

**Елена Петровна Каменская**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, доцент кафедры технологии броидильных производств и виноделия, кандидат биологических наук, доцент, Барнаул, Россия  
E-mail: kamenskaya.e.p@mail.ru

**Екатерина Сергеевна Черкасова**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, магистрант кафедры технологии броидильных производств и виноделия, Барнаул, Россия  
E-mail: ekam2007@yandex.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНТАКТА ДРОЖЖЕЙ С СУСЛОМ  
В ТЕХНОЛОГИИ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ПИВА**

*Цель исследования – изучить влияние метода контакта дрожжей с суслом при низких температурах на процесс главного брожения и качественные показатели безалкогольного пива. Задачи исследования: выявить воздействие низких температур на интенсивность размножения дрожжевых клеток различных штаммов и на динамику накопления этилового спирта в процессе главного брожения; оценить качественные показатели образцов готового пива. Объекты исследования: пивные дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager S-23 и верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae* var. *chevalieri* штамма Safale LA-01; пивное сусло, приготовленное в условиях низкотемпературных режимов главного брожения; образцы безалкогольного пива. Начальная экстрактивность сусла составляла 7,4 %. Главное брожение проводилось в течение семи суток в интервале температур от 4 до 10 °С. Установлено, что максимальные показатели удельной скорости роста дрожжей были отмечены при температуре 10 °С и составили на третьи сутки для штамма Saflager S-23 – 0,345 сут<sup>-1</sup> и на пятые сутки для штамма Safale LA-01 – 0,385 сут<sup>-1</sup>. При этом наиболее чувствительными к понижению температур оказались дрожжи штамма Safale LA-01, так, наименьшую видимую степень сбраживания – 18,9 и 14,9 % – имели образцы пива, полученные при температурах 6 и 4 °С соответственно. Показано, что при использовании метода низкотемпературного контакта дрожжей с суслом в технологии безалкогольного пива для снижения скорости утилизации углеводов и обеспечения необходимых органолептических показателей готового пива целесообразно использовать обладающие повышенным уровнем накопления вторичных метаболитов дрожжи штамма Saflager S-23 в температурном диапазоне 4–6 °С.*

**Ключевые слова:** безалкогольное пиво, дрожжи, брожение, пивное сусло, штаммы, степень сбраживания.

**Elena P. Kamenskaya**

Cand. of Biol. Sci., Assoc. Prof., Department of Fermentation and Wine Making Technology, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russia  
E-mail: kamenskaya.e.p@mail.ru

**Ekaterina S. Cherkasova**

Master's Student, Department of Fermentation and Winemaking Technology, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russia  
E-mail: ekam2007@yandex.ru

**METHOD OF LOW-TEMPERATURE CONTACT OF YEAST WITH WORT  
IN THE ALCOHOL-FREE BEER TECHNOLOGY**

*The aim of the research is to study the impact of contacting yeast with wort at low temperatures on the main fermentation process and the quality indicators of non-alcoholic beer. Research objectives: to reveal the effect of low temperatures on the intensity of yeast cells of various strains multiplication and on the*

*dynamics of the ethyl alcohol accumulation during the main fermentation; evaluate the quality indicators of finished beer samples. The objects of the study were: bottom-fermented brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae*, strain Saflager S-23 and top-fermented yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *chevalieri*, strain Safale LA-01; beer wort prepared under low-temperature conditions of the main fermentation; samples of non-alcoholic beer. The initial extract of the wort was 7.4 %. The main fermentation was carried out for seven days in the temperature range from 4 to 10 °C. It was found that the maximum indicators of the specific growth rate of yeast were noted at a temperature of 10 °C and were 0.345 days<sup>-1</sup> on the third day for the Saflager S-23 strain and 0.385 cym<sup>-1</sup> on the fifth day for the Safale LA-01 strain. At the same time, the Safale LA-01 yeast strain turned out to be the most sensitive to a decrease in temperature, e.g. beer samples obtained at temperatures of 6 and 4 °C, respectively, had the lowest apparent degree of fermentation – 18.9 and 14.9 %. It has been shown that the method of low-temperature contact of yeast with wort in non-alcoholic beer technology to reduce the rate of utilization of carbohydrates, and at the same time ensure the necessary organoleptic characteristics of the finished beer, it is advisable to use yeast of the Saflager S-23 strain with an increased level of accumulation of secondary metabolites in the temperature range 4–6 °C.*

