Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 77, № 3. С. 119–136.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 663.35 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-77-11 EDN: ORMVBZ

Разработка технологии регионального плодово-ягодного алкогольного напитка на основе черники с оценкой биотехнологического потенциала импортозамещенного штамма *Saccharomyces cerevisiae*

Юлия Валерьевна Шокина [1], Елена Викторовна Макаревич [2], Никита Андреевич Аминов [3], Диана Сергеевна Щербакова [4], Галина Алексеевна Ефименко [5]
Мурманский арктический университет, Мурманск, Россия
[1] shokinayuv@mauniver.ru, ORCID: 0000-0002-6513-1912
[2] makarevichev@mauniver.ru, ORCID: 0000-0003-1987-275X
[3] aminovna2@mainiver.ru, ORCID: 0009-0009-7909-2537
[4] scherbakovads@mauniver.ru, ORCID: 0009-0009-9746-076X
[5] flower_25.04g@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты научного обоснования и разработки технологии регионального плодово-ягодного напитка на основе дикороса Кольского полуострова – черники *Vaccínium myrtíllus* (L. 1753). Особенности химического состава ягоды, в частности, высокое содержание фруктовых кислот и низкое содержание сахаров, требует введения в состав рецептуры сусла ингредиентов, обеспечивающих условия для протекания процесса спиртового брожения – чистой культуры винных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, яблочного сока и сахара. Предложен комплексный безразмерный показатель К, принимающий значения в диапазоне от 0 до 1 (от 1 до 100 %), для оценки биотехнологического потенциала штамма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и качества алкогольного плодово-ягодного напитка на основе ягод-дикоросов. Предложен перечень микробиологических показателей для оценки функциональных свойств дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в технологии напитка и экспериментально обоснована целесообразность замещения импортного штамма винных дрожжей («Gervin GV8», Франция) в разработанной технологии на штамм белорусского производителя, гарантирующий более высокое качество и превосходные потребительские свойства напитка. Оптимизация многокомпонентной рецептуры сусла выполнена с использованием математического метода нечеткого вывода в программе MatLab, критерий оптимальности – достижение максимального значения комплексного показателя К.

Ключевые слова: дикорос, черника, алкогольный плодово-ягодный напиток, технология, сусло, оптимизация, биотехнологический потенциал, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*

Для цитирования: Шокина Ю. В., Макаревич Е. В., Аминов Н. А., Щербакова Д. С., Ефименко Г. А. Разработка технологии регионального плодово-ягодного алкогольного напитка на основе черники с оценкой биотехнологического потенциала импортозамещенного штамма *Saccharomyces cerevisiae* // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 77, № 3. С. 119–136.

© Шокина Ю. В., Макаревич Е. В., Аминов Н. А., Щербакова Д. С., Ефименко Г. А., 2026

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 77, no. 3. P. 119–136.

FOOD SYSTEMS

Original article

Development of a technology for a regional fruit and berry alcoholic beverage based on bilberries, with an assessment of the biotechnological potential of an imported strain of *Saccharomyces cerevisiae*

Yulia V. Shokina [1], Elena V. Makarevich [2], Nikita A. Aminov [3], Diana S. Scherbakova [4], Galina A. Efimenko [5]

Murman Arctic University, Murmansk, Russia

[1] shokinayuv@mauniver.ru, ORCID: 0000-0002-6513-1912

[2] makarevichev@mauniver.ru, ORCID: 0000-0003-1987-275X

[3] aminovna2@mainiver.ru, ORCID: 0009-0009-7909-2537

[4] scherbakovads@mauniver.ru, ORCID: 0009-0009-9746-076X

[5] flower_25.04g@mail.ru

Abstract. The article presents the results of scientific substantiation and development of a technology for a regional fruit and berry drink based on a wild plant of the Kola Peninsula – bilberry *Vaccínium myrtíllus* (L. 1753). The specific features of the berry's chemical composition, in particular, the high content of fruit acids and low sugar content, require the inclusion in the wort recipe of ingredients that create the conditions for the alcoholic fermentation process – a pure culture of wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*, apple juice, and sugar. A comprehensive dimensionless indicator K is proposed, taking values in the range from 0 to 1 (from 1 to 100 %) to assess the biotechnological potential of the Saccharomyces cerevisiae yeast strain and the quality of an alcoholic fruit-and-berry drink based on wild berries; five levels of indicator assessment are also ranked in relation to the desirability of achieving them. A list of microbiological indicators has been proposed for assessing the functional properties of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in beverage technology, and the feasibility of replacing the imported strain of wine yeast ("Gervin GV8", France) in the developed technology with a strain from a Belarusian producer has been experimentally substantiated; this strain guarantees higher quality and superior consumer properties of the beverage. The optimization of the multicomponent wort recipe was carried out using the mathematical method of fuzzy logic in the MatLab program; the optimality criterion is achieving the maximum value of the complex indicator K.

Keywords: wild plants, bilberries, alcoholic fruit and berry drink, technology, wort, optimization, biotechnological potential, *Saccharomyces cerevisiae* yeast

For citation: Shokina Yu. V., Makarevich E. V., Aminov N. A., Scherbakova D. S., Efimenko G. A. Development of a technology for a regional fruit and berry alcoholic beverage based on bilberries, with an assessment of the biotechnological potential of an imported strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2026; 77(3):119–136. (In Russ.).

Введение

Кольское заполярье – уникальный во всех отношениях арктический регион России, который за последние 10 лет стал одним из наиболее востребованных направлений внутреннего туризма России и уникальным направлением туризма международного. На развитие внутреннего туризма в Мурманскую область повлияло бурное развитие туризма международного. Для иностранных туристов наибольшую привлекательность составили путешествия полярного маршрута с обязательным посещением районов области с гарантированным наблюдением полярных сияний в зимний период и морской экскурсией для наблюдения за китами, а также

морские туры к Северному полюсу на атомоходе летом. Таким образом, главными популяризаторами туризма на Кольский север для россиян стали иностранные туристы, оставляющие неизменно восторженные отзывы о путешествиях [1].

Сопутствующим развитию внутреннего и международного туризма в регион стало создание и развитие гастрономического феномена под названием «Арктическая кухня». Формирующийся под влиянием национальных традиций коренных народов Севера на сырьевом богатстве региональных морских биоресурсов, учитывающий самые модные тренды гастрономического искусства бренд «Арктическая кухня» постепенно занял достойное место в турах на Крайний Север и стал самостоятельным предложением для туристов [2, 3].

В настоящее время бренд «Арктическая кухня» представлен широким ассортиментом блюд из рыбы и морепродуктов, безалкогольными напитками и мучными изделиями на основе растительного сырья Крайнего Севера, прежде всего, ягод-дикоросов, обладающих мощным адаптогенным действием на организм человека и прекрасными органолептическими свойствами – брусники, черники, вороники. При этом абсолютно уникальным и органичным дополнением бренда может стать предложение региональных алкогольных плодово-ягодных напитков на основе ягод-дикоросов Кольского полуострова [4].

На кафедре технологий пищевых производств Мурманского арктического университета в период с 2021 по 2024 гг. была разработана технология регионального алкогольного плодово-ягодного напитка на основе ягод-дикоросов – черники *Vaccínium myrtíllus* (L. 1753) и вороники *Empetrum* (L. 1753), произрастающих в Мурманской области. В научно обоснованной технологии была решена основная проблема алкогольных напитков натурального брожения на основе ягодного сырья, а именно разработана рецептура сусла, в состав которого введены ингредиенты, способствующие активизации комплексного биотехнологического процесса, формирующего букет и потребительские свойства напитка [4, 5, 6].

