

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ НАПИТКОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Светлана Павловна Меренкова, merenkovasp@susu.ru

Маргарита Алексеевна Резанова, rita.rez@mail.ru

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель научно-исследовательской работы – разработка технологических аспектов получения ферментированных напитков антиоксидантной направленности на основе зернового сырья. Объектами исследований являлись образцы растительных напитков на основе зерна ячменя. Для микробной ферментации напитков использовали пробиотические закваски, выпускаемые ООО «Пропионикс»: концентрированную микробную массу штамма *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermanii* КМ 186 и бактериальный концентрат *Bifidobacterium longum* В 379М. Установлено, что наиболее интенсивно активная кислотность снижалась через 6–8 часов ферментации и достигала через 10 часов значений 4,38–4,60. Пропионовокислые бактерии наиболее интенсивно накапливают кислотность как при индивидуальном применении, так и в синергизме с бифидобактериями. Процесс ферментации оказал значительное влияние на изменение структуры растительных напитков. При сквашивании комбинированной закваской вязкость напитков возросла на 53,4 % относительно вязкости неферментированных напитков. Наблюдаемые закономерности связаны с синергетическим действием микроорганизмов в направлении гидролиза структурных полисахаридов и синтеза экзополисахаридов. Наибольшая концентрация полифенольных соединений установлена в напитках, ферментированных *Propionibacterium freudenreichii* (1,26 мг-GAE/мл) и комбинацией *Propionibacterium freudenreichii* и *Bifidobacterium longum* (1,24 мг-GAE/мл). Антиоксидантная активность напитков на основе зерна ячменя находилась в пределах 71,0–100,7 %. Выявлена закономерность возрастания ДНПП активности напитков, ферментированных микроорганизмами, на 20,4–41,8 %. Установлено, что при сквашивании растительного сырья микроорганизмами наблюдается возрастание содержания сухих веществ в напитках на 14,5–28,5 %, белковых компонентов – на 21,7–28,3 % относительно неферментированного напитка. В научном исследовании были обоснованы технологические параметры получения ферментированных напитков на основе зерна ячменя. Установлено, что ферментация напитков пробиотическими культурами микроорганизмов положительно влияет на формирование структуры и пищевой ценности продукта, эффективно увеличивает антиоксидантную активность и содержание полифенольных соединений

Ключевые слова: зерно ячменя, микробная ферментация, пропионовокислые и бифидобактерии, вязкость, полифенольные соединения, антиоксидантная активность

Для цитирования: Меренкова С.П., Резанова М.А. Технологические аспекты получения ферментированных напитков антиоксидантной направленности на основе зернового сырья // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 1. С. 76–85. DOI: 10.14529/food220109

Original article

DOI: 10.14529/food220109

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCING FERMENTED BEVERAGES WITH ANTIOXIDANT PROPERTIES BASED ON GRAIN RAW MATERIALS

Svetlana P. Merenkova, *merenkovasp@susu.ru***Margarita A. Rezanova**, *rita.rez@mail.ru**South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

Abstract. The purpose of the research work was to develop technological aspects of producing fermented beverages with antioxidant properties based on grain raw materials. The objects of research were samples of beverages based on barley grain. Probiotic starter cultures produced by Propionix LLC were used for microbial fermentation of plant beverages: concentrated microbial mass of the *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermanii* KM 186 and bacterial concentrate *Bifidobacterium longum* B379M. It was found that the most intensively active acidity decreased after 6–8 hours of fermentation and reached values of 4.38–4.60 after 10 hours. Moreover, propionic acid bacteria accumulate acidity most intensively, both with individual use and in synergy with bifidobacteria. During fermenting with a combined starter culture, the viscosity of beverages increased by 53.4 % relative to the viscosity of the unfermented barley beverages. The observed patterns are associated with the synergistic action of microorganisms towards the hydrolysis of structural polysaccharides and the synthesis of exopolysaccharides. The highest concentration of polyphenolic compounds was found in beverages fermented with *Propionibacterium freudenreichii* (1.26 mg-GAE/ml) and with a combination of *Propionibacterium freudenreichii* and *Bifidobacterium longum* (1.24 mg-GAE/ml). The antioxidant activity of barley beverages was in the range of 71.0–100.7 %. The regularity of the increase in DHPPI activity of beverages fermented with microorganisms by 20.4–41.8 % was revealed. It has been established that during the fermentation of plant beverages by microorganisms, an increase in the content of dry substances by 14.5–28.5 %, protein components – by 21.7–28.3 % is observed relative to the unfermented beverages. In a scientific study, the technological parameters of obtaining fermented beverages based on barley grain were substantiated. It has been established that fermentation of beverages with probiotic microorganisms has a positive effect on the formation of the structure and nutritional value of the product, effectively increases the antioxidant activity and the content of polyphenolic compounds.

