



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК663.45

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.011



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДРОЖЖЕЙ ВЕРХОВОГО БРОЖЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЧНОГО ПИВА

Елена Петровна Каменская ¹, Галина Вадимовна Саберзянова ²

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

¹ kamenskaya.e.p@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-347X>

Аннотация. Исследование посвящено особенностям использования различных штаммов верховых дрожжей в технологии пшеничного пива, а также оценки их влияния на качественные показатели готовых напитков. Объектами исследования служили сухие пивные дрожжи верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штаммов SafAle WB-06 и SafAle T-58. На этапе затирания солода вносился ферментный препарат Аттенузим Коре с основной глюкоамилазной активностью (1600 AGU/g), доза внесения которого составила – 0,7 г/кг солода. Его использование позволило уменьшить мутность сусла и увеличилось содержание редуцирующих сахаров на 9,5 % по сравнению с контролем (без применения ферментного препарата). Установлено, что на протяжении всего периода главного брожения исследуемые штаммы показали стабильную динамику брожения пивного сусла. Более интенсивно брожение протекало в сусле с применением штамма SafAle WB-06, о чем свидетельствует величина действительной степени сбраживания молодого пива – 63,20 %. В результате анализа физико-химических показателей готового пива не было выявлено существенных различий между опытными образцами, за исключением показателей горечи и мутности, которые были несколько выше в образце с применением штамма SafAle T-58. Независимо от применяемого штамма дрожжей образцы готового пива соответствовали требованиям ГОСТ 31711-2012 Пиво. Общие технические условия. Хроматографический анализ побочных продуктов брожения в готовом пиве показал несколько большее их суммарное количество в образце с SafAle WB-06 на 3,7 мг/дм³ по сравнению с образцом с SafAle T-58, без превышения пределов пороговых значений по всем исследуемым показателям. Согласно дегустационной оценке, лучшими характеристиками обладало пиво, сброженное дрожжами штамма SafAle WB-06 (23 балла), оно имело приятный, насыщенный вкус с легкими эфирными и фенольными нотами, характерный пшеничный аромат и умеренную хмелевую горечь. Образец, полученный с применением штамма SafAle T-58 и набравший 20 баллов, имел яркую хмелевую горечь, обильную, устойчивую пену, но менее насыщенный вкусо-ароматический профиль.

Ключевые слова: пшеничное пиво, пивное сусло, дрожжи, верховое брожение, дображивание, молодое пиво, штамм, побочные продукты брожения.

Для цитирования: Каменская Е. П., Саберзянова Г. В. Исследование влияния дрожжей верхового брожения на качественные показатели пшеничного пива // Ползуновский вестник. 2025. № 2, С. 74–80. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.011. EDN: <https://elibrary.ru/MFESBH>.

Original article

STUDY OF INFLUENCE OF TOP FERMENTING YEAST ON QUALITY INDICATORS OF WHEAT BEER

Elena P. Kamenskaya ¹, Galina V. Sabrezyanova ²

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

¹ kamenskaya.e.p@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-347X>

Abstract. The study is devoted to the features of using various strains of top-fermenting yeast in wheat beer technology, as well as assessing their impact on the quality indicators of finished beverages. The objects of the study were dry top-fermenting brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* strains SafAle WB-06 and SafAle T-58. At the stage of malt mashing, the enzyme preparation Attenusim Core with basic glucoamylase activity (1600 AGU/g) was added at a dose of 0.7 g/kg of malt. Its use allowed to decrease the turbidity of the wort and increase the content of reducing sugars by 9.5% compared to the control (without using the enzyme preparation). It was found that throughout the entire period of main fermentation, the studied strains showed stable dynamics of beer wort fermentation. Fermentation was more intense in the wort using the SafAle WB-06 strain, as evidenced by the actual fermentation degree of young beer - 63.20 %. The analysis of the physicochemical parameters of the finished beer did not reveal any significant differences between the test samples, with the exception of the bitterness and turbidity parameters, which were slightly higher in the sample using the SafAle T-58 strain. Regardless of the yeast strain used, the finished beer samples met the requirements of GOST 31711-2012 Beer. General specifications. Chromatographic analysis of fermentation by-products in the

© Каменская Е. П., Саберзянова Г. В., 2025

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДРОЖЖЕЙ ВЕРХОВОГО БРОЖЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЧНОГО ПИВА

finished beer showed a slightly higher total amount in the sample with SafAle WB-06 by 3.7 mg/dm³ compared to the sample with SafAle T-58, without exceeding the threshold limits for all the studied parameters. According to the tasting evaluation, the beer fermented with the SafAle WB-06 strain yeast had the best characteristics (23 points), it had a pleasant, rich taste with light ester and phenolic notes, a characteristic wheat aroma and moderate hop bitterness. The sample obtained using the SafAle T-58 strain and scored 20 points, had a bright hop bitterness, abundant, stable foam, but a less rich flavor and aroma profile.