Для стимулирования спиртового брожения в состав сусла были включены: плодовый сок прямого отжима – яблочный – в массовой доле 12,5 %, сахар – в массовой доле 17 %, чистая культура винных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* («Gervin GV8» производства Франция) в количестве, установленном производителем добавки. Ягодную основу сусла составляла смесь из ягодных пюре черники и вороники, полученных методом прямого отжима, соединенная с водой в соотношении пюре : вода 1 : 2, оптимальная доля черники в двухкомпонентном ягодном пюре составила 20 %, доля пюре вороники – 80 % от массы смеси до соединения с водой. Для усиления формирования типичных ягодных нот в аромате и вкусе напитка в состав сусла введена тонко измельченная мезга ягод черники, подвергнутая перед измельчением конвективной полугорячей воздушной сушке при экспериментально обоснованных режимах, а именно при температуре и относительной влажности воздуха 50±1 °С и 55±5 % соответственно, скорость циркуляции воздуха в сушильной камере 0,5±0,1 м/с. Сушку завершали при достижении в мезге массовой доли воды 6±1 %. Оптимальные технологические параметры внесения в сусло порошка сушеной мезги черники для достижения максимального значения квалиметрической оценки готового напитка, установленные экспериментально с применением математического метода нечеткого вывода, составили: длительность настаивания сусла с мезгой – 9 сут, массовая доля порошка сушеной мезги черники – 2 % на массу сусла [7, 8].

Однако в настоящее время с введением дискриминационных санкций против Российской Федерации и с учетом ключевых положений Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации на период до 2030 года актуальной задачей развития пищевой отрасли в долгосрочной перспективе является отказ от импортных пищевых добавок и ингредиентов и поиск альтернативных технологических решений до полного перехода на отечественные добавки [9, 10].

С учетом вышеизложенного цель исследования – разработка усовершенствованной технологии алкогольного плодово-ягодного напитка на основе ягод-дикоросов Кольского полуострова с использованием импортозамещенных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Задачи исследования:

– предложить усовершенствованную технологию изготовления регионального алкогольного плодово-ягодного напитка на основе ягод-дикоросов Кольского полуострова (далее – Напитка);

– исследовать биотехнологический процесс импортозамещенных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и процесс спиртового брожения в технологии Напитка, изготовленного по разработанной рецептуре, и описать характеризующие процесс зависимости;

– предложить комплексный показатель для оценки биотехнологического потенциала винных дрожжей и качества Напитка натурального брожения, изготовленного по усовершенствованной технологии;

– получить математическую модель, формализующую зависимость комплексного показателя от выбранных параметров, и спроектировать с ее помощью оптимальную рецептуру сусла;

– провести оценку качества Напитка, а также оценку биотехнологического потенциала сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (производства ООО «Минский дрожжевой комбинат», г. Минск, Республика Беларусь) в сравнении с импортными («Gervin GV8» производства Франция) и обосновать выбор импортозамещенной чистой культуры винных дрожжей для изготовления Напитка.

Объект и методы исследования

Исследования проводили на базе учебно-исследовательских лабораторий кафедры технологий пищевых производств Естественно-технологического института и кафедры микробиологии и биохимии Медико-биологического института ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет».

Объекты исследования являлись:

– коммерческий образец сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* производства ООО «Минский дрожжевой комбинат» (г. Минск, Республика Беларусь);

– опытные образцы сусла и готового Напитка, изготовленные по разработанной технологии и рецептуре.

Предмет исследования: биотехнологический потенциал импортозамещенных сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (производства ООО «Минский дрожжевой комбинат» г. Минск, Республика Беларусь); биотехнологический процесс спиртового брожения в технологии изготовления Напитка; показатели качества Напитка, изготовленного по усовершенствованной технологии.

В работе были использованы современные органолептические, физико-химические, микробиологические, квалиметрические и математические методы исследования.

Биотехнологический потенциал дрожжей в технологии алкогольных напитков наилучшим образом характеризуют следующие микробиологические показатели – жизнеспособность микроорганизмов, их спирто- и осмоустойчивость, способность микроорганизмов сбраживать углеводы и накапливать гликоген в клетках [11].

Схема пробоподготовки сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* включает приготовление водного раствора сахарозы, инокуляцию штамма в раствор и термостатирование в течение 48 ч при температуре 25±0,1 °С.

Жизнеспособность дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* оценивали микроскопированием сусла, представляющего собой культуральную жидкость, отобранную на 4-е сутки брожения при заданных условиях (температура 25±0,1 °С, хранение в защищенном от света месте). Жизнеспособность микроорганизма оценивали по количеству живых и мертвых клеток подсчетом на стекле в микроскопе в 25 полях.

Изучение способности исследуемого штамма дрожжей сбраживать сахара (рис. 3) проводили с использованием суточной культуры и реактива Гисса, включающего 7 стандартных водных растворов сахаров – глюкозы, сахарозы, фруктозы, рафинозы, D-маннозы, D-мальтозы

и лактозы. Определение проводили после инокуляции культуры в реактив и суточного термостатирования при температуре 25 °С. Изменение цвета пробы свидетельствовало о способности сбраживать углевод.

Спиртоустойчивость является важным функциональным свойством штамма дрожжей в технологии алкогольных напитков, которое характеризует способность микроорганизмов к выживанию в агрессивной среде с высоким содержанием этилового спирта, накапливающегося в напитках вследствие спиртового брожения. Суточную культуру *Saccharomyces cerevisiae* вносят в два штатива с пробирками, в 1-м штативе культуру вносят в реактив Гисса (контроль), а во 2-м – в реактив Гисса, к которому добавлен этиловый спирт в концентрации от 10 до 20 % с шагом 2 и 3 %. Пробы термостатируют при температуре 25 °С в течение 24 ч, после чего по характеру и интенсивности изменения окраски и признаках роста в каждой пробирке во втором штативе относительно контроля оценивают устойчивость микроорганизмов к этиловому спирту в растворе с разной концентрацией.

Схема исследования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на осмоустойчивость аналогична исследованию их спиртоустойчивости. Готовят два штатива с пробирками, в который вносят суточную культуру дрожжей, в первый ее добавляют к реактиву Гисса (контроль), а во второй штатив ее добавляют к реактиву Гисса, в который добавлен также водный раствор сахарозы в разной массовой концентрации – от 10 до 20 % с шагом 2 и 3 %. Изменение характера и интенсивности окраски и признаки роста в каждой пробирке во втором штативе относительно контроля свидетельствует о наличии и выраженности осмоустойчивости дрожжей.

Для изучения способности клеток изучаемого штамма дрожжей накапливать гликоген используют сусло, представляющего собой культуральную жидкость, отобранную на 4-е сут брожения при заданных условиях (температура 25±0,1 °С, хранение в защищенном от света месте). При микроскопировании окрашенных по Люголю проб в 5 полях подсчитывали количество окрашенных йодом клеток, т.е. содержащих гликоген. Наличие 70–75 % окрашенных клеток свидетельствует о хорошем состоянии клеток и сохранении способности питаться.

Органолептические показатели Напитка оценивали в ходе расширенных дегустаций по разработанной десятибалльной шкале, метод оценки – по ГОСТ 32051-2013. В готовом Напитке определяли физико-химические показатели: объемную долю этилового спирта – отгонкой по ГОСТ 32095-2013; массовую долю сахаров – прямым титрованием по ГОСТ 13192-73; массовую концентрацию титруемых кислот – по ГОСТ 32114-2013.

В сусле в динамике процесса брожения и дображивания оценивали изменение объемной доли этилового спирта и массовой концентрации сахаров при помощи портативного рефрактометра АТС40 для определения массовой концентрации сахарозы в диапазоне от 0 до 40 °Вх (градус Brix (Брикс) – мера массовой концентрации растворенных веществ в растворе, 1 °Вх соответствует массовой концентрации 1 г на 100 г раствора или 1 %) и объемной доли спирта в диапазоне от 0 до 25 %, с минимальным делением 0,2 % и погрешностью измерения ±0,2 %об. Результаты измерения показателей рефрактометром устойчиво коррелировали с результатами физико-химических исследований. Активную кислотность сусла в процессе брожения и дображивания оценивали потенциометрическим методом при помощи pH-метра с точностью ±0,1.

Комплексный показатель для оценки биотехнологического потенциала дрожжей, а также для оценки качества готового Напитка разработан на основе базовых принципов квалиметрии, групповые и внутригрупповые коэффициенты весомости назначены экспертным методом [12].

Автоматизированное проектирование оптимальной рецептуры сусла выполнено методом нечеткого вывода в программе MatLab (блок Fuzzy Logic Toolbox) [13]. Статистическая обработка результатов экспериментов и построение графических зависимостей проведены с использованием компьютерной программы Microsoft Office Exel 2012.

