



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-12

УДК 330.341.1

К. О. Самойчук, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Н. О. Фучаджи, к.т.н., ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9433-6282

О. П. Ломейко, к.т.н. доц.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: kyrylo.samoichuk@tsatu.edu.ua, тел.: (097)8805485

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПРИГОТУВАННІ ПИВНОГО СУСЛА

Анотація. Робота варильного цеху пивоварного виробництва спрямована на оптимізацію діяльності ферментів. Але вона можлива тільки в тому випадку, якщо завжди точно витримуються задані температурні і тимчасові параметри. Потрібна постійна точність і надійність дій пивовара, інакше збиток може бути суттєвим. Щоб уникнути цього, в сучасних варильних цехах складають програми по затирання і фільтрування затору, які виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Важливою проблемою при виробництві пива – є необхідність у суворому дотриманні технологічних параметрів процесів незалежно від зовнішніх умов (пори року, температури навколишнього середовища, вологості тощо).

В роботі досліджені зміни показників кислотності, концентрації, вмісту ізогумулому та кольору для таких видів пива, як Віденське Світле, Мюнхенське, Південна Баварія та Бокбир під час їх виробництва. Отримані дані є необхідними для складання програм, якими керуються при здійсненні таких операцій, як затирання і фільтрування затору. Вони виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Також отримані дані дозволяють оптимізувати технологічні процеси для кожного з досліджених та подібних видів пивоварної продукції та допомагають розробляти нові сорти пива з заданими смаковими властивостями.

Ключові слова. Пивоваріння, ферментовані реакції, затор,



охмелення, сусло.

Постановка проблеми. Робота варильного цеху пивоварного виробництва спрямована на оптимізацію діяльності ферментів. Але вона можлива тільки в тому випадку, якщо завжди точно витримуються задані температурні і тимчасові параметри [1-3]. Потрібна постійна точність і надійність дій пивовара, інакше збиток може бути суттєвим. Щоб уникнути цього, в сучасних варильних цехах складають програми по затирання і фільтрування затору, які виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент [4-6]. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Глибокі знання технологічних процесів при приготуванні сусла, їх оптимізація і відповідне забезпечення в удосконалених апаратах та машинах дають змогу одержати високоякісне охмелене сусло і в подальшому - чудове пиво. Важливою проблемою при виробництві пива – є необхідність у суворому дотриманні технологічних параметрів процесів незалежно від зовнішніх умов (пори року, температури навколишнього середовища, вологості тощо) [7].

Аналіз останніх досліджень. Варіння сусла з хмелем дуже важливий процес, який фактично, кінцево формує сусло для певного сорту пива. Дуже важливо при кип'ятінні сусла з хмелем своєчасно виявити кінець варіння сусла з хмелем, що дозволяє в повній мірі видалити зкоагульовані білки і отримати сусло потрібної концентрації, повністю стерильне із найбільш повним розчиненням гірких речовин хмелю [8-10].

Пивне сусло — це основний напівфабрикат для виготовлення пива, який являє собою полі дисперсну систему з вмістом цукристих, білкових та хмелевих речовин [11].

Найважливішим технологічним процесом при приготуванні сусла є перетворення в результаті ферментативних реакцій нерозчинних компонентів солоду і його замінників (ячмінь, пшениця, рис, кукурудза, сорго та інші зернові культури) у розчинний екстракт.

Приготування пивного сусла складається з п'яти основних технологічних стадій [12].

1. Підготовка зерно-продуктів (очищення, сортування, подрібнення).

2. Переведення екстрактивних речовин зерно-продуктів (крохмаль, білки та ін.) у розчин, тобто сусло, в результаті приготування затору (затирання).

3. Фільтрування затору (відокремлення сусла).

4. Кондиціонування (охмеління) сусла кип'ятінням його з хмелем



або хмелевими препаратами.

5. Освітлення й охолодження сусла.

Кожний з вищевказаних етапів проводить в суворому дотриманні технологічних умов [13]. Витримати їх в заданих границях – є важливою задачею виробника.

Формування мети статті. Задачею даної роботи є дослідити зміну накопичення ізогумулонів в пивному суслі і паралельно з цим – зміну кислотності і кольору для розповсюджених видів пива в південному регіоні України.

Основна частина. В процесі кип'ятіння сусла з хмелем здійснюється контроль ряду показників. Але спершу відбирається середня проба. Проби сусла відбирають безпосередньо з суслотварильного апарата в посудину з кришкою.

Кислотність сусла в см³ розчину гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³ сусла розраховують по формулі:

$$X = V \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1)$$

де: V - об'єм розчину гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³, витраченого на титрування, см³;

K_1 - коефіцієнт поправки робочого розчину гідроксиду натрію;

K_2 - коефіцієнт розбавлення сусла.