Keywords: barley grain, microbial fermentation, propionic acid and bifidobacteria, viscosity, polyphenolic compounds, antioxidant activity

For citation: Merenkova S.P., Rezanova M.A. Technological aspects of producing fermented beverages with antioxidant properties based on grain raw materials. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 76–85. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220109

Введение

Рынок напитков – заменителей молока интенсивно развивается, совершенствуются новые технологии, применяются новые виды сырьевых компонентов [1, 2]. Для получения продуктов питания с функциональными свойствами перспективно применение зернового сырья. Зерновые культуры обладают уникальным сочетанием нутриентов, содержат биологически активные вещества, которые обладают доказанными физиологическими эффектами, – иммуномодулирующими, антиоксидантными, профилактическими

свойствами в отношении ряда заболеваний [3, 4].

Растительные заменители молока – это полидисперсные системы, стабилизаторами которых являются коллоидные формы белков и полисахаридов. Устойчивость систем обеспечивается степенью дисперсности растворимых компонентов, функциональными свойствами белков. Актуальным является применение современных принципов стабилизации многокомпонентных пищевых систем растительных напитков, в том числе на основе биотехнологических подходов [5, 6].

Ферментация растительной основы заменителей молока пробиотическими культурами микроорганизмов позволяет модифицировать структуру макромолекул пищевой системы, повышать их биодоступность, физиологическую ценность, изменять потребительские свойства продукта. Научно обосновано протекторное действие ферментированных растительных продуктов в отношении патологий печени, пищеварительного тракта, дисбактериоза, гипергликемии и ожирения; доказаны их иммуностимулирующие, противовоспалительные и пробиотические свойства [3, 7–10].

Целью научно-исследовательской работы являлась разработка технологических аспектов получения ферментированных напитков антиоксидантной направленности на основе зернового сырья.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследований служили зерна ячменя голозерного сорта «Нургуш», выращенные в условиях Уральского региона, урожай 2021 года.

На основе зернового сырья была получена растительная основа методом мокрого измельчения.

Для микробной ферментации растительных напитков использовали пробиотические закваски, выпускаемые ООО «Пропионикс» (г. Москва):

- «Пропионикс» – концентрированная микробная масса штамма *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* KM 186 с активностью 10^{10} – 10^{11} КОЕ/см³;
- бактериальный концентрат *Bifidobacterium longum* В 379М с активностью 10^{11} – 10^{12} КОЕ/см³.

Бактериальный концентрат вносили в объеме 2 % от общего объема растительного напитка.

Объектами исследований являлись образцы растительных напитков на основе зернового сырья. Всего в зависимости от вида зернового сырья и применяемого штамма микроорганизмов было изготовлено 4 образца напитков (по 5 повторов для каждого образца) (табл. 1).

В полученных образцах были определены показатели, характеризующие интенсивность процессов, протекающих при ферментации растительных напитков: активная кислотность (уровень pH); динамическая вязкость, уровень антиоксидантной активности и содержание полифенольных компонентов; содержание сухих веществ и белковых компонентов.

Активную кислотность образцов определяли методом погружения портативного pH метра в систему напитка, измерение проводили в течение 2 мин. Исследовали динамику уровня pH каждые 2 часа в процессе сквашивания напитков. Степень накопления молочной кислоты в образцах определяли титриметрическим методом и последующим перерасчетом на концентрацию молочной кислоты (г%).

Динамическую вязкость образцов растительных напитков определяли с использованием вибрационного анализатора вязкости SV AND камертонного типа. Измерение проводилось в течение 60,0 с – при различных

Таблица 1

Компонентный состав образцов напитков

Наименование растительной основы и бактериального концентрата образца	Количество растительной основы, %	Количество концентрата <i>Bifidobacterium longum</i> , %	Количество концентрата <i>Propionibacterium freudenreichii</i> , %
Ячмень (контроль) ¹	100	–	–
Ячмень Bif ²	100	2	–
Ячмень Pr ³	100	–	2
Ячмень Bif+Pr ⁴	100	1	1

¹ Напиток на основе зерна ячменя, без ферментации.

² Напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Bifidobacterium longum*.

³ Напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Propionibacterium freudenreichii*

⁴ Напиток на основе зерна ячменя, ферментированный комбинацией *Bifidobacterium longum* и *Propionibacterium freudenreichii*.

температурных диапазонах: $(22,0 \pm 2,0)$ °C и $(4,0 \pm 2,0)$ °C.

Общую антиоксидантную активность определяли методом DPPH (%). Экстракт напитка смешивали с раствором DPPH (раствор 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), инкубировали в темноте в течение 30 мин. Оптическую плотность измеряли спектрофотометрически при 515 нм [11, 12].

Общее количество полифенольных соединений определяли в этанольном экстракте напитка с использованием реактива Фолина-Чокальтеу. Оптическую плотность устанавливали при 700 нм с использованием спектрофотометра Jenway. В качестве стандарта использовали галловую кислоту, результаты выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты (мг ГАЕ/г) [13].

Концентрацию сухих веществ в системе ферментированных напитков определяли с использованием рефрактометра лабораторного. Массовую долю белка определяли микрометодом Кьельдаля, предварительно сжигая заданный объем напитка концентрированной кислотой и последующим обесцвечиванием перекисью водорода, затем определяли оптическую плотность полученного раствора на фотоколориметре.

