



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Светлана Павловна Меренкова ¹, Оксана Владимировна Зинина ²

^{1,2} Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

¹ merenkovasp@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8795-1065>

² zininaov@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3729-1692>

Аннотация. Применение микроэмульсий (МЭ), стабилизированных микрокристаллической целлюлозой (МКЦ) в составе растительных заменителей молока, предполагает широкий спектр положительных эффектов, включая повышение пищевой ценности, улучшение коллоидной стабильности напитка. Целью данного исследования являлось изучение структуры и микробиологических показателей растительных ферментированных напитков, приготовленных на основе семян конопли, стабилизированных микроэмульсией. При микроскопии во всех образцах напитков с микроэмульсией четко видно равномерное распределение частиц клеточных стенок семян конопли и мелких капель жира с адсорбированными на поверхности волокнами. Многочисленные волокна микроцеллюлозы формируют коллоидную матрицу на поверхности раздела фаз вода–масло, что препятствует коалесценции капель масла. При внесении в напитки МЭ стабилизированной МКЦ отмечается значительное увеличение вязкости напитков по сравнению с контрольным неферментированным образцом, до 3,89 мПа·с. Ферментация растительной основы обусловила значительное возрастание вязкости напитков на 8,8–15,5 % – для напитков без внесения микроэмульсии; на 28,8–60,1 % – для напитков, стабилизированных МЭ. Неферментированные напитки отличаются меньшим диаметром частиц и их распределением в диапазоне от 0,97 до 6,5 мкм (85–90 % частиц). Причем для напитков, стабилизированных микроэмульсией, наблюдалось уменьшение среднего диаметра гидродинамического частиц почти в 2 раза, а также моодисперсный характер системы. В результате ферментации количество живых бифидобактерий и пропионовокислых бактерий во всех образцах напитков увеличилось по сравнению с инокулированным количеством и после 7 суток хранения оставалось на уровне, характерном для пробиотических продуктов. Результаты исследований показали, что комплексный эффект совместного применения ультразвукового воздействия, потенциала пробиотических бактерий и технологических свойств микроцеллюлозы при получении ферментированного напитка позволили сформировать стабильную пищевую систему, сохраняющую свои свойства в течение 7 суток хранения. Высокое содержание в напитках живых пробиотических микроорганизмов позволяет рекомендовать его для специализированного питания.

Ключевые слова: растительные напитки, микробная ферментация, микроэмульсия, микроцеллюлоза, динамическая вязкость, дисперсность системы, пробиотические свойства.

Для цитирования: Меренкова С. П., Зинина О. В. Исследование структуры и микробиологических показателей ферментированных растительных напитков // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 59–66. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.008. EDN: <https://elibrary.ru/QBEXPD>.

STUDY OF THE STRUCTURE AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF FERMENTED PLANT BEVERAGES

Svetlana P. Merenkova ¹, Oksana V. Zinina ²

^{1,2} South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

¹ merenkovasp@susu.ru <https://orcid.org/0000-0002-8795-1065>

² zininaov@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3729-1692>

Abstract. *The use of microemulsions (ME) stabilized with microcrystalline cellulose (MCC) in plant-based milk substitutes suggests a wide range of positive effects, including increasing nutritional value, improving the colloidal stability of the beverage. The purpose of this study was to study the structure and microbiological parameters of plant fermented beverages prepared on the basis of hemp seeds, stabilized by microemulsion. During microscopy of all beverage samples with microemulsion, a uniform distribution of cell walls particles and small droplets of fat with MCC fibers adsorbed on the surface is clearly visible. Numerous microcellulose fibers form a colloidal matrix on the surface of the water-oil phase interface, which prevents coalescence of oil droplets. When a stabilized microemulsion with MCC is introduced into the plant beverages, there is a significant increase in the viscosity of beverages compared to the control non-fermented sample, up to 3.89 mPa·s. Fermentation of the plant base caused a significant increase in the viscosity of drinks by 8.8-15.5% - for drinks without microemulsion; and by 28.8–60.1% – for drinks stabilized by ME. Non-fermented beverages have smaller particle diameters and distributions ranging from 0.97 to 6.5 μm (85–90% of particles). Moreover, for drinks stabilized by microemulsion, there was a decrease in the average hydrodynamic diameter of particles by almost 2 times, as well as the monodisperse nature of the system. As a result of fermentation, the number of live bifidobacteria and propionic acid bacteria in all beverage samples increased compared to the inoculated amount, and after 7 days of storage remained at a level characteristic for probiotic products. The results of the studies showed that the complex effect of the combined use of ultrasonic exposure, the potential of probiotic bacteria and the technological properties of the microcellulose in obtaining a plant fermented beverages made it possible to form a stable food system that retains its properties for 7 days of storage. The high content of live probiotic microorganisms in beverages makes it possible to recommend it for specialized nutrition.*

