



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК663.123.4
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.016

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

Елена Петровна Каменская ¹, Галина Вадимовна Саберзянова ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² saberzyanovag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-347X>

Аннотация. Исследование посвящено изучению возможности применения молочной сыворотки для активации культур пивных дрожжей, а также оценке их влияния на процесс ферментации сусла и качество готового пива. Объектом исследования служили сухие пивные дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 и сухая подсырная молочная сыворотка. Предферментативная обработка сухих дрожжей состояла в их регидратации путем разведения в пивном сусле (1 : 10) при температуре 5 ± 1 °C в течение 30 минут и последующей активации с использованием молочной сыворотки в различных соотношениях дрожжи + пивное сусло : сыворотка – 1 : 0,5 и 1 : 1 с выдержкой в течение двух часов. Установлено, что оптимальными параметрами для стимуляции жизнедеятельности пивных дрожжей штамма Saflager W-34/70 на стадии подготовки инокулята (после регидратации) является их активация молочной сывороткой при соотношении дрожжи + пивное сусло : сыворотка – 1 : 0,5 с выдержкой в течение 60 минут при температуре 5 ± 1 °C. Показано, что использование молочной сыворотки для предферментационной обработки дрожжей при данных параметрах приводит к увеличению их зимазной активности в 2,7 раза, а α -глюкозидазной – в 1,8 раза по сравнению с контролем. Кроме того, наблюдается улучшение физиологического состояния дрожжей и усиление биосинтетических процессов в клетках, что выражается в снижении нежизнеспособных клеток в 1,8 раза, а также в увеличении по отношению к контролю количества почкующихся и гликогенсодержащих клеток в 1,6 и в 1,7 раз соответственно. Показана целесообразность использования инокулята дрожжей, активированного молочной сывороткой, для интенсификации процесса сбраживания пивного сусла, что позволяет сократить длительность главного брожения на 1,5 суток и увеличить степень сбраживания экстракта, а также получить готовое пиво с меньшим уровнем побочных продуктов брожения, таких как диацетил и ацетальдегид.

Ключевые слова: молочная сыворотка, пиво, пивное сусло, дрожжи, активность фермента, брожение, мальтаза, зимаза, видимый экстракт, степень сбраживания.

Для цитирования: Каменская Е. П., Саберзянова Г. В. Использование молочной сыворотки для активации дрожжей в технологии производства пива // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 116–123. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.016.

Original article

USE OF MILK WHEY FOR YEAST ACTIVATION IN BEER PRODUCTION TECHNOLOGY

Elena P. Kamenskaya ¹, Galina V. Sabrezyanova ²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

© Каменская Е. П., Саберзянова Г. В., 2021

¹ ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² saberzyanovag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-347X>

Abstract. *The research is devoted to studying the possibility of using milk whey to activate brewer's yeast cultures and assessing their influence on the wort fermentation process and the quality of the finished beer. The object of the study is dry bottom-fermented brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* of the Saflager W-34/70 strain and dry cheese whey. Prefermentative treatment of dry yeast consists of its rehydration by dilution in beer wort (1 : 10) at 5 ± 1 °C for 30 minutes and subsequent activation with whey at different ratios of yeast + beer wort : whey – 1 : 0.5 and 1 : 1 with an exposure time of two hours. It is found that the optimal parameters for stimulating the vital activity of Saflager W-34/70 brewer's yeast at the stage of inoculum preparation (after rehydration) is their activation with whey at yeast + beer wort : whey – 1 : 0.5 with exposure for 60 minutes at temperature 5 ± 1 °C. It is shown that the use of milk whey for pre-fermentation treatment of yeast with these parameters leads to an increase in their zymase activity by 2.7 times, and α -glucosidase activity by 1.8 times compared to the control. In addition, an improvement in the physiological state of yeast and an increase in the biosynthetic processes in cells is observed, which is reflected in a 1.8-fold decrease in the number of non-viable cells and an increase in the number of budding and glycogen-containing cells by 1.6 and 1.7 times, respectively, compared to the control. The expediency of using yeast inoculum activated with whey to intensify the fermentation of beer wort is shown; it allows reducing the duration of the main fermentation by 1.5 days, increasing the degree of fermentation of the extract, as well as getting ready-made beer with a lower level of fermentation by-products, such as diacetyl and acetaldehyde.*