Результаты исследований и обсуждение

С учетом цели, поставленной при выполнении научно-исследовательской работы, была разработана аппаратурно-технологическая схема получения ферментированных напитков на основе зерна ячменя с обоснованными параметрами отдельных производственных этапов (рис. 1).

Технологические процессы получения растительной основы на основе зерновых культур подробно описаны в предыдущих исследованиях [14]. Ферментация растительного молока проводилась после предварительной тепловой обработки при следующих режимах: температура (38 ± 2) °C, продолжительность 8–10 часов до достижения активной кислотности не менее 4,6. Полученные ферментированные продукты охлаждали до $t(4 \pm 2)$ °C и хранили в течение 48 часов до проведения исследований.

В период ферментации растительной основы протекает комплекс биохимических, микробиологических, коллоидных процессов, уровень интенсивности которых значительно влияет на потребительские свойства конечного продукта. Накопление кислотности в про-

цессе ферментации микроорганизмами – это значимый технологический фактор, который влияет на ингибирование размножения санитарно-показательной микрофлоры в пищевой системе; пролонгирует сроки хранения, позволяет сформировать характерный вкусоароматический профиль напитков [15, 16].

В исследуемых образцах напитков в период сквашивания наблюдали постепенный сдвиг уровня pH в кислую сторону. Наиболее интенсивно активная кислотность снижалась через 6–8 часов ферментации и достигала через 10 часов значений 4,38–4,60. Установлено, что пропионовокислые бактерии в процессе жизнедеятельности наиболее эффективно накапливают кислотность как при индивидуальном применении, так и в синергизме с бифидобактериями. Наблюдалось активное накопление молочной кислоты в образцах на конечном этапе ферментации. Установлено, что концентрация молочной кислоты в экспериментальных образцах напитков через 10 часов ферментации была в 4–6 раз выше по сравнению с контрольным образцом (рис. 2).

При анализе реологических характеристик отмечена достаточно вязкая консистенция ферментированных напитков на основе зерна ячменя ($2,3\text{--}3,4$ мПа*s). Полученные результаты обоснованы, так как в составе оболочек ячменя содержатся нерастворимые структурные полисахариды, а в эндосперме установлено значительное количество слизиобразующих веществ, состоящих из пентозанов (арабинокислоты) и растворимого β-глюкана, который легко набухает в воде, образуя слабвязкие студни. Некрахмальные полисахариды ячменя при комнатной температуре поглощают до 800,0 % воды, образуя вязкие растворы. β-глюкан не образует кристаллические формы, что обуславливает его хорошую растворимость в воде и легкую гидролизуюемость ферментами [17–19].

Причем процесс ферментации оказал значительное влияние на изменение реологических характеристик растительных напитков. Так, при сквашивании комбинированной закваской (*Bifidobacterium longum* и *Propionibacterium freudenreichii*) вязкость экспериментальных образцов увеличилась на 53,4 % относительно вязкости неферментированного образца. Наблюдаемые закономерности связаны с синергетическим действием микроорганизмов разных групп в направлении гидролиза структурных полисахаридов и