Keywords: wheat beer, beer wort, yeast, top fermentation, secondary fermentation, young beer, strain, fermentation by-products.

For citation: Kamenskaya, E.P. & Sabrezyanova, G.V. (2025). Study of influence of top fermenting yeast on quality indicators of wheat beer. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 74-80. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.02.011. EDN: <https://elibrary.ru/MFESBH>.

ВВЕДЕНИЕ

Производство пива является одним из самых сложных в технологическом смысле процессов в пищевой промышленности. Для получения готового пива с высокими стандартами качества необходимо применять не только качественное сырье, но и учитывать большое количество нюансов на всех этапах создания алкогольного напитка.

В настоящее время пшеничное пиво увеличивает свою популярность по всему миру, в том числе и в России. На отечественном рынке его доля в общем объеме выпускаемой на пивоваренных предприятиях продукции пока невелика, хотя в последние несколько лет спрос на него возрастает, и многие пивоваренные производства в ассортиментной линейке стараются иметь минимум один сорт пшеничного пива. Между тем, в Германии и других странах Западной Европы пиво из пшеницы пользуется большой популярностью и ценится за специфический вкус и аромат. На рынке Германии представлено более 1000 сортов пшеничного пива, преимущественно относящихся к двум основным типам: пшеничное пиво с дрожжами (например, Hefeweizen – светлое, Hefeweizen – темное) и пшеничное пиво без дрожжей (например, Kristallweizen) [1, 2].

Пиво из пшеницы представляет собой группу различных сортов пива верхового брожения, в составе сырья которых пшеничный солод составляет не менее 50 % от общего количества применяемого солода. Отечественные пивовары с определенной опаской относятся к производству данного пива из-за проблем, возникающих в технологическом процессе: более трудоемкий процесс соложения; высокие потери экстракта; возможные проблемы с фильтрацией (отсутствие фильтрующего слоя – шелухи, повышенное содержание белка); иногда достаточно высокая цветность; образование осадков в пиве из-за высокого содержания пентозанов; низкое содержание свободного α-аминного азота; снижение коллоидной стойкости фильтрованного пива и др. [3, 4].

В отличие от сортов пива низового брожения, классическое пшеничное пиво, получаемое с применением дрожжей верхового брожения, характеризуется легким фруктовым оттенком, который в сочетании с повышенным содержанием диоксида углерода (6–10 г/л) оказывает сильное освежающее действие и хорошо утоляет жажду. Сенсорный профиль пшеничного пива варьирует от типичного фруктового аромата до гвоздичного или бананового, что обусловлено метаболизмом дрожжей верхового брожения.

Особенность специфического вкусового профиля данного пива заключается в том, что дрожжи декарбоксилируют гидробензойные кислоты в фенолы, придающие напитку сильный вкус и запах. Например, наличие специфического гвоздично-пряного аромата обусловлено присутствием типичных фенолов: 4-винилгваяколя и 4-винилфенола, а банановый аромат обусловлен высокой концентрацией изоамилацетата – около 4 мг/дм³, при концентрации этилацетата не более 45 мг/дм³ [5].

Дрожжи верхового брожения отличаются от низовых дрожжей целым рядом технологических характеристик, основные из которых – различный оптимум температур сбраживания и размножения, а также способность к образованию большего количества побочных продуктов брожения, придающих пиву совершенно своеобразный характер, в частности, высших спиртов (пропанол, метилпропанол) и сложных эфиров [6–8].

Дрожжи верхового брожения более гидрофобны, способны адсорбироваться с CO₂ и подниматься на поверхность пива, но при этом они также подвержены седиментации и флокуляции. Для производства пшеничного пива, кроме *Saccharomyces cerevisiae*, также используются и другие виды микроорганизмов. Например, в сортах бельгийского пива Gueuze и Lambic с содержанием пшеницы используются микроорганизмы: *Brettanomyces* (*B. bruxellensis*, *B. lambicus*), *Enterobacteriaceae*, *Kloeckera apiculata*, *Saccharomyces globosus*, *Saccharomyces bayanus*, *Saccharomyces uvarum*, *Lactobacillaceae* (*Pediococcus cerevisiae*, *Pediococcus damnosus*) и др. [9, 10].