Keywords: *whey, beer, beer wort, yeast, enzyme activity, fermentation, maltase, zymase, visible extract, degree of fermentation.*

For citation: Kamenskaya, E. P. & Sabrezyanova, G. V. (2021). Use of milk whey for yeast activation in beer production technology. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 116-123. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.016.

ВВЕДЕНИЕ

Современной тенденцией развития пивоваренной промышленности наряду с улучшением качества продукции является повышение эффективности производства за счет регулирования скорости и направленности основных технологических процессов, их оптимизация и применение современных способов интенсификации на различных стадиях производства.

Известно, что в пивоваренном производстве к наиболее длительным технологическим стадиям относятся: сбраживание пивного сусла и дображивание пива. Продолжительность этих стадий во многом определяется биотехнологическими свойствами используемых дрожжей, их физиологическим состоянием, активностью ферментативных систем, а также скоростью потребления питательных веществ сусла. Следовательно, штаммы дрожжей, используемые в бродильной промышленности, должны обладать значительной скоростью размножения, высокой бродильной активностью и глубокой степенью сбраживания. Классическая технология пивоваренного производства, как правило, не позволяет в достаточной степени использо-

вать и поддерживать на высоком уровне активность дрожжей, от чего процессы протекают довольно длительно. Поэтому одной из важных задач современного производства пива является повышение физиолого-биохимической активности культуры пивных дрожжей с целью интенсификации главного брожения сусла при условии сохранения и улучшения качества готовой продукции [1].

В пивоварении актуальность активизации жизнедеятельности дрожжей обусловлена следующими факторами: использование солода низкого качества; расширение применения заводами препаратов активных сухих дрожжей; присутствие в сырье чужеродных веществ; сбраживание пивного сусла с начальной высокой экстрактивностью и др. [2].

Причем указанные факторы могут действовать как самостоятельно, так и совместно с другими, отягощая проблемы, связанные с жизненной активностью дрожжей. Поэтому для нормального протекания технологического процесса и получения готового напитка с соответствующими стандарту качественными показателями возникает необходимость в применении различных способов активации жизнедеятельности дрожжей.

В настоящее время для повышения физиологической активности дрожжей и регуляции их обменных процессов все чаще применяют активаторы и пищевые подкормки различного состава, повышающие уровень метаболизма дрожжевой культуры и обеспечивающие соответствие её характеристик требованиям того или иного производства. В качестве источника биостимулирующих компонентов для дрожжей используют различные группы растительного, животного и микробного нативного сырья, а также вторичные материальные ресурсы отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности [3–7].

Поиск новых резервов эффективных ростовых веществ и биостимуляторов направлен на доступное отечественное природное сырьё и на расширение путей рациональной утилизации побочных сырьевых ресурсов сельскохозяйственного, пищевого, микробиологического и других производств.

Применение для этой цели вторичного продукта молочного производства – молочной сыворотки, в состав которой входит значительное количество биологически активных веществ, – весьма перспективно, особенно учитывая её низкую стоимость. Достоинством молочной сыворотки является её высокая биологическая ценность, обусловленная наличием оптимально сбалансированных по аминокислотному составу белков, а также присутствием в значительном количестве органических кислот, витаминов, некоторых липидных компонентов, ферментов, минеральных веществ. Широкий комплекс веществ, содержащихся в молочной сыворотке в доступной форме и хорошо утилизируемых микроорганизмами, позволяет её использовать для активации их ферментативных систем, стимуляции роста и развития [8–11].