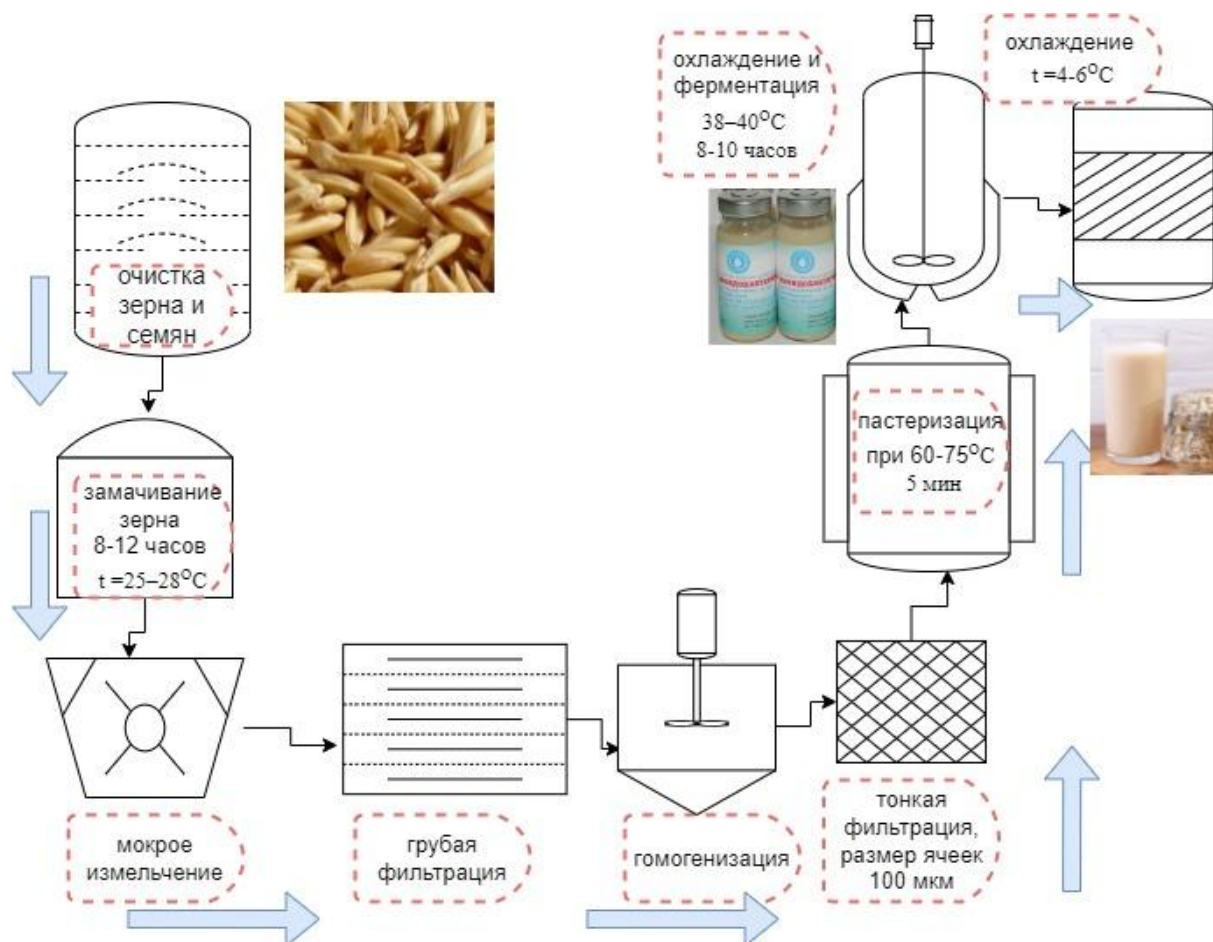


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема производства ферментированных напитков на основе зернового сырья

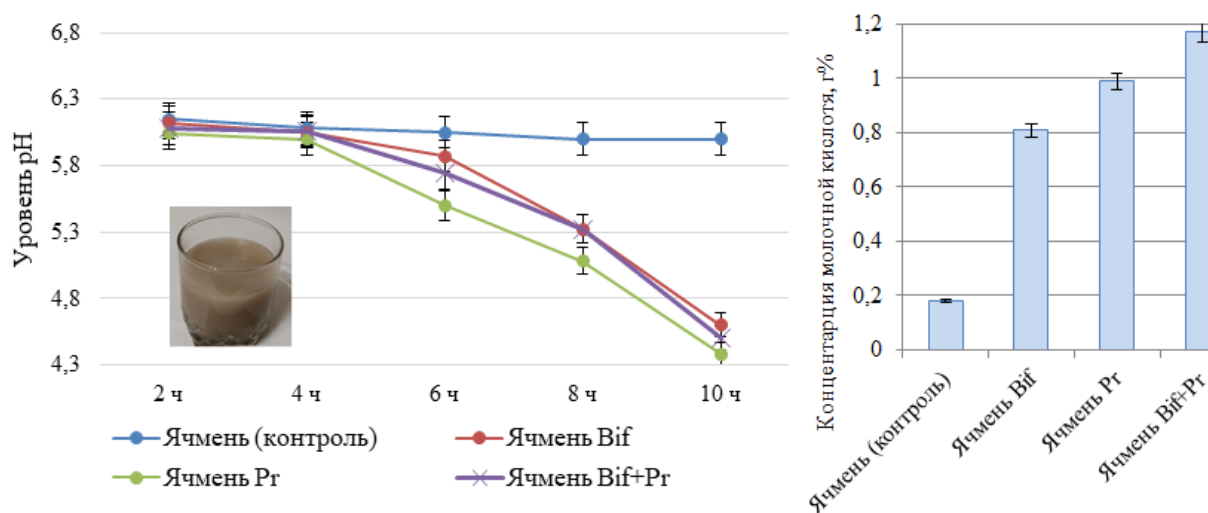


Рис. 2. Динамика активной кислотности напитков в процессе ферментации и уровень накопления молочной кислоты

Ячмень (контроль) – напиток на основе зерна ячменя, без ферментации; Ячмень Bif – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Bifidobacterium longum*; Ячмень Pr – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Propionibacterium freudenreichii*; Ячмень Bif+Pr – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный комбинацией *Bifidobacterium longum* и *Propionibacterium freudenreichii*

синтеза экзополисахаридов в пищевой системе напитка. При снижении температуры образцов до $(4,0 \pm 2,0)^\circ\text{C}$ их вязкость закономерно возросла в 1,5–1,8 раз вследствие усиления сил взаимодействия между макромолекулами пищевой матрицы (рис. 3).

При исследовании параметров физиологической ценности ферментированных напитков был проведен анализ показателей, характеризующих антиоксидантную активность и содержание полифенольных соединений. Установлено, что ДНРРП активность напитков на основе зерна ячменя находилась в пределах 71,0–100,7 %. При сравнительном анализе была выявлена закономерность возрастания антиоксидантной активности ферментированных пробиотическими микроорганизмами на-

питков на 20,4–41,8 % относительно напитков, не подвергнутых ферментации (рис. 4).

