

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-4-551-559>

Поступила 23.05.2024

Поступила после рецензирования 13.11.2024

Принята в печать 18.11.2024

© Серба Е. М., Соколова Е. Н., Римарева Л. В., Ионов В. В., Игнатова Н. И., Оверченко М. Б., 2024

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗЕРНО-ФРУКТОВОГО СУСЛА ИЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ И ЖМЫХА ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

Серба Е. М.^{*}, Соколова Е. Н., Римарева Л. В., Ионов В. В., Игнатова Н. И., Оверченко М. Б.

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии —
филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского
центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

пшеница, ягоды
и жмых черной
смородины,
ферментные
препараты,
биокатализ,
зерно-фруктовое
сусло

Для разработки конкурентоспособных спиртных напитков с интересными сенсорными характеристиками перспективно введение в состав зернового сусла плодово-ягодного сырья, позволяющего придать дистиллятам оригинальные вкус и аромат. Однако высокая кислотность, а также содержание клетчатки и пектиновых веществ в плодово-ягодном сырье создают сложности при переработке, требующие дополнительных исследований для разработки эффективных технологий. Цель данной работы состояла в исследовании условий приготовления зерно-фруктового сусла с использованием биотехнологических методов конверсии полимеров пшеничного и черносмородинового сырья. Объектами исследования служили ягоды и жмых черной смородины; зерно пшеницы; ферментные препараты — источники амилаз, гемицеллюлаз, протеаз и пектиназ; образцы сусла. Обоснована возможность комплексной переработки ягод черной смородины с получением ферментированного сока как дополнительной продукции, и жмыха — для использования в составе зерно-фруктового сусла. Показано, что биокаталитическая деструкция белково-пектинового комплекса ягодного сырья привела к переходу основной части клетчатки в жмых. Концентрация аминного азота составила 315 мг%, растворимых углеводов — 6,8%, фенольных веществ — 94,75 мг%, pH — 3,0. Установлено, что при совместной гидродинамической и ферментативной обработке зерно-фруктового сырья введение в состав сырьевых ингредиентов черносмородинового жмыха негативно сказалось на реологических свойствах сусла, вязкость которого повышалась практически в 3 раза. Подобраны рациональные условия приготовления сусла из смешанного пшеничного сырья и жмыха черной смородины при их совместном использовании: гидромодуль сусла — 1:3; дозировка ферментов гемицеллюлазного действия — 0,3 ед. КС/г сырья; содержание в составе сырьевых компонентов жмыха — не более 30%. Выявлено преимущество раздельного приготовления сырьевых составляющих сусла: пшеничного замеса и ферментированного жмыха с последующим соединением на стадии осахаривания и протеолиза. Данный способ приводил к существенному снижению вязкости сусла. При этом наблюдалось увеличение концентрации общих и растворимых углеводов. Анализ углеводного профиля показал, что в пшеничном сусле преобладала глюкоза (8,1%). В зерно-фруктовом сусле глюкоза и фруктоза присутствовали практически в равных количествах. Разработана структурная схема раздельной подготовки сырьевых компонентов (зерна и жмыха черной смородины) в технологии зерно-фруктовых дистиллятов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания (тема № FGMF-2023–0004).

Received 23.05.2024

Accepted in revised 13.11.2024

Accepted for publication 18.11.2024

© Serba E. M., Sokolova E. N., Rimareva L. V., Ionov V. V., Ignatova N. I., Overchenko M. B., 2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE TECHNOLOGY OF PREPARATION OF GRAIN-FRUIT WORT FROM WHEAT GRAIN AND BLACKCURRANT CAKE

Elena M. Serba^{*}, Elena M. Sokolova, Lyubov V. Rimareva, Vladislav V. Ionov,
Nadezhda I. Ignatova, Marina B. Overchenko

Russian Research Institute of Food Biotechnology — branch of the Federal State Budgetary Institution
of Science of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

KEY WORDS:

wheat, blackcurrant
berries and cake,
enzyme preparations,
biocatalysis, grain-
fruit wort

ABSTRACT

For the development of competitive alcoholic beverages with interesting sensory characteristics, it is promising to introduce fruit and berry raw materials into the grain wort, which allows distillates to be given an original taste and aroma. However, in the process of processing fruit and berry raw materials, difficulties arise due to its high acidity and high content of fiber and pectin substances, which require additional research to develop efficient technologies. The purpose of this work was to study the conditions for the preparation of grain-fruit wort using biotechnological methods for the conversion of polymers of wheat and blackcurrant raw materials. The objects of the study were berries and blackcurrant cake; wheat grain; enzyme preparations — sources of amylases, hemicellulases, proteases and pectinases; wort samples. The possibility of complex processing of black currant berries to obtain fermented juice as an additional product, and cake for use in grain-fruit wort has been substantiated. It was shown that as a result of the biocatalytic destruction of the protein-pectin complex of berry raw materials, the main part of fiber passed into the cake. The concentration of amine nitrogen was 315 mg%, soluble carbohydrates — 6.8%, phenolic substances — 94.75 mg%, pH — 3.0. It was found that with the combined hydrodynamic and enzymatic processing of grain and fruit raw materials, the introduction of blackcurrant cake into the composition of raw ingredients had a negative effect on the rheological properties of the wort, the viscosity of which increased almost three times. Rational conditions for

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Серба, Е. М., Соколова, Е. Н., Римарева, Л. В., Ионов, В. В., Игнатова, Н. И., Оверченко, М. Б. (2024). Биотехнологические аспекты технологии приготовления зерно-фруктового сусла из зерна пшеницы и жмыха черной смородины. *Пищевые системы*, 7(4), 551–559. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-4-551-559>

FOR CITATION: Serba, E. M., Sokolova, E. N., Rimareva, L. V., Ionov, V. V., Ignatova, N. I., Overchenko, M. B. (2024). Biotechnological aspects of the technology of preparation of grain-fruit wort from wheat grain and blackcurrant cake. *Food Systems*, 7(4), 551–559. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-4-551-559>

the preparation of wort from mixed wheat raw materials and blackcurrant cake when used together have been selected: the hydromodule of the wort is 1:3; the dosage of hemicellulase enzymes is 0.3 units /g (может быть units KS/g) of raw materials; the content of the raw components of the cake is not more than 30%. The advantage of separate preparation of the raw components (wheat batch and fermented cake) of wort followed by combination at the stage of saccharification and proteolysis was revealed. With this method, the viscosity of the wort was significantly reduced. The concentration of total and soluble carbohydrates increased. Analysis of the carbohydrate profile showed that in wheat wort glucose was prevalent (8.1%). In grain-fruit wort, glucose and fructose were present in almost equal proportions. A block diagram has been developed for the separate preparation of raw materials (grain and blackcurrant cake) in the technology of grain-fruit distillates.

FUNDING: The work was carried out at the expense of a subsidy for the implementation of the state task (subject No. FGMF-2023-0004).

1. Введение

Потребительские предпочтения в области крепких алкогольных напитков за последние годы сместились в сторону продуктов с интересными органолептическими свойствами, преимущественно импортного производства [1,2]. В связи с этим исследования в области спиртных дистиллятов направлены на разработку технологий, учитывающих не только биохимический состав, но и органолептические свойства исходного растительного сырья, что позволяет формировать уникальный букет и придавать целевой продукции приятные сенсорные характеристики [3,4,5]. В отличие от традиционных для получения зерновых дистиллятов культур (пшеницы, ржи и ячменя) использование в составе сула фруктового сырья позволит придать напиткам оригинальные вкус и аромат [6,7,8]. Однако в процессе их переработки возникают сложности, связанные с повышенным содержанием клетчатки, пектиновых веществ и с высокой кислотностью, требующие дополнительных исследований.

Анализ научных публикаций показал, что среди ягодных культур наиболее перспективной для получения оригинальных зерно-фруктовых дистиллятов является черная смородина (*Ribes nigrum L.*), плоды которой обладают ярко выраженным ароматом и содержат целый комплекс биологически активных соединений и ароматобразующих компонентов [9,10,11]. Применение черной смородины в пищевой промышленности обусловлено высоким содержанием питательных и биологически активных веществ, необходимых для сбалансированного питания человека и придающих целевой продукции интересные вкус и аромат [12,13]. Ягоды черной смородины богаты нутриентами, такими как растворимые углеводы (8,2–13,2%), витамины (С, Е, В₁, В₂, В₅, В₆, РР), бета-каротин (8,2–10,0 мкг%), антоцианы (222,8–459,9 мг%), полифенолы (480,6–898,5 мг%) и органические кислоты (лимонная, яблочная). Также в них содержатся пектиновые вещества (0,2–0,6%), макро- и микроэлементы [8,14,15]. Анализ литературы свидетельствует о технологической значимости таких компонентов черносмородинового сырья, как углеводы, пищевые волокна, аскорбиновая кислота (116–342 мг%) и полифенольные соединения, в том числе антоцианы (160–411 мг%) [16–18]. Кроме того, важную роль играют лимонная кислота (около 2%) и минеральные вещества, такие как калий (250–360 мг%), магний (25–34 мг%) и марганец (0,3 мг%) [19–21].