Результаты и их обсуждение

С целью расширения ассортимента ранее разработанных региональных алкогольных плодово-ягодных напитков на основе ягод-дикоросов Кольского полуострова (черники и вороники, брусники) [4–6] предложена новая рецептура, включающая, наряду с ранее обоснованными ингредиентами (вода, яблочный сок, сахар, порошок сушеной мезги черники), черничное пюре и сушеные ягоды можжевельника, которые обогатят букет напитка, придав ему терпкие ноты во вкусе и легкие хвойные ноты в аромате. Для замещения импортных винных дрожжей «Gervin GV8» производства Франции предложено использовать доступные для поставки в Россию сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* производства ООО «Минский дрожжевой комбинат» (г. Минск, Республика Беларусь). Усовершенствованная технологическая схема изготовления Напитка представлена на рис. 1.

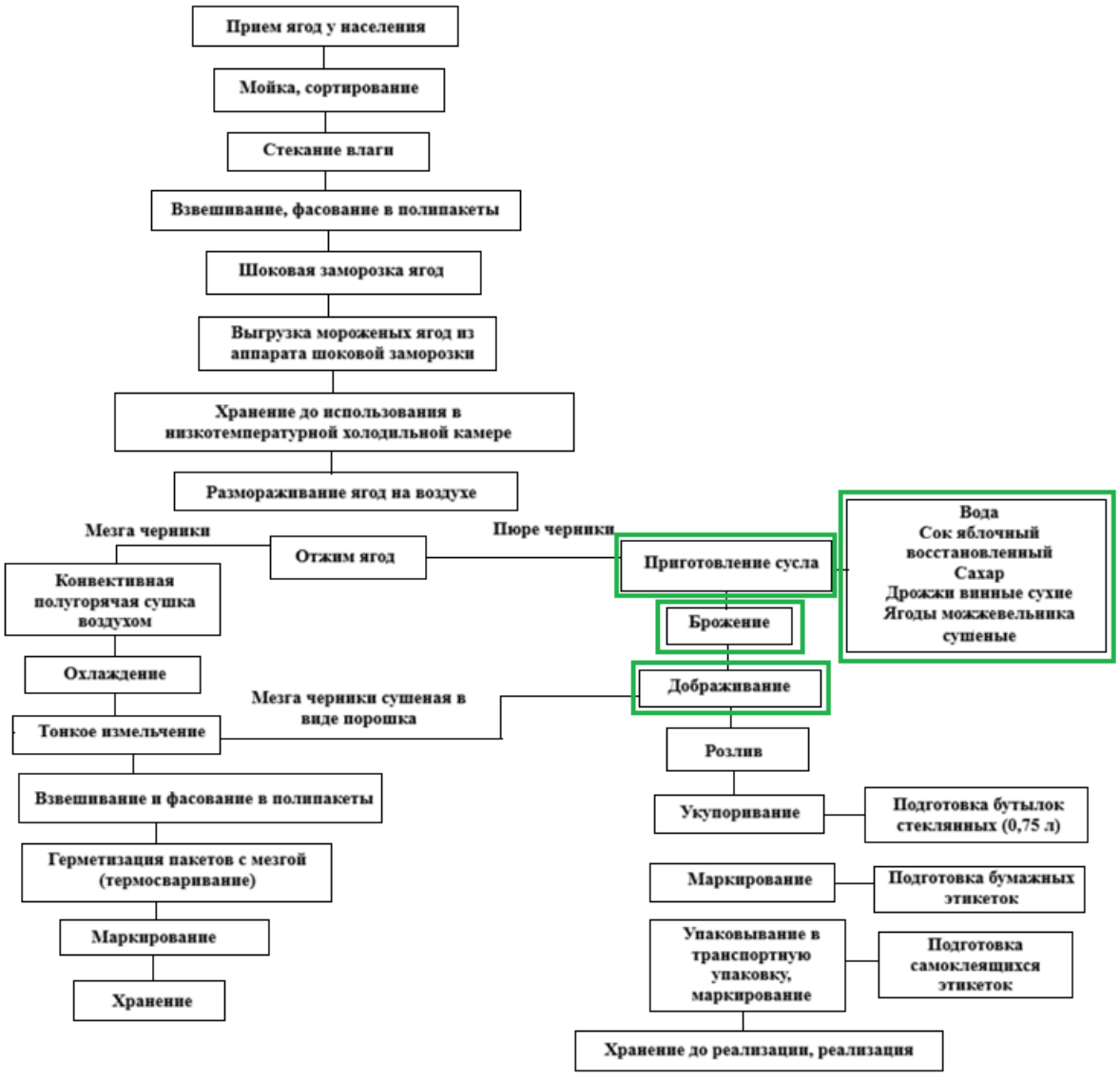


Рис. 1. Технологическая схема изготовления плодово-ягодного алкогольного напитка из черники и ягод можжевельника. Составлено авторами
Fig. 1. Technological process for producing a fruit and berry alcoholic beverage from bilberries and juniper berries. Compiled by the authors

Обоснованные в работе технологические операции выделены на рис. 7 цветом.

При разработке рецептуры сусла в усовершенствованной технологии Напитка использовали следующее сырье и вспомогательные материалы:

– сок яблочный восстановленный по ГОСТ 32103-2013 «Консервы. Продукция соковая. Соки фруктовые и фруктово-овощные восстановленные. Общие технические условия»;

– сахар-песок по ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия»;

– дрожжи сухие (*Saccharomyces cerevisiae*), изготавливаемые ООО «Минский дрожжевой комбинат» (г. Минск, Республика Беларусь);

– черника мороженая по ГОСТ 33823-2016 «Фрукты быстрозамороженные. Общие технические условия», урожая 2025 года, собранная в Мурманской области, изготовитель ООО «Кольский край» (г. Мурманск);

– ягоды можжевельника сушеные по ТУ 10-84-23-001-0165041204-2022.

При выборе методического подхода к решению задачи сравнительного анализа импортного и импортозамещенного штаммов винных дрожжей исходили из определения их биотехнологического потенциала как совокупности возможностей и ресурсов, предоставляемых живыми микроорганизмами, а также их биологическими процессами, для решения технологических и производственных задач.

В технологии алкогольных плодово-ягодных напитков основной технологической и производственной задачей, на решение которой направлено использование чистой культуры винных дрожжей, является активация и поддержание спиртового брожения для получения Напитка с высокой органолептической оценкой.

С учетом принятого определения понятия биотехнологического потенциала винных дрожжей для его максимально объективизированной оценки целесообразно применить квалиметрический подход – то есть оценку посредством комплексного показателя, который включает органолептические свойства Напитка, а также его физико-химические показатели качества – объемную долю спирта, титруемую или активную кислотность и массовую концентрацию сахаров. Такой подход позволит в полной мере увязать оцениваемые функциональные свойства винных дрожжей с полнотой и качеством решаемых технологической и производственной задач, поскольку все перечисленные выше показатели используют для оценки глубины и интенсивности биотехнологического процесса спиртового брожения, формирующего качество и потребительские свойства Напитка. В табл. 1 представлена разработанная шкала комплексного показателя *К* для оценки биотехнологического потенциала винных дрожжей в технологии алкогольных плодово-ягодных напитков, а также для оценки биотехнологического процесса спиртового брожения и качества разработанного Напитка.

Таблица 1

Шкала комплексного показателя *К*

Table 1

Scale of the complex indicator *K*

Показатели, включенные в комплексную оценку качества винного напитка	Групповой коэффициент весомости	Внутригрупповые показатели качества продукции	Внутригрупповые коэффициенты весомости	Значение показателя для эталона
Группа Б, органолептические показатели	0,52	Цвет и кристальность, балл	0,20	5
		Аромат, балл	0,25	5
		Вкус, балл	0,45	5
		Типичность, балл	0,10	5
Г, физико-химические	0,48	Объемная доля этилового спирта, %	0,60	12,4[1]
		Активная кислотность, балл	0,25	7,11[1]
		Массовая концентрация сахаров, %	0,15	8,4[1]

Примечание:
[1]определены по результатам предварительных экспериментов, значения соответствуют характеристике опытных образцов Напитка, получивших максимальную оценку органолептических свойств в ходе расширенных дегустаций.

