УДК 663.45

Т.В. ХАРАНДЮК, Р.Б. КОСІВ, Н.І. БЕРЕЗОВСЬКА, Л.Я. ПАЛЯНИЦЯ
Національний університет «Львівська політехніка»

РАСИ ДРІЖДЖІВ ДЛЯ ВИСОКОГУСТИННОГО ПИВОВАРІННЯ

Досліджено технологічні властивості пивних дріжджів низового бродіння рас Saflager S-23 і Saflager W-34/70 та верхового бродіння рас Safbrew T-58 і Safbrew S-33 в умовах високогустинного пивоваріння.

Ключові слова: раси пивних дріжджів, високогустинне пивоваріння.

T.V. KHARANDIUK, R.B. KOSIV, N.I. BEREZOVSKA, L.IA. PALIANYTSIA
National University «Lviv Polytechnic»

YEAST STRAINS FOR HIGH GRAVITY BREWING

In the article the technological properties of lager brewer's yeast strains Saflager S-23 and Saflager W-34/70 and ale strains Safbrew T-58 and Safbrew S-33 in the high gravity fermentation of beer wort in the range of its concentration 15-18% dry matter were reviewed. Yeast strain Safbrew T-58 have a top fermentation rate throughout the investigated range of wort concentrations. Fermentative activities of yeast strains Saflager W-34/70 and Saflager S-23 have similar values. Yeast strain Safbrew S-33 had high fermentation rate at the start of fermentation (up to 5 days), but it is further reduced. Samples of young beer, obtained from the worts with studied concentration involving yeast strains Saflager S-23, Saflager W-34/70, Safbrew T-58, are characterized by sufficient degree of fermentation, high alcohol content, normal pH and acidity. Saflager W-34/70 strain characterized by lowest content of vicinal diketones in young beer obtained throughout the range of concentrations wort. Thus, for high gravity fermentation of beer wort with concentration of 15-18% w/w yeast lager strains Saflager S-23 and Saflager W-34/70 and ale strain Safbrew T-58 can be used, which have a high fermentation rate and reasonable degree of fermentation, and also this strains allow to get a beer with relevant physical-chemical parameters. Yeast race Saflager W-34/70 is the most effective under high gravity brewing conditions.

Keywords: brewer's yeast strains, high gravity brewing.

Вступ

Технологія високогутинного пивоваріння була запропонована з метою збільшення потужності виробництва. За цією технологією варять густе сусло з більшою екстрактивністю і розбавляють його водою до бажаної концентрації сухих речовин перед або після бродіння, як правило перед фільтруванням. В обох випадках досягають економії енергії, бо з однакової кількості сусла одержують в кінцевому результаті більшу кількість пива. Зброджування густішого сусла, як і дозрівання, не повинно тривати довше, як звичайно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасна технологія приготування пива полягає в використанні інтенсивних способів ведення головного бродіння за умови збереження якості готового продукту. В практиці пивоваріння існує багато способів інтенсифікації зброджування пивного сусла. Більшість із них висувають особливі вимоги до пивних дріжджів. Використання високоактивних рас пивних дріжджів, збільшення норми їх внесення, підтримання особливих температурних режимів дозволяє одержати готовий напій високої якості за коротший термін.

Спиртове бродіння сахаридів сусла відбувається під дією ферментів дріжджів і є важливою стадією у виробництві пива. Тому важко переоцінити роль дріжджів у пивоварінні. Саме від них залежить кількість утвореного спирту та формування специфічного неповторного смакового букету, властивого якісному пиву.

У пивоварінні використовують два типи зброджування пивного сусла: верхове або тепле при температурі 15–25°С і низове або холодне при температурі 4–12°С. Використовувані при цьому дріжджі називають відповідно дріжджами верхового і низового бродіння, які відрізняються за своїми властивостями. Дріжджі верхового бродіння під час інтенсивного процесу піднімаються наверх, здатні утворювати спори і зброджують трисахарид рафінозу лише на одну третину. У дріжджів низового бродіння здатність до утворення спор менш виразна, вони здатні повністю зброджувати рафінозу та до кінця бродіння осідають на дно.

