боку, головним економічним чинником спиртової технології є питомий вихід спирту із крохмалю сировини. Але з іншого боку дуже актуальною і перспективною з технологічної та екологічної точки зору є переробка сусла з якомога більшою концентрацією СР, що зумовлює скорочення кількості основного відходу виробництва – післяспиртової барди – та має ряд інших суттєвих переваг.

Як видно із рис. 2, накопичення спирту в дозрілих бражках, одержаних при зброджуванні сусла з 17 і 18% СР, майже не залежало від СР сусла, на якому вирощені дріжджі (рис. 2 а, б). Однак, коли на бродіння використовували сусло з більшим вмістом СР – 19 і 20% – прослідковувалась тенденція до збільшення утворення спирту при використанні засівних дріжджів, вирощених на більш концентрованому по СР середовищі. Так, дріжджі з початковою концентрацією СР сусла 18 і 19% сприяють накопиченню дещо більшої кількості цільового продукту, ніж дріжджі з 16% СР (рис. 2 в, г).

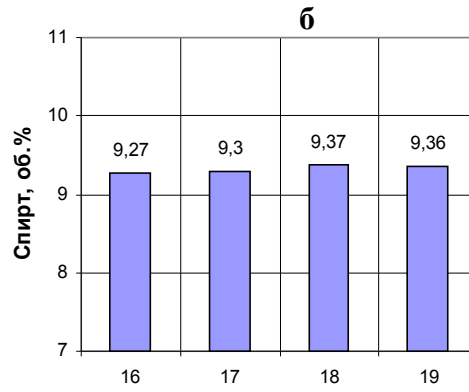
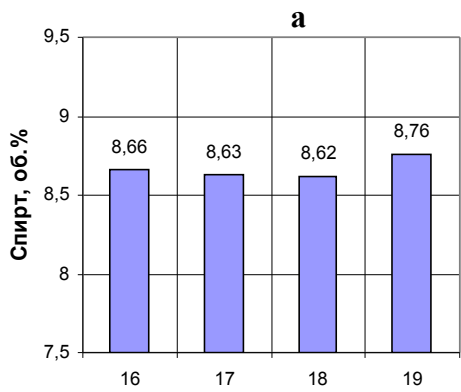
Зважаючи на указане можна стверджувати, що найбільш ефективним варіантом для зброджування сусла підвищеної концентрації (20% СР) є культивування засівних дріжджів на зерновому суслі з СР 19%. Це підтверджується показником виходу спирту, який становить 66,3 мл/100г крохмалю.

Слід зазначити, що дослідження більших концентрацій сусла для дріжджів та основного сусла стримується суттєвим зростанням в'язкості середовища і погіршенням масообмінних процесів в ньому при теплоферментативній обробці замісу та зброджуванні сусла.

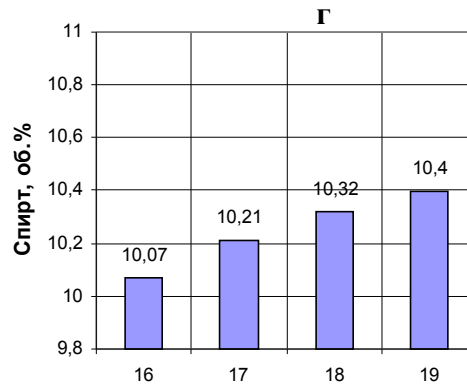
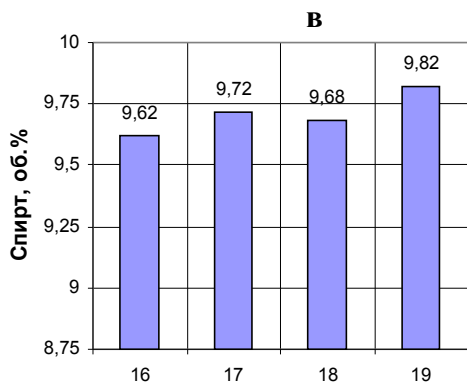
**Висновки.** Дослідженнями встановлено, що культивування засівних дріжджів на зерновому суслі з СР 19% забезпечує найкращі показники зброджування вуглеводів основного сусла підвищеної (до 20% СР) концентрації та біосинтезу спирту.

## **БІБЛІОГРАФІЯ**

1. *Громов С.И.* Технологические решения проблемы переработки суслу повышенной концентрации // Ликёроводочное производство и виноделие. – 2007. – № 10. – С. 18-20.
2. *Йенсен Э., Андерсен Э., Кадиева А.* Снижение вязкости при сбраживании суслу высоких концентраций // Ликёроводочное производство и виноделие. – 2008. – № 11. – С. 26-30.
3. Левандовський Л.В. Наукове обґрунтування і розробка прогресивних технологій спирту і хлібопекарних дріжджів з меляси в спиртовому виробництві: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.07 / УДУХТ. – Київ, 1995. – 43 с.
4. *Полыгалина Г.В.* Технохимический контроль спиртового и ликероводочного производства. – М.: Колос, 1999. – 336 с.
5. *Сосницький В.В.* Розробка технології культивування виробничих дріжджів при переробці зерна в спирт з використанням концентрованих ферментних препаратів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Укр. держ. ун-т харч. технол. – Київ, 2000. – 17с.
6. *Технологія спирту* // В.О.Маринченко, В.А.Домарецький, П.Л.Шиян та ін./ За ред. В.О.Маринченка. – Вінниця: «Поділля-2000», 2003. – 496 с.
7. *Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика. – К.: Асканія, 2009. – 424 с.



