

ЗБРОДЖУВАННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНОГО ПИВНОГО СУСЛА ДРІЖДЖАМИ РІЗНИХ РАС

Косів Р. Б., канд. техн. наук, доцент, Березовська Н. І., канд. хім. наук, доцент, Паляниця Л. Я., канд. хім. наук, доцент, Харандюк Т. В., аспірант
Національний університет „Львівська політехніка”, м. Львів

Для збродження сусла в умовах високогустинного пивоваріння здійснено підбір рас пивних дріжджів за осмо-, спирто- та термостійкістю, бродильною активністю, ступенем збродження та здатністю до редукції diketонів. Досліджено вплив концентрації сухих речовин в інтервалі 10-25 % мас., концентрації етилового спирту в інтервалі 2-14 % об. і температури в інтервалі 9-30 °C на бродильну активність пивних дріжджів рас низового бродіння Brewferm Lager, Saflager S-23, Saflager W-34/70 і рас верхового бродіння Craft series M27, Safbrew F2, Safbrew S-33, Safbrew T-58. Досліджено динаміку збродження пивного сусла концентрацією 16 % сухих речовин при температурі 15 °C впродовж 9 діб за участю досліджуваних рас дріжджів і фізико-хімічні показники молодого пива. Дріжджі низового бродіння рас Saflager S-23 та Saflager W-34/70 і верхового бродіння рас Safbrew T-58 та Safbrew S-33 можна рекомендувати для збродження висококонцентрованого пивного сусла, оскільки вони володіють кращими технологічними властивостями.

Selection of brewer's yeasts strains by osmo-, ethanol- and heat tolerance, fermentation activity, fermentation rate and ability to the reduction of diketones was made for high gravity brewing. The effect of: beer wort concentration in the range of 10-25 % dry matter (DM); ethanol content in the range of 2-14% vol.; temperatures in the range of 9-30 °C on the fermentation activity of brewer's yeast strains Brewferm Lager, Saflager S-23, Saflager w-34/70, Craft series M27, Safbrew F2, Safbrew S-33, Safbrew T-58 was determined. The dynamics of analysed yeast strains fermentation of beer wort with concentration of 16 % DM at a temperature of 15 °C during 9 days, physical and chemical characteristics of the young beer were determined. The bottom yeast strains - Saflager W-34/70 and Saflager S-23 and top fermentation yeast strains Safbrew T-58 and Safbrew S-33 can be recommended for fermentation of high gravity beer wort because they have better technological properties.

Ключові слова: раси пивних дріжджів, бродильна активність, збродження, висококонцентроване сусло

Згідно з даними асоціації „Укрпиво”, яка об'єднує близько 80 % виробників пива в Україні, в 2014 році обсяги виробництва пива становили 250,6 млн. дал. У виробництві пива на стадіях приготування сусла та його збродження витрачається велика кількість теплоносіїв, холодоагентів і електроенергії. В наш час як ніколи є актуальним впровадження енергоощадних технологій, які дали б можливість скоротити енергозатрати.

Одним із шляхів досягнення цієї мети є високогустинне пивоваріння. Підвищення концентрації зброджуваного сусла дозволить зменшити витрати гріючої пари, більш ефективно використовувати наявне обладнання. Також це спричинить зменшення собівартості готового продукту, що при теперішній низькій купівельній спроможності населення є важливим фактором.

Дослідженнями встановлено, що пиво, виготовлене за технологією високогустинного пивоваріння із заміною частини солоду мальтозною патокою, за всіма фізико-хімічними показниками відповідає вимогам нормативно-технічної документації [1]. Проте науковцями досліджено, що при підвищенні концентрації початкового сусла дещо знижуються органолептичні показники кондиційованого пива, виготовленого за технологією високогустинного пивоваріння. Пиво з екстрактивністю початкового сусла 19 % і подальшим його кондиціюванням до 13 % має нижчу дегустаційну оцінку, ніж пиво з екстрактивністю початкового сусла 16 % та 13 % [2].

Якість пива, його органолептичні та фізико-хімічні показники, значною мірою залежать від біохімічної діяльності дріжджів. Пивні дріжджі різних рас, хоча і належать до одного роду *Saccharomyces*, мають відмінності за морфологічними, фізіологічними та технологічними властивостями. Вони відрізняються за розмірами клітин, потребами в ростових речовинах, ферментативною активністю. Технологічні особливості пов'язані з різними швидкостями розмноження клітин, бродильними активностями дріжджів, ступенями збродження сусла.