Вибір дріжджів відіграє важливу роль, оскільки швидкість і ступінь зброджування, кислотоутворююча здатність, відмінності в утворенні побічних продуктів бродіння впливають на органолептичні властивості пива. При виборі раси дріжджів керуються низкою критеріїв, зокрема ступенем зброджування сусла та швидкістю бродіння, швидкістю розмноження, утворенням побічних продуктів бродіння, здатністю утворювати пластівці.

Відома велика кількість рас пивних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Розробка нових рас і збереження перевірених культур дозволяє не тільки зберегти перевірені пивоварні традиції і смакові якості на великих виробництвах, а й створювати нові, експериментальні сорти пива на міні-пивоварнях. У світі існує кілька колекцій пивоварних дріжджів, найбільш відомими з яких є UK National Collection of Yeast Culturies (NCYC), VTT Biotechnology, Hefebank Weihnstephan, Cara Technology. В Україні продуценти пива зберігаються, зокрема, в колекції штамів мікроорганізмів та ліній рослин для харчової та сільськогосподарської біотехнології, створеної в ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України» [1].

Відомо, що неможливо рекомендувати якусь одну расу дріжджів для використання на всіх пивоварнях. Необхідно підібрати дріжджі, які ідеально підходять до умов конкретного виробництва. Зокрема, для зброджування пивного сусла суміщеним способом рекомендовано використовувати дріжджі рас 11 і F-Чеська [2]. В умовах міні-пивоварні якісніше пиво отримували за участю Датської та Німецької рас дріжджів [3, 4].

Деякі пивоварні підприємства пробують сумістити використання декількох рас одночасно з метою

підсилення позитивних властивостей кожної раси. Ряд дослідників вважають [5], що якщо різні раси змішувати під час головного бродіння, то, маючи відмінну швидкість розмноження, з часом вони витіснять одна одну. Дослідження по використанню багатоштамових комбінацій дріжджів рас 11, 34, 308, 463 і 8(а)М для зброджування пивного сусла концентрацією 11% сухих речовин (СР) показали, що багатоштамові комбінації переважали одноштамовий зразок за бродильною активністю, швидкістю бродіння, приростом біомаси клітин. За всіма показниками кращі результати досягнуто при одночасному використанні рас 8(а)М і 308 [6].

У міру поглиблення знань про властивості дріжджів та якості, які вони надають кінцевому продукту, все успішніше просувається робота по створенню нових рас пивних дріжджів. Раніше в основному здійснювали відбір більш активних дріжджів серед існуючих рас. Проводити гібридизацію було не вигідно, зокрема через малу здатність пивних дріжджів до спороутворення і низьку життєздатність аскоспор. Проте з часом основним внеском біотехнології в пивоварну промисловість буде створення рас дріжджів, здатних давати пиво з бажаними властивостями. Зокрема, з метою створення рас пивних дріжджів, які володіють глюкоамілазною активністю, здійснено перенесення STA генів із дріжджів *S. diastaticus* в генотип виробничих дріжджів [7].

Впровадження у виробництво технології високогустинного пивоваріння потребує використання дріжджів із термостійкими, осмо- та спиртотолерантними властивостями. При зброджуванні густого сусла за участю дріжджів рас Oettinger Pils та W-34/70 кращих результатів досягнуто при використанні раси W-34/70 [8].

Зброджування сусел концентрацією 14, 21 і 24% мас. з додаванням мальтозного чи глюкозного сиропів проводили за участю дріжджів раси Weihenstephan 34/70 [9], зброджування сусла концентрацією 20% мас. з додаванням мальтозного сиропу та без нього – за участю дріжджів *Saccharomyces pastorianu*s низового бродіння раси FBY0095 [10], бродіння сусел концентрацією 22, 24, 28 і 30% мас. – за участю дріжджів низового бродіння *Saccharomyces cerevisiae var. uvarum* раси W 96 [11]. При підвищенні концентрації сусла спостерігали зниження бродильної активності, подовження лаг-фази, зниження питомої швидкості росту, ступеня асиміляції цукрів, життєздатності, флокуляції та підвищення вмісту побічних продуктів бродіння.

З метою покращення технологічних властивостей проводили мутацію дріжджів *Saccharomyces pastorianus* раси FBY0095 [12]. Серед отриманих варіантів селекціонували найбільш ефективні для зброджування високогустинного пивного сусла з концентрацією мальтози 15% та при вмісті в суслі 15% етанолу. В результаті отримали два зразки, які володіли вищими питомими швидкостями росту, асиміляцією цукрів сусла та нагромаджували більший вміст етанолу, отримане пиво мало кращі органолептичні властивості.