Цель настоящего исследования: изучение возможности использования молочной сыворотки для активации культуры пивных дрожжей, а также оценка их влияния на процесс брожения сусла и качество готового напитка.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с поставленными задачами объектом исследования служили: сухие пивные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* низового брожения штамма Saflager W-34/70 (Fermentis, Франция); сухая подсырная молочная сыворотка (ООО «Киприно», Россия). Для приготовления пивного сусла (ПС) экстрактивностью 12 % по классической технологии производства светлого пива использовали: солод пивоваренный ячменный светлый (по ГОСТ 29294-2014); воду (по СанПиН

2.1.4.1074-01); хмель гранулированный сорта «Northern Brewer» (по ГОСТ 32912-2014).

Физиологическое состояние дрожжей оценивали прямым микроскопированием [12]. Анализ содержания экстрактивных веществ в сбраживаемом пивном сусле вели с помощью ареометра-сахаромера АСТ-1 с погрешностью измерения $\pm 0,05$ %. Определение содержания спирта и действительного экстракта в пиве проводили дистилляционным методом по ГОСТ 12787-81. Видимую степень сбраживания сусла определяли расчетным методом [13]. Кислотность пива оценивали прямым титрованием пробы – по ГОСТ 12788-87. Определение pH – по ГОСТ 31764-2012 при помощи автоматического анализатора ST2100-F. Определение цвета – методом визуального сравнения с растворами йода различной концентрации – по ГОСТ 12789-87. Массовую долю двуокиси углерода в пиве определяли с помощью афрометра – по ГОСТ 32038-2012. Органолептические показатели, высоту пены и пеностойкость – по ГОСТ 30060-93.

Определение α -глюкозидазной (мальтазной) и зимазной активности вели поляриметрическим методом по скорости ферментативного гидролиза мальтозы и потребления глюкозы соответственно [14].

Концентрацию побочных и вторичных продуктов брожения оценивали на газовом хроматографе «Хромос ГХ-1000» («ХРОМОС Инжиниринг», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве объекта исследования были выбраны промышленно используемые сухие дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 второй генерации. Характеристика дрожжей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70
Table 1 - Yeast characteristics *Saccharomyces cerevisiae* strain Saflager W-34/70

Показатель	Saflager W-34/70
Тип брожения	Низовой
Температура брожения	12–15 °С
Конечная плотность	Средняя
Седиментация	Сильная
Флокуляция	Высокая
Дозировка, г/Гл	80–120
Концентрация сложных эфиров, мг/дм ³ (при 20 °С)	37
Концентрация высших спиртов, мг/дм ³ (при 20 °С)	155
Общее количество бактерий	< 5 / мл
Дикие дрожжи не <i>Saccharomyces</i>	< 1 / мл
Количество живых клеток	> 6 x 10 ⁹ / г

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

Следует отметить, что штамм Saflager W-34/70 характеризуется высокой устойчивостью к действию спирта, быстро сбраживает пивное сусло, а также дрожжи хорошо флокулируют и имеют высокую бродительную активность.

В качестве источника ростовых веществ и биостимулятора физиологических и биохимических показателей пивных дрожжей использовалась сухая молочная сыворотка, предварительно разбавленная водой до концентрации сухих веществ 5 %, с содержанием лактозы – 3,4 %.

На первом этапе исследования осуществлялась предферментационная обработка сухих дрожжей по методу, предложенному Пермязовой Л. В. [2], согласно которому после регидратации дрожжей в пивном сусле (1 : 10) при температуре 5 ± 1 °С в течение 30 минут проводилась их активация за счет дополнительного внесения в опытные образцы молочной сыворотки в различных соотношениях: дрожжи + ПС : сыворотка – 1 : 0,5 (опыт 1) и 1 : 1 (опыт 2) с последующей выдержкой в те-

чение двух часов. Контролем служил образец без добавления молочной сыворотки (МС).