Keywords: *plant beverages, microbial fermentation, microemulsion, microcellulose, dynamic viscosity, dispersion of the system, probiotic properties.*

For citation: Merenkova S.P. & Zinina O.V. (2022). Study of the structure and microbiological indicators of fermented plant beverages. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 59-66. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.008. EDN: <https://elibrary.ru/QBEXPD>.

ВВЕДЕНИЕ

Для решения задач социально-экономического развития страны важно разрабатывать инновационные технологии эффективной переработки зернового и масличного сырья, в том числе и получение специализированных напитков на растительной основе, которые пользуются значительным спросом у отдельных групп населения вследствие низкого содержания аллергенов и антипитательных веществ [1].

Растительные заменители молока представляют собой водорастворимые суспензии или эмульсии, состоящие из измельченного растительного сырья. Коллоидная и эмульсионная стабильность пищевых систем обеспе-

чивается технологическими подходами, для экстракции сырья и гомогенизации напитка; гидрофильными и поверхностно-активными свойствами компонентов, входящих в состав напитка. Производители вводят в рецептуру напитков технологические добавки, обладающие стабилизирующими свойствами, вещества, регулирующие поверхностное натяжение на границе раздела фаз [2].

В многочисленных научных публикациях представлены высокотехнологичные методы получения напитков на растительном сырье. При этом экспериментально обосновывается применение СВЧ поля для производства заменителей молока на основе ядер орехов [3]; ультразвукового воздействия (УЗВ) для эффективной технологии получения протеино-

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ

вых напитков на основе обезжиренной муки из ядра кедровых орехов [4]; предложена принципиальная технологическая схема получения овсяного молока [5]. Установлено, что использование ультразвука дает возможность получать коллоидно-стабильные эмульсии с различным содержанием сухих веществ и растворимого белка [6]. Доказано, что белки семян масличных культур могут проявлять эмульгирующие и стабилизирующие свойства, которые усиливаются при ультразвуковом воздействии [7].

Применение микроэмульсий, стабилизированных биополимером в составе растительных заменителей молока, предполагает широкий спектр положительных эффектов, включая повышение коллоидной стабильности напитка, ингибирование радикально-окислительных реакций. Перспективно применение в качестве стабилизаторов структуры микроэмульсий натуральных высокомолекулярных соединений, в частности микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) [8, 9].

Микробная ферментация растительной основы позволяет улучшить биодоступность и усвояемость эссенциальных компонентов напитков, а подбор промышленных культур микроорганизмов даст возможность выпускать продукты с пробиотическими свойствами [10]. Получаемые растительные напитки, ферментированные промышленными культурами микроорганизмов, могут быть рекомендованы для специализированного питания при непереносимости лактозы, молочного белка; а также для функционального питания как источник пробиотических микроорганизмов и антиоксидантных соединений [11, 12].

Целью данного исследования являлось изучение структуры и микробиологических показателей растительных ферментированных напитков, приготовленных на основе семян конопли, стабилизированных микроэмульсией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изготовления растительного напитка использовали семена конопли сорта «Надежда», урожай 2021 г. Химический состав семян следующий: содержание белка – 22,1 %; жира – 30,6 %; углеводов – 16,9 %; клетчатки – 21,8 %.

Для получения эмульсии использовали масло конопляное, полученное методом холодного отжима из семян конопли; в качестве стабилизатора применяли микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ) – P-2019/USP-41 с

размером частиц 200 mesh (70–80 микрон) (Silverlinechemicals, Индия).

Бактериальные концентраты (ООО «Пропионикс», Россия), содержащие пробиотические закваски, использовали для ферментации растительных напитков:

– propionix, концентрированная микробная масса штамма *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* KM 186 с активностью 10^{10} – 10^{11} КОЕ/см³;

– бактериальный жидкий концентрат *Bifidobacterium longum* B379M с активностью 10^{11} – 10^{12} КОЕ/см³.

Объектами исследования являлись образцы растительных напитков, полученные на основе семян конопли. Технология получения растительной основы заключалась в замачивании семян на 24 часа, их измельчении, грубой фильтрации, гомогенизации, повторной тонкой фильтрации с последующей пастеризацией.