Вивчено вплив температури, концентрації сусла та етанолу на бродильну активність пивних дріжджів низового бродіння рас Brewferm Lager, Saflager S-23, Saflager W-34/70 та дріжджів верхового бродіння рас Craft series M27, Safbrew F2, Safbrew S-33, Safbrew T-58 [13, 14]. Досліджено динаміку головного бродіння 16-відсоткового сусла за участю досліджуваних дріжджів і фізико-хімічні показники отриманого молодого пива. Встановлено, що дріжджі низового бродіння рас Saflager S-23 та Saflager W-34/70 і верхового бродіння рас Safbrew T-58 та Safbrew S-33 володіють високими осмо-, спирто- та термостійкістю, бродильною активністю, ступенем зброджування та здатністю до редукції дікетонів [15]. Проте, актуальним залишається пошук ефективних способів селекції та адаптації дріжджів до підвищених концентрацій виробничих субстратів. Тому метою роботи було дослідження технологічних властивостей пивних дріжджів низового бродіння рас Saflager S-23 і Saflager W-34/70 та верхового бродіння рас Safbrew T-58 і Safbrew S-33 при зброджуванні високогустинного пивного сусла в діапазоні його концентрацій 15–18% СР.

Матеріали і методи

Дріжджі культивували глибинним періодичним способом в пивному неохмеленому стерильному суслі з концентрацією сухих речовин (СР) 10% у три етапи: 1-й етап – в пробірку додавали 10 $см^3$ сусла та засівали чисту культуру дріжджів зі скошеного солодового агару, 2-й етап – в колбу ємністю 0,1 $дм^3$ додавали 50 $см^3$ сусла та засівали дріжджі з попередньої стадії, 3 етап – в колбу ємністю 0,3 $дм^3$ додавали 200 $см^3$ сусла та дріжджі з попередньої стадії. Культивування проводили при температурі 25 °С тривалістю 24 год. на кожній стадії. Нагромаджені дріжджі осаджували центрифугуванням протягом 10 хв. при частоті обертів 4000 $хв^{-1}$. Зброджування охмеленого сусла об'ємом 0,2 $дм^3$ концентрацією 15, 16, 17, 18 % СР проводили за участю досліджуваних рас дріжджів протягом 9 діб. Для адекватного порівняння динаміки процесу за участю дріжджів низового та верхового бродіння обрано температуру 15°С, при якій активні обидві групи дріжджів. Процес зброджування сусла контролювали за масою виділеного вуглекислого газу. У молодому пиві визначали pH, кислотність, ступінь зброджування, вміст екстракту, етанолу та віцинальних дікетонів [16].

Виклад основного матеріалу дослідження

Одним із способів селекції дріжджів для їх подальшого використання у високогустинному пивоварінні є зброджування субстратів з високим вмістом сухих речовин. Порівняння динаміки головного бродіння висококонцентрованих сусел концентрацією 15–18% СР за участю дріжджів рас Saflager S-23, Saflager W-34/70, Safbrew T-58 і Safbrew S-33 показує, що вищою швидкістю зброджування володіють дріжджі раси Safbrew T-58 в усьому дослідженому діапазоні концентрацій сусла (рис. 1).

Бродильна активність дріжджів – важлива технологічна властивість, оскільки визначає тривалість головного бродіння, фізико-хімічні показники пива, його біологічну стійкість. Бродильну активність дріжджів оцінюють за швидкістю споживання цукрів, кількості CO_2, який виділяється при цьому, і ступенем зброджування сусла. Дріжджі верхового бродіння штамів Safbrew T-58 і Safbrew S-33 мають вищу бродильну активність, ніж дріжджі низового бродіння. Бродильна активність усіх штамів є максимальною

при концентрації сусла 16% СР. Раси низового бродіння Saflager W-34/70 і Saflager S-23 показали близькі значення бродильної активності (рис. 2).

Дріжджі раси Safbrew S-33 мають високу бродильну активність на початку процесу (до 5 діб), проте надалі вона знижується, і, як наслідок, в результаті бродіння сусел усіх досліджуваних концентрацій виділяється найменша кількість діоксиду карбону порівняно з іншими расами дріжджів. Така технологічна поведінка дріжджів може бути пов'язана зі зброджуванням трисахариду рафінози лише на одну третину та зниженням життєздатності дріжджових клітин під впливом підвищеного осмотичного тиску середовища та підвищеної концентрації етанолу.