**Keywords:** *non-alcoholic beer, yeast, fermentation, beer wort, strains, degree of fermentation.*

**Введение.** В последние годы наблюдается тенденция к увеличению спроса на безалкогольное пиво, а также повышаются требования к его качеству и цене. Известно, что свойства продукта и затраты на производство в значительной степени зависят от выбранной технологии. В производстве безалкогольного пива используют два основных вида методов: физико-химические и технологические. Если при применении физических методов требуется удалить этиловый спирт из сброженного пива, то цель технологических методов – сдержать образование алкоголя в определенных пределах либо подавить его образование. Технологические методы являются более дешевыми, и воздействовать на процесс можно как на этапе получения сусла, так и на этапе брожения. Так, для подавления образования этанола используют специализированные штаммы дрожжей; иммобилизованные дрожжи; метод прерванного спиртового брожения; метод низкотемпературного контакта дрожжей с суслом и др. [1, 2].

Эффективность технологического процесса и потребительские свойства пива в значительной степени зависят от интенсивности процессов метаболизма дрожжевой культуры. Так, существенное влияние на регуляцию метаболизма дрожжей, их физиолого-биохимическое состояние, на кинетику сбраживания пивного сусла, а также на образование основных, вторичных и побочных продуктов спиртового брожения оказывает температура [3–6].

Одним из доступных технологических методов подавления образования этилового спирта является метод контакта дрожжей с суслом при низких температурах. Известно, что в условиях низких температур дрожжи практически не обра-

зуют спирта, но протекающие в них жизненные процессы, такие как поглощение определенных органических кислот, адсорбция ароматических веществ хмеля, образование эфиров, способствуют уменьшению количества карбонильных соединений, появлению пивного аромата и исчезновению привкуса сусла [7].

**Цель исследований.** Изучение влияния метода контакта дрожжей с суслом при низких температурах на процесс главного брожения и качественные показатели безалкогольного пива.

**Задачи исследований:** выявить влияние низких температур на интенсивность размножения дрожжевых клеток различных штаммов; изучить воздействие низких температур на динамику накопления этилового спирта в процессе главного брожения; оценить качественные показатели образцов безалкогольного пива, полученные методом низкотемпературного контакта различных дрожжей с суслом.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в производственных условиях на базе предприятия ООО «Подсосновский пивоваренный завод» и в лабораториях кафедры «Технология бродильных производств и виноделия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Для производства образцов пива светлого с экстрактивностью начального сусла 7,4 % использовалось следующее сырье: солод пивоваренный ячменный светлый (по ГОСТ 29294-2014); хмель гранулированный горький сортов Подвязный и Магnum (по ГОСТ 32912-2014); пивные дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager S-23 и верхового для производства безалкогольных напитков и напитков с низким содержанием алкоголя

*Saccharomyces cerevisiae* var. *chevalieri* штамма Safale LA-01 (Fermentis, Франция); вода, соответствующая СанПиН 2.1.4.1074-2001.

В работе применялись стандартные методы анализа, принятые в пивоваренной промышленности. Для определения концентрации экстрактивных веществ использовали ареометры-сахаромеры типа АСТ-1 (ГОСТ 18481-81) с погрешностью измерения  $\pm 0,05$  % [8]. Видимую степень сбраживания анализировали по видимому экстракту расчетным методом [9]. Определение объемной доли этилового спирта проводили с использованием автоматического электронного анализатора спиртосодержащих напитков «Колос-2». Кислотность пива контролировали титрометрическим методом с фенолфталеином – по ГОСТ 12788-87. Определение pH – методом прямой потенциометрии при помощи pH-метра. Определение цвета – методом визуального сравнения с растворами йода различной концен-

трации – по ГОСТ 12789-87. Массовую долю двуокиси углерода в пиве определяли с помощью афрометра – по ГОСТ 32038-2012. Органолептические показатели, высоту пены и пеностойкость оценивали по ГОСТ 30060-93.