Важными условиями получения качественного пшеничного пива являются тщательный подбор штамма дрожжей в сочетании с правильной технологией, которые обеспечивают накопление необходимых продуктов брожения, формирующих специфический вкусовой профиль данного напитка.

Цель настоящего исследования – сравнение особенностей использования различных штаммов верховых дрожжей в технологии пшеничного пива, а также оценка их влияния на качественные показатели готовых напитков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве сырья для приготовления пшеничного пива использовали: солод пивоваренный ячменный светлый (АО «Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург», Россия); солод пивоваренный пшеничный светлый (ООО «Солодовен-

ный завод», Россия); ферментный препарат (ФП) Аттенузим Коре (Novozymes A/S, Дания); хмель гранулированный сорта «Халлертау Миттельфрю» (HVG, Германия); сухие пивные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* верхового брожения: штамм SafAle WB-06 и штамм SafAle T-58 (Fermentis, Франция).

В работе применялись стандартные методы анализа, принятые в пивоваренной промышленности. Массовую долю действительного экстракта определяли пикнометрически после удаления спирта и углекислоты по ГОСТ 12787-81. Анализ содержания экстрактивных веществ в сбраживаемом пивном сусле осуществляли с помощью ареометра-сахаромера АСТ-1 с погрешностью измерения $\pm 0,05$ %. Кислотность пива оценивали прямым титрованием пробы с фенолфталеином – по ГОСТ 12788-87. Определение pH – по ГОСТ 31764-2012 при помощи автоматического анализатора ST2100-F. Определение цвета – методом колориметрического титрования – по ГОСТ 12789-87. Массовую долю двуокиси углерода в пиве определяли с помощью афрометра – по ГОСТ 32038-

2012. Органолептические показатели – по ГОСТ 30060-2022.

Количество дрожжевых клеток на этапе главного брожения и дображивания оценивали методом прямого подсчета в камере Горяева [11].

Определение массовой доли спирта, видимого экстракта, действительной степени сбраживания, цвета (цв.ед. и EBC), плотности проводили на пивоанализаторе жидкостей «ANTON PAAR». Мутность готового пива контролировали на приборе МУТНОМЕР VOS ROTA 90/25. Содержание редуцирующих сахаров в сусле контролировали по методу Бертрана.

Качественный и количественный состав побочных продуктов брожения оценивали на газовом хроматографе «Хромос ГХ-1000» с пламенно-ионизационным детектором («ХРОМОС Инжиниринг», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Принципиальная технологическая схема производства пшеничного пива верхового брожения представлена на рисунке 1.

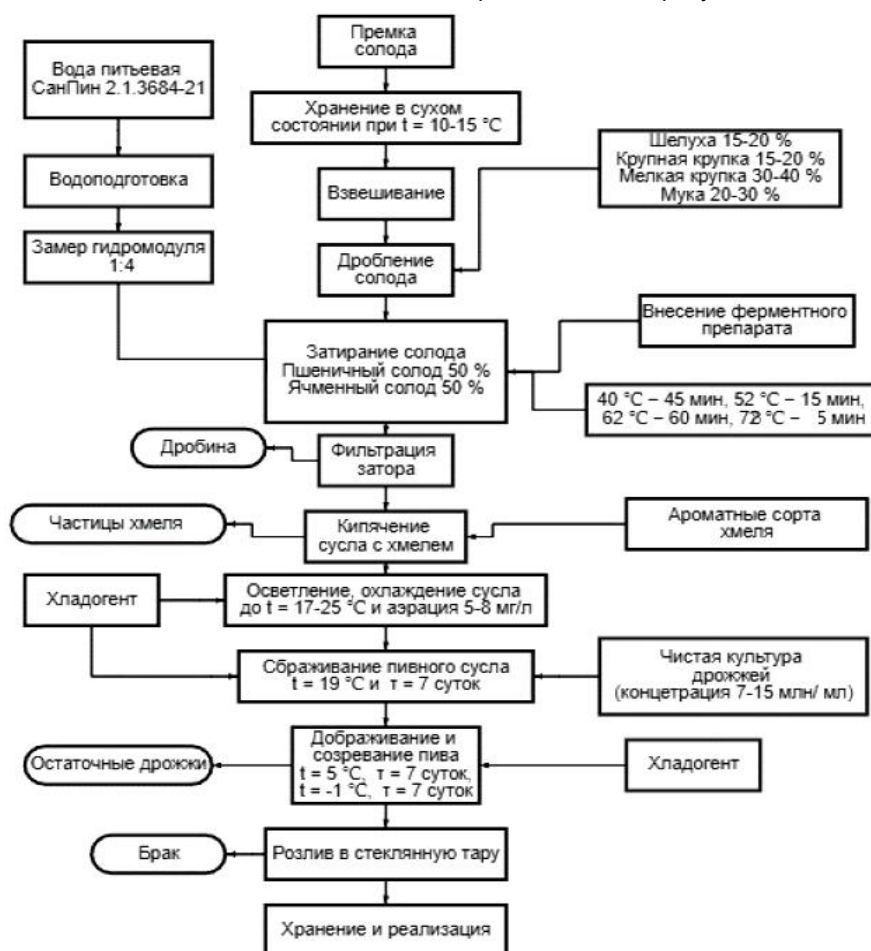


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства пшеничного пива верхового брожения

