

О. М. Оробчук, Р. О. Субтельний, Б. О. Дзіняк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра технології органічних продуктів
oksana.m.orobchuk@lpnu.ua

ЗБРОДЖУВАННЯ КВАСНОГО СУСЛА ТЕРМОТОЛЕРАНТНИМИ ШТАМАМИ МІКРООРГАНІЗМІВ

<https://doi.org/10.23939/ctas2022.02.142>

Досліджено закономірності збродження квасного суслу термотолерантними штамми мікроорганізмів. Для ефективного збродження квасного суслу використано культуру термотолерантних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* МП-10 і комплекси молочнокислих бактерій у вигляді заквасок “Кефір”, “Йогурт”, “Симбіотик”, “Біфівіт”. Досліджено динаміку зміни концентрації сухих речовин та кислотності в різних умовах бродіння квасного суслу. Встановлено оптимальні кількості дріжджів і молочнокислих бактерій, а саме 4,0 % суспензії дріжджів та МКБ із вмістом дріжджів 80 % мас. та молочнокислих бактерій 20 % мас. Показано, що процес бродіння суслу можна оптимізувати використанням термотолерантних штамів мікроорганізмів та підвищенням температури бродіння до 35 °С.

Ключові слова: квас; квасне сусло; термотолерантні дріжджі; молочнокислі бактерії; бактеріальні закваски.

Вступ

Квас – популярний напій, кисло-солодкий на смак, із характерним ароматом житнього хліба. Добрі смакові якості й корисні для організму людини властивості позиціонують його як напій, що прекрасно втамовує спрагу та освіжає [1]. Хімічний склад квасу багатий і збалансований. Поживна цінність квасу зумовлена тим, що його виготовляють із зернової сировини, з якої в сусло переходять розчинні речовини: вуглеводи (здебільшого мальтоза, мальтотріоза, глюкоза, фруктоза), вітаміни, харчові волокна, мінеральні компоненти, протеїни [2, 3]. Вуглеводи суслу зброджуються дріжджами і молочнокислими бактеріями (МКБ), в процесі життєдіяльності яких накопичуються біологічно активні сполуки: амінокислоти, вітаміни, ароматичні речовини [1, 2].

Мікрофлора хлібного квасу – дріжджі й молочнокислі бактерії збагачують напій вітамінами В1, В2, РР, D, молочною кислотою. Квас пригнічує і знезаражує хвороботворну мікрофлору кишечника, регулює його кислотність, сприяє кращому обміну речовин, окисно-відновним процесам, виявляє оздоровчу дію [1, 4]. Популярності квасу сприяє тенденція до споживання на-

туральних продуктів і дотримання здорового способу життя. Обсяги виробництва квасу зростають, разом з тим збільшується запит споживачів на окремі види квасу із оздоровчо-профілактичною дією, багатим та різноманітним смаком і ароматом [5].

Пошук ефективних збудників бродіння квасного суслу (штамів пивних дріжджів та молочнокислих бактерій) та оптимальних умов дасть змогу досягти різноманітних органолептичних показників і лікувально-профілактичних властивостей напою. Разом із тим, використання доступних товарних штамів мікроорганізмів – збудників бродіння допоможе легко організувати виробництво квасу, сезонного напою, на наявних потужностях, зокрема у крафтових пивоварнях [2, 6, 7].

Для виробництва квасу використовують чисті культури дріжджів рас 131-К, С-2 та раси М хлібопекарські дріжджі з оптимальною температурою бродіння 26–30 °С, рН 4,5-5,5 [7]. Раси добре зброджують глюкозу, сахарозу, гірше – мальтозу і рафінозу, тому використання термотолерантних штамів дріжджів пивоварних виробництв дасть змогу підвищити температурний діапазон бродіння.

Задля збереження високої фізіологічної активності запропоновано використовувати термотолерантні штами дріжджів з оптимальною температурою збродження від 30 до 40 °С Safale HA-18 та МП-10 [8–10]. Крім того, вони характеризуються здатністю надавати відмінних смако-ароматичних властивостей квасу, зберігаючи нейтральний відтінок смаку з тонкими нотками цитрусових.

