

УДК 663.533

Мудрак Т.О., к.т.н., Куц А.М., к.т.н., Ковальчук С.С.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ

**Вступ.** Одним із важливих завдань сьогодення спиртової промисловості України є підвищення ефективності роботи бродильного відділення. Встановлення додаткового обладнання в бродильному відділенні з метою підвищення потужності заводу є не рентабельним. Більш перспективним напрямом є збродження сусла високих концентрацій сухих речовин (СР). За таких умов необхідно застосовувати раси спиртових дріжджів з термотолерантними, осмофільними та спирторезистентними властивостями.

**Актуальність теми.** Багаторічний виробничий досвід роботи спиртових заводів свідчить, що за умови низькотемпературної термоферментативної обробки зернової сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів селективної дії та фільтрату барди на стадії приготування замісів селекційна робота повинна бути направлена на отримання дріжджів, спроможних зброджувати сусло не тільки високих концентрацій, але і за високих температур та кислотності.

Тому питання селекційної роботи дріжджів та встановлення оптимальних технологічних параметрів збродження сусла високих концентрацій є актуальним [1-3].

**Мета роботи** – удосконалення технології збродження сусла високих концентрацій із крохмалевмісної сировини із використанням дріжджів раси *Saccharomyces cerevisiae* штаму ДО-16. Цей штам дріжджів був селекційований на кафедрі біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ для збродження сусла з підвищеним вмістом СР в широкому діапазоні активної кислотності та за підвищених температур бродіння.

**Матеріали і методи.** Сусло готували із тонко подрібненої кукурудзи з вмістом крохмалю 69,0 % за низькотемпературною схемою термоферментативної обробки замісів за температур 85...92 °С з використанням концентрованих розріджуючих та оцукруючих ферментних препаратів. Збродження сусла проводили методом «бродильної проби» з використанням дріжджів раси *Saccharomyces cerevisiae* штаму ДО-16. Залежно від умов дослідів концентрація сусла становила 20; 24; 28; 30 і 34 % СР, а рН – 6,00; 5,00; 4,20; 3,60; 3,20 і 3,00. Збродження проводили за температур 34; 36 і 37 °С. Контролем були показники бражок, отриманих із застосуванням дріжджів раси *Saccharomyces cerevisiae* штаму ДО-11.

Динаміку виділення діоксиду вуглецю під час бродіння контролювали ваговим методом. Кукурудзу, сусло, дозрілу бражку та її дистиляти аналізували за загальноприйнятими методиками [4].

**Результати та обговорення.** В першій серії дослідів визначали вплив концентрації сухих речовин сусла та підвищеної температури бродіння на технологічні показники нового штаму дріжджів. В табл. 1 наведені вміст незброджених вуглеводів та спирту в дозрілих бражках при зміні концентрації сусла від 20 до 34 % СР та температури бродіння 34; 36 і 37 °С.

Дані табл. 1 свідчать, що при використанні дріжджів раси *Saccharomyces cerevisiae* штамів ДО-11 та ДО-16 із збільшенням концентрації сусла від 20 до 34 % СР в дозрілій бражці одночасно зростало накопичення спирту від 10,48 до 17,0 % об. Проте, за всіх умов дослідів дріжджі штаму ДО-16 утворювали спирту більше порівняно із штамом ДО-11.

Так, якщо за концентрації сусла 20 % СР дріжджі штаму ДО-16 утворювали більше спирту порівняно із дріжджами штаму ДО-11 на 0,05 % об., то із збільшенням вмісту сухих речовин ця різниця поступово зростала і становила при 24 % СР – 0,13...0,20 % об., при 28 % СР – 0,31...0,42 % об., при 30 % СР – 0,38...0,47 % об., при 34 % СР – 0,88...1,23 % об.

Дріжджі штаму ДО-11 максимальну кількість спирту утворили за концентрації сусла 30 % СР (15,96...16,03 % об.). Із збільшенням концентрації сусла до 34 % СР концентрація спирту в їх дозрілих бражках зменшилась до 15,57...15,88 % об., тоді як дослідні бражки мали

найвищий вміст спирту – 16,67...17,00 % об. Таким чином, дріжджі штаму ДО-16 є більш осмофільними порівняно із дріжджами штаму ДО-11.

**Таблиця 1 – Показники дозрілої бражки при зброджуванні сусла дріжджами раси *Saccharomyces cerevisiae* штамами ДО-11 і ДО-16 за різних значень концентрації сухих речовин сусла та температури бродіння**

Концентрація сусла, СР %	Штам дріжджів	Вміст незброджених вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup> , за температури бродіння, °С			Вміст спирту, % об., за температури бродіння, °С		
		34	36	37	34	36	37
20	ДО-11	0,31	0,34	0,37	10,48	10,56	10,46
	ДО-16	0,25	0,28	0,29	10,53	10,61	10,51
24	ДО-11	0,33	0,39	0,41	12,68	12,79	12,78
	ДО-16	0,27	0,30	0,32	12,88	12,99	12,92
28	ДО-11	0,52	0,57	0,61	15,30	15,08	15,07
	ДО-16	0,32	0,40	0,43	15,60	15,49	15,45
30	ДО-11	0,52	0,63	0,65	15,96	16,03	15,98
	ДО-16	0,46	0,56	0,58	16,43	16,45	16,35
34	ДО-11	0,87	0,90	0,92	15,78	15,88	15,57
	ДО-16	0,53	0,57	0,60	17,00	16,76	16,67