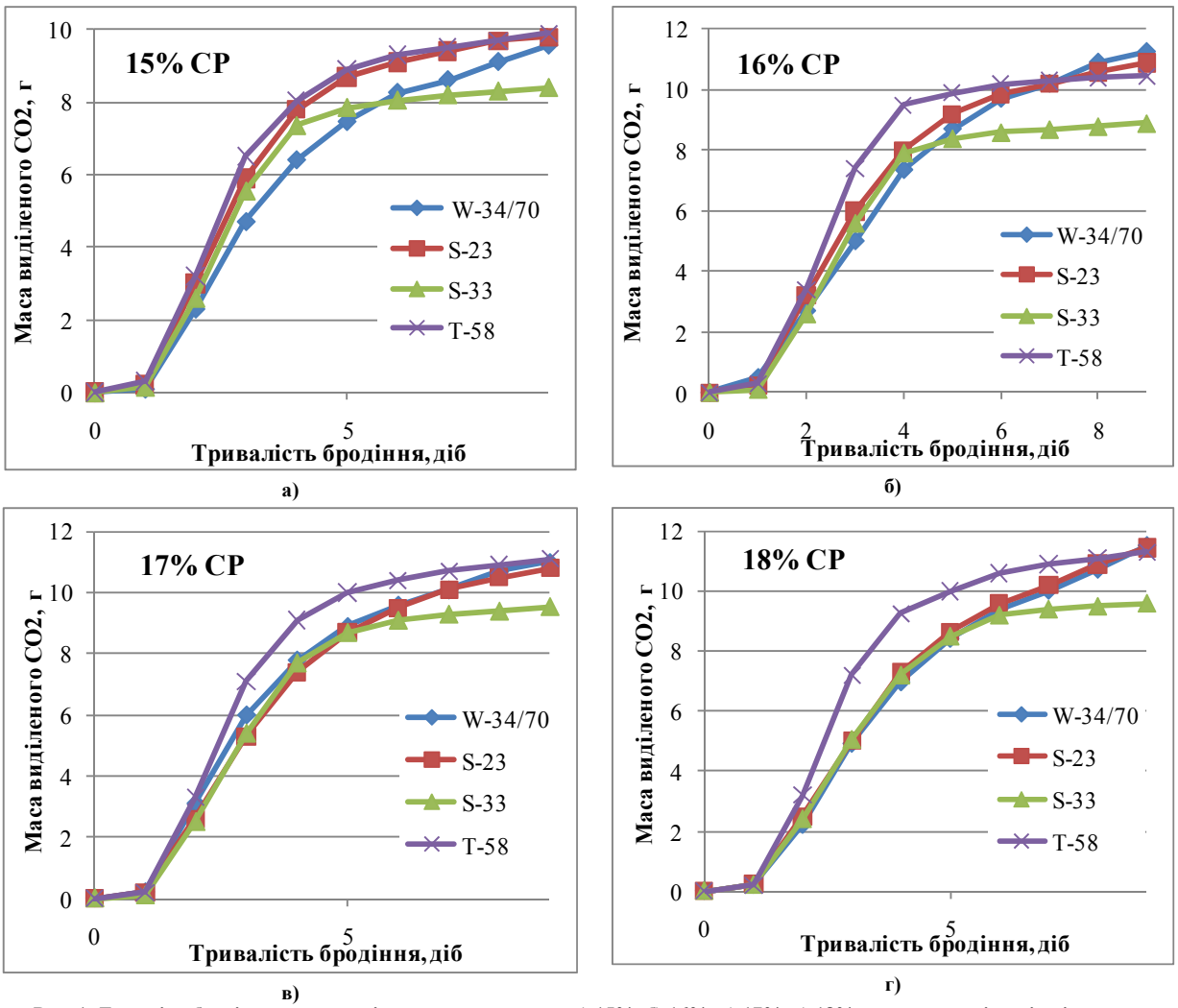

Рис. 1. Динаміка бродіння сусел з вмістом сухих речовин: а) 15%, б) 16%, в) 17%, г) 18%, за участю дріжджів різних рас