Приведенные сведения о биохимическом составе ягод черной смородины указывают на перспективу использования этого нетрадиционного сырья для получения оригинальных спиртных напитков на основе зерно-фруктовых дистиллятов взамен использования синтетических ароматизаторов. Наличие пищевых и биологически активных веществ во фруктовом сырье позволит не только обеспечить дрожжи дополнительным количеством сбраживаемых углеводов, но и обогатить суло ароматобразующими соединениями [20,22]. Приведенные в публикациях данные показывают, что при сенсорной оценке алкогольных напитков, приготовленных из черносмородинового сырья и ферментированных дрожжами, выявлено наличие ярко выраженного аромата черной смородины [8,23]. При этом авторы отмечают высокое содержание органических кислот в плодово-ягодном сырье, приводящее к усилению кислотности сула, что может стать проблемой при разработке технологии зерно-фруктовых дистиллятов [8,23,24].

При традиционной промышленной переработке черной смородины в соковом производстве образуется значительное количество жмыха, который используется преимущественно в качестве корма для скота, что экономически нецелесообразно [25,26]. Имеются сведения о применении выжимок ягод черной смородины в качестве вспомогательного средства для повышения микробиологической безопасности и хранимостепособности целевой продукции [27]. Жмых состоит из неоднородной смеси кожуры, семян и пульпы, которые представляют собой около 20–40% от веса обработанных ягод, в зависимости от технологии, используемой в производстве [26]. В технологическом отношении жмых ягод является функциональным

ингредиентом, обладающим влагоудерживающей способностью, повышающим антиоксидантную активность продукта и придающим напиткам приятный вкус и аромат [28,29,30]. Однако вопрос рационального использования жмыха в пищевых технологиях изучен недостаточно и требует дальнейших исследований.

Учитывая востребованность черной смородины в производстве соков, морсов, сиропов, кондитерских изделий и другой продукции, перспективным направлением представляется исследование биотехнологического потенциала её вторичного сырья для создания оригинальных спиртных напитков.

Цель данной работы состояла в исследовании способов приготовления сула из зерна пшеницы и жмыха черной смородины для использования его в технологии зерно-фруктовых дистиллятов.

2. Объекты и методы

Объектами исследований служили:

- ягоды и жмых черной смородины;
- зерно пшеницы, измельченное до размера частиц 40–120 мкм с помощью мультифункциональной дробилки «Вилитек VLM-6» (ООО «Вилитек», Россия);
- ферментные препараты (ФП) — α -амилаза («Неозим АА 180», Hunan Hong Ying Xiang Biochemistry Industry Co., LTD, KHP) и глюкоамилаза («Биозим 800L», Shandong Longda Bio-products, KHP) — для декстринизации и осахаривания крахмала зерна;
- гемицеллюлазы («Висколаза 150L», Shandong Longda Bio-products, KHP) — для деструкции некрахмальных полисахаридов;
- комплекс протеаз (КФП, ВНИИПБТ, РФ) — для гидролиза белковых веществ;
- пектиназы («Пектофетидин», ООО «Сиббиофрам», РФ) — для гидролиза пектиновых веществ;
- целлюлазы — для гидролиза полисахаридов [31–33].

Определение активности ферментов проводили согласно существующим стандартизированным методикам [34]. За единицу амилотической активности (АС) принимали количество фермента, катализирующего гидролиз 1 г растворимого крахмала до декстринов различной молекулярной массы в стандартных условиях (30 °C, pH 6,0, 10 мин). За единицу глюкоамилазной активности (ГЛС) — количество фермента, катализирующего гидролиз крахмала при 30 °C и pH 4,7 с высвобождением 1 мкмоль глюкозы за 1 мин. За единицу ксиланазной активности (КС) принимали количество фермента, действующего на ксилан из березы с высвобождением 1 мкмоль восстанавливающих сахаров (в глюкозном эквиваленте) за 1 мин в стандартных условиях (50 °C и pH 5,0). За единицу общей протеолитической активности (ПС) — количество фермента, приводящего гемоглобин в неосаждаемое трихлоруксусной кислотой состояние, соответствующее 1 мкмоль тирозина, за 1 мин при 30 °C и pH 5,3. За единицу полигалактуроназной активности принимали количество фермента, катализирующего гидролиз 1 г пектина со снижением вязкости раствора на 30% за 10 мин при 30 °C в строго определенных условиях. За единицу целлюлитической активности — количество фермента, гидролизующего 1 мкмоль карбоксиметилцеллюлозы с высвобождением восстанавливающих сахаров при 50 °C и pH 5,0. Уровень активности основных ферментов в исследованных ФП приведен в Таблице 1.

Для предварительной ферментативной обработки ягод черносмородинового сырья на стадии получения ферментированных сока и жмыха использовали ФП: «Пектофетидин» (10 ед. ПГС/100г сырья) и «Целловиридин» (20 ед. ПС/100г сырья) [33]. Ферментативный гидролиз осуществляли в закрытой термостатируемой емкости при температуре $50,0 \pm 1,0$ °C при постоянном перемешивании в течение 120 мин. После этого проводили инактивацию ферментов путем термостатирования образца при температуре 65–70 °C 30 минут. По окончании процесса ферментированную мезгу смородины с помощью фильтр-пресса разделяли на твердую (жмых) и жидкую (сок) фракции, в которых исследовали содержание углеводов, экстрактивных и фенольных веществ [35,36].

Таблица 1. Характеристика ферментных препаратов по уровню активности основных ферментов

Table 1. Characteristics of the enzyme preparations by the level of activity of the main enzymes

Наименование ФП	Основной фермент	Ферментативная активность, ед./г(см ³)
«Неозим АА 180»	Термостабильная α -амилаза (АС)	1870,0 $\pm$ 85,0
«Биозим 800L»	Глюкоамилаза (ГлС)	13000,0 $\pm$ 550,0
«Висколаза 150L»	Ксиланаза (КС)	6500,0 $\pm$ 280,0
КФП	Протеазы (ПС)	650,0 $\pm$ 31,0
«Пектофоетидин»	Полигалактуроназа (ПгС)	500,0 $\pm$ 22,0
«Целловиридин»	Целлюлаза (ЦС)	3600,0 $\pm$ 175,0

Примечание: значения представлены в виде средних $\pm$ стандартное отклонение.

Биокаталитическую конверсию полимеров зернового сырья для приготовления суслу проводили по схеме ферментативно-гидролитической обработки зерна в колбах Эрленмейера объемом 750 см³, содержащих измельченное зерно пшеницы (или ржи) и воду (гидромодуль 1:3 или 1:2 в зависимости от условий эксперимента) и помещенных в водяную баню ПЭ-4300 («Экрос», Россия). В водно-зерновой замес добавляли термостабильную α -амилазу (0,6 ед. АС/г крахмала) и ксиланазу (0,3 ед. КС/г сырья), выдерживали при температуре 60–65 °С в течение 30 мин для разжижения крахмала. В дальнейшем температуру замеса повышали до 86–92 °С и выдерживали в течение 180–240 мин при периодическом перемешивании [37,38]. Далее содержимое колб охлаждали до 58–60 °С, добавляли глюкоамилазу (10,0 ед. ГлС/г крахмала), протеазы (0,3 ед. ПС/г сырья) и инкубировали в течение 60 мин для осахаривания частично расщепленного крахмала и гидролиза белковых веществ суслу.

Степень биоконверсии белковых и углеводных полимеров в пшеничном сусле оценивали по накоплению аминного азота (методом йодометрического титрования [39]), общих (ОРВ) и растворимых редуцирующих веществ (РВ) (колориметрическим методом [35]), а также по содержанию глюкозы и мальтозы (методом ВЭЖХ на хроматографе

LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония) [40]. Вязкость подготовленного к сбраживанию суслу измеряли на вискозиметре SV-10 (AND, Япония). Растворимые сухие вещества (PCB) суслу фиксировали на рефрактометре Rochet PAL-S (ATAGO, Япония). Значение pH суслу измеряли на pH-метре/ионометре SevenCompact™, (Mettler-Toledo, Швейцария).

Эксперименты проводили в пяти повторностях, результаты выражали как средние значения пяти измерений $\pm$ стандартное отклонение. Статистическую значимость различий данных определяли методом однофакторного дисперсионного анализа и теста Тьюки с использованием программного обеспечения в свободном доступе статистического калькулятора Statskingdom (<http://www.statskingdom.com>) при уровне значимости $p \leq 0,05$.