Розходження між результатами двох паралельних визначень не повинен перевищувати 0,1 см³ розчину луку концентрацією 1 моль/дм³ на 100см³ сусла.

Активну кислотність визначають рН-метром.

Активна кислотність в охмеленому пивному суслі рН 5,3 - 5,5.

Визначення масової частки сухих речовин

Вимірювання проводять при температурі близько 20°C.

Для отримання неспотвореного результату вимірювання слід простежити за збереженням на незмінному рівні концентрації сусла.

В'язкість сусла визначають віскозиметром.

Відносна в'язкість сусла розраховується за формулою:

$$M = t_2 \cdot d / t1 , \quad (2)$$

де: t_2 і t_3 – тривалість витікання відповідно води і досліджуваного розчину;

d – відносна густина (паралельно знаходять пікнометричним методом).

Залежність збільшення чи зменшення певних показників наведено в графічному вигляді (рис. 1). Для їх побудови складені таблиці



середніх розрахунків для кожного сорту пивного сусла. Із визначених даних чотирьох сортів пивного сусла виведемо середні значення для кожного сорту і занесемо до таблиць 1-4.

Таблиця 1

«Віденське Світле»

Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність ³ , Мг/дм	Ізогумулон, см ³ розчину NaOH	Колір, см ³ розчину йоду
5	5,4	11,65	1,35	0	0,53
25	5,31	12,40	1,7	18,43	0,55
45	5,22	13,88	1,7	21,17	0,61
75	5,18	14,59	1,71	23,1	0,71

Таблиця 2

«Мюнхенське»

Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність, Мг/дм ³	Ізогумулон, см ³ розчину NaOH	Колір, см ³ розчину йоду
5	5,38	11,6	1,33	0	0,41
25	5,28	12,44	1,65	20,4	0,45
45	5,22	13,9	1,66	22,4	0,55
75	5,18	14,55	1,71	25,0	0,61

Таблиця 3

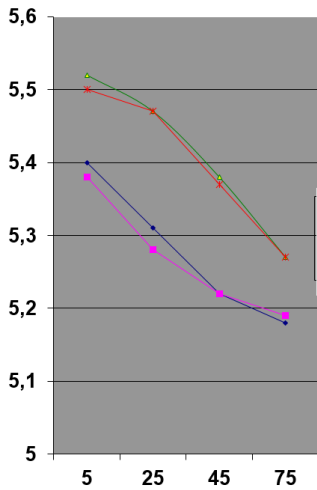
«Південна Баварія»

Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність, Мг/дм ³	Ізогумулон, см ³ розчину NaOH	Колір см ³ розчину йоду,
5	5,52	12,1	1,36	0	0,41
25	5,47	12,75	1,69	20,4	0,45
45	5,38	14,2	1,7	24,5	0,56
75	5,27	14,74	1,74	26,8	0,6

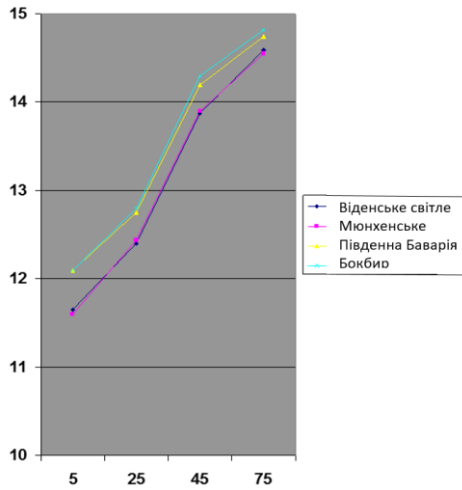
Таблиця 4

«Бокбір»

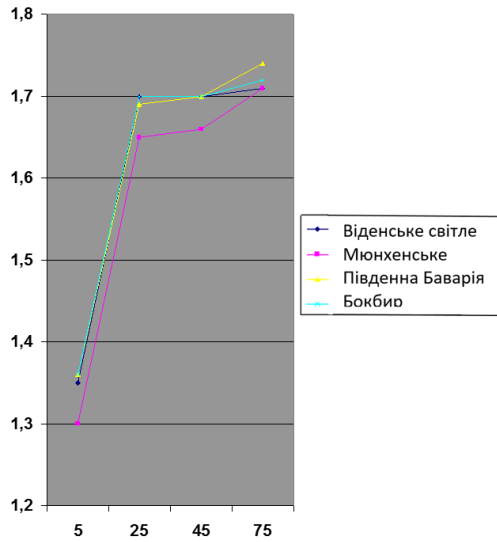
Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність, Мг/дм ³	Ізогумулон, см ³ розчину NaOH	Колір, см ³ розчину йоду
5	5,5	12,1	1,36	0	0,3
25	5,47	12,8	1,7	13,5	0,31
45	5,37	14,3	1,7	14,5	0,36
75	5,27	14,82	1,72	16,1	0,41