Параллельно готовили микроэмульсию (МЭ), стабилизированную микрокристаллической целлюлозой, при постоянной гомогенизации ультразвуком. В качестве рабочего инструмента использовали аппарат ультразвуковой «ВОЛНА-Л» УЗТА-0,63/22-ОЛ, (Россия) с рабочим инструментом погружного типа. Обработку проводили при следующих режимах УЗВ: мощность – 630 Вт, частота (20 ± 2) кГц в течение 20 мин при контроле температуры не более 40 °С.

Для стабилизации растительной основы полученную МЭ вводили в количестве 5 % от массы напитка при одновременном импульсном УЗВ (частота (12 ± 2) кГц; по 1 мин – дважды). Для ферментации напитков, стабилизированных МЭ, применяли пробиотические закваски, которые вводили в количестве 3 % от массы напитка (инокулировано в 100 мл растительной основы $3 \cdot 10^8$ КОЕ/см³). Напитки ферментировали при 38–40 °С в течение 8–10 ч до образования слабого сгустка и достижения уровня pH ниже 4,7. Напитки охлаждали до (4 ± 2) °С и хранили в течение 7 дней.

Для исследования изготовили следующие образцы: 3 образца напитков без микроэмульсии (Напиток контр; Напиток контр + Bif; Напиток контр + Prop) и 3 образца напитков, стабилизированные микроэмульсией (Напиток + МЭ с МКЦ; Напиток + МЭ с МКЦ+Bif; Напиток + МЭ с МКЦ+Prop).

Общее количество пробиотических бактерий определяли согласно ГОСТ Р 56139-2014 с использованием кукурузно-лактозной среды ГМК-1, с приготовлением препаратов для микроскопии для подтверждения видовой принадлежности и окрашиванием по Граму.

Динамическую вязкость образцов определяли с использованием вибрационного анализатора вязкости SV AND камертонного типа. Измерение проводилось в течение 60,0 с при $(22,0 \pm 2,0)$ °С.

Изучение дисперсного состава и анализ размера частиц в образцах проводились методом лазерного динамического рассеяния света на лазерном дифракционном анализаторе Microtrac S3500. Программа: Microtrac FLEX 10.6.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Масло и вода не смешиваются из-за высокого межфазного натяжения. Поверхностно-активные вещества добавляются для снижения межфазного натяжения и позволяют

легко создавать дисперсные среды и, кроме того, создают энергетический барьер между каплями масла, полученными при эмульгировании, и тем самым препятствуют их слиянию. В соответствии с теорией межфазного натяжения молекулы одной из фаз адсорбируются на границе раздела двух жидкостей [13]. Следовательно, чем ниже межфазное натяжение, тем выше адсорбция поверхностно-активного вещества на границе раздела. Как показывают исследования ферментированных растительных напитков, микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) способна снижать межфазное натяжение систем, адсорбируясь на границе раздела масло–вода, что хорошо видно на микропрепаратах (рисунок 1), и подтверждают ее поверхностную активность.