3. Результаты и обсуждение

В работе использовали черносмородиновый жмых, полученный после ферментативной обработки ягодного сырья пектолитическими и целлюлолитическими ферментами, и отделения жидкой фазы (сока) [12,33]. Биокаталитическая деструкция полисахаридного комплекса способствовала образованию в соке аминного азота и растворимых углеводов, высвобождению фенольных веществ и удалению клетчатки (Таблица 1). При этом в жмых ферментированных ягод черной смородины перешло основное количество сухих веществ, в т. ч. и клетчатки, содержание которой составило 4,9 г/100 г. Жмых также характеризовался наличием аминного азота (315 мг%) и растворимых редуцирующих углеводов (6,8%), легкоусвояемых дрожжами, и полифенольных веществ (94,75 мг%), которые могут участвовать в формировании сенсорных показателей дистиллята (Таблица 2).

На первом этапе проведены сравнительные исследования различных способов приготовления зерно-фруктового суслу с использованием жмыха черной смородины и широко применяемой в спиртовом производстве пшеницы, по технологии механико-ферментативной обработки сырья [37].

Исследования проводили в соответствии с разработанным алгоритмом комплексной переработки ягод черной смородины (Рисунок 1). При этом ферментированный сок предназначался для получения дополнительной продукции с функциональными свойствами, а жмых — для приготовления производственного суслу в технологиях зерно-фруктовых дистиллятов (Рисунок 1).

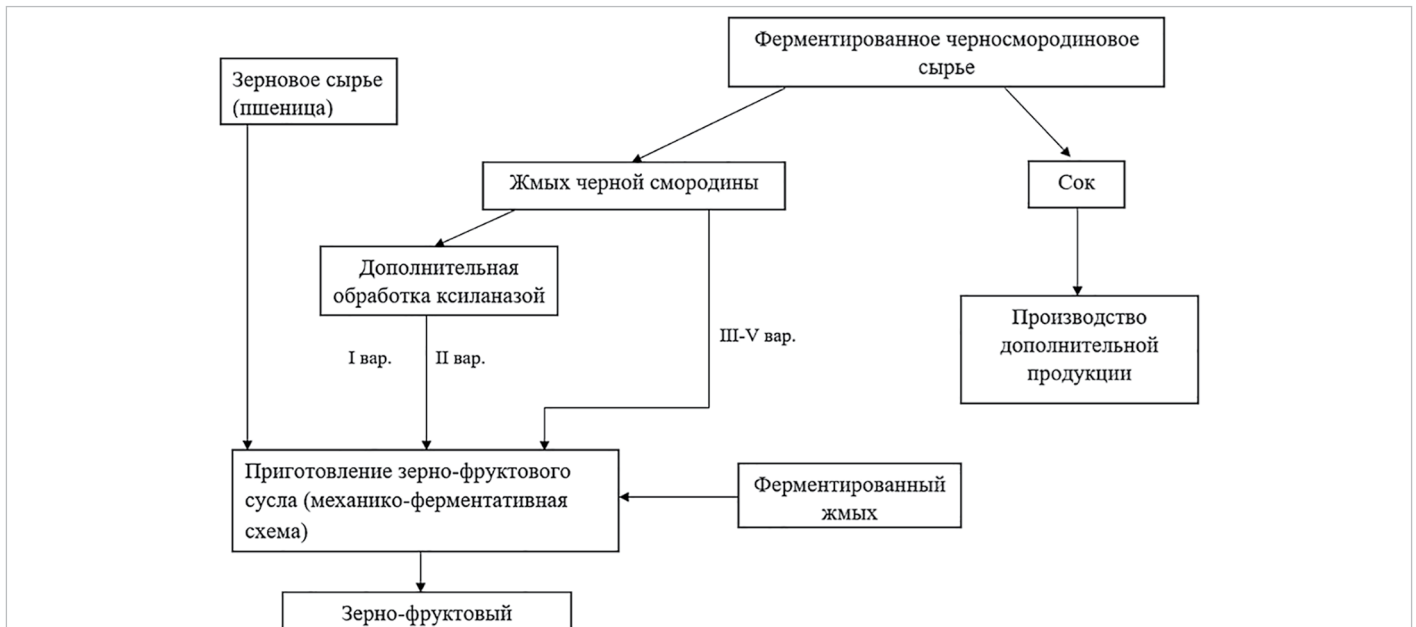


Рисунок 1. Алгоритм комплексной переработки ягод черной смородины в технологиях приготовления зерно-фруктового суслу

Figure 1. Algorithm of the complex processing of blackcurrant berries in technologies for production of grain-fruit wort

Таблица 2. Биохимический состав сока и жмыха ягод черной смородины

Table 2. Biochemical composition of juice and cake of blackcurrant berries

Сырье	Сухие вещества, %	Аминный азот, мг%	Редуцирующие вещества, %		Фенольные вещества, мг%	Клетчатка, %	pH
			Общие	Растворимые			
Сок черной смородины	15,0 $\pm$ 0,7	770 $\pm$ 32	10,2 $\pm$ 0,4	9,9 $\pm$ 0,4	717,5 $\pm$ 32,0	0	2,98 $\pm$ 0,14 ^a
Жмых черной смородины	27,3 $\pm$ 1,2	315 $\pm$ 14	9,2 $\pm$ 0,3	6,8 $\pm$ 0,2	94,75 $\pm$ 4,1	4,9 $\pm$ 0,2	3,03 $\pm$ 0,12 ^a

Примечание: значения представляют собой средние значения $\pm$ стандартное отклонение от среднего значения для группы $n = 5$. Средние значения в столбце без общей надстрочной буквы различаются ($p < 0,05$) по данным однофакторного дисперсионного анализа и теста Тьюки.

Таблица 3. Характеристика сусла, приготовленного из пшеницы и жмыха черной смородины, обработанного различными способами

Table 3. Characteristics of wort made from wheat and blackcurrant cake processed by different methods

Состав сырья в сусле, %		Вариант обработки жмыха	PCB, %	Редуцирующие вещества, %		NH ₂ ⁺ , мг%	Динамическая вязкость, мПа·с	pH
Пшеница	Жмых			Общ.	Раств.			
100	0	—	20,8±0,9	20,5±0,9 ^a	19,3±0,8 ^a	18,0±0,8	11,6±0,5 ^a	5,9±0,1

Примечание: Различие в средних значениях для образцов с одинаковой надстрочной буквой статистически не значимо при $p < 0,05$.

Приготовление зерно-фруктового сусла осуществляли способом совместной гидродинамической и ферментативной обработки зерна пшеницы и жмыха на всех этапах: от стадии замеса, на которой проходило разжижение и декстринизация крахмала, до стадии осахаривания. В вариантах опыта различались только способы обработки жмыха (Рисунок 1). В связи с тем, что установленное высокое содержание клетчатки в жмыхе может негативно сказаться на реологических свойствах зерно-фруктового сусла, I вариант включал стадию дополнительной обработки жмыха ферментами гемицеллюлазного действия («Висколаза»), в течение 40 мин при 70–75 °С. ФП «Висколаза» дозировали из расчета 0,3 ед. КС/г сырья (Таблица 3). В варианте II предусматривали предварительное подщелачивание жмыха до pH 5,0.

В III варианте жмых подвергали гидродинамической и ферментативной обработке совместно с пшеничным сырьем по принятым в спиртовом производстве технологии и нормам расхода ФП, в которых дозировка ферментов, катализирующих гидролиз некрахмальных полисахаридов, составляла 0,15 ед. КС/г сырья [37,38]. В варианте IV расход ферментов гемицеллюлазного действия увеличили в 1,5 раза (0,23 ед. КС/г), а в варианте V — в 2 раза (0,3 ед. КС/г).

Установлено, что введение в состав сырьевых компонентов сусла черносмородинового жмыха приводило к существенному ухудшению его биохимических и реологических показателей (Таблица 3). При аналогичных режимах приготовления сусла и нормативном расходе ферментов (0,15 ед. КС/г сырья как в контрольном варианте без жмыха) в варианте III вязкость увеличилась практически в 3 раза, а содержание растворимых углеводов снизилось на 20% по сравнению с аналогичными показателями в пшеничном сусле (Таблица 3).

Из приведенных данных следует, что варианты I и V, в которых использовали более высокую дозировку ферментов гемицеллюлазного комплекса, обеспечивали получение сусла с хорошими показателями (Таблица 3). По сравнению с пшеничным суслом, в зерно-фруктовом содержании аминного азота увеличилось более чем в 3 раза, однако концентрация общих и растворимых углеводов несколько снизилась.