Известно, что скорость сбраживания пивного сусла зависит от биохимических превращений, происходящих при участии многочисленных ферментов и ферментных систем дрожжей. Так, например, на подготовительной стадии спиртового брожения скорость гидролиза дисахарида сусла – мальтозы до глюкозы во многом определяет величина активности индуцибельного фермента α -глюкозидазы, а в дальнейшем на этапе главного брожения основным процессом которого является уже сбраживание глюкозы, за скорость её ферментации отвечает зимазный комплекс дрожжевой клетки [2]. Поэтому в данной работе особый интерес представляло изучение влияния предферментационной обработки пивных дрожжей на их мальтазную и зимазную активности, которые контролировались в динамике каждые 30 минут поляриметрическим методом (рисунок 1).

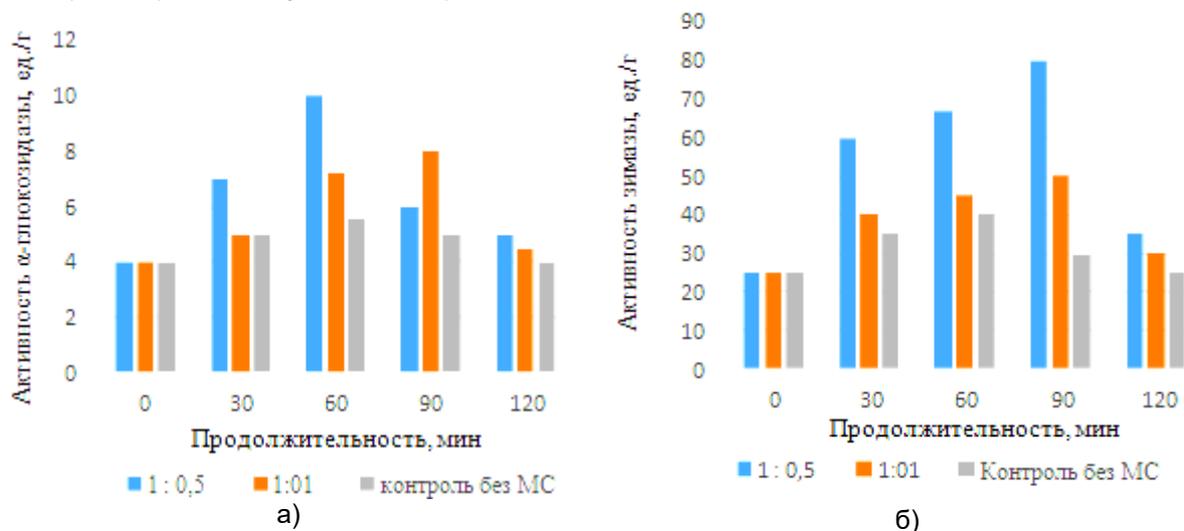


Рисунок 1 – Изменение активности ферментов при активации дрожжей в средах с молочной сывороткой: а) α -глюкозидазы и б) зимазы

Figure 1 - Changes in enzyme activity upon activation of yeast in media with milk serum: а) α -glucosidase and б) zymase

Как видно из полученных результатов, максимальная активность α -глюкозидазы наблюдалась через 60 минут выдержки дрожжей в среде с МС при соотношении 1 : 0,5 и составила – 10,0 ед/г, что превышало наибольший контрольный показатель в 1,8 раза, а исходное значение – в 2,5 раза. Увеличение дозы сыворотки не способствовало возрастанию мальтазной активности.

В случае зимазного комплекса ферментов максимальная активность достигалась

также в образце при соотношении компонентов 1 : 0,5, но лишь через 90 минут выдержки, при этом активность возрастала в 2,7 раза по отношению к контролю и в 3,2 раза – к исходному значению.