В табл. 2 представлено ранжирование уровней показателя *К* во взаимосвязи с желательностью достижения уровня.

Таблица 2

Ранжирование уровней комплексного показателя *К*

Table 2

Ranking of the levels of the complex indicator *K*

Показатель *К*	Диапазон значений, соответствующих уровню				
	менее 60 % (мнее 0,6)	свыше 60 до 68 % (свыше 0,60 до 0,68)	свыше 68 до 76 % (свыше 0,68 до 0,76)	свыше 76 до 84 % (свыше 0,74 до 0,84)	свыше 84 до 100 % (свыше 0,84 до 1)
Словесная характеристика уровня желательности	Низкий	Низкая желательность	Средняя желательность	Желательный	Высокая желательность

Формула для расчета *К* приведена ниже

$$К = 0{,}52 \cdot \frac{Орг_{фактич.}}{Орг_{эталон}} + 0{,}48 \cdot \left(0{,}60 \cdot \frac{С_{фактич.}}{С_{эталон}} + 0{,}25 \cdot \frac{АК_{фактич.}}{АК_{эталон}} + 0{,}15 \cdot \frac{Сах_{фактич.}}{Сах_{эталон}}\right), \quad (1)$$

где 0,52 и 0,48 – групповые коэффициенты весомости, назначенные экспертным методом на группы органолептических и физико-химических показателей, характеризующих сусло и готовый Напиток соответственно;

$Орг_{фактич.}$, $С_{фактич.}$, $АК_{фактич.}$, $Сах_{фактич.}$ – фактически достигнутые значения показателей, характеризующих качество сусла и Напитка и зависимых от интенсивности процесса спиртового брожения, а именно суммарный балл органолептической оценки (балл), объемная доля этилового спирта (% об.), активная кислотность (ед.), массовая концентрация сахаров (%) соответственно;

$Орг_{эталон}$, $С_{эталон}$, $АК_{эталон.}$, $Сах_{эталон}$ – показатели, характеризующие эталон сусла и Напитка;

0,60, 0,25 и 0,15 – внутригрупповые коэффициенты весомости, назначенные экспертным методом на показатели, учитываемые в группе физико-химических показателей качества сусла и Напитка.

С учетом имеющегося научного задела по теме исследования и обзора литературы были выделены три технологических фактора, имеющих ключевое значение для формирования качества и потребительских свойств Напитка, тем самым – для оценки биотехнологического потенциала используемого штамма винных дрожжей и характеристики процесса спиртового брожения при условии соблюдения рекомендаций производителя сухих дрожжей по их дозированию и ранее установленной оптимальной массовой доли сахара (17 % от массы нетто сусла [6–8]):

X_1 – массовая доля ягодного пюре, % на общую массу смеси «ягодное пюре : вода»;

X_2 – массовая доля плодового (яблочного) сока, % от массы нетто сусла;

X_3 – массовая доля сушеных ягод можжевельника, % от массы нетто сусла.

На основании результатов предварительных экспериментов были установлены границы областей факторного пространства по каждому влияющему фактору (табл. 3).

Таблица 3

Матрица эксперимента

Table 3

Experiment matrix

Переменная	Диапазон значений переменной	Лингвистические термы	Значения терма
Входные переменные (влияющие факторы)			
X_1, массовая доля пюре черники, % от массы нетто смеси «ягодное пюре : вода»	От 30 до 50	«мало» (malo)	30
		«средне» (sredne)	40
		«много» (mnogo)	50
X_2, массовая доля сока яблочного, % от массы нетто сусла	От 5 до 30	«мало» (malo)	5
		«средне» (sredne)	17,6
		«много» (mnogo)	30
X_3, массовая доля сушеных ягод можжевельника, % от массы нетто сусла	От 0,3 до 0,5	«мало» (malo)	0,3
		«средне» (sredne)	0,4
		«много» (mnogo)	0,5
Выходная переменная (параметр оптимизации)			
X_4, комплексный показатель, единица	От 0,60 до 1,00	«очень нежелательно» (ochennezhelatelno)	От 0,60 до 0,68
		«не очень желательно» (neochenzhelatelno)	Свыше 0,68 до 0,76
		«удовлетворительно» (udovletvorytelno)	Свыше 0,76 до 0,84
		«желательно» (zhelatelno)	Свыше 0,84 до 0,92
		«очень желательно» (ochenzhelatelno)	Свыше 0,92 до 1,00

Также сформулированы правила эксперимента в алгоритме нечеткого вывода для последующей математической обработки в компьютерной программе MatLab, обеспечивающие варьирование влияющих факторов, и разработаны 7 соответствующих им опытных вариантов рецептур сусла (табл. 4).

Таблица 4

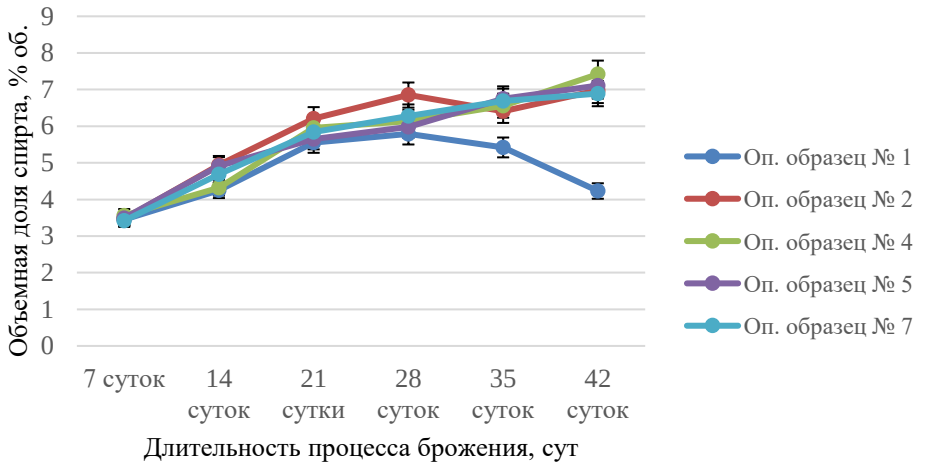
Опытные варианты рецептур сусла для изготовления Напитка (в процентах от массы сусла)

Table 4

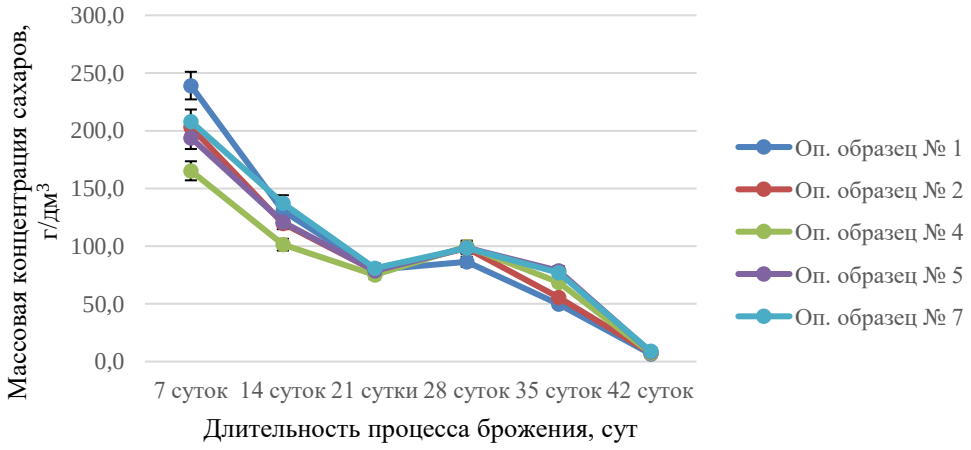
Experimental variants of wort recipes for the production of a beverage (in percent of the net mass of the wort)

Вариант рецептуры	Пюре черничное	Вода	Сок яблочный	Сахар	Ягоды можжевельника сушенные измельченные	Мезга черники сушеная измельченная
1	19,0	44,0	17,6	17	0,4	2
2	31,5	31,5	17,6		0,4	
3	30,2	45,4	5		0,4	
4	20,2	30,4	30		0,4	
5	31,6	31,6	17,5		0,3	
6	31,6	31,6	17,3		0,5	
7	31,6	31,6	17,4		0,4	
Примечание. Дрожжи винные сухие вносили в сусло в количестве, соответствующем рекомендациям производителя ООО «Минский дрожжевой комбинат» из расчета на единицу массы сусла (0,026 %).						