Figure 1 – Basic technological scheme of production of top-fermented wheat beer

В качестве объектов исследования были выбраны специализированные сухие пивные дрожжи верхового брожения, отобранные для производства

пшеничного пива *Saccharomyces cerevisiae* штаммы SafAle WB-06 и SafAle T-58. Характеристика дрожжей представлена в таблице 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДРОЖЖЕЙ ВЕРХОВОГО БРОЖЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЧНОГО ПИВА

Таблица 1 – Характеристика штаммов дрожжей

Table 1 – Characteristics of yeasts strains

Показатель	SafAle WB-06	SafAle T-58
Тип брожения	Верховой	Верховой
Температура брожения	18–24 °C	15–20 °C
Седиментация	Медленная	Средняя
Флокуляция	Низкая	Низкая
Дозировка, г/г	50–80	50–80
Концентрация сложных эфиров, мг/дм ³ (при 20 °C)	78	37
Концентрация высших спиртов, мг/дм ³ (при 20 °C)	404	228
Количество живых клеток	> 6 × 10 ⁹ /г	> 6 × 10 ⁹ /г

Следует отметить, что дрожжи штамма SafAle WB-06 способны образовывать легкие эфирные и фенольные ноты, характеризующие пшеничный сорт пива, а также отличаются хорошей взвешенностью и стабильностью в процессе брожения, способностью к образованию большего количества высших спиртов и сложных эфиров. Дрожжи штамма SafAle T-58 подходят для формирования фруктовых, пряных и перечных тонов, в сенсорном профиле преобладают банан, гвоздика и перец, а также имеют среднюю седиментацию и низкую флокуляцию.

Оптимальное соотношение ячменного и пшеничного солода – 50:50 при затирании было подобрано экспериментальным путем на основании лучших результатов по показателям экстрактивности, свободного аминного азота, вязкости сусла и редуцирующих сахаров. Гидроциклон затирания у пшеничного пива составил при соотношении солода и воды – 1:4.

На этапе затирания солода вносился ферментный препарат Аттенузим Коре с основной глюкоамилазной активностью (1600 AGU/г), доза внесения которого составила – 0,7 г/кг солода. При его использовании уменьшилась мутность сусла и увеличилось содержание редуцирующих сахаров на 9,5 % по сравнению с контролем (без применения ФП).

Для приготовления затора был выбран метод настоянного затирания со следующими температурными паузами:

- кислотная пауза (40 °C, 20 минут). Происходит активация фермента фитазы, который расщепляет молекулы фитина, освобождая фитиновую кислоту в солодовом зерне и понижая pH затора. Кроме того, разрушаются глюканы, вследствие чего пиво становится более прозрачным;
- белковая пауза (55 °C, 15 минут). На данном этапе идет процесс расщепления пептидной связи между аминокислотами в белках при участии протеолитических ферментов протеиназы и пептидазы, а также повышается экстрактивность сусла;
- мальтозная пауза (63 °C, 40 минут), отмечается активизация фермента β -амилазы;
- декстриновая пауза (72 °C, 30 минут), в действие вступает α -амилаза, она образует несбраживаемые сахара, которые формируют тело пива, делает пиво сладким, происходит процесс формирования плотности пива;
- мэш-аут (78 °C, 5 минут), данная пауза используется для остановки работы ферментов, уменьшения вязкости и увеличения скорости фильтрации сусла [12].

После завершения всех пауз проводилось

охлаждение затора с последующей фильтрацией, затем кипячение сусла в течение 60 минут с ароматным сортом хмеля «Халлертау Миттельфрью», осветление и охлаждение сусла для внесения разводки дрожжей.

Главное брожение проводили при температуре 19±1 °C в течение 7 суток до достижения видимого экстракта 3,4–3,6 %. Для брожения использовали дрожжи первой генерации, дозировка введения которых рассчитывалась с учетом особенностей используемых штаммов и составила 0,65 г/л.