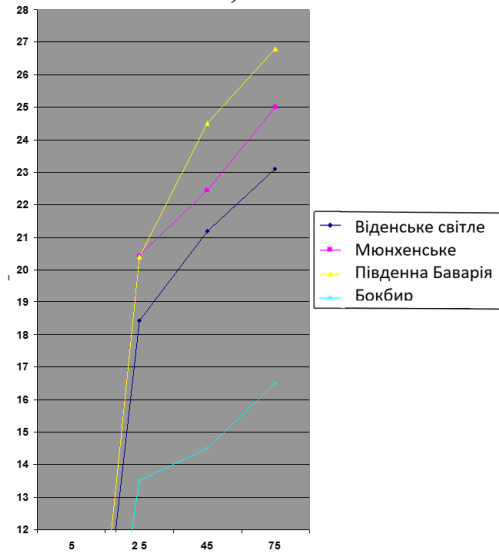
а)



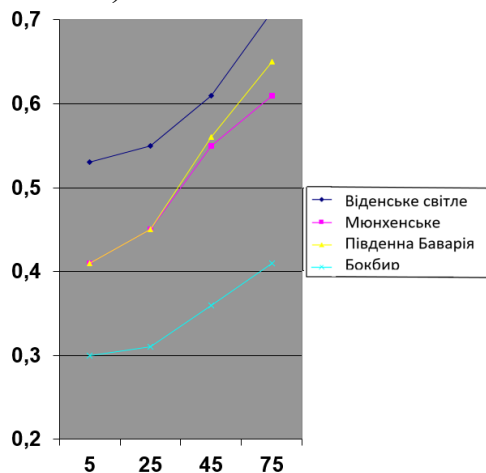
б)



в)



г)



д)

а) рН, б) концентрації; в) кислотності; г) вмісту ізогумулону; д) кольору
Рисунок 1. Графіки залежності зміни певних показників в процесі кип'ятіння сусла з хмелем для пива Віденське Світле, Мюнхенське, Південна Баварія, Бокбир



Згідно проведеного дослідження (рис. 1 а) рН у всіх сортах пива зменшується, в більшій мірі для сусла пива «Південна Баварія» та «Бокбир», яке є більш концентрованим.

Згідно даних рисунку 1 б відбувається наростання концентрації пивного сусла за рахунок випаровування води та за допомогою додавання хмелю. За весь процес кип'ятіння випаровується 10 -12 % води. Якщо вода випаровується, то відбувається згущення сусла, тому крива концентрації зростає.

Згідно даних рисунку 1 в спостерігається зміна титрованої кислотності початкового сусла, яка повинна бути для 11 – 12% мас і не перевищувати $2,3 - 4,6 \text{ см}^3 / 1 \text{ моль/дм}^3$ розчину гідроксиду натрію на 100 см^3 пивного сусла. Виходячи з отриманих даних можна сказати, що кислотність досліджуваного пивного сусла для всіх сортів пива є нормативною. Це дуже добре, так як вона значно впливає на процес бродіння і на смакові якості готового продукту.

Рис. 1 г відображає динаміку зміни вмісту ізогумулону. На протязі перших 30 хв. відбувається різке підвищення вмісту ізогумулону. Після півторагодинного кип'ятіння сусла з хмелем перетворення а- кислоти в ізогумулон припиняється, при довготривалому кип'ятінні відбувається перехід а- кислоти в гумулонну кислоту, яка не володіє властивостями ізогумулону. Тому кип'ятіння сусла з хмелем більш ніж 1,5 години значення немає, а навпаки, викликає втрати гірких речовин.

На графіку д) ми бачимо зміну колірності, яка наростає з часом кип'ятіння, так як сприяє меланоїдиноутворенню і карамелізації. Значну роль в колірності сусла відіграє колірність самого солоду. Концентрація сусла також дає вплив на колірність: чим вища густина сусла, тим інтенсивніше підвищується його колірність; і карамелізація, і меланоїдиноутворення протікають значно сильніше в суслі з більшою густиною. Також на колірність сусла впливає додавання хмелю, що відбувається за рахунок дубильних речовин.