Дальнейшие исследования процесса совместной гидродинамической и ферментативной обработки сырьевых ингредиентов при приготовлении зерно-фруктового сусла для установления рационального соотношения сырьевых ингредиентов проводили в соответствии с разработанным алгоритмом (вар. V — с увеличенной в 2 раза дозировкой ферментов, катализирующих гидролиз некрахмальных полисахаридов).

На Рисунке 2 и в Таблице 4 представлены результаты исследований влияния состава зерно-фруктового сусла на техникохимические

показатели комплексных сред. Сусло готовили с использованием жмыха черной смородины и пшеницы в различных соотношениях при гидромодуле 1:3 и 1:2. Как следует из полученных данных, введение в состав сырьевых ингредиентов черносмородинового жмыха несколько снижало содержание растворимых углеводов, но повышало концентрацию аминного азота и моносахаридов, хорошо ассимилируемых дрожжами и необходимых для их жизнедеятельности (Рисунок 2, Таблица 4). Увеличение содержания жмыха черной смородины в составе сусла до 50% оказало негативное воздействие на его реологические показатели; вязкость сусла повышалась практически в 1,5 раза, особенно при гидромодуле 1:2, что может приводить к технологическим проблемам в производстве (Рисунок 2, б). По-видимому, существенное влияние на ухудшение качества сусла при совместной гидродинамической и ферментативной обработке зерно-фруктового сырья оказывало не только повышенное содержание клетчатки, но и высокая кислотность жмыха (pH 3,0), что приводило к снижению концентрации ионов водорода в 1,4 раза при введении его в состав зернового сусла (Таблица 2). Особенно негативно это сказывалось на стадии разжижения и декстринизации крахмала в замесе, так как pH-оптимум действия бактериальных α-амилаз в основном находится в диапазоне pH от 5,0 до 6,5 [33].

Анализ технологических свойств зерно-фруктового сусла показал, что наиболее рациональным режимом его приготовления является гидромодуль 1:3. Рекомендуется увеличить дозировку ферментов гемицеллюлазного действия вдвое (до 0,3 ед. КС/г сырья) по сравнению с нормами для зернового сусла. Содержание жмыха черной смородины в сырье не должно превышать 30%.

Исследования биохимического состава и физико-химических свойств жмыха черной смородины, а также анализ свойств сусла (приготовленного совместной гидроферментативной обработкой пшеницы и жмыха) выявили основные технологические трудности. Они связаны с образованием густой малоподвижной массы, что требует подщелачивания жмыха и дополнительного внесения гемицеллюлаз для улучшения реологии сусла. Поэтому на следующем этапе был применен способ предварительной раздельной гидродинамической и ферментативной подготовки пшеницы и жмыха черной смородины. Пшеничный замес, обработанный α-амилазой и гемицеллюлазами для разжижения и декстринизации крахмала и гидролиза полисахаридов, соединяли с ферментированным гемицеллюлазами жмыхом черной смородины на стадии осахаривания. На этой стадии проводили обработку глюкоамилазой и протеазой. Используемый в работе жмых пастеризовали при температуре 75–80 °С в течение 25–30 минут, чтобы исключить развитие инфекции.

Для сравнительного исследования способов приготовления зерно-фруктового сусла использовали три варианта. В варианте II зерновое сырье и жмых черной смородины проходили совместную гидроферментативную обработку от замеса до осахаривания (Таблица 5). Вариант III предполагал раздельную подготовку: пшеничный замес готовили отдельно, а жмых ферментировали гемицеллюлазами (0,3 ед. КС/г сырья) с последующим соединением компонентов на стадии осахаривания. Контрольный вариант I включал только пшеничное сусло. Во всех вариантах гидромодуль составлял 1:3, а соотношение пшеницы и ферментированного жмыха черной смородины в вариантах II и III — 70:30. В варианте III разжиженный пшеничный замес и жмых объединяли для осахаривания и протеолиза с использованием стандартных для спиртового производства ферментных препаратов (Таблица 5).

Значения представляют собой средние значения ± стандартное отклонение от среднего значения для группы $n = 5$. Средние значения в столбце без общей надстрочной буквы различаются ($p < 0,05$) по данным однофакторного дисперсионного анализа и теста Тьюки.

Установлено, что биохимические и физико-химические показатели пшенично-черносмородинового сусла, приготовленного способом совместной обработки сырьевых ингредиентов (вариант II, Таблица 5), значительно уступали показателям сусла, полученного в результате раздельной обработки составляющих (вариант III). Так,

Таблица 4. Углеводный профиль растворимых углеводов в пшенично- черносмородиновом сусле

Table 4. Carbohydrate profile of soluble carbohydrates in wheat- blackcurrant wort

Сырье, %		Раствори- мые углево- ды, %	Моносахариды, %	
Пшеница	Жмых черной смородины		Глюкоза	Фруктоза
Гидромодуль 1:3				
100	–	19,8	6,21±0,31	0,11±0,005
70	30	17,6	8,37±0,42a	0,48±0,02
80	20	18,4	9,03±0,42a	0,35±0,02
Гидромодуль 1:2				
100	–	28,0	10,94±0,51	0,21±0,01
70	30	26,1	13,58±0,65	0,73±0,03
80	20	27,4	16,05±0,80	0,59±0,02

Примечание: значения представляют собой средние значения ± стандартное отклонение от среднего значения для группы $n = 5$. Средние значения в столбце без общей надстрочной буквы различаются ($p < 0,05$) по данным однофакторного дисперсионного анализа и теста Тьюки.

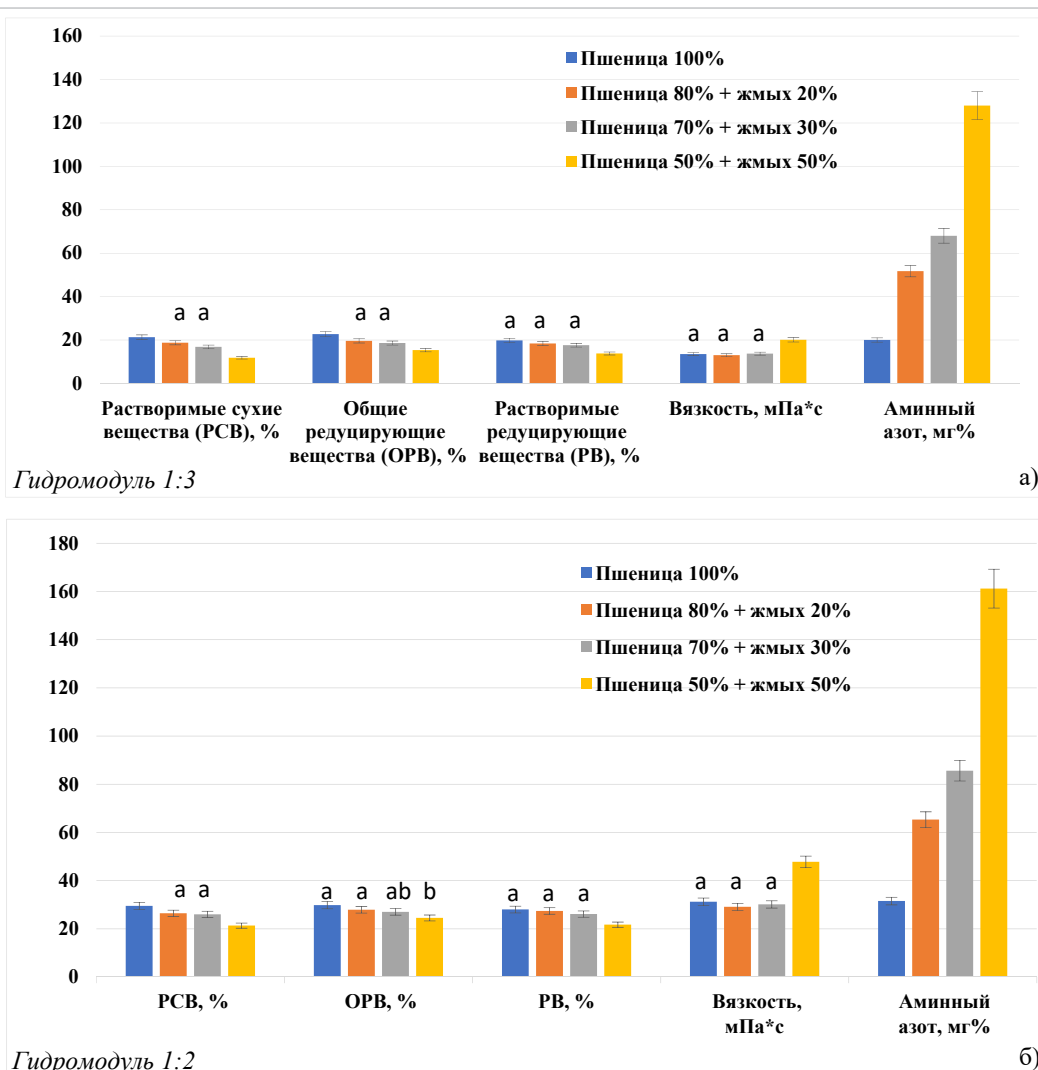


Рисунок 2. Технохимические показатели пшенично-фруктового сусле с различным содержанием черносмородинного жмыха (а — гидро модуль 1:3; б — гидро модуль 1:2)

