

стандартов, 1981. – 14 с. **12.** ГОСТ 10798-85 Плиты газовые бытовые. Общие технические условия. – М.: Госстандарт СССР, 1986. – 14 с. **13.** Пат. 2396093 РФ, МПК<sup>6</sup> А61L С25F. Селективный травитель для титана / Гузеева Т. И., Гузеев В. В., Леонова Л. А.; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. – № 2009108586/15; заявл. 10.03.2009; опубл. 10.08.2010.

*Поступила в редколлегию 15.02.2012*

## **УДК 663.44**

**М.Л. ТОНЮК**, студ., НТУ «ХП», Харків

**О.О. ВАРАНКІНА**, канд. техн. наук, ст. викл., НТУ «ХП», Харків

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОЧАТКОВОГО СУСЛА НА УТВОРЕННЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ БРОДІННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОГУСТИННОГО ПИВОВАРІННЯ**

Досліджено технологію високогустинного пивоваріння. Визначено переваги використання сусла високої густини на стадії бродіння. Визначено залежності вмісту побічних продуктів бродіння в пиві від масової частки сухих речовин в початковому суслі.

Исследована технология высокоплотного пивоварения. Определены преимущества использования сусла высокой плотности на стадии брожения. Построены зависимости содержания побочных продуктов брожения в пиве от массовой доли жира в первоначальном сусле.

The high-gravity brewing technology is investigated. The advantages of using high-density wort to the fermentation stage is identified. The dependences of the content of by-products of fermentation in beer from the mass fraction of fat in the original wort is constructed.

**Вступ.** Пиво - це слабоалкогольний пінистий напій, що одержують із пророслих і непророслих зернових культур шляхом спиртового зброджування охмеленого сусла пивними дріжджами. Існує декілька способів виробництва пива. Серед них новим і перспективним способом є технологія високогустинного пивоваріння.

**Постановка проблеми.** Технологія високогустинного пивоваріння має ряд переваг. Перш за все, це підвищення випуску готового продукту без суттєвого збільшення промислових потужностей підприємства, а також використання більш дешевої сировини для підвищення вмісту сухих речовин в суслі – патоки мальтозної – що дозволяє підвищити стійкість продукції [1].

Однак, при використанні мальтозної патоки в якості добавки, яка підвищує густину сусла, виникають технологічні проблеми, що пов'язані із стадією бродіння. Культури дріжджів доводиться розвиватися в суслі з високим вмістом сухих речовин, що обумовлює високий осмотичний тиск, який негативно впливає на дріжджову популяцію. На заключному етапі дріжджі виявляються в середовищі з підвищеною концентрацією етанолу (етанольний стрес) і інших продуктів життєдіяльності [2]. Крім того, при використанні мальтозної патоки виникає дефіцит амінного азоту, який необхідно компенсувати [3].

Також, підвищення температури для інтенсифікації високогустинного бродіння та підвищений вміст сухих речовин у початковому суслі негативно

позначається на органолептичних характеристиках пива через підвищений вміст летючих речовин (вищі спирти, діацетил, сірковмісні компоненти) [3]. Однак, залежність накопичення побічних продуктів від концентрації сухих речовин у початковому суслі досліджено неповністю, що ставить перед науковцями ряд завдань, які вимагають вирішення.

Аналіз останніх публікацій. В даний час ведеться велика кількість досліджень по удосконаленню технології високогустинного пивоваріння з метою зниження концентрації побічних продуктів бродіння.

Результатом складних біохімічних процесів, що відбуваються при бродінні і доброджуванні пива, є отримання продукту з визначеним складом, смаком і ароматом. Смак і аромат пива багато в чому визначається леткими побічними продуктами бродіння, до яких відносяться вищі спирти, діацетил, альдегіди, ефіри, кислоти, сірчисті з'єднання та ін. [4].

В процесі бродіння виникають дуже важливі для аромату пива метаболіти дріжджів – дікетони. Діацетил і пентадион-2,3 мають схожий смак і аромат, які визначаються, як "масляний", "медовий". Аромат діацетилену в пиві є небажаним. Вміст діацетилену в пиві залежить від концентрації дріжджів, аерації, температури і інших чинників. Пентадион-2,3, менше впливає на аромат пива, оскільки міститься в незначній кількості і є менш ароматним [5,6].