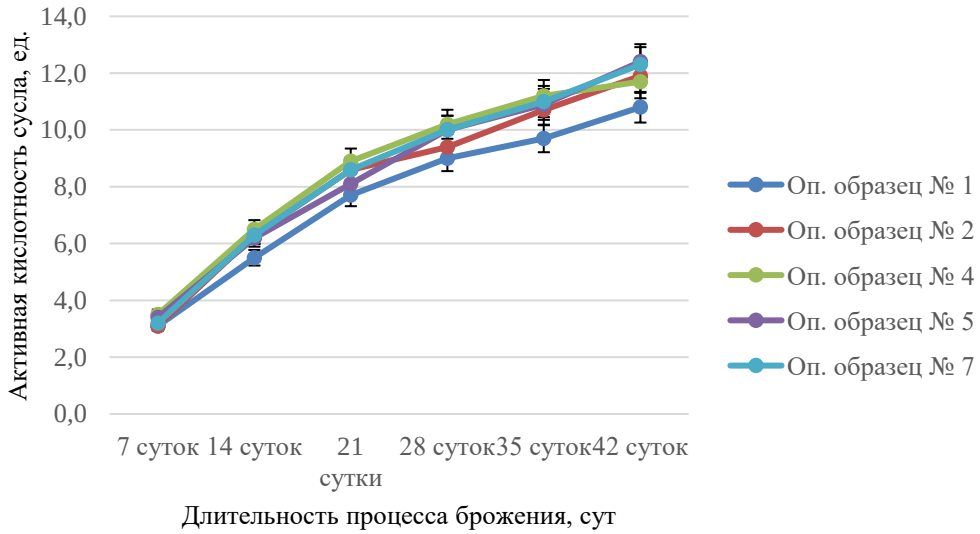
На рис. 2 представлены результаты исследования физико-химических показателей опытных образцов Напитка, изготовленных по принятым вариантам рецептур в процессе брожения и дображивания.



а



б

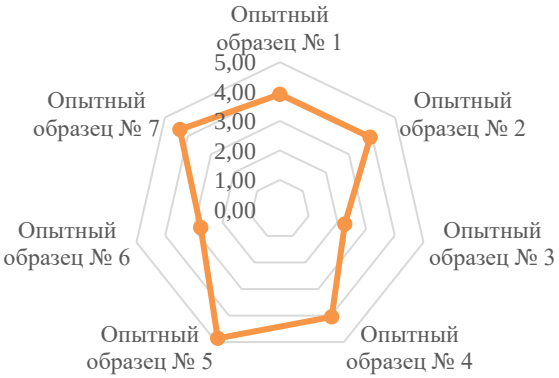


в

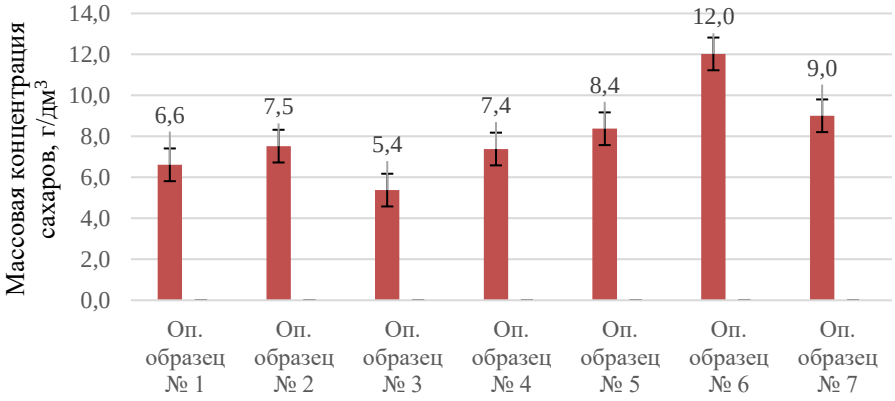
Рис. 2. Изменение физико-химических показателей, характеризующих процесс брожения сусла: а – объемной доли этилового спирта; б – массовой концентрации сахаров; в – активной кислотности. Составлено авторами

Fig. 2. Changes in the physicochemical parameters characterizing the wort fermentation process: a – the volume fraction of ethyl alcohol; б – the mass concentration of sugars; в – the active acidity. Compiled by the authors

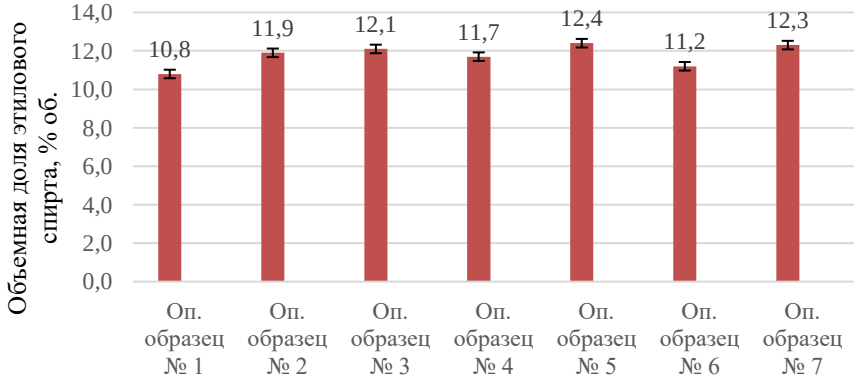
Из рис. 2 видно, что рецептура сусла в принятых диапазонах варьирования пюре черники, яблочного сока и сушеных ягод можжевельника не оказывает влияния на характер изменения физико-химических показателей. В процессе брожения происходит плавное снижение массовой концентрации сахаров (рис. 2, б) вследствие протекания процесса спиртового брожения и нарастание объемной доли этилового спирта (рис. 2, а). По мере накопления этилового спирта в результате взаимодействия с фруктовыми кислотами в составе сусла снижается его активная кислотность, о чем свидетельствует рост значения pH. По завершении процесса активного брожения – примерно на 42–45-е сут, в сусло вносят порошок сушеной мезги черники и дробленые сушеные ягоды можжевельника для насыщения Напитка в процессе дображивания полифенольными и ароматическими соединениями ингредиентов и обогащения его «букета». Характеристика показателей Напитка, учитываемых в комплексной оценке *К*, на момент завершения процесса дображивания, который длится от 9 до 12 сут, приведена на рис. 3.



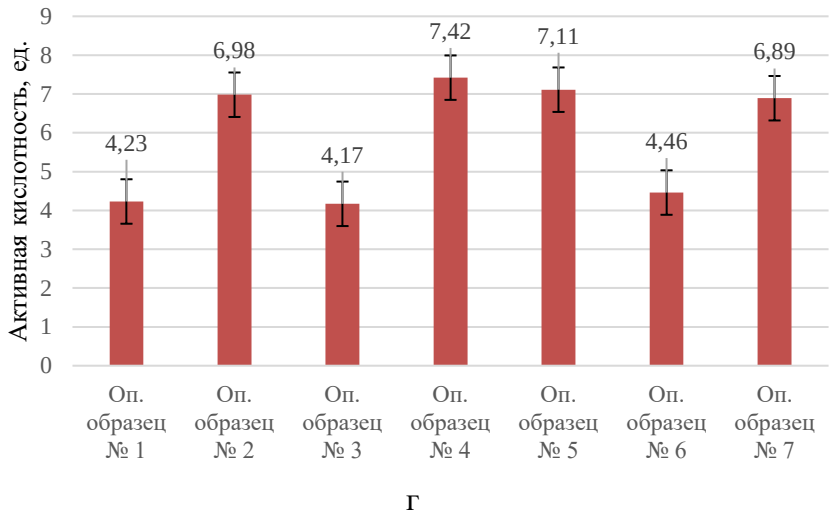
а



б



в



г

Рис. 3. Изменение показателей, характеризующих Напиток, изготовленный по усовершенствованной технологии в семи вариантах опытных рецептур, на 51–54-е сут (после завершении дображивания): а – органолептическая оценка, суммарный балл; б – массовая концентрация сахаров; в – объемная доля этилового спирта, %; г – активная кислотность, ед. Составлено авторами

Fig. 3. Changes in the indicators characterizing the Drink produced using the improved technology in seven variants of experimental recipes on days 51–54 (after the completion of secondary fermentation): a – organoleptic assessment, total score; б – mass concentration of sugars; в – volumetric fraction of ethyl alcohol, %; г – active acidity, units. Compiled by the authors

Результаты расчета комплексного показателя *K*, характеризующего биотехнологический потенциал использованных импортозамещенных винных дрожжей, биотехнологический процесс спиртового брожения и качества разработанного Напитка, расчет которого осуществляли по формуле (1), приведены на рис. 4.