**Результаты и их обсуждение.** Для получения образцов светлого безалкогольного пива методом низкотемпературного контакта дрожжей с суслом за основу была взята стандартная технология алкогольного пива. Затираание проводили по настойному способу до получения сусла экстрактивностью 7,4 %. В работе были использованы два штамма дрожжей, обладающие пониженной бродильной активностью: дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager S-23 и дрожжи, не ассимилирующие мальтозу и мальтотриозу *Saccharomyces cerevisiae* var. *chevalieri* штамма Safale LA-01. Сравнительная характеристика данных штаммов приведена в таблице 1.

Таблица 1

## Сравнительная характеристика штаммов дрожжей

Показатель	Штамм	
	Saflager S-23	Safale LA-01
Вид дрожжей	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>chevalieri</i>
Тип брожения	Низовой	Верховой
Температура брожения, °С	9–22	10–25
Конечная плотность	Средняя	Средняя
Седиментация	Быстрая	Средняя
Флокуляция	Высокая	Низкая
Дозировка, г/Гл	80–120	50–80
Концентрация сложных эфиров, мг/дм <sup>3</sup> (при 20 °С)	37,0	4,0
Концентрация высших спиртов, мг/дм <sup>3</sup> (при 20 °С)	177,0	50,0
Общее количество бактерий	< 5/мл	< 5/мл
Дикие дрожжи не <i>Saccharomyces</i>	< 1/мл	< 1/мл
Количество живых клеток	> 6 · 10 <sup>9</sup> / г	> 6 · 10 <sup>9</sup> / г

Как видно из таблицы 1, используемые штаммы дрожжей отличались не только по типу брожения, степени седиментации, флокуляции, но и по способности к синтезу вторичных метаболитов. При этом следует отметить, что штамм дрожжей Saflager S-23 обладал повышенным уровнем накопления сложных эфиров и высших спиртов по сравнению со штаммом Safale LA-01.

Данные штаммы вносили в танк с охмеленным пивным суслом согласно спецификации в минимально рекомендуемой дозировке, а именно Saflager S-23 в количестве 80 г/Гл, а Safale

LA-01 – 50 г/Гл. Главное брожение пивного сусла осуществляли по классической схеме в закрытых горизонтально-алюминиевых танках с рабочим объемом 5 м<sup>3</sup> в течение семи суток при низких температурах: 8 °С (опыт 1), 6 °С (опыт 2), 4 °С (опыт 3). Контролем являлось сусло, полученное при температуре 10 °С. По окончании главного брожения молодое пиво перекачивали в лагерные аппараты на дображивание. Дображивание пива проводилось при температуре 0–2 °С в закрытых аппаратах без контакта с воздухом по

схеме: двое суток, затем сепарация и повторное дображивание еще в течение шести суток.

На стадии главного брожения вели контроль динамики изменения концентрации дрожжевых

клеток и накопления этанола в пиве. Физиологическое состояние дрожжей оценивали по концентрации клеток – методом прямого счета в камере Горяева под микроскопом (рис. 1).