Сравнительная характеристика физико-химических и микробиологических показателей молодого пива с применением различных штаммов верховых дрожжей приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика образцов молодого пива, полученных с применением различных штаммов дрожжей

Table 2 – Comparative characteristics of young beer samples obtained using different yeast strains

Показатель	Штамм дрожжей	
	SafAle WB-06	SafAle T-58
Объемная доля спирта, %	4,75	4,84
Видимый экстракт, %	3,11	3,27
Действительная степень сбраживания, %	63,20	60,21
Плотность, г/см ³	1,01224	1,01245
Количество дрожжевых клеток, кл/см ³	12×10 ⁶	10×10 ⁶

На протяжении всего периода главного брожения исследуемые штаммы показали стабильную динамику брожения пивного сусла. Более интенсивно протекало брожение в молодом пиве с SafAle WB-06, о чем свидетельствует результат действительной степени сбраживания – 63,20 % и большее количество дрожжевых клеток – 12×10⁶ кл/см³.

На этапе дображивания и созревания температура составила первые семь суток – 5 °C и еще семь суток – минус 1 °C. Оба штамма по остатку количества дрожжевых клеток на этапе завершения дображивания показали хорошие результаты, так как к концу дображивания нормой считается содержание дрожжевых клеток в пределах от 0,5 до 1 млн кл/см³. Расхождение по содержанию клеток также было незначительным – 3 %.

По итогам завершения полного цикла брожения и дображивания в образцах готового пшеничного пива был проведен сравнительный физико-химический анализ (таблица 3).

Таблица 3 – Физико-химические показатели образцов готового пива с применением штаммов дрожжей SafAle WB-06 и SafAle T-58

Table 3 – Physicochemical parameters of finished beer samples using yeast strains SafAle WB-06 and SafAle T-58

Показатель	Штамм дрожжей		ГОСТ 31711-2012
	SafAle WB-06	SafAle T-58	
Экстрактивность начального сусла, %	11,96	12,01	12,0
Объемная доля спирта, %	4,82	4,88	не менее 3,5
Массовая доля спирта, %	3,77	3,82	–
Видимый экстракт, %	2,91	2,84	–
Действительный экстракт, %	4,18	4,51	–
Действительная степень сбраживания, %	65,05	62,44	–
Кислотность, к.ед	2,25	2,40	не более 1,5-3,2
pH, ед	4,49	4,60	3,8-4,8
Плотность, г/см ³	1,00953	1,00928	–
Горечь, IBU	9,10	12,20	–
Мутность, 90Н, EBC	23,5	26,2	–
Цвет, ед. EBC	10,25	9,81	9,5-26,0
Цвет, ц. ед	0,70	0,65	0,6-2,0
Пеностойкость, мин	5:40	5:55	не менее 3
Высота пены, мм	62	70	не менее 40
Массовая доля двуокиси углерода, % г/л	0,7	0,8	не менее 0,4

Экспериментальные данные, приведенные в таблице 3, показывают, что оба опытных образца пива полностью отвечает требованиям действующей нормативно-технической документации ГОСТ 31711-2012 Пиво. Общие технические условия по показателям: объемная доля спирта; pH; цвет ц.ед. и ед.ЕВС; массовая доля двуокиси углерода; кислотность; высота пены и пеностойкость. Кроме того, по большинству физико-химических показателей не было выявлено существенных различий между опытными образцами, за исключением по-

казателей горечи и мутности, которые были несколько выше в образце с применением штамма SafAle T-58. При этом стоит отметить, что полученные значения показателей мутности – 23,5 и 26,2 90Н EBC – являются хорошими результатами для нефiltrованного пива без применения в технологии замутнителей.

Хроматографический анализ побочных продуктов брожения в готовом пиве с применением штаммов дрожжей SafAle WB-06 и SafAle T-58 представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Хроматографический анализ побочных продуктов брожения в готовом пиве с применением штаммов дрожжей SafAle WB-06 и SafAle T-58

Table 4 – Chromatographic analysis of fermentation by-products in finished beer using SafAle WB-06 and SafAle T-58 yeast strains

Показатель	Штамм дрожжей	
	SafAle WB-06	SafAle T-58
Ацетальдегид, мг/дм ³	3,7	3,9
Этилацетат, мг/ дм ³	12,8	11,7
Диацетил, мг/ дм ³	0,13	0,13
Изобутилацетат, мг/ дм ³	0,06	0,04
1-пропанол, мг/ дм ³	11,5	9,3
Изобутанол, мг/ дм ³	14,9	12,5
2-метилбутанол+изоамилол, мг/ дм ³	63,5	65,3
Сумма спиртов, мг/дм ³	89,9	87,1
Сумма эфиров, мг/дм ³	12,86	11,74

Известно, что ароматический профиль пива формируется благодаря различным классам химических веществ, таким как высшие спирты, сложные эфиры, жирные кислоты, карбонильные соединения, соединения серы, фурановые соединения, монотерпенолы, C13-ноизопреноиды и летучие фенолы [13].