Figure 2. Technochemical indicators of wheat-fruit wort with different content of blackcurrant cake (a — hydromodule 1:3; б — hydromodule 1:2)

Таблица 5. Сравнительная характеристика сусле, приготовленного при совместной и раздельной подготовке пшеницы и жмыха черной смородины

Table 5. Comparative characteristics of wort made upon combined and separate preparation of wheat and blackcurrant cake

Состав сырья в сусле, %		Способ подготовки сырьевых ингредиентов	РСВ, %	Редуцирующие вещества, %		NH ₂ ⁺ , мг%	Вязкость, мПа·с	рН
пшеница	жмых			общие	раств.			
100	0	Контроль (I)	22,0±1,0	17,2±0,9	16,7±0,8	14±0,7	12,5±0,6	5,8±0,2
70	30	Совместный (II)	18,5±0,9 ^a	13,1±0,7 ^a	11,5±0,5	48±1,2 ^a	15,2±0,9	4,3±0,1 ^a
70	30	Раздельный (III)	19,1±0,8 ^a	14,5±0,5 ^a	13,9±0,6	52±2,2 ^a	7,1±0,3	4,3±0,1 ^a

вязкость этого сусле (при раздельном приготовлении) снизилась в 2 раза (с 15,2 до 7,1 мПа·с); концентрация общих и растворимых углеводов увеличилась с 11,5 до 13,9% соответственно. Изменялся и углеводный профиль: в пшеничном сусле в составе моноуглеводов отмечено в основном присутствие глюкозы (8,10%); в зерно-фруктовом сусле при совместном приготовлении ингредиентов наблюдается преобладающее содержание глюкозы (7,03%) и небольшое — фруктозы (0,53%); при раздельной обработке — количество моноуглеводов несколько увеличилось и составило 9,8%, при этом глюкоза и фруктоза присутствовали практически в равном соотношении (Таблица 6).

С учетом установленных закономерностей при приготовлении зерно-фруктового сусле были проведены сравнительные исследования по совместной и раздельной подготовке ржано-черносмородинного сусле при гидро модуле 1:3 и соотношении ржи и жмыха 70:30 (Таблица 7). В отличие от пшеницы, рожь является сырьем с повышенным содержанием (в среднем в 2–3 раза) некрахмальных полисахаридов: гумми-веществ, гемицеллюлозы, β-глюканов

Таблица 6. Углеводный профиль сбраживаемых углеводов в пшенично-черносмородинном сусле (гидро модуль 1:3)

Table 6. Carbohydrate profile of fermentable carbohydrates in wheat- blackcurrant wort (hydromodule 1:3)

Сырье, %		Способ подготовки сырьевых ингредиентов	Моноуглеводы, %	
пшеница	жмых черной смородины		глюкоза	фруктоза
100	0	Контроль	8,10±0,40	0
70	30	совместный	7,03±0,35	0,52±0,03
70	30	раздельный	4,96±0,25	4,84±0,24

Примечание: значения представляют собой средние значения ± стандартное отклонение от среднего значения для группы $n = 5$. Средние значения в столбце без общей надстрочной буквы различаются ($p < 0,05$) по данным однофакторного дисперсионного анализа и теста Тьюки.

Таблица 7. Сравнительная характеристика сусла, приготовленного при совместной и раздельной подготовке ржи и жмыха черной смородины

Table 7. Comparative characteristics of wort made upon combined and separate preparation of rye and blackcurrant cake

Состав сырья в сусле, %		Способ подготовки сырьевых составляющих сусла	РСВ, %	Редуцирующие вещества, %		NH ₂ ⁺ , мг%	Вязкость, мПа·с	рН
Рожь	жмых			общие	раств.			
100	0	Контроль	21,0±1,0	15,6±0,7	15,1±0,6	43±4,5	31,5±1,5 ^a	5,4±0,2
70	30	совместный	17,2±0,7 ^a	12,3±0,6	11,8±0,5 ^a	83±4,5 ^a	109,5±5,1	4,2±0,1 ^a
70	30	раздельный	18,0±0,8 ^a	13,9±0,6	12,2±0,6 ^a	88±4,1 ^a	29,8±1,4 ^a	4,2±0,1 ^a

Примечание: значения представляют собой средние значения ± стандартное отклонение от среднего значения для группы n = 5. Средние значения в столбце без общей надстрочной буквы различаются (p < 0,05) по данным однофакторного дисперсионного анализа и теста Тьюки.

и арабиноксиланов [41,42]. Поэтому для улучшения реологических свойств ржаного сусла дозировка гемицеллюлаз был увеличена и составила 0,3 ед.КС/г крахмала (при совместной обработке пшеницы с черносмородиновым жмыхом — 0,6 ед.КС/г сырья). Процесс приготовления ржано-черносмородинового сусла осуществляли в соответствии с разработанным алгоритмом.

Полученные результаты подтвердили возможность использования черносмородинового жмыха в составе зерно-фруктового сусла, в котором основным сырьевым составляющим являются различные зерновые культуры, применяемые в спиртовом производстве. При этом также отмечено преимущество раздельной гидродинамической и ферментативной обработки сырья (ржи и жмыха): вязкость снизилась в 3,7 раза: с 109,5 до 29,8 мПа·с; увеличилось содержание общих редуцирующих углеводов с 12,3 до 13,9%; аминный азот остался практически на одном уровне.

В результате разработана процессуальная схема приготовления зерно-фруктового сусла с раздельной подготовкой сырьевых компонентов (Рисунок 3).

4. Выводы

Использование в составе сусла фруктово-ягодного сырья придает конечному продукту оригинальные вкус и аромат, но влечет за собой определенные сложности, связанные с его высокой кислотностью, с содержанием клетчатки и пектиновых веществ. В настоящей работе показана возможность комплексной переработки ягод черной смородины с получением ферментированного сока как дополнительной продукции, и жмыха — для использования в составе производственного зерно-фруктового сусла. Установлено, что полученный ферментированный жмых характеризовался наличием аминного азота и редуцирующих углеводов, ассимилируемых дрожжами, и полифенольных веществ, которые могут участвовать в формировании сенсорных показателей дистиллята.

Исследованы различные способы приготовления пшенично-черносмородинового сусла. Показано, что высокое содержание клетчатки (4,9 г/100 г) и повышенная кислотность (рН 3,0) в черносмородиновом жмыхе негативно сказались на реологических свойствах зерно-фруктового сусла, приготовленного при совместной