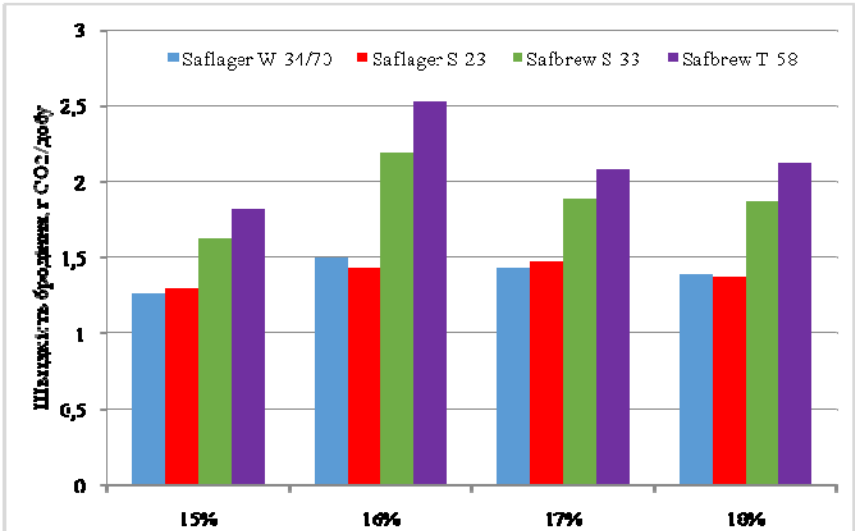

Рис. 2. Швидкість бродіння сусел концентрацією 15–18% сухих речовин за участю дріжджів різних рас

В технології пивоваріння важливе значення має якість одержуваного продукту, тому досліджували фізико-хімічні показники молодого пива, отриманого при зброджуванні високогустинних сусел за участю різних рас дріжджів (табл. 1, 2). Зразки молодого пива, отриманого за участю дріжджів рас Saflager S-23, Saflager W-34/70, Safbrew T-58, містять 5,11–6,56% мас. дійсного екстракту. Для цих зразків характерні ступені зброджування від 64,74 до 67,63%. Дріжджі раси S-33 зброджують вуглеводи сусла з недостатнім ступенем – від 54,72 до 59,15%, тому вміст екстракту в молодому пиві перевищує нормальні значення цього показника.

Вміст етанолу в усіх зразках молодого пива відповідає вимогам стандарту, зокрема зразки пива, отриманого з 15-відсоткового сусла, містять не менше 3,8% мас., із 16%-го сусла – не менше 4,2% мас., із 17%-го сусла – не менше 4,6% мас., із 18-відсоткового сусла – не менше 5,0% мас.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники молодого пива, отриманого із 15%- і 16-відсоткового сусла

Показники молодого пива	Раса пивних дріжджів				Раса пивних дріжджів			
	Saflager W-34/70	Saflager S-23	Safbrew S-33	Safbrew T-58	Saflager W-34/70	Saflager S-23	Safbrew S-33	Safbrew T-58
Концентрація сусла, % мас.	15				16			
Вміст екстракту (% мас.):								
видимий	2,97	2,77	5,02	2,90	3,12	3,07	5,66	3,19
дійсний	5,26	5,11	6,90	5,17	5,63	5,52	7,70	5,51
Вміст етанолу, % мас.	5,07	5,16	4,12	5,02	5,37	5,45	4,52	5,14
Ступінь зброджування (%):								
видимий	80,14	81,47	66,00	80,36	81,07	81,44	70,58	80,78
дійсний	66,57	67,63	55,21	66,72	67,53	67,10	59,15	67,29
pH	4,722	4,522	4,459	4,270	4,651	4,477	4,460	4,592
Кислотність, $см^3$ розчину 1 моль/$дм^3$ NaOH/100 $см^3$	2,4	2,7	2,5	2,7	3,0	3,1	2,9	2,8
Вміст ВДК, мг/$дм^3$	0,09	0,14	0,16	0,13	0,16	0,18	0,22	0,23

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники молодого пива, отриманого із 17- і 18-відсоткового сусла