Результаты анализа побочных продуктов брожения в готовом пиве свидетельствуют о стабильном протекании процесса брожения и дображивания.

Содержание отрицательно влияющего на вкус и аромат метаболита, такого как ацетальдегид, соответствовало норме (2–10 мг/дм³), что положительно сказывалось на органолептических характеристиках готовых напитков.

Диацетил является представителем вицинальных дикетон и определяет не только вкусо-

вые особенности пива, но и характеризует степень созревания пива, направленность, глубину и завершенность технологического процесса. По мнению одних авторов, в светлых сортах пива верхового брожения нежелательно содержание общего диацетила более 0,1–0,15 мг/дм³ [14], по мнению других – предельно допустимая концентрация диацетила в пиве верхового брожения не должна превышать 0,6 мг/дм³ [15]. Содержание диацетила в обоих образцах пива составила 0,13 мг/дм³, что не превышало данных пороговых значений и является критерием удачного процесса созревания пива. Стоит отметить, что концентрация диацетила в пиве определяется не только штаммом дрожжей, но и технологией брожения и дображивания пива.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДРОЖЖЕЙ ВЕРХОВОГО БРОЖЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЧНОГО ПИВА

Этилацетат является представителем сложных эфиров (этиловым эфиром уксусной кислоты) и активно участвует в букетообразовании готового пива. В небольших концентрациях он способствует появлению в напитке фруктового аромата и легкого аромата леденцов [16]. В исследуемых образцах его концентрации отличались незначительно – 12,8 мг/дм³ и 11,7 мг/дм³ – и не достигали пороговых значений, что косвенно свидетельствует о правильно подобранных технологических факторах, таких как штамм дрожжей, уровень их задачи, состав сусла, температура брожения, плотность сусла и др. [17]. Сумма эфиров в обоих образцах также находилась в умеренных количествах, что благоприятно сказалось на привкусе готовых напитков.

Известно, что основное количество высших спиртов образуется из аминокислот, преимущественно на этапе главного брожения, к концу которого в пиве накапливается примерно 40–80 мг/дм³ высших спиртов. Высшие спирты также формируют вкусовой профиль пива, однако значительная концентрация этих побочных продуктов (свыше 100 мг/дм³) негативно отражается на вкусе готового напитка. Сумма спиртов в экспериментальных образцах пива составила 89,9 мг/дм³ и 87,1 мг/дм³, что несколько выше допустимых норм (до 80 мг/дм³), но не превышают пороговое значение в 100 мг/дм³. Данные превышения в образцах находились в пределах допустимых отклонений и не повлияли на вкусовой профиль пива. В пиве с применением штамма дрожжей SafAle WB-06 на 2,2 мг/дм³ было выше содержание 1-пропанола по сравнению с образцом с SafAle T-58, что придавало ему слегка сладковатые тона в аромате.

Изобутанол производится дрожжами первоначально в цитоплазме по пути Эрлиха или путем анаболического синтеза внутри митохондрий. Этот высший спирт способен придавать пиву запах растворителя. Пороговое значение по аромату изобутанола составляет 100 мг/дм³ [18]. Согласно проведенным исследованиям, концентрация изобутанола в образце, полученном с использованием штамма SafAle WB-06, составила 14,9 мг/дм³, а в образце с применением SafAle T-58 – 12,5 мг/дм³.

Органолептическую оценку образцов готового пива проводили по 25-балльной системе с учетом следующих показателей: прозрачность, цвет, вкус, хмелевая горечь, аромат и пенообразование. Согласно дегустационной оценке, лучшими характеристиками обладало пиво, сброженное дрожжами штамма SafAle WB-06 (23 балла), оно имело приятный, насыщенный вкус с легкими эфирными и фенольными нотами, характерный пшеничный аромат и умеренную хмелевую горечь. Образец, полученный с применением штамма SafAle T-58, набравший 20 баллов, имел яркую хмелевую горечь, обильную и устойчивую пену, но менее насыщенный вкусо-ароматический профиль.

ВЫВОДЫ

Проведен сравнительный анализ использования двух штаммов верховых дрожжей SafAle WB-06 и SafAle T-58 в технологии пшеничного пива, а также исследовано их влияние на качественные показатели молодого и готового пива.