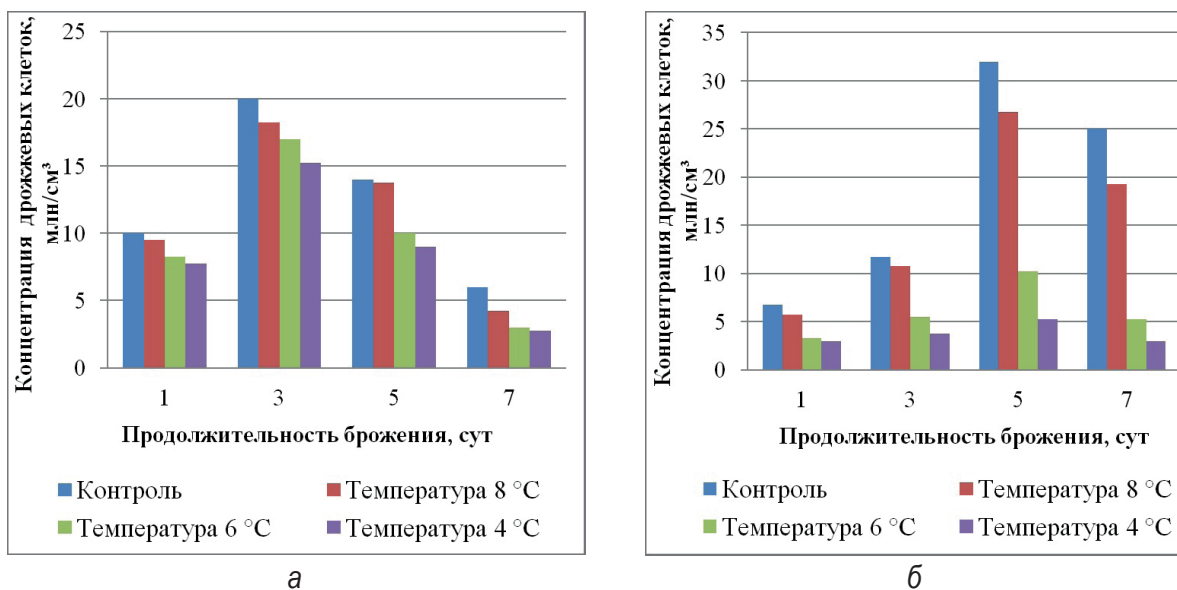


Рис. 1. Влияние различных температур главного брожения на изменение концентрации дрожжевых клеток штамма Saflager S-23 (а) и Safale LA-01 (б)

Анализ данных, представленных на рисунке 1, свидетельствует, что изменение температуры существенно влияет на прирост клеток. Так, независимо от используемого штамма во всех образцах прослеживалась зависимость сокращения количества клеток от снижения температуры брожения. При сбраживании сусле дрожжами Saflager S-23 максимумы концентраций взвешенных клеток при всех температурах достигались на третьи сутки, а при сбраживании штаммом Safale LA-01 лишь на пятые. Так, наибольший показатель удельной скорости размножения клеток

был отмечен при температуре 10 °С и составил для штамма Safale LA-01 – 0,385 а для штамма Saflager S-23 – 0,345. При этом наиболее чувствительными к понижению температуры ниже 8 °С оказались дрожжи Safale LA-01; так, минимальный прирост количества их клеток был отмечен при температурах 6 и 4 °С, а максимальный титр клеток был выявлен на пятые сутки в контроле и составил 32,0 млн/см<sup>3</sup>.

Результаты изменения показателя объемной доли этилового спирта в процессе главного брожения показаны на рисунке 2.

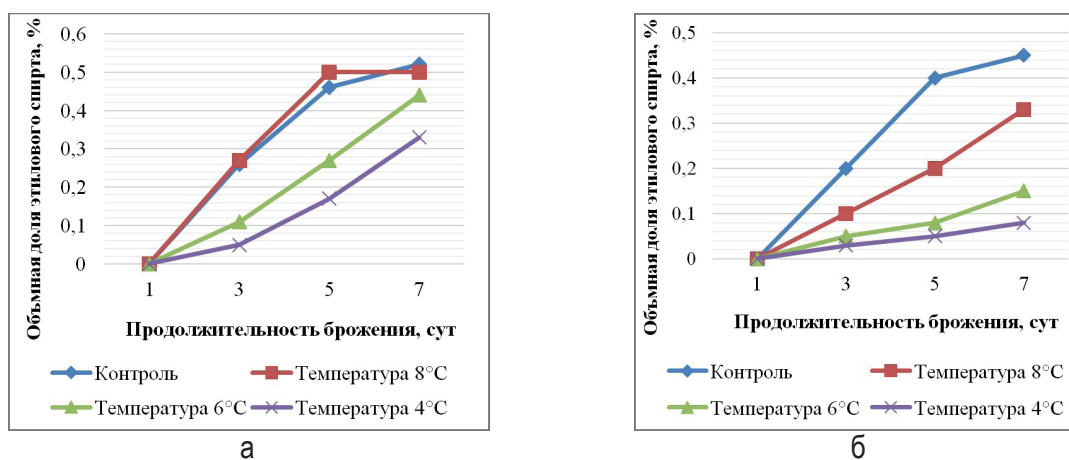


Рис. 2. Динамика накопления этилового спирта при брожении дрожжей штамма Saflager S-23 (а) и Safale LA-01 (б) в условиях низких температур



Как видно из рисунка 2, в процессе главного брожения концентрация этилового спирта во всех образцах нарастала медленно и незначительно, причем несколько большую бродильную активность при всех изученных температурах проявили дрожжи Saflager S-23. Наименьшее образование этилового спирта наблюдалось в образцах сусла, сброженных при температуре 4 °С; так, к концу главного брожения данный показатель составил в сусле с использованием

Saflager S-23 – 0,33 %, а с применением Safale LA-01 – 0,08 %.