Так как основным сбраживаемым сахаром пивного сусла является мальтоза, интенсивность брожения во многом определяется скоростью поступления этого сахара в клетки с последующим его расщеплением до глюкозы, следовательно одним из лимитирующих

факторов при ферментации данной среды будет активность именно α -глюкозидазы. Поэтому для дальнейших исследований в качестве оптимальной выдержки инокулята в средах с молочной сывороткой была выбрана длительность 60 минут, соответствующая одновременно области активации фермента

подготовительной стадии и ферментного комплекса собственно спиртового брожения.

Показатели, характеризующие физиологическое состояние и ферментативную активность дрожжей после выдержки в средах с молочной сывороткой в течение 60 минут, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физиологические показатели и ферментативная активность дрожжей после обработки в средах с молочной сывороткой

Table 2 - Physiological parameters and enzymatic activity of yeast after treatment in media with whey

Вариант	Концентрация дрожжевых клеток				Активность фермента, ед./г	
	общая, млн./см ³	мертвых, %	почкующихся, %	с гликогеном, %	α -глюкозидазы	зимазы
Опыт 1 (дрожжи+ПС : МС 1 : 0,5)	17,8	2,8	55,8	80,5	10,0	80,2
Опыт 2 (дрожжи+ПС:МС 1 : 1)	16,2	3,6	40,2	59,8	7,2	50,3
Контроль (дрожжи + ПС)	13,5	4,9	34,5	47,2	5,6	29,5

Как следует из приведенных результатов (таблица 2), в опытных образцах, наряду с возрастанием зимазной активности в 1,7–2,7 раза и α -глюкозидазной в 1,3–1,8 раза по отношению к контролю наблюдается также усиление биосинтетических процессов, что выражается в снижении количества нежизнеспособных клеток в среднем на 35 %, а также увеличении почкующихся клеток и содержащих гликоген в среднем в 1,4 и 1,5 раза соответственно. Наибольшая эффективность воздействия молочной сыворотки совместно с пивным сусликом в сравнении с контрольной средой (только ПС) на активность изучаемых ферментов и стимуляцию обменных процессов, очевидно, связана со значительным содержанием в МС таких факторов роста, как незаменимые аминокислоты (фенилаланин, изолейцин, валин и др.), минеральные вещества (кальций, цинк, магний и др.) и витамины (биотин, инозит, пантотенат и др.), которые стимулируют биосинтез и ферментативную активность дрожжей, а также способствуют в целом повышению уровня конструктивного обмена данных клеток.

Следует отметить, что при увеличении доли молочной сыворотки в среде (опыт 2) эффект стимуляции физиолого-биохимической активности культуры менее заметен,

что, вероятно, связано с угнетающим влиянием на их метаболизм летучих жирных кислот сыворотки, содержание которых в данном образце было выше.

Таким образом, оптимальными параметрами для стимулирования жизнедеятельности пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 (после регидратации) на стадии подготовки инокулята является их активация молочной сывороткой в соотношении дрожжи + ПС : сыворотка – 1 : 0,5 с выдержкой в течение 60 минут.

Для оценки технологических свойств дрожжей интегральным показателем их пригодности для сбраживания питательных сред определенного состава может служить степень сбраживания. Поэтому в дальнейшей работе для изучения ферментации суслика и получения образцов молодого и готового пива использовали дрожжи, активированные молочной сывороткой в соотношении 1 : 0,5 (опыт 1) и регидратированные дрожжи без активации МС (контроль), которые были внесены в охмеленное пивное суслико с начальной экстрактивностью 12 %. Главное брожение проводили при температуре 12–13 °С в течение семи суток. Динамика сбраживания видимого экстракта в процессе ферментации суслика приведена на рисунке 2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