Экспериментально установлено, что на протяжении всего периода главного брожения и дображивания исследуемые штаммы показали стабильную динамику брожения пивного сусла. Более интенсивно брожение протекало в сусле с применением штамма SafAle WB-06, о чем свидетельствует действительная степень сбраживания молодого пива – 63,20 % и готового пива – 65,05 %, превышающая данный показатель в пиве с использованием штамма SafAle T-58 в молодом пиве на 3 %, а в готовом – на 2,6 %.

Показано, что по физико-химическим показателям готового пива не было выявлено существенных различий между опытными образцами, за исключением показателей горечи и мутности, которые были несколько выше в образце с применением штамма SafAle T-58. Независимо от применяемого штамма дрожжей образцы готового пива соответствовали нормам ГОСТ 31711-2012 Пиво. Общие технические условия.

В большей степени изученные штаммы показали различное влияние на ароматический профиль пива и органолептические показатели.

Так, хроматографический анализ побочных продуктов брожения в готовом пиве показал несколько большее их суммарное количество в образце с SafAle WB-06 на 3,7 мг/дм³ по сравнению с образцом с SafAle T-58, без превышения пределов пороговых значений по всем исследуемым показателям, что не оказало негативного влияния на вкусовой профиль пива. Кроме того, проведенная дегустационная оценка образцов пива выявила, что образец, полученный с использованием штамма SafAle WB-06, имел во вкусе легкие эфирные и фенольные ноты, характеризующие пшеничный сорт пива, и получил более высокий балл по сравнению с образцом с SafAle T-58.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сандаков О.А. Разработка технологии пшеничного пива верхового брожения с дображиванием в бутылках: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07. СПб.: РГБ, 2006. 16 с.
2. Алябьев Б.А., Ростовская М.Ф. Особенности получения пшеничного пива // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 3. С. 81–94.
3. Иванова Е.Г. Оптимизация режимов приготовления пшеничного пива // Пиво и напитки. 2003. № 6. С. 16–17.
4. Меледина Т.В., Сандаков О.А. Пшеничное пиво верхового брожения. Особенности вкуса, особенности технологии // О напитках. 2002. № 6(24). С. 6–9.
5. McMurrough I., Madigan D., Donnelly D., Hurley J., Doyle A.-M., Hennigan G., McNulty N. Control of Ferulic Acid and 4-Vinyl Guaiacol in Brewing // Journal of the Institute of Brewing. 1996. Vol. 102. P. 327–332.
6. Серегин С.Н., Свиридова Г.Н. Пивоваренная промышленность России: успехи и нерешенные проблемы // Пиво и напитки. 2011. № 3. С. 10–11.
7. Кунце В. Технология солода и пива // Пер. с нем. 9-го изд., перераб. и доп. Профессия, 2009. 1064 с.
8. Саберзянова Г.В., Каменская Е.П. Влияние различных штаммов верховых дрожжей на процессы главного брожения при производстве пшеничного пива // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2024. С. 400–404.
9. Vidgren V., Londenborough J. 125th Anniversary Re-

view: Yeast Flocculation and Sedimentation in Brewing // Journal of the institute of brewing. 2011. Vol. 17(4). p. 475–487.

10. Scholtes C., Nizet S., Collin S. Occurrence of sotolon, abhexon and theaspirane-derived molecules in Gueuze beers. Chemical similarities with 'yellow wines' // Journal of the institute of brewing. 2012. Vol. 118(2). P. 223–229.

11. Каменская Е.П., Аверьянова Е.В. Количественный учёт микроорганизмов: методические рекомендации к лабораторным работам. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. 35 с.

12. Попова Н.В., Потороко И.Ю. Современные подходы к возможности интенсификации процесса затирания пивного сусла. Патентный анализ // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6, № 3. С. 12–21.

13. Rodrigues F., Caldeira M., Câmara J.S. Development of a dynamic headspace solid-phase microextraction procedure coupled to GC–qMSD for evaluation of the chemical profile in alcoholic beverages // Analytica Chimica Acta. 2008. V. 609. № 1. P. 82–104.

14. Berry, D.R. & Watson, D.C. Production of organoleptic compounds. In Yeast Biotechnology (eds D.R. Berry, I. Russell and G.G. Stewart), Allen and Unwin, London. 1987. p. 345–368.

15. Mandl B., Geiger E., Piendl Q., Brwi, 1974, 27, s. 57–66.

16. Betancur M.I., Motoki K., Spence C., Velasco C. Factors influencing the choice of beer: A review // Food Research International. 2020. V. 137. P. 109367.