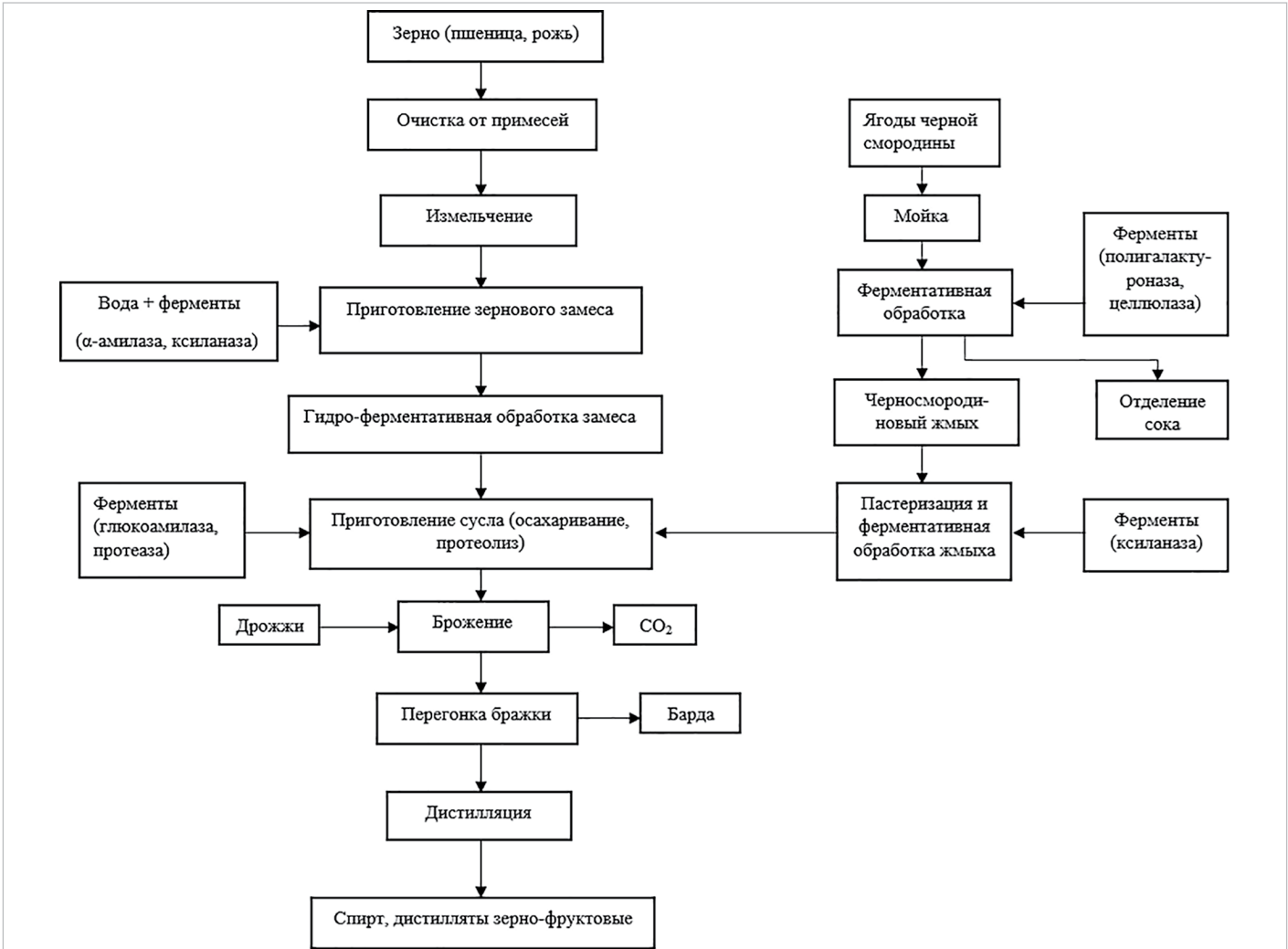


Рисунок 3. Схема приготовления зерно-фруктового сусла способом раздельной обработки зернового сырья и жмыха черной смородины на стадии замеса в технологии дистиллятов

Figure 3. Scheme of preparation of grain-fruit wort by the method of separate processing of grain raw materials and blackcurrant cake at the stage of batch in the technology of distillates

гидро-ферментативной обработке сырьевых компонентов. Введение черносмородинового жмыха на стадии приготовления замеса, разжижения и декстринизации крахмала привело к увеличению вязкости сусла практически в 3 раза и к снижению сбраживаемых углеводов по сравнению с аналогичными показателями в пшеничном сусле. Повышение дозировки ферментов гемицеллюлазного комплекса позволило снизить динамическую вязкость зерно-фруктового сусла с 30,6 до 13,0 мПа·с, но достичь показателей пшеничного сусла (11,6 мПа·с) не удалось. По сравнению с пшеничным суслом, в зерно-фруктовом более чем в 3 раза повышалось содержание аминного азота, но при этом снижалась концентрация редуцирующих углеводов. Анализ технологических свойств зерно-фруктового сусла показал, что наиболее рациональным режимом его приготовления из смеси пшеничного сырья и жмыха черной смородины являются следующие параметры: гидромодуль 1:3, удвоенная дозировка ферментов гемицеллюлазного действия (0,3 ед.КС/г сырья) по сравнению с нормами для зернового сусла, а также содержание жмыха не более 30%.

В результате сравнительных исследований выявлено преимущество раздельного приготовления сырьевых составляющих сусла: пшеничного замеса и ферментированного жмыха с последующим соединением на стадии осахаривания и протеолиза. При этом способе существенно снижалась вязкость сусла; увеличивалась концентрация общих и растворимых углеводов, изменялся углеводный профиль: в пшеничном сусле в составе моноуглеводов отмечено в основном присутствие глюкозы (8,10%); в зерно-фруктовом сусле при раздельной обработке компонентов несколько увеличилось общее количество моноуглеводов, в составе которых присутствовали глюкоза и фруктоза практически в равном соотношении.

Подтверждена принципиальная возможность использования черносмородинового жмыха в составе зерно-фруктового сусла, в котором основным сырьевым составляющим может являться не только широко применяемая в спиртовом производстве пшеница, но и рожь, относящаяся к трудно сбраживаемым видам зернового сырья [42]. При подготовке ржано-черносмородинового сусла также отмечено преимущество раздельной гидродинамической и ферментативной обработки сырья (ржи и жмыха): вязкость снизилась в 3,7 раза (с 109,5 до 29,8 мПа·с); увеличилось содержание редуцирующих углеводов. Полученные новые экспериментальные данные позволяют расширить научные знания в области гидроферментативной обработки зернового сырья и жмыха черной смородины для приготовления зерно-фруктового сусла.