Активность молочнокислых микроорганизмов в пищевой системе связана не только с подкислением среды, но и с рядом ферментативных процессов, что приводит к эффективному протеолизу, увеличению концентрации потенциально биоактивных пептидов, а также высвобождению активных форм полифенольных соединений.

Полифенолы признаны ценными пищевыми метаболитами с высокой антиоксидантной активностью, которые играют ключевую роль в лечении и профилактике ряда патологий. В нашем эксперименте наибольшая концентрация полифенольных соединений установлена в напитках, ферментированных

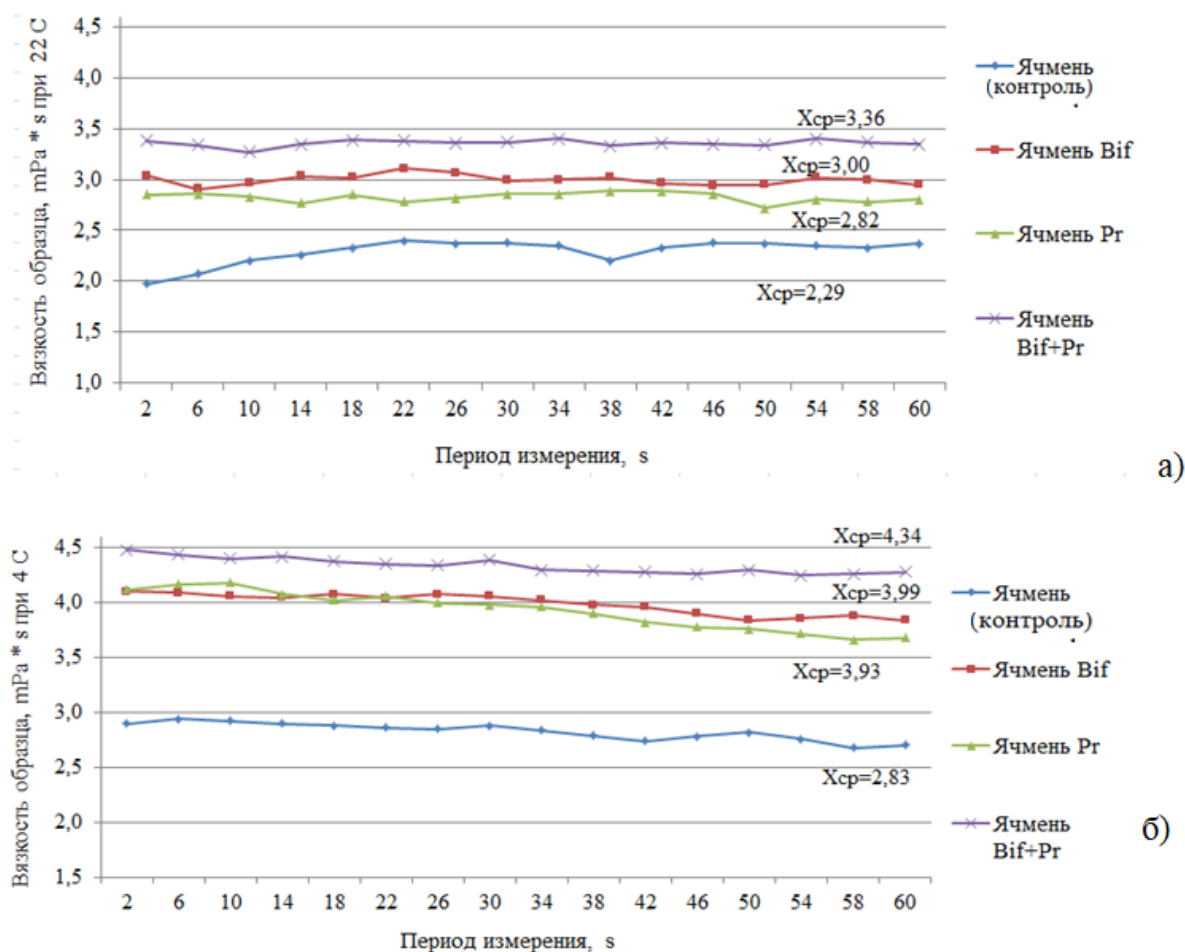


Рис. 3. Динамика вязкости ферментированных напитков: а) при температуре $(22,0 \pm 2,0)^\circ\text{C}$; б) при температуре $(4,0 \pm 2,0)^\circ\text{C}$

Ячмень (контроль) – напиток на основе зерна ячменя, без ферментации; Ячмень Bif – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Bifidobacterium longum*; Ячмень Pr – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Propionibacterium freudenreichii*; Ячмень Bif+Pr – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный комбинацией *Bifidobacterium longum* и *Propionibacterium freudenreichii*

Propionibacterium freudenreichii (1,26 мг-GAE/мл) и комбинацией *Propionibacterium freudenreichii* и *Bifidobacterium longum* (1,24 мг-GAE/мл).