Молочнокислі бактерії є гетероферментативними, тобто під час бродіння, крім молочної кислоти, продукують оцтову кислоту, етанол, ароматичні сполуки [5, 11]. Оптимальна температура розмноження 30 °С, зброджують також глюкозу сахарозу, мальтозу.

У разі спільного культивування два види мікроорганізмів перебувають у симбіозі: молочнокислі бактерії забезпечують кислотність середовища, оптимальну для дріжджів, а дріжджі виділяють в середовище амінокислоти, вітаміни, необхідні бактеріям [12]. Водночас у разі нерегульованого розмноження бактерії конкурують за поживні речовини. Зі зниженням концентрації сухих речовин (СР) і збільшенням кислотності кращі умови створюються для молочнокислих бактерій, надто висока кислотність пригнічує і дріжджі, МКБ, можливий також розвиток сторонніх мікроорганізмів [7]. У виробництві квасу використовують молочнокислі бактерії *Beta-bacterium* [11], із невисокою бродильною активністю, та окремі штами *Lactobacillus* та *Bifidobacterium* [11, 12]. Для досліджень запропоновано використовувати сухі препарати молочнокислих бактерій у вигляді заквасок [13], простіших у використанні в умовах крафтових виробництв, які дадуть змогу поліпшити якість квасу, одержати напої із різноманітними смако-ароматичними профілями.

Мета дослідження – обґрунтування і підбір мікроорганізмів для збродження квасного суслу на основі сухого концентрату, встановлення оптимальних умов бродіння квасного суслу з використанням термотолерантних штамів мікроорганізмів.

Матеріали та методи досліджень

Сухий напівфабрикат (квас сухий) для приготування квасного суслу виготовляють із сахарів зі спеціально випеченого хліба житнього, солоду житнього ферментованого, солоду ячмінного пивоварного, солі. Вологість сухого квасу –

не більше ніж 10 %, екстрактивність у перерахунку на СР – понад 49 %, кислотність – не більше ніж 60 см³ 1 н розчину луґу на 100 г екстракту витяжки, колірність – не менше ніж 10 см³ 0,1 н розчину йоду на 100 г витяжки.

Для приготування квасного суслу настійним способом використовують воду питну ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.

Як збудники молочнокислого бродіння використано готові товарні закваски на основі молочнокислих бактерій:

– “ЙОГУРТ” (*Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*);

– “БІФІВІТ” (*Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium infantis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus paracasei*);

– “СИМБІОТИК” (*Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Propionibacterium freudenreichii*);

– “КЕФІР” (*Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis diacetylactis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*).

Як збудники спиртового бродіння застосовано сухі дріжджі:

– сухі дріжджі хлібопекарські *Saccharomyces cerevisiae*;

– сухі дріжджі Safale HA-18 – дріжджі верхового бродіння, склад: *Saccharomyces cerevisiae*, мальтодекстрин, глюкоамілаза з *Aspergillus niger*, емульгатор Е491 (сорбітан моностеарат), температура бродіння 25–35 °С;

– сухі дріжджі раси МП-10 – дріжджі верхового бродіння виду *Saccharomyces cerevisiae* (*Meyen ex Hansen 1883*), температура бродіння 25–39 °С.

Квасне сусло готували настійним способом, фільтрували, додавали цукровий сироп.

Аналіз суслу здійснювали, визначаючи вміст сухих речовин СР (рефрактометрично), титрованої (титриметрично, на автоматичному титраторі Easy Pro Mettler Toledo) та активної (потенціо-

метрично, автоматичним рН-метром Mettler Toledo SevenCompact S220-Kit) кислотності.

Зброджування здійснювали за температур 30 °С і 35 °С та із різним співвідношенням дріжджів і молочнокислих бактерій, оптимальні кількості яких встановлено попередніми дослідженнями. Загальна маса сухої закваски залишалася незмінною і становила 0,05 % від маси сусла. Початкова кислотність сусла – 0,143 мл 0,1 н NaOH на 100 мл сусла, вміст СР – 3,2 %, рН – 4,83.

Результати досліджень та їх обговорення

Підбір рас дріжджів для виготовлення квасу

З метою визначення типу дріжджів для процесу зброджування квасного сусла використано сухі дріжджі хлібопекарські, Safale HA-18 та раси МП-10.