Ще одним побічним продуктом є альдегіди, що відносяться до карбонільних речовин, які значно впливають на смак і аромат пива. У пиві виявлені наступні альдегіди: оцтовий, пропіоновий, коричний, ізомаляний, ізовалеріановий та ін. Основним альдегідом пива є оцтовий альдегід (ацетальдегід). Ацетальдегід надає пиву "трав'янистий" або "маринадний" присмак, що характерний для незрілого молодого пива [7]. У молодому пиві вміст альдегіду складає від 20 до 40 мг/л; у готовому пиві – нижче за 8-10 мг/л [8]. На органолептичні показники пива впливають також і інші побічні продукти бродіння.

**Мета роботи.** Метою даної роботи є дослідження технології високогустинного пивоваріння в частині визначення впливу концентрації початкового суслу на вміст побічних продуктів бродіння та якість кондиційованого пива.

Виклад основного матеріалу. В дослідженні впливу густини початкового суслу на якісний і кількісний склад побічних продуктів бродіння використовували наступні зразки суслу:

- сусло із вмістом сухих речовин 13 %;
- сусло із вмістом сухих речовин 16 %;
- сусло із вмістом сухих речовин 19 %.

Вміст сухих речовин у початковому суслі забезпечували присутністю солоду, ячменю і мальтозної патоки в складі продукту.

Досліди проводили з використанням стандартних методик, які використовуються у пивоварній промисловості для аналізу сировини, матеріалів, напівпродуктів та готової продукції [7].

В ході дослідження було виявлено наявність наступних побічних продуктів пивоваріння в кондиційованому пиві: діацетилену і пентадиону-2,3; диметилсульфиду; ацетальдегіду; вищих спиртів (n-пропанолу, ізобутанолу та

ізоамілового спирту).

Визначення загального діацетилю і 2,3-пентандіону в пиві проводили методом газової хроматографії, що застосовують до усіх типів пива, що бродить і відфільтрованого, для рівня діацетилю від 10 до 1000 ppb. Зразок аерували і піддавали дії температури 60°C протягом 90 хвилин для переходу продукту у вільний компонент ( $\alpha$ -ацетолактат в діацетил і  $\alpha$ -ацетогідроксibuтират в пентандіон). Після сепарації на колонці газового хроматографа електронний детектор-вловлювач визначав діацетил і пентандіон. Результат порівнювали із стандартами – водним розчином діацетилю і пентандіону.

Визначення вільного діацетилю, 2,3-пентандіону, диметилсульфіду, ацетальдегіду, етилацетату, n-пропанолу, ізобутанолу, ізоацетату, ізоамілового спирту в готовому пиві визначали на газовому хроматографі, що оснащений капілярною колонкою з електронно-захватним детектором (при визначенні діацетилю і пентандіону) і полум'яно-іонізаційним детектором (при визначенні усіх інших компонентів). Підготування проб виконували на парофазній приставці «ТурбоМатрикс» за методом рівноважної парової фази.

Досліди проводили у трикратному повторенні. При визначенні діацетилю, пентандіону-2,3, ацетальдегіду, ізобутанолу, n-пропанолу та ізоамілового спирту в кондиційованому пиві відносна похибка  $\Delta$  при імовірності  $P=95\%$  не перевищувала 2%. При визначенні вмісту сухих речовин у початковому суслі відносна  $\Delta$  похибка при імовірності  $P=95\%$  не перевищувала 0,6%.

Отримані результати представлено в графічній формі. Залежності концентрації діацетилю та пентандіону-2,3 від концентрації початкового сусла наведено на рис.

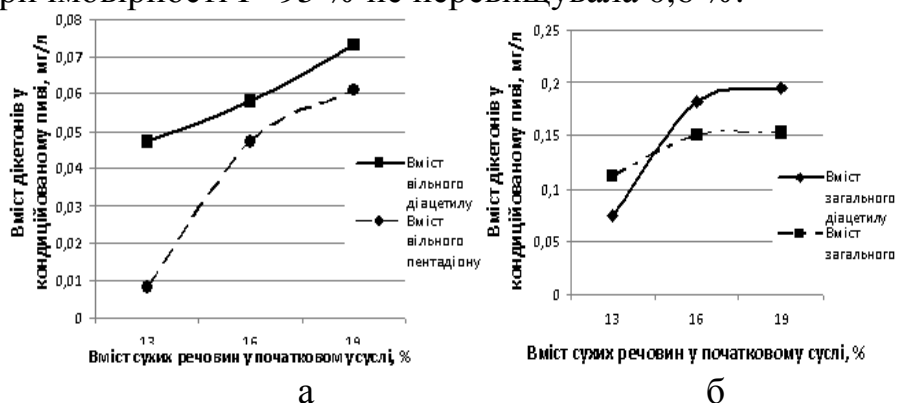


Рис. Вміст вільного діацетилю та пентандіону-2,3 (а) та загального діацетилю та пентандіону-2,3 (б) в залежності від концентрації початкового сусла

З рис. видно, що концентрація діацетилю та пентандіону-2,3 у пиві з концентрацією початкового сусла 16% та 19% перевищує концентрацію даних речовин у 13% пиві більше, ніж в 2 рази.