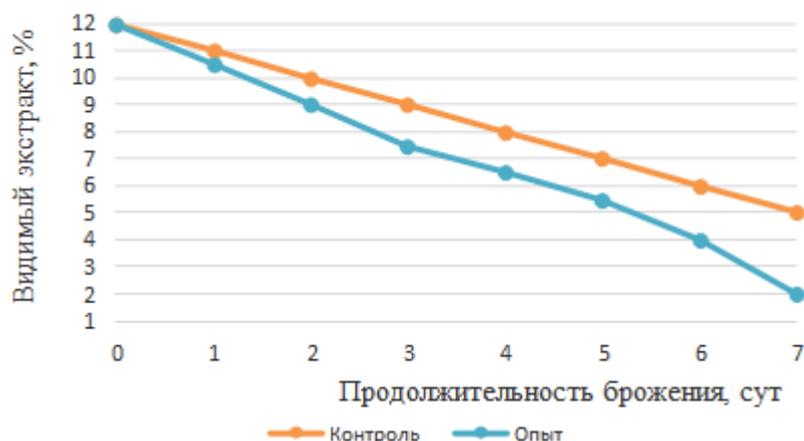


Рисунок 2 – Динамика убыли экстракта пивного сусла опытного и контрольного образцов

Figure 2 - Dynamics of the loss of beer wort extract of the experimental and control samples

Согласно расчету видимой степени сбраживания, данный показатель у опытного образца оказался на седьмые сутки выше контрольного на 25 % и составил 83 %. Поэтому за счет интенсификации процесса потребления экстрактивных веществ дрожжами в опытном образце продолжительность его брожения может быть сокращена на 1,5 суток

до содержания видимого экстракта – 4,5 % при тех же параметрах процесса. Далее по окончании главного брожения молодое пиво охлаждали до температуры 0–2 °С, снимали дрожжевой осадок и дображивали 15 суток. В полученных образцах молодого и готового пива анализировали основные качественные показатели, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества молодого и готового пива

Table 3 - Indicators of the quality of young and finished beer

Показатели	Молодое пиво		Готовое пиво		ГОСТ 31711-2012
	Контрольный образец	Опытный образец	Контрольный образец	Опытный образец	
Экстрактивность начального сусла, %	12,0		12,0		12,0
Объемная доля спирта, % об.	4,34	4,42	4,58	4,6	Не менее 4,5
Кислотность, к. ед	3,6	3,1	3,48	2,91	Не более 3,2
РН, ед	4,3	4,15	4,2	4,10	3,8–4,8
Цвет, ц. ед	2,81	2,47	2,39	2,34	0,2–2,5
Массовая доля CO ₂ , %	0,31	0,45	0,5	0,64	Не менее 0,4
Ацетальдегид, мг/дм ³	9,0	7,0	6,47	5,7	–
Диацетил, мг/дм ³	0,87	0,74	0,31	0,1	–
Высшие спирты, мг/дм ³	64	67	76	79	–
Пеностойкость, мин	–	–	4,0	6,3	Не менее 3
Высота пены, мм	–	–	35	44	Не менее 40

Полученные данные свидетельствуют, что готовое пиво опытного образца полностью отвечало всем требованиям ГОСТ 31711-2012 по физико-химическим показате-

лям. В свою очередь, контрольный образец имел некоторое превышение кислотности и недостаточное пенообразование, которое выражалось в снижении высоты пены на 5 мм

относительно требований стандарта. Следует также отметить, что пиво, полученное с использованием дрожжей, активированных в среде с МС, характеризовалось несколько повышенной массовой долей двуокси углерода – на 0,14 % по сравнению с контрольным образцом.

На основе анализа данных хроматографического исследования установлено, что в опытном образце готового пива содержание отрицательно влияющих на вкус и аромат метаболитов, таких как диацетил и ацетальдегид, меньше, чем в контрольном на 35,5 % и 12 % соответственно, что положительно сказывалось на органолептических характеристиках напитка. При этом обработка инокулята практически не сказалась на концентрации образующихся при брожении высших спиртов, формирующих букет готового пива, их содержание, как в молодом, так и готовом пиве, находилось на уровне контрольного образца, в рамках, рекомендуемых в пивоварении, значений.