Бродіння здійснювали за температури 30 °С до зниження вмісту сухих речовин на 0,8–1,0 г у 100 г сусла та досягнення загальної кислотності 2,0 см³ розчину NaOH концентрацією 0,1 моль/дм³ 100 см³ сусла. Припиняли бродіння, охолоджуючи сусло до температури 2–7 °С і витримуючи його 30–60 хв за цієї самої температури

Під час визначення вмісту сухих речовин у процесі бродіння встановлено, що в результаті зброджування квасного сусла досліджуваними культурами дріжджів упродовж 30 год вміст сухих речовин найістотніше змінився у разі використання сухих хлібопекарських дріжджів і менше – із застосуванням термотолерантних штамів (табл. 1).

Залежності зміни кислотності сусла від використання різних штамів дріжджів під час бродіння подано на рис. 1.

Наростання кислотності у квасному суслі із дріжджами *S. cerevisiae* рас МП-10 і Safale HA-18 практично відсутнє. Достатньо висока тривалість процесу бродіння пояснюється тим, що неможливо досягти необхідної кислотності середовища, оскільки в квасне сусло вносили дріжджі без молочнокислих бактерій. У квасному суслі із сухими хлібопекарськими дріжджами, починаючи з 15 год, кислотність дещо наростала, що пояснюється наявністю неконтрольованої сторонньої мікрофлори.

Таблиця 1

Основні показники виноградного сусла після стадії мацерації

Тривалість бродіння, год	Вміст сухих речовин, %		
	сухі дріжджі хлібопекарські	Safale HA-18	МП-10
0	3,2	3,2	3,2
10	3,1	3,0	3,1
20	2,8	2,9	2,9
30	2,5	2,8	2,8

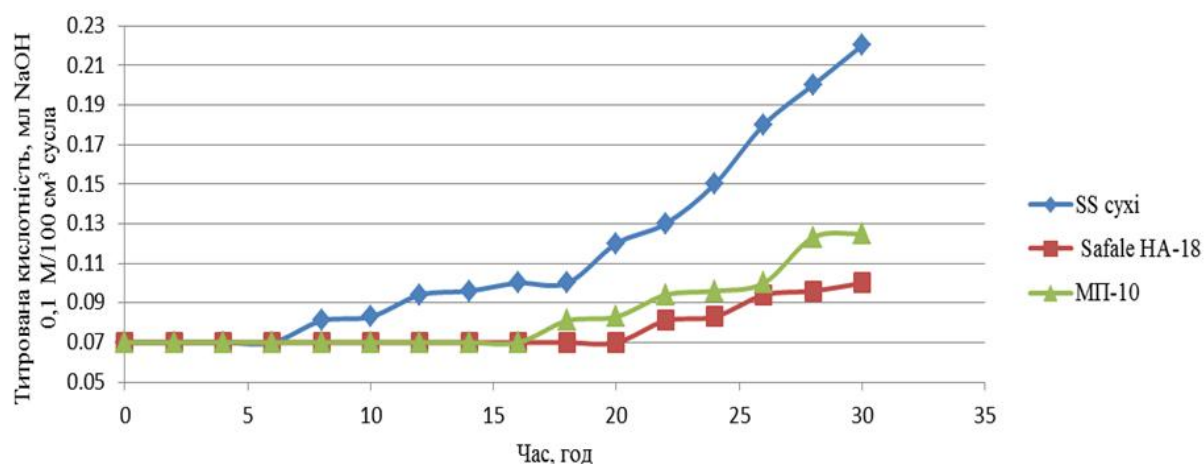


Рис. 1. Зміна кислотності сусла з використанням різних штамів дріжджів

У результаті дослідження впливу температури і визначення оптимального складу бактеріальної закваски для подальших експериментальних досліджень використали штам МП-10.

Встановлення оптимальної температури та складу закваски для збродження квасного сусла

Для дослідження використано чотири зразки заквасок з різним мікробіологічним складом та термотолерантні дріжджі МП-10:

- зразок 1 – дріжджі + кефір;
 - зразок 2 – дріжджі + йогурт;
 - зразок 3 – дріжджі + симбіотик;
 - зразок 4 – дріжджі + біфівіт.
- Зброджували два зразки сусла.