Таким образом, установлено, что головные этапы переработки зернового и фруктово-ягодного сырья (очистка, измельчение, гидродинамическая и ферментативная обработка) целесообразно осуществлять раздельно с последующим их соединением для совместного осахаривания и протеолиза, сбраживания и дистилляции. Для проведения процессов последовательной переработки сырья разработана структурная схема раздельной подготовки сырьевых компонентов (зерна и жмыха черной смородины) в технологии зерно-фруктовых дистиллятов.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования фруктово-ягодного сырья в производстве спиртных напитков с оригинальными органолептическими характеристиками. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение особенностей метаболизма и генерации дрожжей при сбраживании зерно-фруктового сусла, в частности, на образование этанола и побочных продуктов брожения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Волкова, С. В., Яковлева, О. В. (2019). Оценка качества дистиллятов для производства виски из некоторых видов зернового сырья местной селекции. *Вестник Могилевского Государственного университета продовольствия*, 1(26), 77–83. [Volkova, S. V., Yakovleva, O. V. (2019). Assessment of the quality of distillates for the production of whisky from certain types of grain raw materials of local selection. *Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies*, 1(26), 77–83. (In Russian)]
- Абрамова, И. М., Головачева, Н. Е., Морозова, С. С. (2020). Исследование физико-химических показателей импортных виски. *Пищевая промышленность*, 3, 42–46. [Abramova, I. M., Golovacheva, N. E., Morozova, S. S. (2020). Research of physical and chemical indicators of imported whiskies. *Food Industry*, 3, 42–46. (In Russian)] <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10032>
- Серба, Е. М., Римарева, Л. В., Оверченко, М. Б., Игнатова, Н. И., Крючкова, Е. Р., Крыщенко, Ф. И. и др. (2023). Обоснование перспективы использования гречихи в производстве оригинальных спиртных напитков. *Пищевая промышленность*, 5, 45–47. [Serba, E. M., Rimareva, L. V., Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., Kryuchkova, E. R., Kryshchenko, F. I. et al. (2023). Biotechnological aspects of the use of buckwheat in the production of original alcoholic beverages. *Food Industry*, 5, 45–47. (In Russian)] <https://doi.org/10.56304/S0234275823020114>
- Oganesyants, L. A., Peschanskaya, V. A., Krikunova, L. N., Dubinina, E. V. (2019). Research of technological parameters and criteria for evaluating distillate production from dried Jerusalem artichoke. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 11(2), 185–196. <https://doi.org/10.34302/crpfst/2019.11.2.15>
- Римарева, Л. В., Крючкова, Е. Р., Серба, Е. М., Игнатова, Н. И., Погорельская, Н. С., Оверченко, М. Б. (2024). Биотехнологические аспекты переработки нетрадиционного зернового сырья для производства спиртных напитков. *Пищевая промышленность*, 4, 53–59. [Rimareva, L. V., Kryuchkova, E. R., Serba, E. M., Ignatova, N. I., Pogorzelskaya, N. S., Overchenko, M. B. (2024). Biotechnological aspects of processing non-traditional grain raw materials for the production of alcoholic beverages. *Food Industry*, 4, 53–59. (In Russian)] <https://doi.org/10.52653/PPI.2024.4.4.010>
- Абрамова, И. М., Туршатов, М. В., Соловьев, А. О., Никитенко, В. Д., Леденев, В. П., Кононенко, В. В. и др. (2023). О производстве этилового спирта и дистиллятов с использованием фруктового сырья совместно с зерновым. *Пищевая промышленность*, 5, 67–69. [Abramova, I. M., Turshatov, M. V., Solovuyov, A. O., Nikitenko, V. D., Ledenev, V. P., Kononenko, V. V. et al. (2023). On the production of ethyl alcohol and distillates using fruit raw materials together with grain. *Food Industry*, 5, 67–69. (In Russian)] <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.5.5.019>
- Головачева, Н. Е., Абрамова, И. М., Морозова, С. С. (2023). О возможности получения спиртных напитков на основе зернового и плодового сырья. *Пищевая промышленность*, 7, 18–23. [Golovacheva, N. E., Abramova, I. M., Morozova, S. S. (2023). About the possibility of obtaining alcoholic beverages based on grain and fruit raw materials. *Food Industry*, 7, 18–23. (In Russian)] <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.7.7.004>
- Римарева, Л. В., Серба, Е. М., Соколова, Е. Н., Игнатова, Н. И., Фурсова, Н. А. (2023). К вопросу целесообразности использования ягод черной смородины для получения оригинальных зерно-фруктовых дистиллятов. *Пищевая промышленность*, 5, 61–63. [Rimareva, L. V., Serba, E. M., Sokolova, E. N., Ignatova, N. I., Fursova, N. A. (2023). On the question of the expediency of using black currant berries to obtain original grain-fruit distillates. *Food Industry*, 5, 61–63. (In Russian)] <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.5.5.017>
- Marsol-Vall, A., Kortensniemi, M., Karhu, S. T., Kallio, H., Yang, B. (2018). Profiles of volatile compounds in blackcurrant (*Ribes nigrum*) cultivars with a special focus on the influence of growth latitude and weather conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(28), 7485–7495. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02070>
- Djordjević, B., Djurović, D., Zec, G., Dabić Zagorac, D., Natić, M., Meland, M. et al. (2022). Does shoot age influence biological and chemical properties in black currant (*Ribes nigrum* L.) cultivars? *Plants*, 11(7), Article 866. <https://doi.org/10.3390/plants11070866>
- Kowalski, R., Gustafson, E., Carroll, M., Gonzalez de Mejia, E. (2020). Enhancement of biological properties of blackcurrants by lactic acid fermentation and incorporation into yogurt: A review. *Antioxidant*, 9(12), Article 1194. <https://doi.org/10.3390/antiox9121194>
- Соколова, Е. Н., Курбатова, Е. И., Римарева, Л. В., Давыдкина, В. Е., Борщева, Ю. А. (2016). Биотехнологические аспекты направленной ферментативной деградации клеточных стенок растительного сырья для получения экстрактов с повышенным содержанием биологически ценных веществ в качестве компонентов функциональных напитков. *Вопросы питания*, 85(S2), 151. [Sokolova, E. N., Kurbatova, E. I., Rimareva, L. V., Davydkina, V. E., Borshcheva, Yu. A. (2016). Biotechnological aspects of targeted enzymatic destruction of cell walls of plant raw materials to obtain extracts with increased content of biologically valuable substances as components of functional drinks. *Problems of Nutrition*, 85(S2), 151. (In Russian)]
- Paunović, S. M., Mašković, P., Nikolić, M., Miletić, R. (2017). Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system. *Scientia Horticulturae*, 222, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2017.05.015>
- Тихонова, О. А., Шеленга, Т. В. (2019). Биологически активные вещества ягод черной смородины в условиях северо-запада России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 180(3), 50–58. [Tikhonova, O. A., Shelenga, T. V. (2019). Bioactive substances of black currant berries in the conditions of north-western Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 180(3), 50–58. (In Russian)] <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-50-58>
- Причко, Т. Г., Дрофичева, Н. В. (2019). Использование перспективных сортов смородины черной в формировании продуктов лечебно-профилактического назначения. *Инновации и продовольственная безопасность*, 4(26), 109–116. [Prichko, T. G., Droficheva, N. V. (2019). Use of perspective varieties of black currant in the formation of products of medicinal and preventive purpose. *Innovations and Food Safety*, 4(26), 109–116. (In Russian)] <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-26-4-109-116>
- Alba, K., MacNaughtan, W., Laws, A. P., Foster, T. J., Campbell, G. M., Kontogiorgos, V. (2018). Fractionation and characterisation of dietary fibre from blackcurrant pomace. *Food Hydrocolloids*, 81, 398–408. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.023>
- Тимушева, О. К., Сорокопудов, В. Н. (2023). Сравнительная оценка сортов смородины черной в условиях средней подзоны тайги Республики Коми. *Овощи России*, 3, 73–78. [Timusheva, O. K., Sorokopudov, V. N. (2023). Comparative evaluation of black currant subzone of the taiga of the Komi Republic. *Vegetable Crops of Russia*, 3, 73–78. (In Russian)] <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-73-78>
- Ejaz, A., Waliat, S., Afzaal, M., Saeed, F., Ahmad, A., Din, A. et al. (2023). Biological activities, therapeutic potential, and pharmacological aspects of blackcurrants (*Ribes nigrum* L.): A comprehensive review. *Food Science and Nutrition*, 11(10), 5799–5817. <https://doi.org/10.1002/fsn.3.3592>