Висновок. В роботі досліджені зміни показників кислотності, концентрації, вмісту ізогумулону та кольору для таких видів пива, як Віденське Світле, Мюнхенське, Південна Баварія та Бокбир під час їх виробництва. Отримані дані є необхідними для складання програм, якими керуються при здійсненні таких операцій, як затирання і фільтрування затору. Вони виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Також отримані дані дозволяють оптимізувати технологічні процеси для кожного з досліджених та подібних видів пивоварної продукції та допомагають розробляти нові сорти пива з заданими смаковими властивостями.



Список використаних джерел.

1. Місюра М. Д., Кишенько В. Д. Сценарне управління технологічними процесами виробництва пива. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2009. № 28. С. 53–55. <http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/2371>
2. Бойко О. О., Бевз В. В., Максименко І. Ф. Особливості технологічних процесів виробництва пива та етилового спирту. *Харчова промисловість*. 2011. № 11. С. 19-22. <http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/6259>
3. Домарецький В. А., Куц А. М., Карпутіна М. В., Мельник І. В. Вітчизняний та світовий досвід України у виробництві пива. *Харчова промисловість*. 2012. № 13. С. 6-9. <http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/19553>
4. Пивоваріння. Терміни та визначення понять. На заміну ДСТУ 3139-95; Чинний від 2015-11-01. Київ: УкрНДНЦ, 2015. III, 27 с. (Національний стандарт України). 26 с.
5. Сидоров Ю. І. Сучасні процеси і обладнання для виробництва пива. *Біотехнологія*. 2013. Vol. 6, № 2. С. 58-67. http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot_2013_6_2_7
6. Кошова В. М., Салтанюк В. М., Терлецька В. А. Визначення фізико-хімічних показників питної води, яка поступає на виробництво пива. *Хранение и переработка зерна*. 2012. № 9. С. 45-46. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/552>
7. Самойчук К. О., Пупинін А. А., Феофанов М. О. Аналіз сировини для виробництва пива: електрон. навч. посібн. 2021. ТДАТУ. URL: http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_17/
8. Самойчук К. О., Пупинін А. А., Феофанов М. О. Основи технології пивоваріння: електрон. навч. посібн. 2021. ТДАТУ. URL: http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/
9. Самойчук К. О., Пупинін А. А., Феофанов М. О. Показники якості крафтового пива: електрон. навч. посібн. 2021. ТДАТУ. URL: http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_19/
10. Бліщ Р. О., Петришин Н. З., Бабич І. М. Альтернатива хмелю у виробництві пива. *Сучасні напрями розвитку технології харчових виробництв*. 2021. Вісник ЛТЕУ. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-25-04>
11. Кошова, В. М., Мукоїд Р. М., Коберніцька А. О. Безглютені сировина для виробництва пива. *Advanse of aiience : Proceedings of articles the international scientific. Czech Republic, Karlovy Vary – Ukraine, Kyiv, 2018. P. 110–115*. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/28917>
12. Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Кузнецов В. М., Омельченко О. В., Дейнега Л. Г. Аналіз впровадження мембранних



технологій. у виробництво пива. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. С. 19-26. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau_2019_19_1_4

13. Бондар М. В. Барнацький О. Р. Особливості виробництва пива при використанні несолоджених заміників солоду. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 84 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів*. 2018 р. К.: НУХТ. Ч.1. С. 272. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/27846>

Стаття надійшла до редакції 5.03.2022 р.

К. Samoichuk, N. Fuchadzhy, O. Lomeiko
Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE PREPARATION OF BEER WINE

Summary

The work of the brewery is aimed at optimizing the activity of enzymes. But it is possible only if the set temperature and time parameters are always precisely maintained. Constant accuracy and reliability of the brewer's actions are required, otherwise the damage can be significant. To avoid this, modern cooking shops make programs for mashing and filtering the mash, which are performed completely automatically, with the brewer carrying out visual inspection and has the opportunity to intervene if necessary at any time. This eliminates possible human errors and processes can be conducted optimally. An important problem in the production of beer - is the need for strict compliance with technological parameters of processes regardless of external conditions (seasons, ambient temperature, humidity, etc.).

The study examines the changes in acidity, concentration, isohumulone content and color for beers such as Viennese Light, Munich, Southern Bavaria and Bokbir during their production. The obtained data are necessary for compiling programs that are guided by such operations as mashing and filtering congestion. They are performed completely automatically, and the brewer carries out visual inspection and has the opportunity to intervene if necessary at any time. This eliminates possible human errors and processes can be conducted optimally. Also, the obtained data allow to optimize technological processes for each of the studied and similar types of brewing products and help to develop new beers with specified taste properties.

Key words: Brewing, fermented reactions, mash, hops, wort.