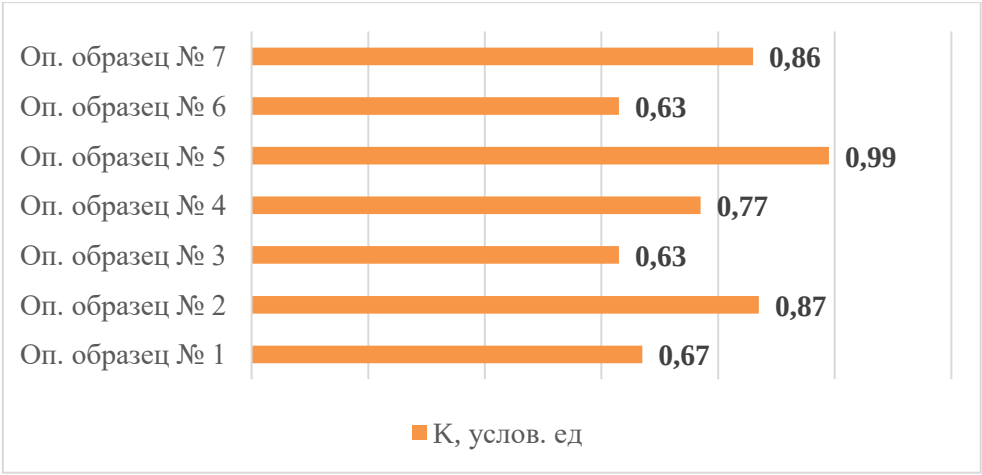


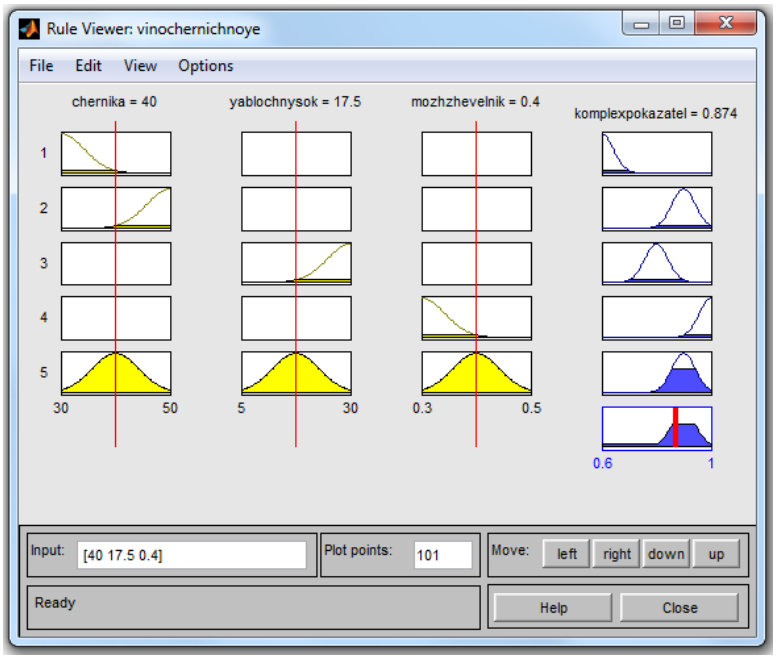
Рис. 4. Комплексный показатель *K*. Составлено авторами

Fig. 4. Complex indicator *K*. Compiled by the authors

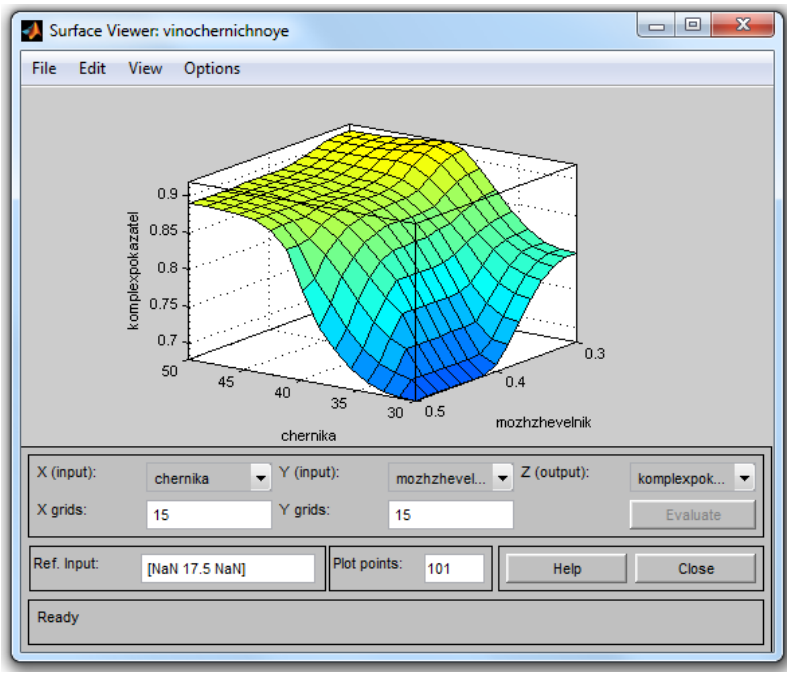
Из рис. 4 видно, что высокую оценку качества получили опытные образцы Напитка, изготовленные по вариантам рецептур № 2, № 4 и № 7, а опытный образец Напитка, изготовленный по рецептуре № 5, эксперты оценили как близкий к эталону, его характеризуют прекрасные потребительские свойства – насыщенный темно-рубиновый цвет, кристалльность – отсутствие осадка и мутности, насыщенный гармоничный букет вкуса и аромата с выраженными черничными нотами, с легкой ягодной терпкостью и тонким хвойным послевкусием от

можжевеловых ягод. Объемная доля этилового спирта и массовая концентрация сахаров, характеризующие Напиток, позволяют классифицировать его как «полусухую» продукцию (в соответствии с требованиями ГОСТ 59942-2021 «Продукция плодовая алкогольная. Общие технические условия»).

Оптимальная рецептура сусла спроектирована с использованием программы MatLab методом нечеткого вывода, результаты представлены в виде визуализации нечеткого вывода и поверхности отклика на рис. 5.