Бродіння квасного сусла, приготованого із сухого концентрату, здійснювали за температури 30 °С за участі термотолерантних дріжджів і МКБ у різних масових співвідношеннях. Зміни титрованої кислотності та вмісту СР подано на рис. 2, а, б відповідно.

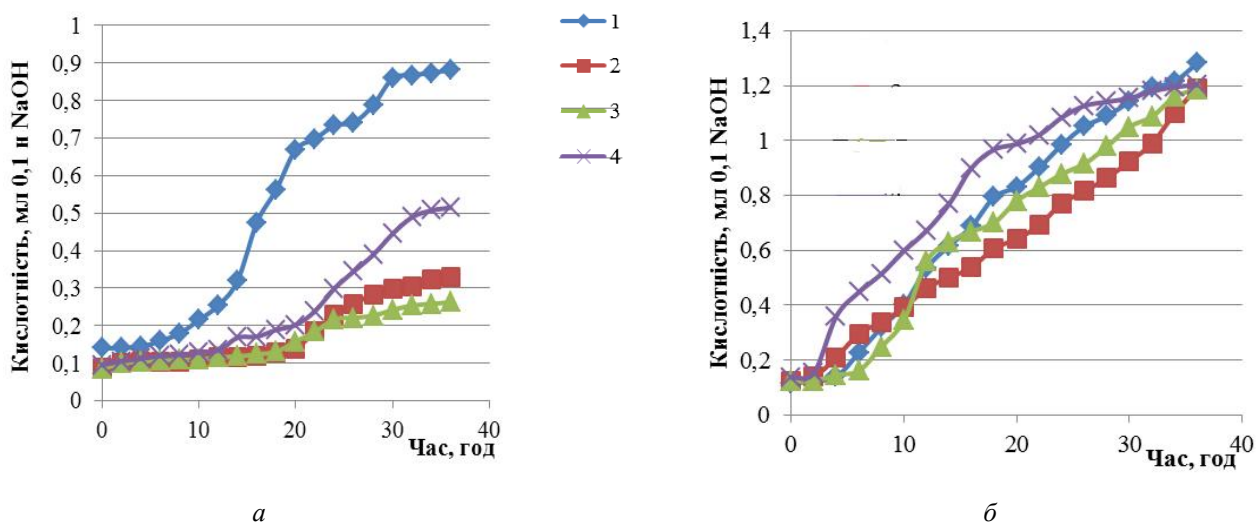


Рис. 2. Зміна титрованої кислотності сусла із сухого концентрату під час бродіння за температури 30 °С із відсотковим вмістом дріжджів і МКБ у заквасці: а – 33 % і 67 % відповідно; б – 50 % і 50 % відповідно