Согласно дегустационной оценке, лучшими характеристиками обладало пиво опытного образца, сброженное активированными МС дрожжами, оно имело приятный насыщенный аромат; полный, гармоничный вкус без постороннего привкуса, мягкую хмелевую горечь, а также обильную и устойчивую пену. Контрольный образец несколько уступал по насыщенности диоксидом углерода и пенообразующей способности.

ВЫВОДЫ

Изучена возможность использования молочной сыворотки для активации пивных дрожжей низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 перед введением их в пивное сусло, а также исследовано их влияние на процесс главного брожения и качество светлого пива.

Установлена эффективность обработки пивных дрожжей штамма Saflager W-34/70 на стадии подготовки инокулята (после регидратации) путем выдержки в смеси пивного сусла с молочной сывороткой при соотношении 1 : 0,5 в течение 60 минут при температуре 5 ± 1 °С.

Показано, что использование молочной сыворотки для предферментационной обработки дрожжей при оптимальных параметрах приводит к увеличению их зимазной активности в 2,7 раза, а α -глюкозидазной – в 1,8 раза по сравнению с контролем. Кроме того, наблюдается улучшение физиологического состояния дрожжей и усиление биосинтетических процессов в клетках, что выражается в

снижении количества нежизнеспособных клеток в 1,8 раза, а также увеличении почкующихся клеток в 1,6 раза и содержащих гликоген в 1,7 раза по отношению к контролю.

Показана целесообразность использования инокулята дрожжей, активированного МС, для интенсификации процесса сбраживания пивного сусла, что позволяет сократить длительность главного брожения в среднем на 1,5 суток (до 5,5 суток) и увеличить степень сбраживания экстракта, а также получить готовое пиво высокого качества с меньшим уровнем побочных продуктов брожения, таких как диацетил и ацетальдегид.

Таким образом, представленные в ходе исследований результаты подтверждают эффективность предферментационной обработки дрожжей штамма Saflager W-34/70 молочной сывороткой для стимуляции физиолого-биохимических характеристик дрожжевой культуры и ускорения процессов метаболизма, что благоприятно отражается на процессе ферментации пивного сусла и качестве готового пива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аннемюллер Г., Мангер Г.Й., Литц П. Дрожжи в пивоварении. Санкт-Петербург : Профессия, 2015. 428 с.
2. Пермьякова Л.В. Регулирование биотехнологических свойств пивных дрожжей путем корректировки состава питательной среды : монография. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2017. 248 с.
3. Гагиева Л.Ч., Цугкиев Б.Г., Дзантиева Л.Б., Макиев О.Н. Технологические аспекты использования растительного сырья в качестве активаторов бродильных процессов // Пиво и напитки. 2011. № 2. С. 28–29.
4. Козлов С.Г. Исследование и разработка способов активации дрожжей с использованием молочной сыворотки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово : КемТИПП, 2002. 18 с.
5. Помозова В.А., Пермьякова Л.В., Сафонова Е.А., Артемасов В.В. Активация пивных дрожжей // Пиво и напитки. 2002. № 2. С. 26–27.
6. Хныкин А.М., Садова А.И., Тимаев А.М. Разработка метода активации сухих пивоваренных дрожжей для заводов малой мощности // Пиво и напитки. 2012. № 2. С. 12–16.
7. Каменская Е.П., Камаева С.И., Вагнер В.А., Теплова А.А. Влияние экстракта пантокринна на метаболизм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в технологии производства пива // Биотехнология и общество в XXI веке : материалы II Международной науч.-практич. конференции. Барнаул : Изд-во АГУ. 2018. С. 207–217.
8. Храмов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки : учеб. пособие. М. : ДеЛипринт, 2003. 768 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

9. Храмов А.Г. Феномен молочной сыворотки : монография. СПб. : Профессия, 2011. 804 с.