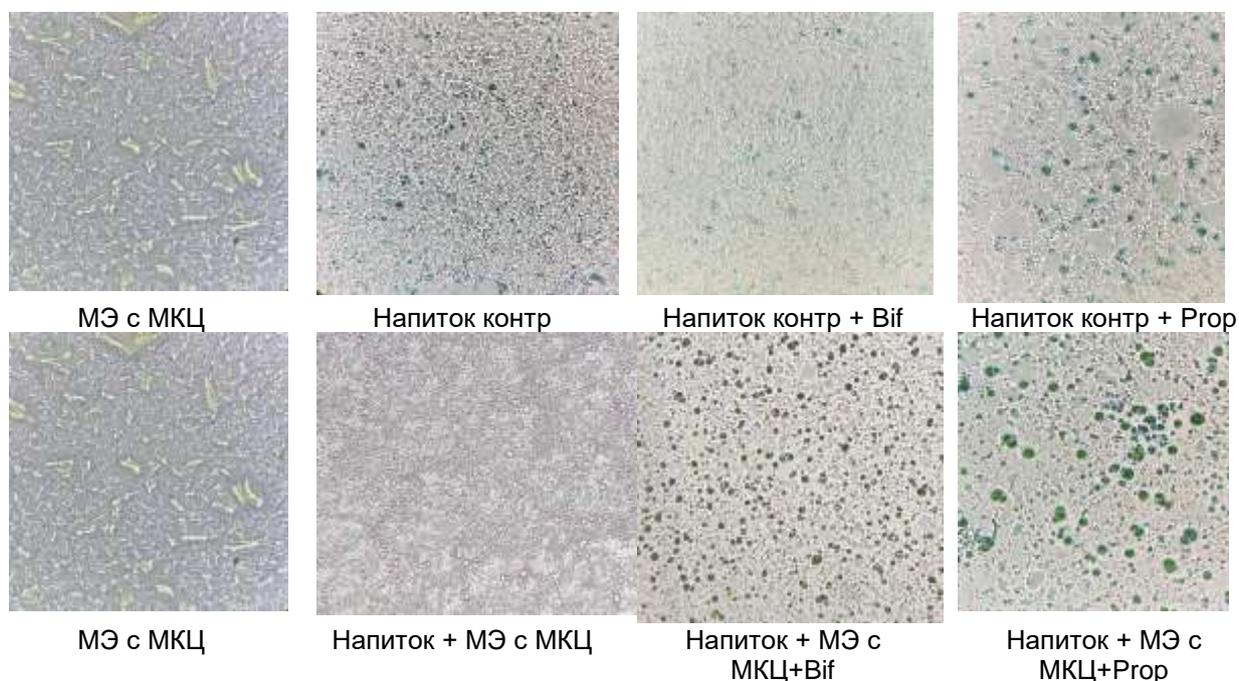


Рисунок 1 – Микроструктура ферментированных растительных напитков (увеличение x400)

Figure 1 - Microstructure of fermented plant beverages (magnification x400)

Во всех образцах напитков с микроэмульсией, стабилизированной МКЦ, четко видно равномерное распределение частиц клеточных стенок семян конопли и мелких капель жира с адсорбированными на поверхности волокнами МКЦ. Многочисленные волокна МКЦ распределены по всему объему напитка, формируя коллоидную сетку белково-полисахаридной матрицы на поверхности раздела фаз вода–масло, что препятствует коалесценции капель масла. Как отмечено в литературе, трехмерная матрица формируется при малых концентрациях МКЦ в напитках на

водной и молочной основе и обеспечивает поддержание твердых частиц во взвешенном состоянии [14].

Динамическая вязкость является косвенным показателем, характеризующим уровень метаболической активности микроорганизмов при ферментации напитков. Динамику вязкости ферментированных напитков устанавливали в течение 7 суток хранения при температуре (4 ± 2) °С. При внесении в напитки МЭ стабилизированной МКЦ отмечается значительное увеличение вязкости напитков по сравнению с контрольным неферментирован-

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ

ванном образцом до 2,27 мПа·с уже в первые сутки, и дальнейшее возрастание данного показателя до 3,89 мПа·с к пятым суткам хранения. Данная тенденция связана с гидрофильными свойствами микроцеллюлозы.

Ферментация растительной основы обусловила значительное возрастание вязкости напитков на 8,8–15,5 % – для напитков без внесения микроэмульсии; на 28,8–60,1 % – для напитков, стабилизированных МЭ с МКЦ.

Максимальные значения вязкости установлены для напитков, содержащих МЭ с МКЦ, ферментированных бифидобактериями на 4–6 сутки хранения (5,76–5,26 мПа·с), установленная закономерность обусловлена способностью МКЦ формировать связанную структуру пищевой системы, а также активностью микроорганизмов в присутствии пребиотического субстрата (рисунок 2).