Експериментальні дані (рис.) оброблено методами регресійного аналізу. Побудовано математичні моделі залежності вмісту вільного діацетилю ( $Y_1$ , мг/л), вільного пентандіону-2,3 ( $Y_2$ , мг/л), загального діацетилю ( $Y_3$ , мг/л), загального пентандіону-2,3 ( $Y_4$ , мг/л), від вмісту сухих речовин у початковому суслі ( $X$ , %), які представлено наступними рівняннями регресії:

$$Y_1 = 0,013x + 0,0333 (R = 0,9961; R^2 = 0,9922);$$

$$Y_2 = -0,0125x^2 + 0,0765x - 0,056 (R^2 = 0,9996);$$

$$Y_3 = 0,0605x + 0,0293 (R = 0,911, R^2 = 0,8295);$$

$$Y_4 = -0,0175x^2 + 0,0905x + 0,039 (R^2 = 0,9998).$$

Також, експериментальні дані вмісту ацетальдегіду ( $Y_5$ , мг/л), етилацетату ( $Y_6$ , мг/л), ізоамілацетату ( $Y_7$ , мг/л), ізоамілового спирту ( $Y_8$ , мг/л), n-пропанолу ( $Y_9$ , мг/л) та ізобутанолу ( $Y_{10}$ , мг/л) при вмісту сухих речовин у початковому суслі ( $X$ , %) оброблено методами регресійного аналізу. Побудовано математичні моделі даних залежностей, які представлено наступними рівняннями регресії:

$$Y_5 = 1,35x + 4,2133 \quad (R = 0,9706, R^2 = 0,9420);$$

$$Y_6 = 6,81x + 8,8767 \quad (R^2 = 1);$$

$$Y_7 = 0,55x + 1,61 \quad (R = 0,915, R^2 = 0,8373);$$

$$Y_8 = 12,645x + 999444,98 \quad (R = 0,9243, R^2 = 0,8543);$$

$$Y_9 = 3,005x + 21,827 \quad (R = 0,9782, R^2 = 0,9569);$$

$$Y_{10} = 3,2x + 22,033 \quad (R = 0,9736, R^2 = 0,9479).$$

Рівняння регресії, які отримані шляхом апроксимації даних, адекватно описують залежності, що вище наведені (перевірено за допомогою критерію Фішера). Значення коефіцієнтів кореляції лінійної регресії  $R > 0,91$  свідчать про дуже щільну пряму (лінійну) залежність між вмістом побічних продуктів бродіння в кондиційованому пиві від вмісту сухих речовин у початковому суслі. Значення коефіцієнтів детермінації нелінійної регресії  $R^2 > 0,82$  говорять про те, що більше ніж 82 % варіацій вмісту побічних продуктів бродіння в кондиційованому пиві пояснюється зміною вмісту сухих речовин у початковому суслі, а лише 18 % – впливом сторонніх факторів. Серед сторонніх факторів слід зазначити наявність впливу кількості дріжджів, що використовуються на стадії бродіння.

Слід зазначити, що рівняння регресії, які отримані шляхом апроксимації даних, можуть бути використані при подальшому прогнозуванні зміни концентрації побічних продуктів у кондиційованому пиві в залежності від вмісту сухих речовин у початковому суслі.

Залежності, що адекватно описує процес накопичення диметилсульфіду (ДМС) при різній початковій концентрації сусла, знайдено не було. Це можна пояснити тим, що диметилсульфід при теплому бродінні вимивається більше, ніж при холодному. При тривалому доброджуванні вміст ДМС трохи збільшується. Загалом, вміст ДМС в готовому пиві відповідає вмісту ДМС в початковому суслі.