По окончании главного брожения молодое пиво дображивали в течение восьми суток при температуре 0–2 °С и отправляли на фильтрацию. Сравнительная характеристика качественных показателей различных образцов готового пива, полученных при низких температурах брожения, представлена в таблице 2.

Таблица 2

### Качественные показатели образцов безалкогольного пива

Показатель	Safale LA-01				Saflager S-23			
	Контроль	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Контроль	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Объемная доля спирта, %об	0,45	0,38	0,25	0,10	0,57	0,55	0,50	0,39
Видимый экстракт, %	5,6	5,7	6,0	6,3	5,3	5,4	5,5	5,7
Видимая степень сбраживания, %	24,3	23,0	18,9	14,9	28,4	27,0	25,7	23,0
Кислотность, к. ед.	0,8	0,9	0,8	0,7	1,0	1,0	0,9	0,8
pH, ед.	4,88	4,91	4,89	4,92	4,55	4,7	4,72	4,72
Цвет, ц.ед.	0,6	0,6	0,5	0,4	0,7	0,6	0,5	0,5
Массовая доля двуокиси углерода, %	0,5	0,5	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5
Пенообразование: высота пены, мм, пеностойкость, мин	26 3	25 3	20 2	18 2	32 4	30 4	30 4	27 3
Дегустационная оценка, балл	22	22	20	16	19	20	24	23

Из результатов, приведенных в таблице 2, следует, что с понижением температуры главного брожения сусла относительно оптимума для данных штаммов дрожжей происходит повышение значений видимого экстракта в пиве. Очевидно, это связано со снижением активности ферментов, участвующих в сбраживании сахаров сусла (мальтозопермеазы, мальтотриозопермеазы,  $\alpha$ -глюкозидазы,  $\beta$ -фруктофуранозидазы и др.) и в транспорте питательных веществ в клетки, что способствует замедлению процессов жизнедеятельности и снижению бродильной активности дрожжей. Наименьшую видимую степень сбраживания имели образцы пива, полученные с использованием штамма Safale LA-01 при температурах брожения 6 и 4 °С, в которых данный показатель составил 18,9 и 14,9 % соответственно, что также косвенно свидетельствует о снижении скорости утилизации углеводов с понижением температуры. Кроме того, опыт 3 с дрожжами Safale LA-01 не соответствовал требованиям нормативно-технической документации

по степени насыщенности двуокисью углерода и показателю высоты пены.

Также по результатам исследования было установлено, что в двух образцах пива – контроль и опыт 1, полученных с использованием дрожжей Saflager S-23, показатель объемной доли спирта превышал пороговое значение – 0,5 %. Показатели качества остальных образцов готового пива полностью отвечали требованиям ГОСТ 31711-2012 на безалкогольное пиво.

Для органолептической оценки образцов использовали принятый в пивоварении метод 25-балльной системы, в которой сенсорные показатели объединены в пять групп (прозрачность, цвет, аромат, полнота вкуса, пенообразование и насыщенность диоксидом углерода) с одинаковыми коэффициентами весомости. Проведенная дегустационная оценка показала, что наиболее сбалансированными по вкусу оказались образцы, полученные с использованием штамма Saflager S-23 при температурах 6 °С (24 балла) и 4 °С (23 балла). Данные образцы имели чистый вкус, приятный насыщенный аромат

сброженного солодового напитка с мягкой хмелевой горечью и легким привкусом дрожжей, а также достаточно обильную, устойчивую пену.

Несколько меньшее количество баллов и хорошую оценку (22 балла) получили образцы пива, приготовленные с использованием штамма Safale LA-01 при температурах 10 и 8 °С, которые отличались чистым зерновым ароматом, мягкой хмелевой горечью и сбалансированным вкусом с наличием сушевого сладковатого привкуса, что, вероятно, связано с недостаточной продолжительностью периода дображивания для данного штамма.

