

Зберігання та переробка продукції

УДК 577.15:663.5
© 2010

*Л.В. Левандовський,
доктор технічних наук
А.П. Михайлів
Національний університет
харчових технологій*

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

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

Теорія і практика біотехнології культивування спиртових дріжджів та анаеробного зброджування суслу 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 меляси в спирт ця проблема досліджена досить глибоко, а наукові розробки стосовно культивування спиртових дріжджів на мелясному суслі різної концентрації СР мають широке практичне впровадження [3]. У технології спирту із зерна вплив концентрації СР суслу для дріжджів і суслу, що зброджується у бродильних апаратах, на кінцеві результати процесу залишається малодослідженим питанням. Традиційно склалося так, що у промисловій практиці і зафіксовано у технологічних регламентах спиртового виробництва, принаймні України та Росії, концентрація СР зернового суслу для дріжджів має бути на 1—2 абсолютних % вища за СР основного суслу [5, 7]. Однак достатнього наукового та експериментального обґрунтування оптимальних величин концентрації СР середовищ на цих стадіях технологічного процесу в наукових публікаціях не наведено. Нині ця проблема набуває все більшої актуальності у зв'язку з розширенням сучасних можливостей збільшення кон-

центрації СР зернового суслу 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 досліджень** було дослідження впливу концентрації СР суслу для культивування дріжджів та основного суслу на результати технології спирту із зерна.

Об'єкти і методи досліджень — дріжджі спиртового виробництва, що вирощені на суслі різної концентрації СР; динаміка виділення 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 суслу виконували так: зерно пшениці з крохмалістістю 55% подрібнювали до одержання помелу, 90% якого проходило крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Замість готували змішуванням помел з водою у співвідношеннях, які забезпечували одержання суслу для дріжджів концентрацією 16, 17, 18 та 19%, а основного суслу (для спиртового зброджування) — 17, 18, 19 та 20% СР. Декстринізацію крохмалю замісу здійснювали за допомогою термостабільної амілази ФП Термаміл СЦ (доза 400 мл/т крохмалю) протягом 2 год за t 90—95°C.

1. Характеристика засівних дріжджів

Показник	Концентрація СР сусла для дріжджів, %			
	16	17	18	19
Видима густина, % СР	8,1	8,6	8,9	9,3
Істинні СР, %	10,5	11,2	11,8	12,2
Вміст спирту, об. %	3,8	4,1	4,6	5,1
Ступінь зброджування вуглеводів, % до уведених	44	44	47	49

Оцукрювання крохмалю виконували введенням ФП Сан Екстра (містить глюкоамілазу) з розрахунку 1200 мл на 1т крохмалю і витримкою середовища за t 55—56°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 (0,75 л) у термостаті ($t=30\text{—}31^\circ\text{C}$) протягом 72 год.

Динаміку процесу зброджування оцінювали за масою виділеного з бражки CO_2 з інтервалом 24 год. Дозрілу бражку аналізували традиційними методами [4]: рН середовища визначали потенціометричним методом, видимої 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 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 4-х варіантах, різних за початковою концентрацією СР сусла для дріжджів (16, 17, 18 та 19%), ступінь зброджування СР у кінці процесу вирощування становила 44—49%, тобто не перевищувала 1/2.

Результати досліджень зброджування сусла цими 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 характеристики зрілих бражок, одержаних при зброджуванні сусла однакових концентрацій, видно, що за деякими па-

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

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

Разом з тим, кількість незброджених цукрів у варіанті, де дріжджі вирощено на 19%-му су-

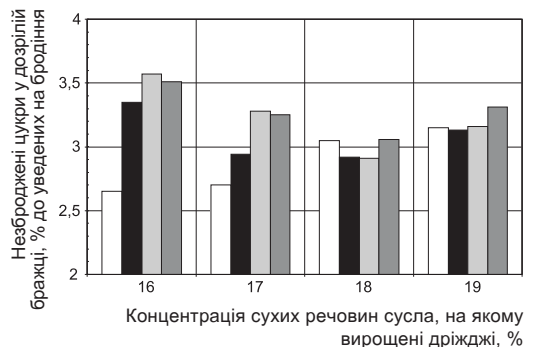


Рис. 1. Залежність вмісту незброджених цукрів у дозрілих бражках від концентрації СР сусла для дріжджів і спиртового зброджування. Концентрація СР зброджуваного сусла: □ — 17; ■ — 18; □ — 19; ■ — 20

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

Показник	Дріжджі, вирощені на суслі з концентрацією СР, %															
	16				17				18				19			
	17	18	19	20	17	18	19	20	17	18	19	20	17	18	19	20
Виділює СО ₂ при бродінні, г/250 см ³	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/100 см ³	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/100см ³	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/100 г 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

лі, 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 варіанта відповідно до поставленої мети досліджень враховували 2 основних фактори. З одного боку, головним економічним чинником спиртової технології є частка виходу спирту з крохмалю сировини. Але, з іншого, — дуже актуальною і перспективною з технологічної та екологічної точки зору є переробка суслу за якомога більшою концентрацією СР, що зумовлює скорочення кількості основного відходу виробництва — післяспиртової барди — та має ряд інших істотних переваг.

Як видно з рис. 2, накопичення спирту в дозрілих бражках, одержаних при зброджуванні суслу з 17 і 18% СР, майже не залежало від СР, на якому вирощені дріжджі (рис. 2 а, б).

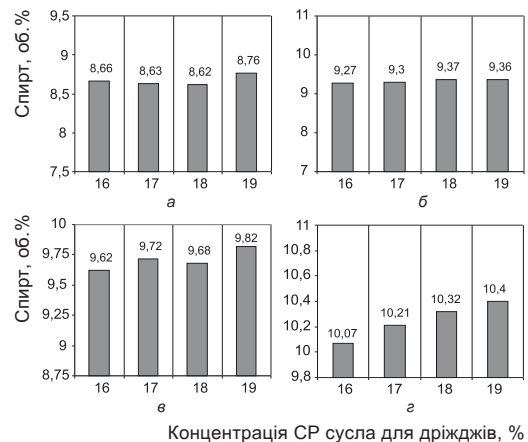


Рис. 2. Вплив СР суслу, на якому вирощені дріжджі, на накопичення спирту в дозрілій бражці за різних концентрацій СР зароджуваного суслу, %: а — 17; б — 18; в — 19; г — 20

Однак, коли на бродіння використовували сусло з більшим умістом СР — 19 і 20%, то простежувалась тенденція до збільшення утворення спирту при використанні засівних дріжджів, вирощених на більш концентрованому по СР середовищі. Так, дріжджі з початковою концентрацією СР 18 і 19% сприяють накопиченню дещо більшої кількості цільового продукту, ніж дріжджі з 16% СР (рис. 2 в, з).

З урахуванням цього можна стверджувати, що найбільш ефективним варіантом для зброд-

жування 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/100 г крохмалю.

Слід зазначити, що дослідження більших концентрацій сусла для дріжджів та основного сусла стримується істотним 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 зброд-

жування вуглеводів основного сусла підвищеної (до 20% СР) концентрації та біосинтезу спирту.

Бібліографія

1. Громов С.И. Технологические решения проблемы переработки суслу повышенной концентрации//Ликероводочное производство и виноделие. — 2007. — № 10. — С. 18—20.
2. Йенсен Э., Андерсен Э., Кадиева А. Снижение вязкости при сбраживании суслу высоких концентраций//Там само. — 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. ... д-ра техн. наук: 05.18.07/Укр. держ. ун-т харч. технол. — К., 1995. — 43 с.
4. Польшалина 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. — К., 2000. — 17 с.

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.