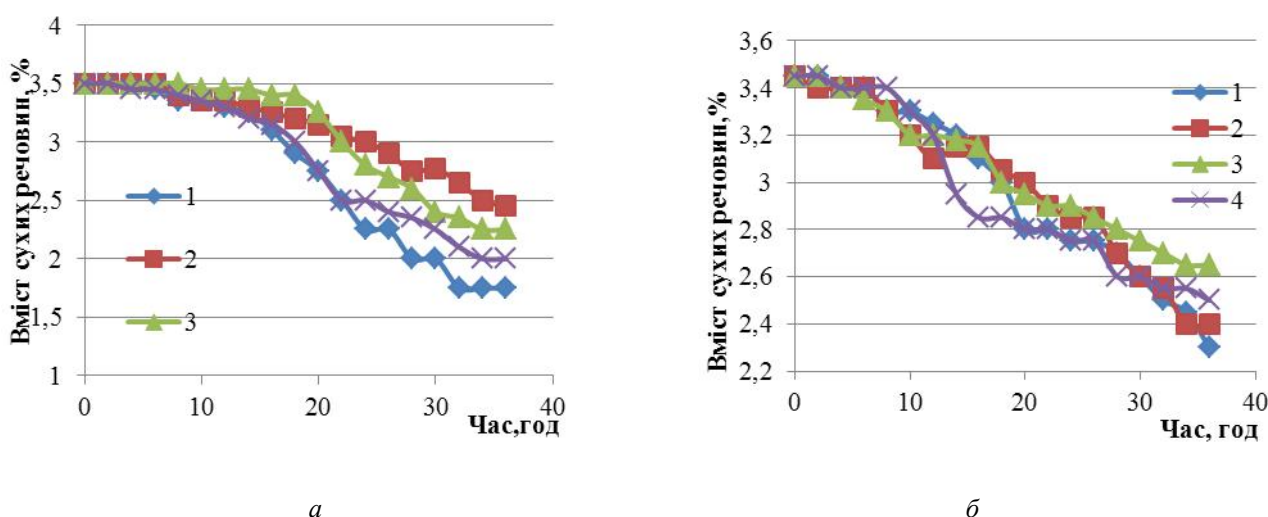


Рис. 3. Зміна вмісту СР сусла із сухого концентрату в процесі бродіння за температури 30 °С із відсотковим вмістом дріжджів і МКБ в заквасці: а – 33 % і 67 % відповідно; б – 50 % і 50 % відповідно

Виконавши експерименти, бачимо, що за температури 30 °С за вмісту дріжджів МП-10 1/3 частки від маси усїєї закваски за півтори доби бродіння кислотність збродженого сула незначно зростає за наявності заквасок йогурт, симбіотик, біфівіт і дещо більше в зразку з кефіром. Проте загалом недостатнє підвищення кислотності сула спричинене низькою концентрацією дріжджів та недостатньою температурою для повноцінного молочнокислого бродіння. Зі збільшенням частки дріжджів у заквасці спостерігається рівномірне поступове підвищення кислотності сула і відповідно зниження вмісту СР (рис. 3). Процес бродіння сула є достатньо тривалим і зниження вмісту СР до одного відсотка, а також приріст кислотності тільки близько 1 мл розчину NaOH концентрацією 0,1 моль/дм³/100 см³ сула є недостатнім.

Для подальших досліджень температуру бродіння сула підвищили до 35 °С, водночас також підвищили вміст дріжджів у вихідній заквасці до 75 і 80 %.

Здійснювали збродження сула із сухого концентрату за температури 35°С (75 % дріжджів і 25 % МКБ; 80 % дріжджів і 20 % МКБ).

Проаналізувавши графіки (рис. 4), бачимо, що суло досягло необхідного показника кислотності на 17–19 год (із використанням 75 % дріжджів) та 12–18 год (*80 % дріжджів). За меншої концентрації дріжджів зростання кислотності відбувалося поступово, за більшої – стрімкіше. Найшвидше процес відбувався під час збродження зразка 4 із використанням комплексу молочнокислих бактерій “Симбіотик”.

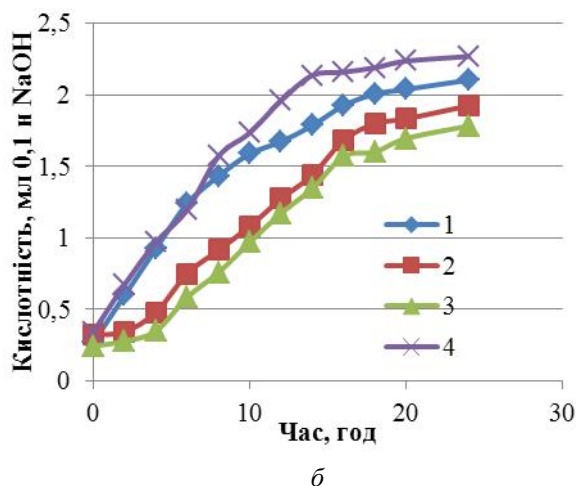
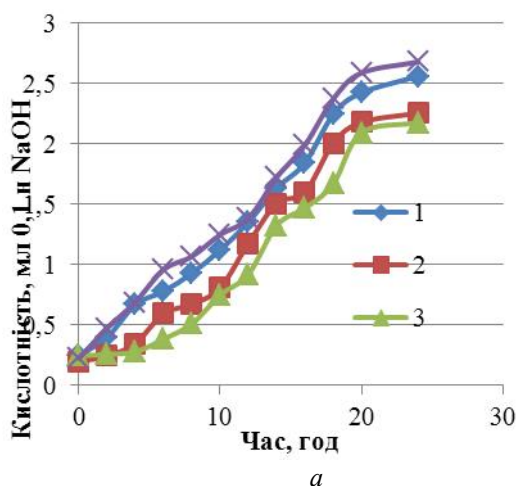