Показники молодого пива	Раса пивних дріжджів				Раса пивних дріжджів			
	Saflager W-34/70	Saflager S-23	Safbrew S-33	Safbrew T-58	Saflager W-34/70	Saflager S-23	Safbrew S-33	Safbrew T-58
Концентрація сусла, % мас.	17				18			
Вміст екстракту (% мас.):								
видимий	3,24	3,21	5,85	3,44	3,85	3,65	6,01	3,96
дійсний	5,79	5,76	7,89	5,93	6,47	6,31	8,21	6,56
Вміст етанолу, % мас.	5,70	5,68	4,97	5,55	5,90	5,99	4,90	5,83
Ступінь зброджування (%):								
видимий	80,44	80,54	65,12	79,06	78,09	79,26	65,51	77,39
дійсний	67,03	67,10	54,72	65,91	65,31	66,24	55,20	64,74
pH	4,650	4,720	4,395	4,308	4,747	4,713	4,443	4,332
Кислотність, $см^3$ розчину 1 моль/$дм^3$ NaOH/100 $см^3$	2,8	2,7	2,7	2,7	2,9	2,9	2,9	3,1
Вміст ВДК, мг/$дм^3$	0,14	0,13	0,14	0,17	0,09	0,15	0,16	0,22

Величина pH усіх зразків пива знаходиться в межах норми (4,2–4,7). Кислотність усіх зразків відповідає вимогам стандарту, зокрема зразки пива, отриманого з 15-відсоткового сусла, мають кислотність 2,4–2,7 $см^3$ розчину 1моль/$дм^3$ NaOH/100 $см^3$ (за стандартом 2,1–3,6), із 16-відсоткового сусла – 2,8–3,1 (2,5–4,5), із 17-відсоткового сусла – 2,7-2,8 (2,5–4,5), із 18-відсоткового сусла – 2,9–3,1 (2,5–5,0).

Вміст віцинальних дікетонів (2,3-бутандіону і 2,3-пентандіону) – побічних продуктів бродіння, які мають значний вплив на органолептичні властивості пива, в усіх зразках молодого пива становлять від 0,09 до 0,23 мг/$дм^3$. Він відповідає вмісту в молодому пиві перед стадією доброджування та дозрівання (0,3–0,6 мг/$дм^3$), а деякі зразки – вмісту в готовому пиві (0,1-0,12 мг/$дм^3$).

Збільшення концентрації сухих речовин у суслі від 16 до 18% мас. приводить до зменшення швидкості бродіння (рис. 2) та зниження ступеня зброджування вуглеводів (табл. 1, 2). У зразках молодого пива, отриманих за участю всіх рас дріжджів, з підвищенням концентрації сусла зростає вміст екстракту та етанолу. Мінімальна кількість ВДК міститься в молодому пиві, отриманому з 15-відсоткового сусла, а максимальна – із сусла концентрацією 16% мас. Зниження значення pH і наростання кислотності молодого пива відбувається пропорційно зі збільшенням ступеня зброджування вуглеводів сусла.

Кращі фізико-хімічні показники мають зразки молодого пива, отримані за участю рас низового бродіння Saflager W-34/70 та Saflager S-23, які забезпечують високий вміст спирту та ступінь зброджування вуглеводів сусла порівняно з іншими дослідженими расами пивних дріжджів. Хоча дріжджі верхового

бродіння раси Safbrew T-58 володіють вищою бродильною активністю, проте отримане молоде пиво містить меншу кількість спирту та має нижчий ступінь зброджування порівняно з расою Saflager W-34/70. Нижчий вміст ВДК характерний для молодого пива, отриманого за участю рас дріжджів низового бродіння, вищий вміст ВДК – при зброджуванні сусел дріжджами рас верхового бродіння. Для раси Saflager W-34/70 характерний найнижчий вміст ВДК в молодому пиві, отриманому в усьому діапазоні концентрацій сусла.

Висновки

Таким чином, для зброджування високогустинного пивного сусла концентрацією 15–18% мас. можуть використовуватись дріжджі низового бродіння рас Saflager S-23 і Saflager W-34/70 та верхового бродіння Safbrew T-58, які володіють високою швидкістю та достатнім ступенем зброджування, дозволяють одержати пиво з відповідними фізико-хімічними показниками. Дріжджі раси Saflager W-34/70 є найбільш ефективними в умовах високогустинного пивоваріння.