а



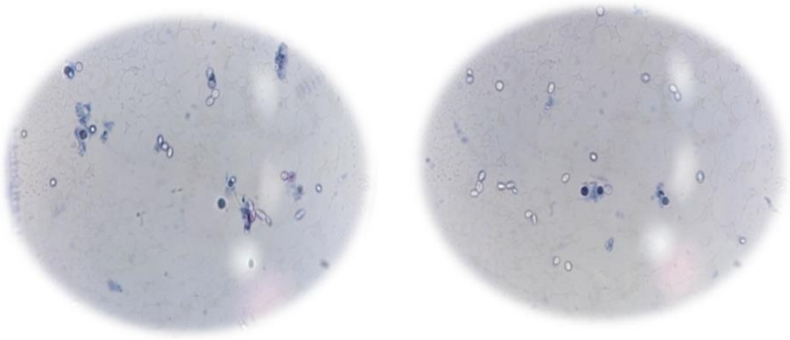
б

Рис. 5. Результаты автоматизированного проектирования оптимальной рецептуры сусла: а – визуализация нечеткого вывода; б – поверхность отклика. Составлено авторами

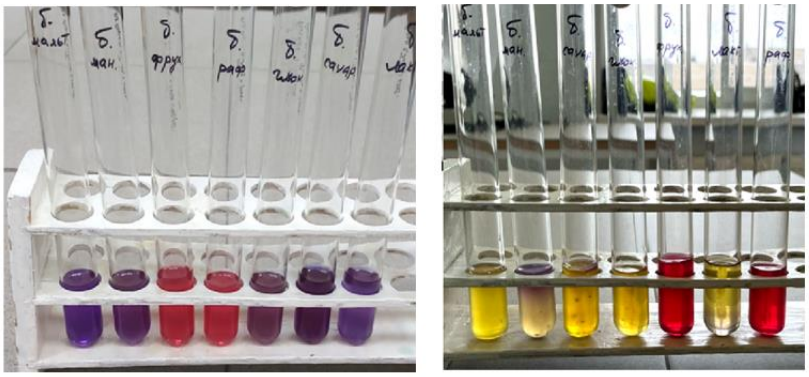
Fig. 5. Results of automated design of the optimal wort formulation: a – visualization of fuzzy inference; б – response surface. Compiled by the authors

Как следует из рис. 5, в состав оптимальной рецептуры сусла входят: пюре черники – 40 % от массы смеси «ягодное пюре : вода»; остальные ингредиенты приведены в процентах от массы нетто сусла: сок яблочный восстановленный – 17,5 %, сахар – 17 %, порошок сушеной мезги черники – 2 %, ягоды можжевельника сушеные дробленые – 0,4 %. Данная рецептура соответствует опытному варианту рецептуры № 5, для которого экспериментально установленное значение комплексного показателя составило 0,99, что близко к характеристике эталона.

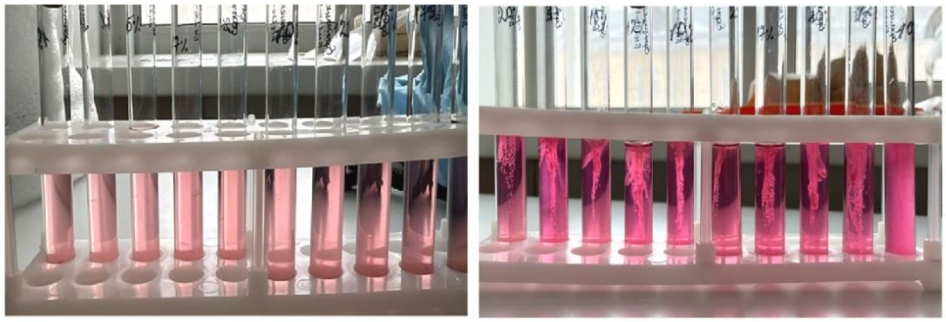
На завершающем этапе исследования оценивали функциональные свойства (жизнеспособность микроорганизмов, способность сбраживать углеводы, осмо- и спиртоустойчивость, способность клеток накапливать гликоген) импортозамещенных сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Эксперименты проводили с использованием опытных образцов сусла, изготовленного по оптимальной рецептуре. Результаты определения микробиологических показателей, характеризующих потенциал исследуемого штамма винных дрожжей, представлены на рис. 6.



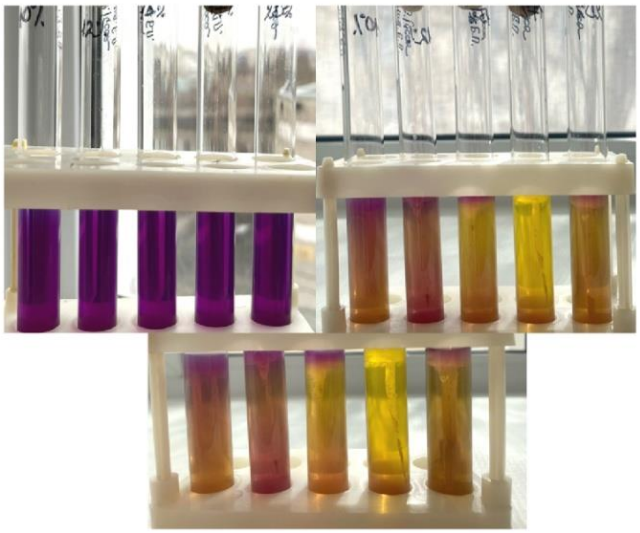
а



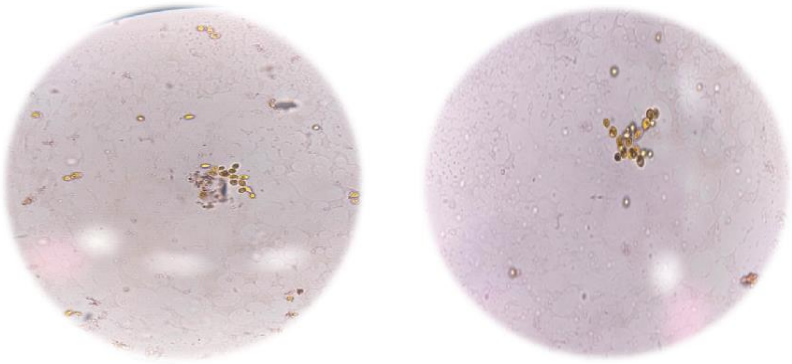
б



в



г



д

Рис. 6. Результаты исследования биотехнологического потенциала импортозамещенных сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*: а – оценка жизнеспособности микроорганизмов; б – способности микроорганизмов сбраживать углеводы; в – оценка осмоустойчивости микроорганизмов; г – оценка спиртоустойчивости микроорганизмов; д – оценка способности клеток микроорганизмов накапливать гликоген. Составлено авторами

Fig. 6. Results of the study of the biotechnological potential of imported dry *Saccharomyces cerevisiae* yeast: а – assessment of the viability of microorganisms; б – assessment of microorganisms' ability to ferment carbohydrates; в – assessment of microorganisms' osmotic resistance; г – assessment of microorganisms' alcohol resistance; д – assessment of microorganisms' ability to accumulate glycogen. Compiled by the authors

Экспериментальное исследование показало, что белорусские дрожжи сохраняют высокую жизнеспособность, о чем свидетельствует обнаружение около 60 % живых клеток в 25 полях при микроскопировании опытного сусла на 4-е сут брожения (рис. 6, а), полностью сбраживают мальтозу, маннозу, сахарозу, глюкозу и лактозу и демонстрируют рост по месту для фруктозы и раффинозы (рис. 6, б). Исследуемый штамм демонстрирует высокую осмоустойчивость и спиртоустойчивость, сохраняя активность в средах с концентрацией растворенных веществ от 10 до 20 % (рис. 6, в), а также в средах, содержащих от 10 до 20 % этанола (рис. 6, г) соответственно. Свойство клеток белорусского штамма *Saccharomyces cerevisiae* сохранять активность в агрессивной среде винного сусла подтверждают результаты оценки способности микроорганизмов накапливать гликоген, так исследование показало, что около 70 % клеток

окрашивается раствором Люголя (рис. 6, д). В табл. 5 приведены результаты сравнения биотехнологических потенциалов импортозамещенного белорусского штамма и импортного французского.

Таблица 5

Результаты оценки биотехнологического потенциала импортного и импортозамещенного штамма *Saccharomyces cerevisiae*

Table 5

Results of the assessment of the biotechnological potential of the imported and import-substituted strain of *Saccharomyces cerevisiae*

Штамм	Пюре черники, % от массы смеси «ягодное пюре:вода»	Сок яблочный, % от массы нетто сусла	Порошок сушеной мезги черники, % от массы сусла	Температура сушки мезги, °С	Длительность настаивания сусла с мезгой, сут	*К*, ед.
«Gervin GV8» (Франция)	40	17,5	2	50	9	0,76
ООО «Минский дрожжевой комбинат» (Республика Беларусь)	40	17,5	2	50	9	0,99
Примечание. Дрожжи винные сухие вносили в сусло в количестве, соответствующем рекомендациям производителя ООО «Минский дрожжевой комбинат» из расчета на единицу массы сусла (0,026 %).						