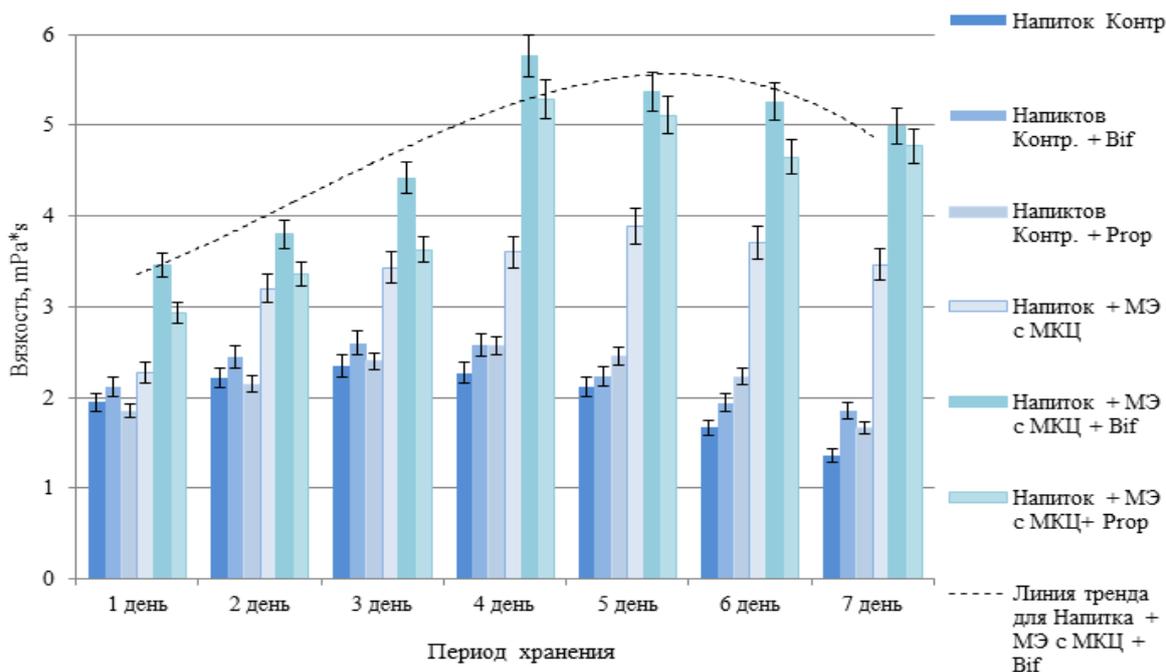


Рисунок 2 – Динамическая вязкость ферментированных растительных напитков

Figure 2 - Dynamic viscosity of fermented plant beverages

При анализе дисперсности пищевой системы растительных напитков установлено, что неферментированные напитки (Напиток Контр и Напиток+ МЭ с МКЦ) отличаются меньшим диаметром частиц и их распределением в диапазоне от 0,97 до 6,5 мкм (85–90 % частиц). Причем для напитков, стабилизированных микроэмульсией, наблюдалось уменьшение среднего размера частиц почти в 2 раза, а также моодисперсный характер системы.

При ферментации напитка в связи с формированием белково-полисахаридной матрицы в системе напитка, накоплением микроорганизмами экзополисахаридов наблюдается возрастание среднего гидродинамического диаметра частиц. Для ферментированных напитков средний диаметр частиц составил без внесения микроэмульсии 14,99–19,13 мкм, для напитков, стабилизированных МЭ, – 10,67–13,05 мкм (рисунок 3).

В процессе ферментации происходит активное развитие полезной микрофлоры, что приводит к улучшению пищевой ценности и органолептических свойств за счет накопления полезных метаболитов, таких как органические кислоты, витамины, бактерицины, биологически-активные вещества. Peirotén и др. (2020) отметили потенциал молочнокислых бактерий и бифидобактерий в производстве ферментированного соевого напитка, обогащенного биоактивными изофлавоноами [15].

В нашем эксперименте в результате ферментации количество живых бифидобактерий и пропионовокислых бактерий во всех образцах напитков увеличилось по сравнению с их начальным количеством до $3 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ и незначительно снизилось после 7 суток хранения напитков (таблица 1), однако оставалось на уровне, характерном для пробиотических продуктов, не менее $1 \cdot 10^7$ КОЕ/см³ (для бифидобактерий не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³) [16, 17].