О влиянии ферментации на содержание полифенолов в ферментированных растительных продуктах сообщалось в многочисленных исследованиях. Молочнокислые микроорганизмы способствуют увеличению растворимости и экстрагируемости полифенольных соединений. Ферментативные процессы, протекающие при созревании напитков, способствуют высвобождению полифенолов из глико-

зилированных белковых комплексов [10, 20].

Научными исследованиями установлено возрастание содержания питательных компонентов при ферментации растительного сырья молочнокислыми микроорганизмами [20, 21]. В эксперименте наблюдалось увеличение концентрации макроэлементов в ферментированных ячменных напитках на 14,5–28,5 % относительно контрольного образца. Наблюдаемая тенденция связана с интенсивным накоплением продуктов жизнедеятельности пробиотических микроорганизмов в пищевой системе напитка (табл. 2).

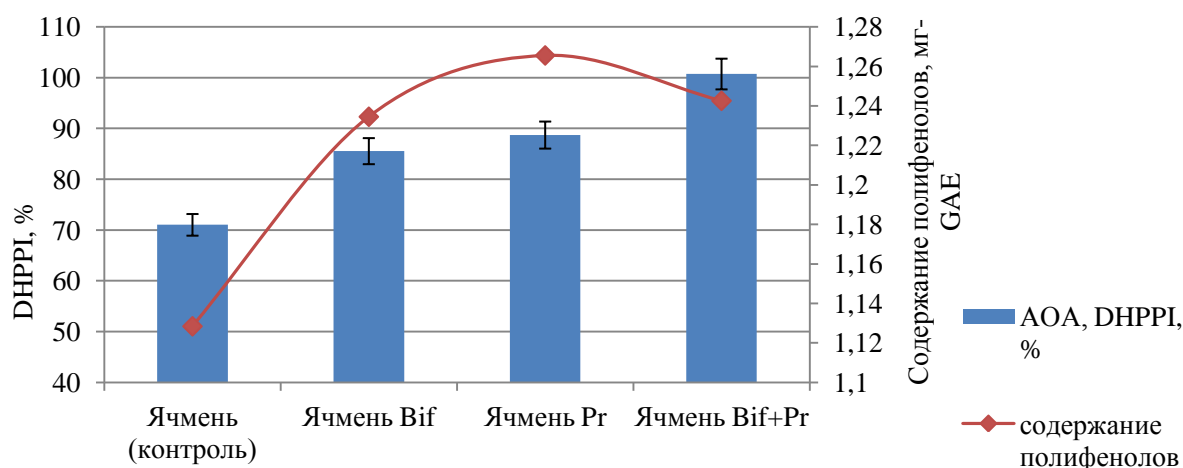


Рис. 4. Результаты исследования антиоксидантной активности и содержания полифенолов в образцах ферментированных напитков

Ячмень (контроль) – напиток на основе зерна ячменя, без ферментации; Ячмень Bif – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Bifidobacterium longum*; Ячмень Pr – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Propionibacterium freudenreichii*; Ячмень Bif+Pr – напиток на основе зерна ячменя, ферментированный комбинацией *Bifidobacterium longum* и *Propionibacterium freudenreichii*

Таблица 2
Результаты исследований содержания макроэлементов в составе сухих веществ в образцах растительных напитков

Наименование показателя	Наименование растительной основы и бактериального концентрата образца			
	Ячмень (контроль) ¹	Ячмень Bif ²	Ячмень Pr ³	Ячмень Bif+Pr ⁴
Массовая доля сухих веществ, %	3,86 ± 0,06	4,42 ± 0,07	4,96 ± 0,07	4,68 ± 0,08
В том числе:				
массовая доля белка, %	1,38 ± 0,02	1,67 ± 0,03	1,77 ± 0,04	1,68 ± 0,04
массовая доля углеводов, %	1,89 ± 0,04	2,16 ± 0,04	2,56 ± 0,05	2,38 ± 0,05

¹ Напиток на основе зерна ячменя, без ферментации.

² Напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Bifidobacterium longum*.

³ Напиток на основе зерна ячменя, ферментированный *Propionibacterium freudenreichii*.

⁴ Напиток на основе зерна ячменя, ферментированный комбинацией *Bifidobacterium longum* и *Propionibacterium freudenreichii*.

Заключение

При выполнении научно-исследовательской работы были обоснованы технологические параметры получения ферментированных напитков на основе зерна ячменя. В ходе исследований установлено, что ферментация растительных напитков пробиотическими культурами микроорганизмов положительно влияет на формирование консистенции и пищевой ценности продукта, эффективно увеличивает антиоксидантную ак-

тивность и содержание полифенольных соединений.

Результаты научного исследования позволяют заключить, что предлагаемые решения для ферментативной обработки зерновой основы штаммами пропионовокислых и бифидобактерий позволяют получить растительные напитки с высокой антиоксидантной активностью, востребованные как лицами с непереносимостью молочных компонентов, так и остальными группами населения.