19. Tian, Y., Laaksonen, O., Haikonen, H., Vanag, A., Ejaz, H., Linderborg, K. et al. (2019). Compositional diversity among blackcurrant (*Ribes nigrum*) cultivars originating from European countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(19), 5621–5635. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00033>
20. Акимов, М. Ю., Бессонов, В. В., Коденцова, В. М., Эллер, К. И., Вржесинская, О. А., Бекетова, Н. А. и др. (2020). Биологическая ценность плодов и ягод российского производства. *Вопросы питания*, 89(4), 220–232. [Akimov, M. Yu., Bessonov, V. V., Kodentsova, V. M., Eller, K. I., Vrzhesinskaya, O. A., Beketova, N. A. et al. (2020). Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*, 89(4), 220–232. (In Russian)] <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>
21. Cosmulescu, S., Trandafir, I., Nour, V. (2015). Mineral composition of fruit in black and red currant. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 6(1), 43–51.
22. Оганесянц, Л. А., Песчанская, В. А., Дубинина, Е. В., Трофимченко, В. А. (2017). Подбор рас дрожжей для сбраживания фруктовой мезги, предназначенной для дистилляции. *Пиво и напитки*, 6, 26–30. [Oganesyants, L. A., Peschanskaya, V. A., Dubinina, E. V., Trofimchenko, V. A. (2017). Yeast selection for fruit pulp fermentation for further distillation. *Beer and Beverages*, 6, 26–30. (In Russian)]
23. Kelanne, N., Yang, B., Liljenbäck, L., Laaksonen, O. (2020). Phenolic compound profiles in alcoholic black currant beverages produced by fermentation with saccharomyces and non-saccharomyces yeasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(37), 10128–10141. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03554>
24. Kelanne, N. M., Siegmund, B., Metz, T., Yang, B., Laaksonen, O. (2022). Comparison of volatile compounds and sensory profiles of alcoholic black currant (*Ribes nigrum*) beverages produced with *Saccharomyces*, *Torulasporea*, and *Metschnikowia* yeasts. *Food Chemistry*, 370, Article 131049. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131049>
25. Дрофичева, Н. В., Причко, Т. Г. (2018). Функциональные продукты питания с использованием компонентов вторичного сырья сокового производства. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 80(3), 134–139. [Droficheva, N. V., Prichko, T. G. (2018). Functional food products with components of secondary raw materials of juice production. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 80(3), 134–139. (In Russian)] <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-134-139>
26. Бакин, И. А., Мустафина, А. С., Вечтомова, Е. А., Колбина, А. Ю. (2017). Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий. *Техника и технология пищевых производств*, 45(2), 5–12. [Bakin, I. A., Mustafina, A. S., Vechtomova, E. A., Kolbina, A. Yu. (2017). The use of secondary resources of fruit raw material in technology of confectionery and bakery products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 45(2), 5–12. (In Russian)] <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-2-5-12>
27. Cho, J., Kim, H.-J., Kwon, J.-S., Kim, H.-J., Jang, A. (2021). Effect of marination with black currant juice on the formation of biogenic amines in pork belly during refrigerated storage. *Food Science of Animal Resources*, 41(5), 763–778. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e34>
28. Apak, R. (2019). Current issues in antioxidant measurement. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(33), 9187–9202. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03657>
29. Chitarrini, G., Debiassi, L., Stuffer, M., Ueberegger, E., Zehetner, E., Jaeger, H. et al. (2020). Volatile profile of mead fermenting blossom honey and honeydew honey with or without *ribes nigrum*. *Molecules*, 25(8), Article 1818. <https://doi.org/10.3390/molecules25081818>
30. Sommer, S., Hoffmann, J. L., Fraatz, M. A., Zorn, H. (2023). Upcycling of black currant pomace for the production of a fermented beverage with *Wolffiporia cocos*. *Journal of Food Science and Technology*, 60(4), 1313–1322. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05677-4>
31. Rimareva, L., Serba, E., Overchenko, M., Shelekhova, N., Ignatova, N., Pavlova, A. (2022). Enzyme complexes for activating yeast generation and ethanol fermentation. *Foods and Raw Materials*, 10(1), 127–136. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-1-127-136>
32. Серба, Е. М., Крючкова, Е. Р., Римарева, Л. В., Оверченко, М. Б., Игнатова, Н. И., Павленко, С. В. (2024). Исследование процессов метаболизма спиртовых дрожжей при сбраживании гречишно-кукурузного сусла. *Пищевые системы*, 7(1), 77–83. [Serba, E. M., Kryuchkova, E. R., Rimareva, L. V., Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., Pavlenko, S. V. (2024). Investigation of metabolic processes of alcohol yeast during the fermentation of buckwheat-corn wort. *Food Systems*, 7(1), 77–83. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-77-83>
33. Серба, Е. М., Соколова, Е. Н., Курбатова, Е. И., Волкова, Г. С., Борщева, Ю. А., Римарева, Л. В. (2018). Ферментативный катализ как эффективный способ извлечения биологически ценных веществ из облепихового сырья. *Вопросы питания*, 87(S5), 236–237. [Serba, E. M., Sokolova, E. N., Kurbatova, E. I., Volkova, G. S., Borsheva, Yu. A., Rimareva, L. V. (2018). Enzymatic catalysis as an effective way to extract biologically valuable substances from sea buckthorn raw materials. *Problems of Nutrition*, 87(S5), 236–237. (In Russian)] <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10347>
34. Серба, Е. М., Оверченко, М. Б., Игнатова, Н. И., Соколова, Е. Н., Курбатова, Е. И. (2013). Разработка национальных стандартов по методам определения активности ферментных препаратов. *Пищевая промышленность*, 7, 40–44. [Serba, E. M., Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., Sokolova, E. N., Kurbatova, E. I. (2013). Development of national standards on methods for determining the activity of enzyme preparations. *Food Industry*, 7, 40–44. (In Russian)]
35. Поляков, В. А., Абрамова, И. М., Полягина, Г. В., Римарева, Л. В., Корчагина, Г. Т., Пискарева, Е. Н. (2007). Инструкция по техно-химическому и микробиологическому контролю спиртового производства. М.: Дели Принт, 2007. [Polyakov, V. A., Abramova, I. M., Polygalina, G. V., Rimareva, L. V., Korchagina, G. T., Piskareva, E. N. Instruction on techno-chemical and microbiological control of alcohol production. Moscow: DeLi Print, 2007 (In Russian)]
36. Денисенко, Т. А., Вишник, А. Б., Цыганок, Л. П. (2015). Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием хлорида алюминия. 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу. *Аналитика и контроль*, 19(4), 373–380. [Denisenko, T. A., Vishnikin, A. B., Tsyganok, L. P. (2015). Spectrophotometric determination of sum of phenolic compounds in plants using aluminum chloride, 18-molybdo-diphosphate and Folin-Ciocalteu reagents. *Analytics and Control*, 19(4), 373–380. (In Russian)] <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>
37. Серба, Е. М., Оверченко, М. Б., Римарева, Л. В., Игнатова, Н. И., Орехова, А. Е., Павлова, А. А. (2020). Способы ферментативно-гидролитической подготовки зернового сусла для спиртового брожения. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*, 5, 52–56. [Serba, E. M., Overchenko, M. B., Rimareva, L. V., Ignatova, N. I., Orekhova, A. E., Pavlova, A. A. (2020). Fermentative hydrolytic preparation methods of cereal wort for alcohol fermentation. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 5, 52–56. (In Russian)] <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/5/52-56>
38. Серба, Е. М., Римарева, Л. В., Оверченко, М. Б., Игнатова, Н. И., Медриш, М. Э., Павлова, А. А. и др. (2021). Подбор мультиэнзимной композиции и условий подготовки концентрированного зернового сусла. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 11(3), 384–392. [Serba, E. M., Rimareva, L. V., Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., Medrish, M. E., Pavlova, A. A. et al. (2021). Selecting multi-enzyme composition and preparation conditions for strong wort. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 11(3), 384–392. (In Russian)] <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-3-384-392>
39. Общая фармакопейная статья: ОФС.1.2.3.0022.15 Определение аминного азота методами формольного и йодометрического титрования. Электронный ресурс <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia-projects/izdanie-13/1/1-2/1-2-3/1-2-3-22/?vers=778> Дата доступа: 24.04.2024. [General Pharmacopoeial Article: OFS.1.2.3.0022.15 Determination of amine nitrogen by formal and iodometric titration methods. Retrieved from <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia-projects/izdanie-13/1/1-2/1-2-3/1-2-3-22/?vers=778> Accessed April 24, 2024 (In Russian)]
40. Поляков, В. А., Абрамова, И. М., Медриш, М. Э., Гаврилова, Д. А., Павленко, С. В. (2017). Применение жидкостной хроматографии для исследования органических кислот и углеводов в сусле и бражке. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 20–23. [Polyakov, V. A., Abramova, I. M., Medrish, M. E., Gavrilova, D. A., Pavlenko, S. V. (2017). Application of high-performance liquid chromatography for research organic acids and carbohydrates in the wort and mash. *Storage and Processing of Farm Products*, 9, 20–23. (In Russian)]
41. Серба, Е. М., Абрамова, И. М., Римарева, Л. В., Оверченко, М. Б., Игнатова, Н. И., Грунин, Е. А. (2018). Влияние ферментных препаратов на технологические показатели зернового сусла и качество спирта. *Пиво и напитки*, 1, 50–54. [Serba, E. M., Abramova, I. M., Rimareva, L. V., Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., Grunin, E. A. (2018). Influence of enzymatic preparations on technological parameters of grain wort and quality of alcohol. *Beer and Beverages*, 1, 50–54. (In Russian)] <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2018-00002>
42. Абрамова, И. М., Римарева, Л. В., Туршатов, М. А. (2019) Исходные требования к качеству зернового сырья, обеспечивающие высокие показатели эффективности производства спирта. М.: Библио-Глобус, 2019. [Abramova, I. M., Rimareva, L. V., Turshatov, M. A. (2019). Initial requirements to the quality of grain raw materials ensuring high efficiency indicators of alcohol production. Moscow: Biblio-Globus, 2019. (In Russian)] <https://doi.org/10.18334/9785907063556>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Серба Елена Михайловна — доктор биологических наук, доцент, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 111033, Москва, Самокатная ул. 4-Б Тел.: +7-916-515-92-73 E-mail: serbae@mail.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1660-2634 * автор для контактов	Elena M. Serba , Doctor of Biological Sciences, Docent, Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Research, Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Center of Food, Biotechnology and Food Safety 4B, Samokatnaya str., 111033, Moscow, Russia Tel.: +7-916-515-92-73 E-mail: serbae@mail.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1660-2634 * corresponding author
Соколова Елена Николаевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 111033, Москва, Самокатная ул. 4-Б Тел.: +7-495-362-467-8 E-mail: elenaniksokolova@inbox.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6084-7786	Elena N. Sokolova , Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Center of Food, Biotechnology and Food Safety 4B, Samokatnaya str., 111033, Moscow, Russia Tel.: +7-495-362-46-78 Email address: elenaniksokolova@inbox.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6084-7786
Римарева Любовь Вячеславовна — доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, отдел биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 111033, Москва, Самокатная ул. 4-Б Тел.: +7-495-362-46-78 E-mail: lrimareva@mail.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3097-0836	Lyubov V. Rimareva , Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Center of Food, Biotechnology and Food Safety 4B, Samokatnaya str., 111033, Moscow, Russia Tel.: +7-495-362-46-78 E-mail: lrimareva@mail.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3097-0836
Ионов Владислав Виталиевич — инженер-технолог, отдел биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 111033, Москва, Самокатная ул. 4-Б Тел.: +7-495-362-46-78 E-mail: ionow.vlad2014@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7383-8707	Vladislav V. Ionov , Process Engineer, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Center of Food, Biotechnology and Food Safety 4B, Samokatnaya str., 111033, Moscow, Russia Tel.: +7-495-362-467-8 E-mail: ionow.vlad2014@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7383-8707
Игнатова Надежда Иосифовна — научный сотрудник, отдел биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 111033, Москва, Самокатная ул. 4-Б Тел.: +7-495-362-467-8 E-mail: ignatova59@list.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8416-7478	Nadezhda I. Ignatova , Research Assistant, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Center of Food, Biotechnology and Food Safety 4B, Samokatnaya str., 111033, Moscow, Russia Tel.: +7-495-3624678 E-mail: ignatova59@list.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8416-7478
Оверченко Марина Борисовна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, отдел биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 111033, Москва, Самокатная ул. 4-Б Тел.: +7-495-362-46-78 E-mail: mb_over@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0191-5897	Marina B. Overchenko , Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, Russian Research Institute of Food Biotechnology — Branch of Federal Research Center of Food, Biotechnology and Food Safety 4B, Samokatnaya str., 111033, Moscow, Russia Tel.: +7-495-362-46-78 E-mail: mb_over@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0191-5897
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.