Анализ полученных результатов позволяет сделать обоснованный вывод о высоком биотехнологическом потенциале сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* производства ООО «Минский дрожжевой комбинат» (г. Минск, Республика Беларусь) и целесообразности замены импортных винных дрожжей «Gervin GV8» (производство Франция) в усовершенствованной технологии регионального алкогольного плодово-ягодного напитка на основе черники.

Заключение

Предложена усовершенствованная технология изготовления регионального алкогольного плодово-ягодного напитка на основе ягоды-дикороса – черники, произрастающей на Кольском полуострове, потенциально интегрируемого в развивающийся бренд «Арктическая кухня».

Проведенные комплексные исследования позволили обосновать выбор импортозамещенных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в разработанной технологии алкогольного плодово-ягодного напитка, характеризуемых высокой жизнеспособностью, осмо- и спиртоустойчивостью, высокой способностью сбраживать углеводы мальтозу, маннозу, сахарозу, глюкозу и лактозу и способностью сбраживать фруктозу и раффинозу, а также способностью микроорганизмов накапливать гликоген в агрессивной среде сусла.

Использование импортозамещенных дрожжей не отразилось негативно на характере изменений физико-химических показателей сусла – объемной доли этилового спирта, массовой концентрации сахаров и активной кислотности, свидетельствующих об интенсивности протекания спиртового брожения в сусле.

Предложен комплексный показатель *К* для оценки биотехнологического потенциала винных дрожжей и качества Напитка натурального брожения, изготовленного по усовершенствованной технологии, и получена математическая модель, формализующая зависимость показателя от соотношения ключевых ингредиентов рецептуры сусла. С помощью модели спроектирована оптимальная рецептура сусла.

Выполнена оценка качества Напитка, а также оценка биотехнологического потенциала импортозамещенных сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (производства ООО «Минский дрожжевой комбинат», г. Минск, Республика Беларусь) в сравнении с импортными («Gervin GV8» производства Франция), подтвердившая более высокую эффективность белорусского штамма по сравнению с импортным.

Список источников

1. Турпоток из Китая в Мурманскую область вырос на 48 % [Электронный ресурс]. URL: https://ria.ru/20260830/kitay-2114108985.html?ysclid=mtg5p3njzv679951478 (дата обращения : 10.08.2026)

2. Валькова Т. М., Глемейда А. С. Гастрономический туризм в Русской Арктике: туристские ресурсы территории // Географическая среда и живые системы. 2023. № 4 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gastronomicheskiy-turizm-v-russkoy-arktike-turistskie-resursy-territorii (дата обращения : 10.08.2026).

3. Рестораторы смогут использовать бренд «Арктическая кухня» только после аттестации [Электронный ресурс]. https://murmantv.ru/news-n-27781--restoratory-smogut-ispolzovat-brend-arkticheskaya-kuhnya-tolko-posle-attestacii?ysclid=mtg5veg982640254962&utm_source=ya.ru&utm_medium=referral&utm_campaign=ya.ru&utm_referrer=ya.ru (дата обращения : 10.08.2026).

4. Разработка технологии винного напитка из регионального ягодного сырья в целях развития гастрономического туризма в Кольском Заполярье / Г. А. Ефименко, К. В. Инкола, Е. В. Дудина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2022. № 1. С. 45–62.

5. Разработка и совершенствование технологии винных напитков на основе ягод-дикоросов Кольского полуострова / Г. А. Ефименко, К. В. Инкола, Ю. В. Шокина, П. Е. Баланов // Проблемы Арктического региона : труды XX Международной научной конференции студентов и аспирантов, Мурманск, 17–18 мая 2023 года. Апатиты : Кольский научный центр РАН, 2023. С. 64–77. DOI 10.37614/978.5.91137.510.2.009.

6. Разработка технологии винных напитков на основе ягод-дикоросов кольского полуострова / Ю. В. Шокина, Г. А. Ефименко, К. В. Инкола, П. Е. Баланов // Актуальные проблемы развития биотехнологий на федеральном и региональном уровнях : материалы международной научно-практической конференции, Мурманск, 19 мая 2023 года. Мурманск : Мурманский государственный технический университет, 2023. С. 71–75.

7. Совершенствование технологии винных напитков на основе ягод-дикоросов Кольского полуострова / Г. А. Ефименко, К. В. Инкола, Ю. В. Шокина, П. Е. Баланов // Проблемы Арктического региона : тезисы докладов XX Международной научной конференции студентов и аспирантов, Мурманск, 17–18 мая 2023 года. Мурманск : Кольский научный центр Российской академии наук, 2023. С. 55–56.

8. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (с изменениями и дополнениями) утверждена Указом Президента РФ от 21 января 2020 года № 20 [Электронный ресурс]. URL : https://base.garant.ru/73438425/?ysclid=mtd78yaa92451314534.

9. Стратегия экономической безопасности РФ на период до 2030 года утверждена Указом Президента от 13 мая 2017 года № 208 [Электронный ресурс]. URL : http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921?ysclid=mtd7arnp6c757953552.

10. Чернова А. П., Батжаргал Халиунаа. Метод оценки ферментативной активности хлебопекарных дрожжей // Пищевая промышленность. 2019. № 8 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metod-otsenki-fermentativnoy-aktivnosti-hlebopekarnyh-drozhzhey (дата обращения : 30.08.2026).

11. Криштафович, В. И. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров : методические рекомендации по подготовке и защите выпускной квалификационной работы / В. И.

Криштафович, И. А. Жебелева, В. И. Заикина, О. В. Памбухчиянц. М. : Дашков и К, 2012. 184 с.

12. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания : учебное пособие / Е. И. Муратова, С. Г. Толстых, С. И. Дворецкий, О. В. Зюзина, Д. В. Леонов. Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. 154 с.

Сведения об авторах

Ю. В. Шокина – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологий пищевых производств, SPIN-код: 2456-9909, AuthorID: 780781.

Е. В. Макаревич – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой микробиологии и биохимии, SPIN-код: 4071-5531, AuthorID: 767927.

Н. А. Аминов – магистрант кафедры микробиологии и биохимии, направление подготовки 06.04.01 Биология, профиль Микробиология и биохимия.

Д. С. Щербакова – магистрант кафедры микробиологии и биохимии, направление подготовки 06.04.01 Биология, профиль Микробиология и биохимия.

Г. А. Ефименко – магистрант кафедры микробиологии и биохимии, направление подготовки 06.04.01 Биология, профиль Микробиология и биохимия.

Information about the authors

Yu. V. Shokina – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Production Technologies, SPIN-code: 2456-9909, AuthorID: 780781.

E. V. Makarevich – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Microbiology and Biochemistry, SPIN-code: 4071-5531, AuthorID: 767927.

N. A. Aminov – Master's degree student of the Department of Microbiology and Biochemistry, field of study 06.04.01 Biology, profile Microbiology and Biochemistry.

D. S. Scherbakova – Master's degree student of the Department of Microbiology and Biochemistry, field of study 06.04.01 Biology, profile Microbiology and Biochemistry.

G. A. Efimenko – Master's degree student of the Department of Microbiology and Biochemistry, field of study 06.04.01 Biology, profile Microbiology and Biochemistry.

Статья поступила в редакцию 31.08.2026; одобрена после рецензирования 11.09.2026; принята к публикации 22.09.2026.

The article was submitted 31.08.2026; approved after reviewing 11.09.2026; accepted for publication 22.09.2026.

© Шокина Ю. В., Макаревич Е. В., Аминов Н. А., Щербакова Д. С., Ефименко Г. А., 2026.

«Разработка технологии регионального плодово-ягодного алкогольного напитка на основе черники с оценкой биотехнологического потенциала импортозамещенного штамма *Saccharomyces cerevisiae*» [Шокина Ю. В., Макаревич Е. В., Аминов Н. А., Щербакова Д. С., Ефименко Г. А.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).