**Выводы.** На основании проведенных исследований установлено, что снижение температуры брожения, независимо от используемого штамма, существенным образом влияет на динамику изменения концентрации дрожжевых клеток в сусле, накопление этанола в пиве и качественные показатели безалкогольного пива. Показано, что при использовании метода низкотемпературного контакта дрожжей с суслем в технологии безалкогольного пива для снижения скорости утилизации углеводов и обеспечения необходимых органолептических показателей готового пива целесообразно использовать обладающие повышенным уровнем накопления вторичных метаболитов низовые дрожжи штамма Saflager S-23 в температурном диапазоне 4–6 °С. В этом случае обеспечивается требуемая полнота вкуса пива, а ощущение сладкого привкуса, сушевого и зернового аромата не выходит за рамки допустимых отклонений. В данной технологии также можно рекомендовать использование штамма Safale LA-01 в температурном диапазоне 8–10 °С при условии корректировки вкусового профиля пива, например за счет увеличения продолжительности процесса дображивания.

### Литература

1. *Оганнисян В.Г.* Безалкогольное пиво и технологии его получения // Пиво и напитки. 2007. № 6. С. 19–23.
2. *Черкасова Е.С., Каменская Е.П.* Оптимизация условий аэрации сусла в технологии безалкогольного пива // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: мат-лы XIII Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием. Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2020. С. 401–404.
3. *Черкасова Е.С., Каменская Е.П.* Подбор штамма дрожжей для приготовления безалкогольного пива // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств:

мат-лы XXI Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2020. С. 177–180.

4. *Аннемюллер Г., Мангер Г.И., Литц П.* Дрожжи в пивоварении. СПб.: Профессия, 2015. 428 с.
5. *Thiele E., Back W.* Influence of yeast vitality and fermentation parameters on the formation of yeast metabolites // Proc. EBC 31st Congr., Venice. 2007. Pp. 309–322.
6. *Бак В.* Практическое руководство по технологии пивоварения. Druckerei Humburg, Бремен, 2013. 429 с.
7. *Славская И.Л., Макаров С.Ю., Ильин Е.В.* Обзор рынка безалкогольного пива // Пиво и напитки. 2010. № 2. С. 4–6.
8. *Баланов П.Е.* Технология бродильных производств: учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. 65 с.
9. *Ермолаева Г.А.* Степень сбраживания сусла и пива // Пиво и напитки. 2003. № 6. С. 14–15.

### Literatura

1. *Ogannisyan V.G.* Bezalkogol'noe pivo i tehnologii ego polucheniya // Pivo i napitki. 2007. № 6. S. 19–23.
2. *Cherkasova E.S., Kamenskaya E.P.* Optimizatsiya uslovij a'eratsii susla v tehnologii bezalkogol'nogo piva // Tehnologii i oborudovanie himicheskoy, biotehnologicheskoy i pischevoy promyshlennosti: mat-ly XIII Vseros. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenykh s mezhdunar. uchastiem. Bijsk: lzd-vo AltGTU, 2020. S. 401–404.
3. *Cherkasova E.S., Kamenskaya E.P.* Podbor shtamma drozhzhej dlya prigotovleniya bezalkogol'nogo piva // Sovremennye problemy tehniki i tehnologii pischevykh proizvodstv: mat-ly XXI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Barnaul: lzd-vo AltGTU, 2020. S. 177–180.
4. *Annemyuller G., Manger G.J., Litc P.* Drozhzhi v pivovarenii. SPb.: Professiya, 2015. 428 s.
5. *Thiele E., Back W.* Influence of yeast vitality and fermentation parameters on the formation of yeast metabolites // Proc. EBC 31st Congr., Venice. 2007. Rr. 309–322.
6. *Bak V.* Prakticheskoe rukovodstvo po tehnologii pivovareniya. Druckerei Humburg, Bremen, 2013. 429 s.
7. *Slavskaya I.L., Makarov S.Yu., Il'in E.V.* Obzor rynka bezalkogol'nogo piva // Pivo i napitki. 2010. № 2. S. 4–6.
8. *Balanov P.E.* Tehnologiya brodil'nykh proizvodstv: ucheb. posobie. SPb.: NIU ITMO; IHiBT, 2013. 65 s.
9. *Ermolaeva G.A.* Stepen' sbrazhivaniya susla i piva // Pivo i napitki. 2003. № 6. S. 14–15.