**Висновки.** Таким чином, в ході дослідження встановлено: 1) вміст вільного діацетила, ацетальдегіду, етилацетату, ізобутанолу, n-пропанолу, ізоамілового спирту та ізоамілацетату лінійно залежить від концентрації початкового сусла; 2) вміст пентадіону-2,3 поліноміально залежить від вмісту сухих речовин у початковому суслі; 3) залежності, що адекватно описує процес накопичення ДМС при різній початковій концентрації сусла, знайдено не було; 4) вміст побічних продуктів бродіння не перевищує нормативні показники та пиво, що виготовлено за технологією високогустинного пивоваріння, відповідає за всіма показниками якості ДСТУ 3888 [9]. Перспективою подальших досліджень є вивчення комплексного впливу вмісту сухих речовин в суслі і кількості дріжджів, що використовуються для бродіння, на вміст побічних продуктів бродіння з метою зменшення кількості останніх.

**Список літератури:** 1. Філімонова, Т.І. Проблемы плотного ивоварения [Текст] / Т.І. Філімонова, О.А. Борисенко, Т.П. Рыжоваи др. // Пиво и напитки, 2006. – №3. – с.26 – 27.2.

*Fernandes, S.* Accelerated fermentation of high-gravity worts and its effect on yeast performance [Text] // *S. Fernandes, N. Machuca, M.G. Gonzalez* // American society of brewing chemists. – 1985. – Vol. 43. – No. 2. – P. 109– 113. **3. Стюарт, Г.** Высокоплотное пивоварение [Текст] / *Г. Стюарт* // Спутник пивовара. – 2000. – Весна. – С. 27– 35. **4. Нарцисс, Л.** Вкус пива и технологические факторы [Текст] / *Л. Нарцисс* // Мир пива. – 1996. – №2. **5. Меледина, Т.В.** Роль штаммовых характеристик дрожжей в формировании вкуса и аромата пива [Текст] / *Т.В. Меледина* // Мир пива. – 1997. – №1. **6. Кудрявцева, С.В.** Выбор дрожжей для сбраживания суслу с повышенной массовой долей сухих веществ [Текст] / *С.В. Кудрявцева, Н.В. Голикова., В.С. Исаева и др.* // Ферментная и спиртовая промышленность. – 1985. – №3. – С. 23–26. **7. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв** [Текст] / За ред. *А. Є. Мелетьєва.* – Вінниця: Нова Книга, 2007. – 392 с. **8. Грачёва, И.М.** Исследование влияния аэрации на образование летучих кислот с использованием математической модели [Текст] / *И.М. Грачёва, Л.И. Нисма., В.В. Жирова* // Известия вузов. – 2007. – №4. **9. ДСТУ 3888-99.** Пиво. Загальні технічні умови.

*Поступила в редколлегию 15.02.2012*

## УДК 666.213

**О.В. САВВОВА**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХП», Харків,  
**О.В. БАБИЧ**, асп., НТУ «ХП», Харків,  
**Г.М. ШАДРИНА**, асп., НТУ «ХП», Харків,  
**Д.Ю. ШЕМЕТ**, студ., НТУ «ХП», Харків

### ВПЛИВ ОКСИДУ ЦИНКУ НА ТКЛР КАЛЬЦІЙСИЛІКОФОСФАТНИХ СТЕКОЛ

В статті досліджено вплив оксиду цинку на ТКЛР стекол системи  $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{ZnO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . Визначено, що для забезпечення високих експлуатаційних характеристик біоактивних склокристалічних кальційсилікофосфатних матеріалів необхідною умовою є забезпечення ТКЛР вихідних стекол в межах  $50 \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$ .

В статье исследовано влияние оксида цинка на ТКЛР стекол системы  $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{ZnO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . Установлено, что для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик биоактивных стеклокристаллических кальцийсилікофосфатных материалов необходимым условием является значение ТКЛР исходных стекол в пределах  $50 \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$ .

The influence of zinc oxide on TCLE of glasses in  $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{ZnO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  was investigated. It was established that the TCLE of initial glasses of  $50 \cdot 10^{-7} \text{deg}^{-1}$  is a necessary condition of high performance characteristics of bioactive glass-ceramic calciumsilicophosphate materials.

**Вступ.** На сьогоднішній день широке застосування біоактивних кальційсилікофосфатних склокристалічних матеріалів у якості кісткових ендопротезів пояснюється їх високими експлуатаційними характеристиками. Завдяки поєднанню комплексу медико-біологічних, хімічних, механічних та технологічних властивостей та унікальної здатності зрощуватися з кістковою тканиною біоситали відносяться до групи найбільш перспективних матеріалів, які застосовуються в ортопедичній та щелепно-лицьовій хірургії.

Важливим аспектом при одержанні склокристалічних матеріалів з необхідним комплексом властивостей є забезпечення відповідного термічного коефіцієнту лінійного розширення (ТКЛР) вихідних стекол. За даними Саркісова П.Д. [1] значення ТКЛР для