Концентрація СР сусла для дріжджів, %



Концентрація СР сусла для дріжджів, %

Рис.4.1. Вплив СР сусла, на якому вирощені дріжджі, на накопичення спирту в дозрілій бражці при різних концентраціях СР зброджуваного сусла: а-17%; б-18%; в-19%; г-20%

Таблиця 2

Основні показники дозрілої бражки в умовах застосування дріжджів з різною концентрацією СР середовища

Показники	Дріжджі, вирощені на суслі з концентрацією СР, %															
	16				17				18				19			
	концентрація СР основного сусла, %															
	17	18	19	20	17	18	19	20	17	18	19	20	17	18	19	20
Виділилось СО <sub>2</sub> при бродінні, г/ 250 см <sup>3</sup>	17,2	18,5	20,1	20,6	17,7	18,6	20,2	20,7	17,6	18,9	20,2	20,8	17,8	18,9	20,3	20,9
рН середовища	4,3	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,2	4,1	4,1
Видима густина, % СР	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Істинні СР, %	3,3	3,5	3,7	3,9	3,5	3,7	3,8	4,0	3,5	3,7	3,9	4,1	3,6	3,8	4,1	4,3
Водорозчинні цукри, г/250см <sup>3</sup>	0,33	0,43	0,45	0,48	0,35	0,37	0,40	0,38	0,30	0,30	0,33	0,35	0,41	0,39	0,39	0,37
Нерозчинений крохмаль, Г/250см <sup>3</sup>	0,07	0,10	0,13	0,13	0,06	0,10	0,14	0,18	0,16	0,16	0,15	0,18	0,10	0,12	0,14	0,15
Вихід спирту, мл/100г крохмалю	64,8	66,3	65,8	65,4	64,7	66,2	65,9	66,3	64,2	66,3	66,3	66,3	64,8	65,2	64,8	66,3

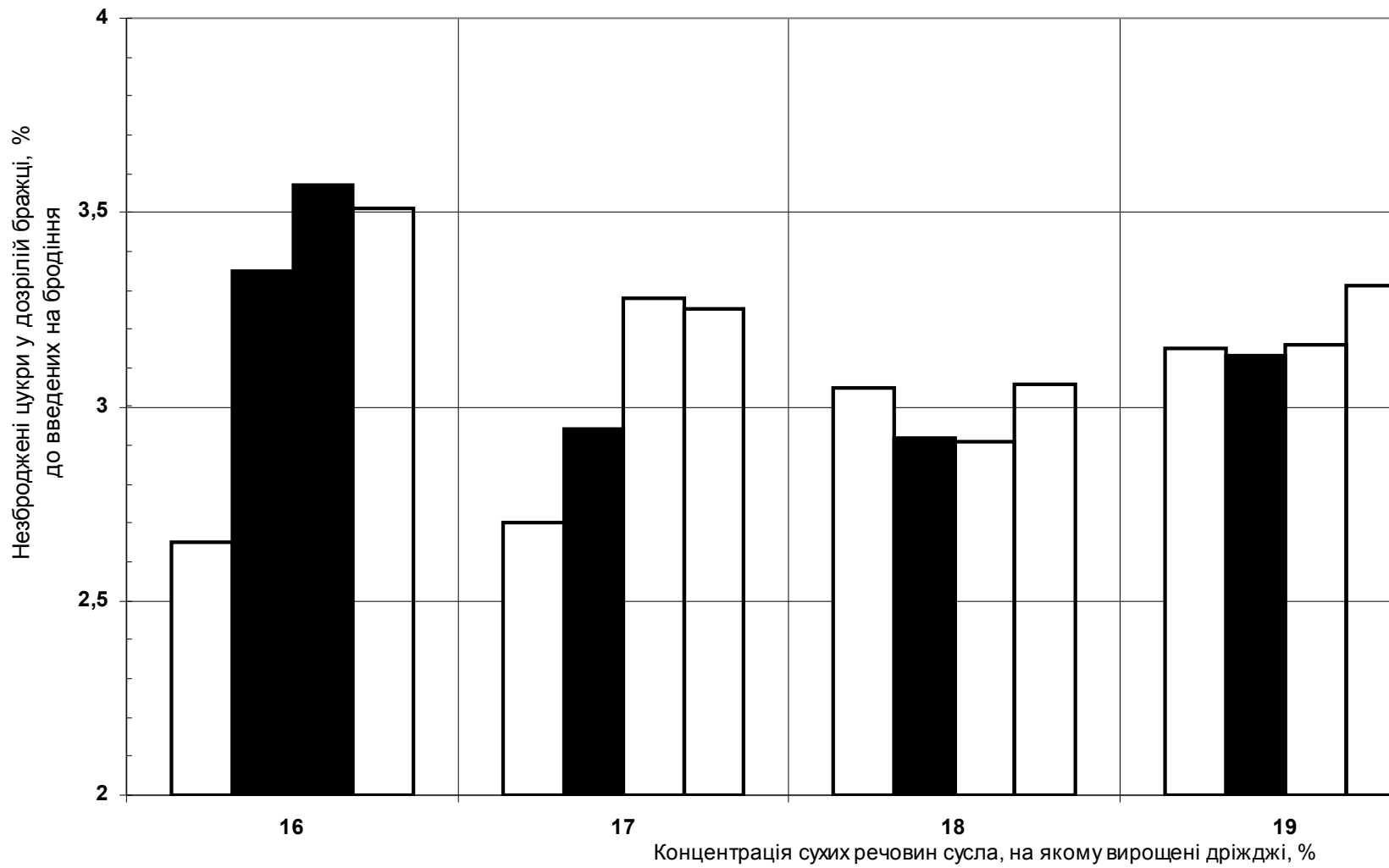


Рис.1. Залежність вмісту незброджених цукрів у дозрілих бражах від концентрації СР сусла для дріжджів і для спиртового зброджування.  
 Концентрація СР збродженого сусла:

□ 17 ■ 10 ■ 10 □ 20