Зокрема досліджено, що для збродження пивного сусла суміщеним способом в цилінро-конічному бродильному апараті доцільно використовувати дріжджі рас 11 і F-Чеська [3]. Дослідження впливу рас

пивоварних дріжджів на збродження пивного сусла в умовах міні-пивоварні показало, що якісніше пиво отримують за участю Датської та Німецької рас дріжджів [4, 5].

У результаті порівняння динаміки збродження високогустинного сусла за участю дріжджів рас Oettinger Pils та W-34/70 у модельних та виробничих умовах та фізико-хімічних показників пива встановлено специфічність адаптації дріжджів до стресових умов під час розмноження, бродіння сусла та дозрівання пива. Кращих результатів досягнуто при використанні раси W-34/70 [6].

Проте при збродженні високогустинного сусла виникає ряд проблем, пов'язаних зі зміною активності дріжджів, їх ранньою флокуляцією, внаслідок чого змінюються органолептичні властивості напою. Це зумовлено наслідками стресів, викликаних високим осмотичним тиском середовища на початку бродіння і високою концентрацією спирту на проміжній та кінцевій стадіях процесу. Зниження бродильної активності дріжджів веде до збільшення тривалості головного бродіння, що є економічно недоцільним. Інтенсифікувати процес можна, зокрема, підвищенням температури.

Тому метою роботи був підбір рас осмо-, спирто- та термостійких дріжджів з високим ступенем збродження висококонцентрованого сусла.

Об'єктами досліджень були штами дріжджів, які застосовуються на європейських та вітчизняних пивоварнях, а саме: Brewferm Lager, Saflager S-23, Saflager W-34/70 (дріжджі низового бродіння); Craft series M27, Saftbrew F2, Saftbrew S-33, Saftbrew T-58 (дріжджі верхового бродіння). Дріжджі культивували в неохмеленому суслі концентрацією 10 % сухих речовин при температурі 25 °C в три етапи. Біомасу дріжджів відокремлювали центрифугуванням при частоті обертів 4000 хв.⁻¹ впродовж 10 хв.

Бродильну активність дріжджів визначали експрес-методом (модифікація методу Варбурга) [7]. Вплив концентрації сухих речовин на бродильну активність дріжджів досліджували в неохмеленому суслі з вмістом сухих речовин 10, 13, 16, 19, 22, 25 % за температури 15 °C. Сусло концентрували упарюванням. Вплив концентрації етанолу на бродильну активність дріжджів досліджували в 16%-му неохмеленому суслі, в яке вносили етиловий спирт до досягнення його вмісту 2, 5, 8, 11 і 14 % об. Вплив температури на бродильну активність дріжджів досліджували в неохмеленому суслі з концентрацією сухих речовин 16 % при 9, 15, 20, 25 і 30 °C.

Нагромаджені дріжджі використовували для збродження 16 %-го сусла, яке проводили при температурі 15 °C протягом 9 діб. При цьому досліджували динаміку бродіння, зміну рН і кислотності. Аналіз збродженого сусла виконували за загальноприйнятими методиками [8].

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 CO₂, який виділяється при цьому, і ступенем збродження сусла.

Підвищення концентрації сусла в умовах високогустинного пивоваріння веде до збільшення осмотичного тиску середовища на дріжджові клітини. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що збільшення концентрації сусла від 10 до 25 % сухих речовин веде до зниження бродильної активності дріжджів. Тільки дріжджі штамі Brewferm Lager, Saftbrew S-33, Saftbrew T-58 при концентрації сусла 13 % були більш активні, ніж при 10 %. В інтервалі концентрацій сусла 10-16 % зміна бродильної активності дріжджів усіх штамів, окрім Brewferm Lager, була незначною. При концентраціях сусла 19-25 % бродильна активність суттєво знижувалась. Серед досліджених штамів найбільш осмотостійкими дріжджами низового бродіння є Saflager S-23 та Saflager W-34/70, верхового бродіння – Saftbrew S-33, Saftbrew T-58 [9].