Рис. 4. Зміна титрованої кислотності сула з сухого концентрату в процесі бродіння за температури 35 °С з відсотковим вмістом дріжджів і МКБ в заквасці: а – 75 % і 25 % відповідно; б – 80 % і 20 % відповідно

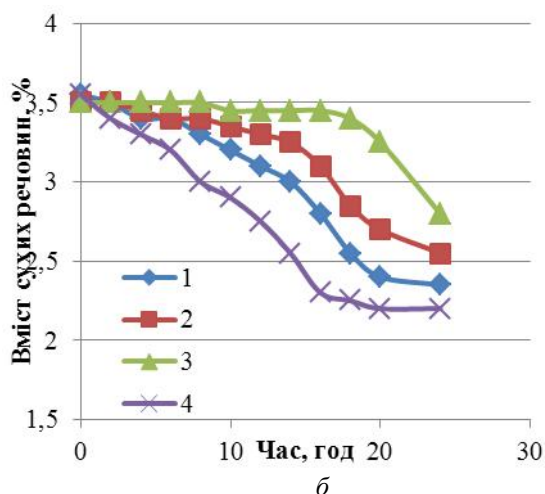
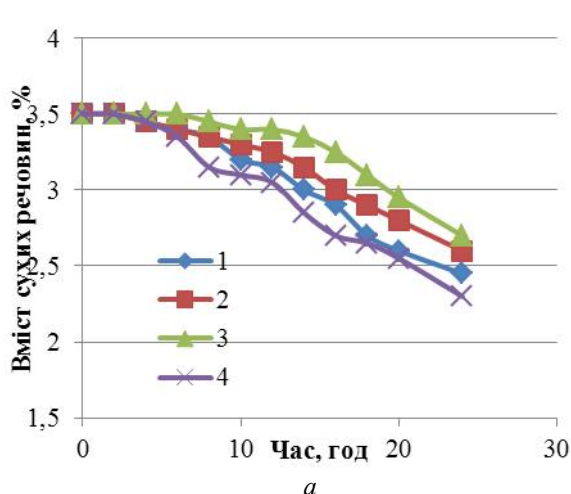


Рис. 5. Зміна вмісту СР сула із сухого концентрату в процесі бродіння за температури 35 °С з відсотковим вмістом дріжджів і МКБ в заквасці: а – 75 % і 25 % відповідно; б – 80 % і 20 % відповідно

Зміна вмісту сухих речовин відбувалася аналогічно до зміни кислотності (за меншої концентрації – поступово, за більшої – стрімкіше). Найшвидше процес відбувався у четвертому (14 год), другому (18 год) зразках, за умови використання 80 % дріжджів (рис. 5).

У разі 80 % дріжджів і 20 % молочнокислих бактерій спостерігаємо найкращі результати. Отже, температура 35 °С і використання дріжджів і молочнокислих бактерій у співвідношенні 4:1 – оптимальні умови зброджування суслу із сухого концентрату.

Висновки

Здійснено дослідження щодо встановлення складу закваски дріжджів та молочнокислих бактерій, температури зброджування квасного суслу. Із одержаних результатів можна зробити висновки, що на перебіг бродіння квасу впливають такі фактори, як температура бродіння і склад мікроорганізмів у заквасці. За 35 °С бродіння відбувається інтенсивніше, ніж за 30 °С, що можна пояснити вмістом культур із більшою термотолерантністю. Встановлено оптимальні кількості дріжджів і молочнокислих бактерій, а саме 4,0 % суспензію дріжджів МП-10 (80 %) та МКБ “Симбіотик” (20 %). Показано, що бродіння суслу можна оптимізувати, використовуючи термотолерантні штами мікроорганізмів та підвищуючи температуру бродіння до 35 °С.