10. Аверьянова Е.В., Каменская Е.П. Состав и применение молочной сыворотки : метод. рекомендации. Бийск : Изд-во АлтГТУ, 2005. 41 с.

11. Базеева Е.Е., Аверьянова Е.В., Каменская Е.П. Разработка компонентного состава питательной среды на основе творожной сыворотки для культивирования штамма *Bifidobacterium longum* B379M // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. № 4 (27). С. 55–64.

12. Качмазов Г.С. Дрожжи броидильных производств. Практическое руководство. СПб. : Лань, 2012. 224 с.

13. Польшагина Г.В., Чердиченко В.С., Римарева Л.В. Определение активности ферментов. М. : Делипринт, 2003. 375 с.

14. Ермолаева Г.А. Степень сбраживания сусла и пива // Пиво и напитки. 2003. № 6. С. 14–15.

Информация об авторах

Е. П. Каменская – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии броидильных производств и виноделия Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Г. В. Сабрезянова – магистрант кафедры технологии броидильных производств и виноделия Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Annemüller, G., Munger, G.Y. & Litz, P. (2015). Yeast in brewing. Profession, P. 428. (In Russ.).

2. Permyakova, L.V. (2017). Regulation of biotechnological properties of brewer's yeast by adjusting the composition of the nutrient medium: monograph. Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University). - P. 248. (In Russ.).

3. Gagieva, L.Ch., Tsugkiev, B.G., Dzantieva, L.B. & Makiev, O.N. (2011). Technological aspects of using plant raw materials as activators of fermentation processes. *Beer and drinks*. (2), 28-29. (In Russ.).

4. Kozlov, S.G. (2002). Research and development of methods for activating yeast using milk whey: author. dis. ... Cand. tech. Sciences : 05.18.04. KemTIPP. P. 18. (In Russ.).

5. Pomozova, V.A., Permyakova, L.V., Safonova, E.A. & Artemasov, V.V. (2002). Activation of brewer's yeast. *Beer and drinks*. (2), 26-27. (In Russ.).

6. Khnykin, A.M., Sadova, A.I. & Timaev, A.M. (2012). Development of a method for activating dry brewing yeast for low-power plants. *Beer and drinks*. (2), 12-16. (In Russ.).

7. Kamenskaya, E.P., Kamaeva, S.I., Wagner, V.A. & Teplova, A.A. (2018). Influence of pantocrine extract on metabolism of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in beer production technology. Biotechnology and society in the XXI century: materials of the II International scientific and practical conference. ASU Publishing House, 207-217. (In Russ.).

8. Khramtsov, A.G. & Nesterenko, P.G. (2003). Technology of whey products : a tutorial. Delhi print. P. 768. (In Russ.).

9. Khramtsov, A.G. (2011). The phenomenon of milk whey: monograph. Professiya. P. 804.

10. Averyanova, E.V. & Kamenskaya, E.P. (2005). The composition and use of milk whey: guidelines. Publishing house Alt. state tech. University. P. 41. (In Russ.).

11. Bazeeva, E.E., Averyanova, E.V. & Kamenskaya, E.P. (2018). Development of the component composition of the nutrient medium based on curd whey for the cultivation of the *Bifidobacterium longum* B379M strain. *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*. (4), 55–64. (In Russ.).

12. Kachmazov, G.S. (2012). Fermentation yeast. A practical guide. Lan. P. 224. (In Russ.).

13. Polygalina, G.V., Cherednichenko, V.S. & Rimareva, L.V. (2003). Determination of enzyme activity. Delhi print. P. 375. (In Russ.).

14. Ermolaeva, G.A. (2003). The degree of fermentation of wort and beer. *Beer and drinks*. (6), 14-15. (In Russ.).

Information about the authors

E. P. Kamenskaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Fermentation and Winemaking, Polzunov Altai State Technical University.

G. V. Sabrezyanova – Master's Degree Student of the Department of Technology of Fermentation and Winemaking, Polzunov Altai State Technical University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 01.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.