Збільшення концентрації етанолу в суслі від 2 до 14 % об. спричиняло зменшення бродильної активності дріжджів усіх досліджуваних штамів. Виявлено стимулюючий ефект низьких концентрацій спирту в суслі. Серед досліджуваних штамів найкращою спиртостійкістю володіли дріжджі: Saflager W-34/70, Saftbrew T-58, Saflager S-23 [9].

Результати досліджень впливу температури на бродильну активність пивних дріжджів показали, що з підвищенням температури бродильна активність дріжджів зростає. У температурному інтервалі від 15 до 30 °C спостерігали закономірність, виражену правилом Вант-Гоффа: при підвищенні температури на 10 °C швидкість бродіння зростала в 2 – 4 рази. За температури 9 °C бродильна активність усіх досліджуваних штамів була низькою.

При виборі раси дріжджів для високогустинного пивоваріння важливим є дослідження динаміки збродження пивного сусла. Результати досліджень показали, що дріжджі рас Saftbrew T-58 і Craft series M27 мали найбільшу швидкість збродження, Saflager S-23, Saflager W-34/70 і Saftbrew F2 – середню, а Brewferm Lager і Saftbrew S-33 - найнижчу (рис. 1).

Ступінь збродження та відповідне йому співвідношення між вмістом екстракту та спирту визначає найважливіші властивості пива, у тому числі його біологічну стійкість. Дріжджі низового бродіння Saflager S-23 і Saflager W-34/70 найглибше зброджували 16 %-е пивне сусло, асимілюючи відповідно

65,91 і 64,40 % екстрактивних речовин та нагромаджуючи при цьому найбільшу кількість етилового спирту - 5,45 і 5,37 % мас. (табл. 1). Деяко нижчі значення ступеня зброджування (62,00 і 60,08 %) та концентрації спирту (5,14 і 4,95 % мас.) досягнуто при зброджуванні сусла верховими дріжджами Safbrew T-58 і Craft series M27.

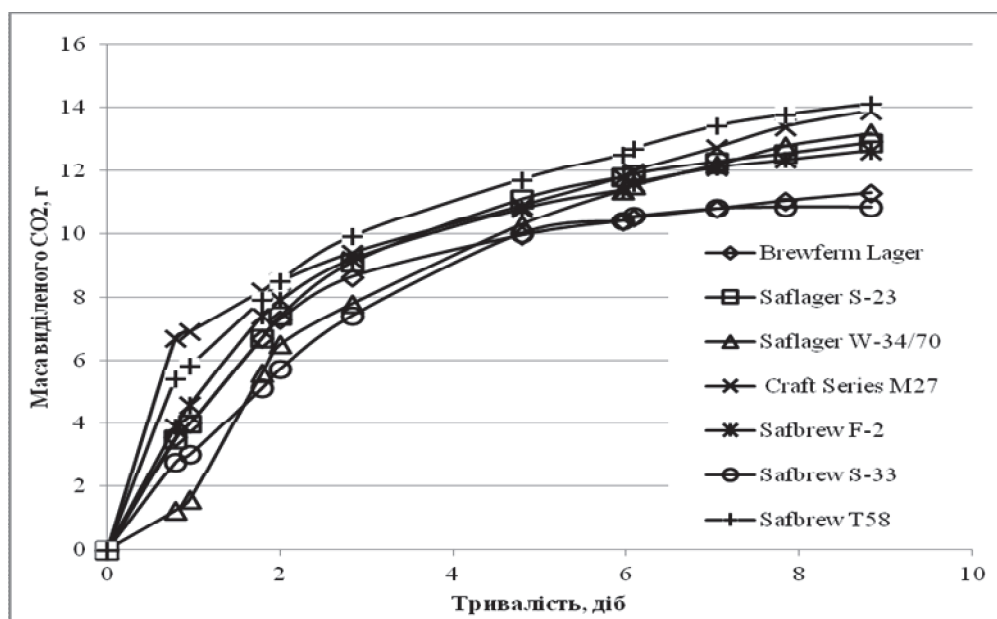


Рис. 1 – Динаміка зброджування пивного сусла дріжджами різних рас

Важливим показником пива є кислотність. Оптимальна кислотність сприяє належному перебігу технологічних процесів, позитивно впливає на смак і стійкість пива. Під час головного бродиння значення рН зброджуваного сусла знижувалось до 4,4–4,6, кислотність зростала до 2,8–3,5 моль/дм³ розчину 1 моль/дм³ NaOH/100 см³ молодого пива (табл. 1), що відповідає вимогам стандарту для пива з концентрацією початкового сусла 16 % сухих речовин і свідчить про нормальний перебіг процесів бродиння, відсутність автолізу дріжджів.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники молодого пива