Показники щодо утворення спирту в основному співпадають з вмістом незброджених вуглеводів в дозрілих бражках. В контрольних бражках він завжди був більшим порівняно із дослідними і ця різниця зростала із збільшенням концентрації СР сусла. Але за всіх умов дослідів вміст незброджених вуглеводів не перевищував 2 % по відношенню до введених на бродіння, що відповідає вимогам чинного технологічного регламенту.

Дані табл. 1 доводять, що селекційований штам дріжджів є осмофільним та спирторезистентним, а нормальне зброджування сусла за підвищених температур (34...37 °С) дозволяє віднести його до термотолерантного.

В наступній серії дослідів дріжджами штаму ДО-16 зброджували сусло з концентраціями 20 і 28 % СР. При приготуванні сусла на стадії приготування замісу 50 % води заміняли фільтратом барди, що сприяє зменшенню витрат води приготування замісу, теплової енергії на приготування замісу і перегонку бражки та збільшує кількість циклів використання фільтрату післяспиртової барди на стадії приготування замісу. рН вихідного сусла встановлювали в межах від 6,0 до 3,0.

Результати дослідів наведені в табл. 2, із яких видно, що за всіх значень рН в бражках накопичувалась приблизно однакова кількість спирту. Але найбільший вміст спирту (15,66 % об.) був у дозрілих бражках, отриманих при зброджуванні сусла з рН 5. За інших значень рН сусла він був меншим і мав тенденцію до зменшення із збільшенням кислотності сусла.

**Таблиця 2 – Показники дозрілої бражки при зброджуванні сусла за різних значень рН та концентрації СР сусла**

рН сусла	Вміст незброджених вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup> , при концентрації сусла, % СР		Вміст спирту, % об., при концентрації сусла, % СР	
	20	28	20	28
6,00	0,21	0,36	10,61	15,59
5,00	0,19	0,32	10,69	15,66
4,20	0,26	0,33	10,64	15,58
3,80	0,29	0,36	10,61	15,57
3,60	0,31	0,37	10,60	15,57
3,20	0,31	0,40	10,55	15,54
3,00	0,37	0,42	10,53	15,53

Ці дані корелюють із вмістом незброджених вуглеводів у дозрілих бражках. Вірогідно, що рН сусла 5 є оптимальним для метаболізму дріжджів штаму ДО-16 в умовах спиртового бродіння при переробці крохмалевмісної сировини.

У всіх зразках дозрілих бражок не зафіксовано наявності сторонньої мікрофлори.

Зниження рН сусла від 6,00 до 3,00 та підвищення концентрації сухих речовин сусла від

20 до 28 % на стадії збродження дозволяє не тільки забезпечити високу стерильність сусла та бражки, але і нормативний вихід спирту за умов використання фільтрату барди на стадії приготування замісів. Результати досліджень свідчать про широкий діапазон дії нового штаму дріжджів ДО-16 залежно від активної кислотності сусла.

**Висновок.** Застосування нового високопродуктивного осмофільного, спирторезистентного та термотолерантного штаму дріжджів ДО-16 раси *Saccharomyces cerevisiae* у виробництві спирту із крохмалевмісної сировини дозволить зброджувати сусло з концентрацією сухих речовин до 34 % в діапазоні рН від 6,0 до 3,0 та за температури 34...37

°С з отриманням дозрілої бражки з концентрацією спирту до 17 % об. За такої концентрації спирту етилового в бражці суттєво підвищується продуктивність бродильного відділення, знижуються витрати води на підтримання оптимальної температури бродіння та пари на виділення спирту із бражки з одночасним зменшенням кількості утвореної післяспиртової барди.

#### **Література.**

1. Римарева Л.В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей. – М.: ДеЛи принт. 2010. – 251 с.
2. Araque Edgardo ac, Parra Carolina a, Rodríguez Manuel a, Freer Juanita ab, Baeza, Jaime Selection of thermotolerant yeast strains *Saccharomyces cerevisiae* for bioethanol production. – *Enzyme and Microbial Technology*. – Volume 43, Issue 2, 5.– August 2008. – P. 120-123 doi.org/10.1016/j.enzmictec.2008.02.007
3. Давыденко С.Г., Устинова А.С., Меледина Т.В., Баракова Н.В. Скрининг штаммов спиртовых дрожжей для сбраживания высококонцентрированного сусла. – Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2012 (2):14-14
4. Полигалина Г. В. Технохимический контроль спиртового и ликероводочного производства. – М. Колос. – 1999. – 334 с.