References

1. Mukoid, R. M., Ivanov, Ye. I., Vasylyv, V. P. (2018). Vyhotovlennia kvasu z netradytsiinoi syrovyny. *Biresursy i pryrodo vykorystannia*, 10 (3), 235–240 (in Ukrainian).
2. Domaretskyi, V. A., Prybyl'skyi, V. L. ta in. (2012). *Innovatsiini tekhnolohii produktiv brodinna i vynorobstva: pidruchnyk / za red. S. V. Ivanova*. Kyiv, NUKhT (in Ukrainian).
3. Polanowska, K., Varghese, R., Kuligowski, M., Majcher, M. (2021). Carob kibbles as an alternative raw material for production of kvass with probiotic potential. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101 (13), 5487–5497. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.11197>.

4. Marsh, A. J., Hill, C., Ross, R. P., Cotter, P. D. (2014). Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 38 (2), 113–124. DOI:10.1016/j.tifs.2014.05.002

5. Wang, P., Wu, J., Wang, T., Zhang, Yu., Yao, X., Li, Ji., Wang, X., Lü, X. (2022). Fermentation process optimization, chemical analysis, and storage stability evaluation of a probiotic barley malt kvass. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 45 (7), 1175–1188. DOI: 10.1007/s00449-022-02734-8.

6. Sukhina, D., Oreshyna O. (2017). Aspekty modeliuvannia bezalkoholnykh napoiv [Aspects of modeling of satellite drinks]. *Abstracts of the IV International Scientific and Technical Conference “State and Prospects of Food Science and Industry”*. Ukraine, Ternopil (in Ukrainian).

7. Sahaidak, M. Ye., Blishch, R. O., Prybyl'skyi, V. L. (2018). Vykorystannia sukhykh preparativ molochnokyslykh bakterii dlia zbrodzhuvannia kvasnoho susla. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu im. V. I. Vernadskoho. Seriia: Tekhnichni nauky*, 29(68), 3(2), 150–153 (in Ukrainian).

8. Kontsentraty kvasiv (2020) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://starch.in.ua/g91405008-kontsentrati-kvasiv> (in Ukrainian).

9. Dulka, O. S. (2019). *Udoskonalennia tekhnolohii khlibnoho kvasu z vykorystanniam pidhotovlenoi vody ta novoho shtamu drizhdzhiv*. Nats. un-t kharch. Tekhnolohii, Kyiv (in Ukrainian).

10. Dulka, O. S., Sharyko, O. O., Hrabovska, O. V., Prybyl'skyi, V. L. (2019). Udoskonalennia tekhnolohii pidhotovky vody dlia vyrobnytstva khlibnoho kvasu vykorystanniam pryrodnykh mineraliv. *Voda v kharchovii promyslovosti: Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv*. Ukraine, Odesa (in Ukrainian).

11. Lidums, I., Karklina, D. (2014). Microbiological composition assessment of bread kvass. *Research for Rural Development*, 1, 138–141.

12. Ashaolu, T. J., Reale, A. A. (2020). Holistic Review on Euro-Asian Lactic Acid Bacteria Fermented Cereals and Vegetables. *Microorganisms*, 8, 1176. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081176>.

13. BIOCHEM. Bakterialni zakvasky Hud Fud. (2022). <https://goodfood.ua> (in Ukrainian).

O. M. Orobchuk, R. O. Subtelnyi, B. O. Dzinyak

Lviv Polytechnic National University,
Department of Organic Products Technology

**FERMENTATION OF KVASS WORT BY THERMOTOLERANT
STRAINS OF MICROORGANISMS**

The regularities of fermentation of yeast wort by thermotolerant strains of microorganisms are studied. For effective fermentation of yeast wort used a culture of thermotolerant yeast *Saccharomyces cerevisiae* MP-10 and complex lactic acid bacteria in the form of leavens “Kefir”, “Yogurt”, “Symbiotic”, “Bifivit”. The dynamics of changes in dry matter concentration and acidity in different conditions of yeast wort distribution are studied. The optimal content of yeast and lactic acid bacteria is established, namely 4.0 % suspension of yeast and LAB with a yeast content of 80 % of the mass. and lactic acid bacteria 20 % of the mass. It was shown that the drying process can be optimized by using thermotolerant strains of microorganisms and increasing the propagation temperature to 35 °C.

Key words: kvass; kvass wort; thermotolerant yeast; lactic acid bacteria; bacterial leavens.