Список литературы

1. Как развивается рынок растительных аналогов молока? // Milknews: Новости и аналитика молочного рынка. URL: <https://milknews.ru> (дата обращения: 15.12.2021).
2. Чуракова А.С. Растительное молоко как современная альтернатива животному молоку: изучение рынка, преимущества для потребителя, технология производства. // Конкурентоспособность территорий: материалы XXIV Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. В 4-х частях / отв. за выпуск Я.П. Силин, В.Е. Ковалев. Екатеринбург, 2021. С. 113–115.
3. Merenkova S., Zinina O., Kretova Yu. Microbial Fermentation of Grain Raw Materials. Prospects for Food Technology: an Analytical Review // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9, № 2. С. 5–15. DOI: 10.14529/food210201.
4. Медведев О.С. Растительные заменители молока: особенности, преимущества, использование в питании / О.С. Медведев, Н.А. Медведева // Вопросы диетологии. 2018. Т. 8. № 1. С. 52–58.
5. Егорова Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3. С. 25–34.
6. Samofalova L.A., Safronova O.V. Analysis of physical and chemical foundations of plantbased milk substitutes technology // Technology and commodity science of innovative food products. 2016. № 2 (37). P. 60–64.
7. Кригер О.В. Научные и практические аспекты получения ферментированных напитков // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2017. № 1. С. 65–66.
8. Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume / M. Chavan, Y. Gat, M. Harmalkar, R. Waghmare // LWT – Food Science and Technology. May 2018. V. 91. P. 339–344. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.070.
9. Health beneficial properties of a novel plant-based probiotic drink produced by fermentation of brown rice milk with GABA-producing *Lactobacillus pentosus* isolated from Thai pickled weed / S. Kittibunchakul, N. Yuthaworawit, K. Whanmek et al. // Journal of Functional Foods. 2021. V. 86. P. 104710. DOI: 10.1016/j.jff.2021.104710.
10. Impacts of selected lactic acid bacteria strains on the aroma and bioactive compositions of fermented gilaburu (*Viburnum opulus*) juices / O. Sevindik, G. Guclu, B. Agirman et al. // Food Chemistry. 2022. V. 378. P. 132079. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132079.
11. Sui X., Bary S., Zhou W. Changes in the color, chemical stability and antioxidant capacity of thermally treated anthocyanin aqueous solution over storage // Food Chemistry. 2016. Vol. 192. P. 516–524.
12. Влияние процесса инкапсуляции на сохранение антиоксидантных свойства флавоноидов / Р.И. Фаткуллин, А.К. Васильев, И.В. Калинина и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9, № 1. С. 38–47. DOI: 10.14529/food210105
13. Holtekjolen A.K., Kinitz C., Knutsen S.H. Flavanol and bound phenolic acid contents in different barley varieties // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006. V. 54. № 6. P. 2253–2260. DOI: 10.1021/jf052394.

14. Меренкова С.П., Тесалова Д.Г. Анализ эффективности методов экстракции для получения растительных напитков с оптимальными свойствами // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9, № 1. С. 48–56. DOI: 10.14529/food210106.
15. Функ И.А., Иркитова А.Н. Биотехнологический потенциал бифидобактерий // Acta biologica sibirica. 2016. № 4. С. 67–79.
16. Changes of probiotic fermented drink obtained from soy and rice byproducts during cold storage / K.K.F. Dourado Costa, M. Soares Soares Júnior, S. Inês Rodrigues Rosa et al. LWT. 2017. Vol. 78. P. 23–30. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.017.
17. Шулепова О.В., Санникова Н.В., Ковалева О.В. Оценка биохимического состава зерна различных сортов ярового ячменя в зависимости от предпосевной обработки в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (64). С. 63–69.
18. Хоконова М.Б. Повышение проницаемости оболочек ячменя // Наука. Исследования. Практика: сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции. СПб., 2020. С. 79–81.
19. Garkina P.K., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Control of technological properties of unmalted grain raw materials // Innovative machinery and technology. 2018. № 4 (17). P. 9–19.
20. Preparation and characterization of novel flaxseedoil cake yogurt-like plant milk fortified with inulin / Ł. Łopusiewicz, E. Drożdowska, P. Siedlecka et al. // J. Food Nutr. Res. 2020. № 59. P. 61–70.
21. Development, characterization, and bioactivity of non-dairy kefir-like fermented beverage based on flaxseed oilcake. / Ł. Łopusiewicz, E. Drożdowska, P. Siedlecka et al. // Foods 2019. № 8. P. 544. DOI: 10.3390/foods8110544