Література

1. Корховий В. І. Колекція штамів мікроорганізмів та ліній рослин для харчової і сільськогосподарської біотехнології / В. І. Корховий // Вісн. НАН України. – 2015. – № 12. – С. 46–52.

2. Романова З. М. Дослідження пивних дріжджів, які застосовують при зброджуванні у ЦКБА / З. М. Романова, В. Л. Прибильський, Ю. Дарменко // Харчова промисловість. — 2008. — № 6. — С. 59–61.

3. Кошова В. М. Динаміка фізіологічних показників різних рас пивних дріжджів в процесі головного бродіння / В. М. Кошова, Т. В. Коломієць, Л. Р. Решетняк // Перспективы развития научных исследований в 21 веке : материалы международной научно-практической конференции. — Москва, 2013. — Ч. 3. — С. 14–20.

4. Кошова В. М. Дослідження впливу різних рас дріжджів на зброджування пивного сусла і якість готового пива / В. М. Кошова, Л. Р. Решетняк, А. М. Куц // Наукові праці НУХТ. — 2015 р. — Том 21. — № 1. — С. 220–226.

5. Филимонова Т. И. Введение пивных дрожжей на заводах малой мощности / Т. И. Филимонова, Е. И. Несс, О. А. Борисенко // Пиво и напитки. — 2002. — № 1. — С. 14.

6. Косминский Г. И. Особенности сбраживания пивного сусла многоштаммовыми комбинациями дрожжей / Г. И. Косминский, Е. М. Моргунова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2005. — Вып. № 1. — С. 53–55.

7. Гинова-Стоянова Т. Получение гибридов пивных дрожжей с глюкоамилазной активностью. II. Исследование биохимических и технологических свойств полученных гибридов / Т. Гинова-Стоянова, С. Коева, К. Лахчев // Биотехнология и биотехника. — 1999. — № 5. — С. 25–27.

8. Корнейко Н. Культивування дріжджів і бродіння в умовах високогустинного пивоваріння / Н. Корнейко, О. Дерій, А. Мелетьєв // Наукові здобутки молоді у вирішенні проблем харчування людства у XXI столітті : програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. — Київ, 2014. — Ч. 1. — С. 333–334.

9. Physiological characterization of brewer's yeast in high-gravity beer fermentations with glucose or maltose syrups as adjuncts / M. Piddocke, S. Kreisz, H. P. Heldt-Hansen // Microbiol Biotechnol. – 2009. – № 84. – P. 453–464.

10. Effects of Wort Gravity and Nitrogen Level on Fermentation Performance of Brewer's Yeast and the Formation of Flavor Volatiles / H. Lei, H. Zhao, Z. Yu, M. Zhao // Biochem Biotechnol. – 2012. – № 166. – P. 1562–1574.

11. Changes in the Yeast Metabolism at Very High-Gravity Wort Fermentation / J. Patkova, D. Smogrovicova, P. Bafrncova, Z. Domeny // Folia Microbiol. – 2000. – № 45. – P. 335–338.

12. Selection of Saccharomyces pastorianus variants with improved fermentation performance under very high gravity wort conditions / Z. Yu, H. Zhao, H. Li // Biotechnol Lett. – 2012. – № 34. – P. 365–370.

13. Вплив концентрацій сухих речовин та етанолу на бродильну активність пивних дріжджів / Т. Харандюк, Р. Косів, Л. Паляниця, Н. Березовська, Н. Паньків // Матеріали 81-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблеми харчування людства у XXI столітті". — Київ, 2015. — Ч. 1. — С. 226–227.

14. Харандюк Т. В. Вплив температури на бродильну активність пивних дріжджів / Т. В. Харандюк, Р. Б. Косів // Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів. — Одеса, 2015. — С.157.

15. Зброджування висококонцентрованого сусла різними расами пивних дріжджів / Р. Б. Косів, Н. І. Березовська, Л. Я. Паляниця, Т. В. Харандюк // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. — 2015. — Вип. 47, Т. 2. — С. 186–189.

16. Мелетьєв А. С. Технохімічний контроль солоду, пива та безалкогольних напоїв: підручник / А. С. Мелетьєв, С. Р. Тодосійчук, В. М. Кошова. — Вінниця : Нова книга, 2008. — 300 с.

Рецензія/Peer review : 31.5.2016 р. Надрукована/Printed : 25.8.2016 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Б. О. Дзіняк