17. Каменская Е.П., Дворякина И.Б. Особенности использования специальных солодов в технологии безалкогольного пива // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2022. № 5 (76). С. 30–36.

18. Зипаев Д.В., Никитченко Н.В., Кашаев А.Г., Платонов И.А. [и др.]. Исследование показателей качества светлого пива, полученного с использованием солода из тритикале // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 5–6. С. 77–79.

Информация об авторах

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

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

REFERENCES

1. Sandakov, O.A. (2006). Development of technology for top-fermented wheat beer with secondary fermentation in bottles: author's abstract. diss. ... cand. tech. sciences: 05.18.07. SPb. : RGB, 16. (In Russ.).

2. Alyabyev, B.A. & Rostovskaya, M.F. (2021). Features of obtaining wheat beer. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 3, 81–94. (In Russ.).

3. Ivanova, E.G. (2003). Optimization of wheat beer preparation modes. *Beer and drinks*, 6, 16–17. (In Russ.).

4. Meledina, T.V. & Sandakov, O.A. (2002). Top-fermented wheat beer. Features of taste, features of technology. *About drinks*, 6(24), 6–9. (In Russ.).

5. McMurrough, I., Madigan, D., Donnelly, D., Hurley, J., Doyle, A.-M., Hennigan, G. & McNukty, N. (1996). Control of Ferulic Acid and 4-Vinyl Guaiacol in Brewing. *Journal of the institute of brewing*, 102, 327–332.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30 октября 2024; одобрена после рецензирования 20 мая 2025; принята к публикации 26 мая 2025.

The article was received by the editorial board on 30 Oct 2024; approved after editing on 20 May 2025; accepted for publication on 26 May 2025.

6. Seregin, S.N. & Sviridova, G.N. (2011). Brewing industry of Russia: achievements and unsolved problems. *Beer and drinks*, 3, 10–11. (In Russ.).

7. Kunze, V. (2009). Technology of malt and beer. Translated from German. 9th ed. 3rd ed., revised. and add. Profession. 1064. (In Russ.).

8. Saberzyanova, G.V. & Kamenskaya, E.P. (2024). Influence of various strains of top-fermenting yeast on the processes of main fermentation in the production of wheat beer. *Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industries: Proceedings of the XVII All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation*. Bийск: Publishing house of Altai State Technical University, 400–404. (In Russ.).

9. Vidgren, V. & Londesborough, J. (2011). 125th Anniversary Review: Yeast Flocculation and Sedimentation in Brewing. *Journal of the institute of brewing*, 117(4), 475–487.

10. Scholtes, C., Nizet, S. & Collin, S. (2012). Occurrence of sotolon, abhexon and theaspirane-derived molecules in Gueuze beers. Chemical similarities with 'yellow wines'. *Journal of the institute of brewing*, 118(2), 223–229.

11. Kamenskaya, E.P. & Averyanova, E.V. (2007). Quantitative accounting of microorganisms: methodical recommendations for laboratory work. Bийск: Publishing house of Alt. state tech. university, 35. (In Russ.).

12. Popova, N.V. & Potoroko, I.Yu. (2018). Modern approaches to the possibility of intensifying the process of mashing beer wort. Patent analysis. *Bulletin of SUSU. Series "Food and biotechnology"*, 3, 12–21. (In Russ.).

13. Rodrigues, F., Caldeira, M. & Câmara, J.S. (2008). Development of a dynamic headspace solid-phase microextraction procedure coupled to GC–qMSD for evaluation of the chemical profile in alcoholic beverages. *Analytica Chimica Acta*, 1, 82–104.

14. Berry, D.R. & Watson, D.C. (1987). Production of organoleptic compounds. In Yeast Biotechnology (eds D.R. Berry, I. Russell and G.G. Stewart), Allen and Unwin, London. 345–368.

15. Mandl, B., Geiger, E. & Piendl, Q. (1974). *Brwi*, 27, 57–66.

16. Betancur, M.I., Motoki, K., Spence, C. & Velasco, C. (2020). Factors influencing the choice of beer: A review. *Food Research International*, 137, 109367.

17. Kamenskaya, E.P. & Dvoryatkina, I.B. (2022). Features of the use of special malts in the technology of non-alcoholic beer. *Technology and commodity science of innovative food products*, 5 (76), 30–36. (In Russ.).

18. Zipaev, D.V., Nikitchenko, N.V., Kashaev, A.G., & Platonov, I.A. (2015). Study of quality indicators of light beer obtained using triticale malt. News of higher educational institutions. *Food technology*, 5–6, 77–79. (In Russ.).

Information about the authors

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

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