Показники молодого пива	Раса дріжджів						
	Brewferm Lager	Saflager S-23	Saflager W-34/70	Craft series M27	Safbrew F2	Safbrew S-33	Safbrew T-58
Вміст екстракту (% мас.):							
видимий	4,51	3,37	3,72	4,56	5,82	5,66	4,19
дійсний	6,73	5,82	6,13	6,79	7,84	7,70	6,51
Вміст етанолу, % мас.	4,92	5,45	5,37	4,95	4,44	4,52	5,14
Ступінь зброджування (%):							
видимий	71,89	79,10	77,17	71,79	64,18	65,21	74,18
дійсний	60,15	65,91	64,40	60,08	53,96	54,79	62,00
рН	4,409	4,477	4,551	4,365	4,474	4,452	4,592
Кислотність, моль/дм ³ NaOH/100 см ³	3,5	3,1	3,0	3,5	3,2	3,4	2,8
Вміст ВДК, мг/дм ³	0,36	0,18	0,26	1,20	0,27	0,22	0,30

Проте ці показники не дають повної уяви про якість пива. У формуванні букету готового напою дуже важливе значення мають діацетил і пентандіон - віцінальні дикетони (ВДК), які при перевищенні по-

рогових концентрацій надають пиву неприємний смак. Зниження вмісту дикетонів залежить від раси дріжджів, тому при їх селекції слід враховувати рівень ВДК в пиві. Найнижчий вміст дикетонів спостерігали в молодому пиві, одержаному за участю дріжджів низового бродіння Saflager S-23 і Saflager W-34/70 та дріжджів верхового бродіння Saftbrew S-33 (відповідно 0,18, 0,26 і 0,22 мг/дм³). Дріжджі раси Craft series M27 мали низьку здатність до редукції дикетонів.

Висновки

Дріжджі низового бродіння рас Saflager S-23 та Saflager W-34/70 і верхового бродіння рас Saftbrew T-58 та Saftbrew S-33 можна рекомендувати для зброджування висококонцентрованого пивного суслу, оскільки вони володіють високими осмо-, спирто- та термостійкістю, бродильною активністю, ступенем зброджування та здатністю до редукції дикетонів.

Література

1. Застосування продуктів переробки зерна для вдосконалення технології високогустинного пивоваріння / О. І. Дерій, А. Є. Мелетьєв, М. В. Бондар, С. А. Захарченко // *Хранение и переработка зерна*. — 2011 р. — № 12 (150). — С. 56–57.
2. Тонюк, М. Л. Дослідження впливу концентрації початкового суслу на огранолептичні показники напою в технології високогустинного пивоваріння [Текст] / М. Л. Тонюк, О. О. Варанкіна // *Вісник НТУ „ХПІ”*. — 2013. — № 9 (983). — С. 47–54.
3. Романова, З. М. Дослідження пивних дріжджів, які застосовують при зброджуванні у ЦКБА [Текст] / З. М. Романова, В. Л. Прибильський, Ю. Дарменко // *Харчова промисловість*. — 2008. — № 6. — С. 59–61.
4. 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 р. — Ч. 3. — С. 14–20.
5. Кошова, В. М. Дослідження впливу різних рас дріжджів на зброджування пивного суслу і якість готового пива // В. М. Кошова, Л. Р. Решетняк, А. М. Куц // *Наукові праці НУХТ*. — 2015 р. — Том 21. — № 1. — С. 220–226.
6. Корнейко, Н. Культивування дріжджів і бродіння в умовах високогустинного пивоваріння / Н. Корнейко, О. Дерій, А. Мелетьєв // *Наукові здобутки молоді – вирішенню 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.
7. Меледіна Т. В. Физиологическое состояние дрожжей: Учебное пособие. / Т. В. Меледіна, С. Г. Давыденко, Л. М. Васильева. — СПб: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. — 48 с.
8. 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.
9. Вплив концентрацій сухих речовин та етанолу на бродильну активність пивних дріжджів / Т. Харандюк, Р. Косів, Л. Паляниця, Н. Березовська, Н. Паньків // *Матеріали 81-ої 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.