References

1. How is the market of vegetable milk analogues developing? *Milknews: News and analytics of the dairy market*. (In Russ.) URL: <https://milknews.ru> (accessed: 12/15/2021).
2. Churakova A.S. Vegetable milk as a modern alternative to animal milk: market research, consumer benefits, production technology. *Competitiveness of territories. Materials of the XXIV All-Russian Economic Forum of Young Scientists and Students*. In 4 parts. For the issue of Ya.P. Silin, V.E. Kovalev. Yekaterinburg, 2021, pp. 113–115. (In Russ.)
3. Merenkova S., Zinina O., Kretova Yu. Microbial Fermentation of Grain Raw Materials. Prospects for Food Technology: an Analytical Review. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 5–15. DOI: 10.14529/food210201.
4. Medvedev O.S., Medvedeva N.A. Vegetable milk substitutes: features, advantages, use in nutrition. *Issues of Dietology*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 52–58. (In Russ.)
5. Egorova E.Yu. “Non-dairy milk”: review of raw materials and technologies. *Polzunovsky Bulletin*, 2018, no. 3, pp. 25–34. (In Russ.)
6. Samofalova L.A., Safronova O.V. Analysis of physical and chemical foundations of plantbased milk substitutes technology. *Technology and commodity science of innovative food products*, 2016, no. 2 (37), pp. 60–64.
7. Krieger O.V. Scientific and practical aspects of obtaining fermented drinks. *Actual issues of the beverage industry*, 2017, vol. 1, pp. 65–66. (In Russ.)
8. Chavan M., Gat Y., Harmalkar M., Waghmare R. Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume. *LWT – Food Science and Technology*, May 2018, vol. 91, pp. 339–344. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.070.
9. Kittibunchakul S., Yuthaworawit N., Whanmek K., Suttisansanee U., Santivarangkna Ch. Health beneficial properties of a novel plant-based probiotic drink produced by fermentation of brown rice milk with GABA-producing *Lactobacillus pentosus* isolated from Thai pickled weed. *Journal of Functional Foods*, 2021, vol. 86. 104710. DOI: 10.1016/j.jff.2021.104710.
10. Sevindik O., Guclu G., Agirman B., Selli S., Kadiroglu P., Bordiga M., Capanoglu E., Kelebek H. Impacts of selected lactic acid bacteria strains on the aroma and bioactive compositions of fermented gilaburu (*Viburnum opulus*) juices. *Food Chemistry*, 2022, vol. 378. 132079. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132079.

11. Sui X., Bary S., Zhou W. Changes in the color, chemical stability and antioxidant capacity of thermally treated anthocyanin aqueous solution over storage. *Food Chemistry*, 2016, vol. 192, pp. 516–524.
12. Fatkullin R.I., Vasiliev A.K., Kalinina I.V., Bryzgalova A.D., Semizdrlov I.A. Effect of the Encapsulation Process on the Preservation of the Antioxidant Properties of Flavonoids. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 38–47. (In Russ.) DOI: 10.14529/food210105.
13. Holtekjolen A.K., Kinitz C., Knutsen S.H. Flavanol and bound phenolic acid contents in different barley varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, vol. 54, no. 6, pp. 2253–2260. DOI: 10.1021/jf052394.
14. Merenkova S.P., Tesalova D.G. Analysis of the Extraction Methods Effectiveness for Obtaining Plant-Based Beverages with Optimal Properties. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 48–56. (In Russ.) DOI: 10.14529/food210106
15. Funk I.A., Irkitov A.N. Biotechnological potential of bifidobacteria. *Acta biologica sibirica*, 2016, vol. 4, pp. 67–79. (In Russ.)
16. Dourado Costa K.K.F., M. Soares Soares Júnior, S. Inês Rodrigues Rosa, M. Caliari, T. Colombo Pimentel. Changes of probiotic fermented drink obtained from soy and rice byproducts during cold storage. *LWT*, 2017, vol. 78, pp. 23–30. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.017.
17. Shulepova O.V., Sannikova N.V., Kovaleva O.V. Evaluation of the biochemical composition of grain of various varieties of spring barley depending on the pre-sowing treatment in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*, 2021, vol. 1, no. 64, pp. 63–69. (In Russ.)
18. Khokonova M.B. Increasing the permeability of barley shells. *Science. Research. Practice. Collection of selected articles based on materials of the International Scientific Conference*. St. Petersburg, 2020, pp. 79–81. (In Russ.)
19. Garkina P.K., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Control of technological properties of unmalted grain raw materials. *Innovative machinery and technology*, 2018, vol. 4, no. 17, pp. 9–19. (In Russ.)
20. Łopusiewicz Ł., Drozłowska E., Siedlecka P., Mężyńska M., Bartkowiak A. Preparation and characterization of novel flaxseedoil cake yogurt-like plant milk fortified with inulin. *J. Food Nutr. Res.*, 2020, no. 59, pp. 61–70.
21. Łopusiewicz Ł., Drozłowska E., Siedlecka P., Mężyńska M., Bartkowiak A., Sienkiewicz M., Zielińska-Bliźniewska H., Kwiatkowski P. Development, characterization, and bioactivity of non-dairy kefir-like fermented beverage based on flaxseed oilcake. *Foods*, 2019, no. 8, p. 544. DOI: 10.3390/foods8110544

Информация об авторах

Меренкова Светлана Павловна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, merenkovasp@susu.ru

Резанова Маргарита Алексеевна, студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, rita.rez@mail.ru

Information about the authors

Svetlana P. Merenkova, candidate of Veterinary Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, merenkovasp@susu.ru

Margarita A. Rezanova, student, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, rita.rez@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.12.2021

The article was submitted 12.12.2021