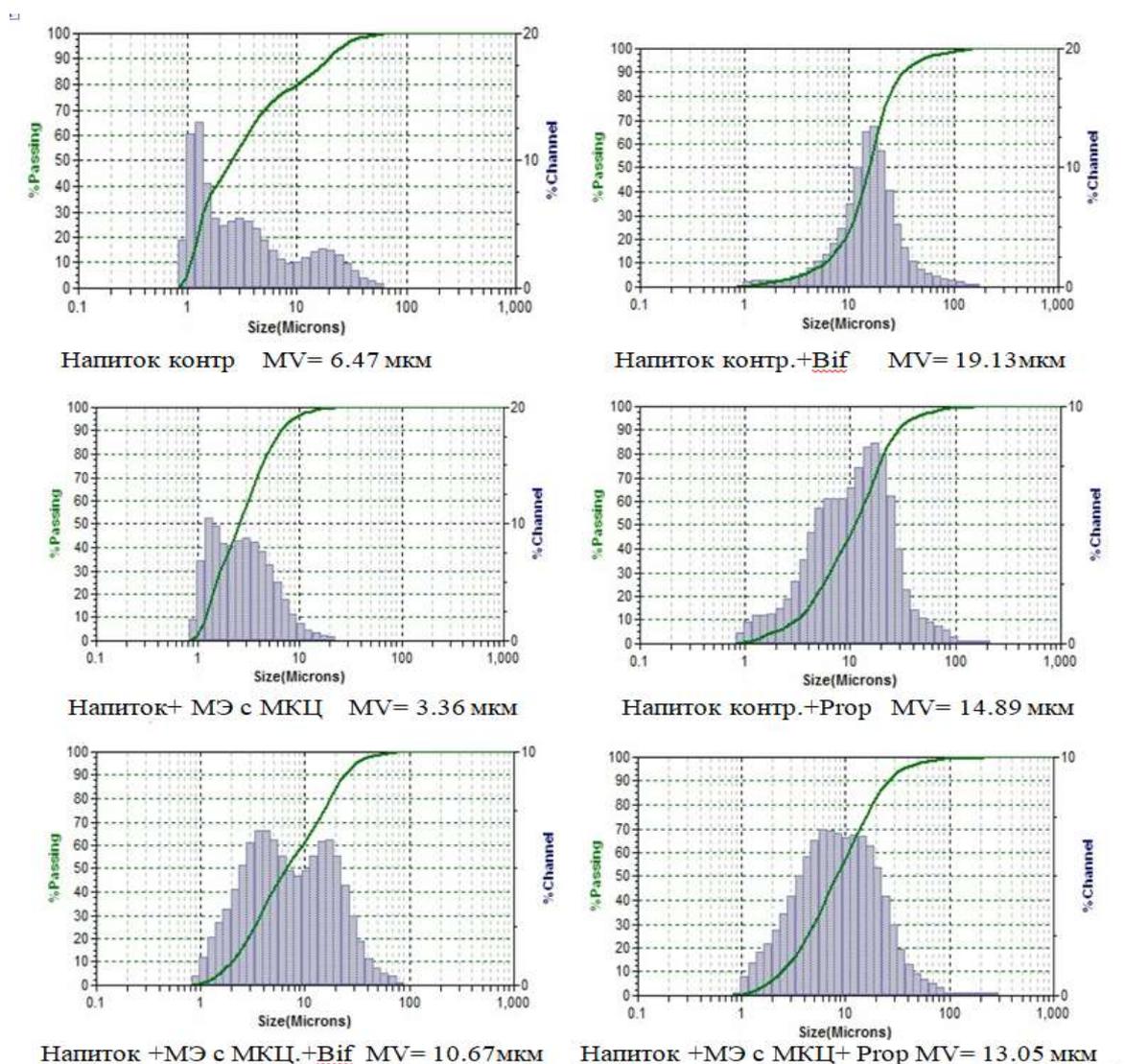


Рисунок 3 – Результаты оценки дисперсного состава растительных напитков

Figure 3 - Results of the evaluation of the dispersed composition of plant beverages

Таблица 1 – Динамика общего количества пробиотических бактерий в ферментированных напитках в процессе хранения

Table 1 - Dynamics of the total number of probiotic bacteria in fermented beverages during storage

Образец напитка	Показатель	
	Количество пробиотических микроорганизмов, КОЕ/см ³ после ферментации	Количество пробиотических микроорганизмов, КОЕ/см ³ через 7 суток хранения
Напиток контр.+Bif	$(2,6 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^7$
Напиток контр.+Проп	$(3,1 \pm 0,1) \cdot 10^8$	$(1,6 \pm 0,1) \cdot 10^8$
Напиток + МЭ с МКЦ+ Bif	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^8$	$(3,1 \pm 0,1) \cdot 10^7$
Напиток + МЭ с МКЦ+ Проп	$(4,0 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^9$

Патогенные микроорганизмы, которые могут присутствовать в пищевых продуктах, не только делают их опасными, но и влияют

на содержание активных компонентов, ухудшают органолептические свойства [18, 19]. После ферментации напитков, а также после

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ

7 суток хранения во всех образцах отсутствовали бактерии группы кишечной палочки (БГКП), сальмонеллы, дрожжи и плесени, что говорит о микробиологической безопасности исследуемых продуктов. Имеются данные, что пробиотические бактерии видов *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Bifidobacterium* оказывают угнетающее действие на патогенные виды, такие как *Clostridium*, *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia*, *Helicobacter*, *Campylobacter*, *Candida* [20].

ВЫВОДЫ

Результаты исследований показали, что комплексный эффект совместного применения нетеплового физического воздействия (УЗВ), потенциала пробиотических бактерий и технологических свойств МКЦ при получении ферментированного напитка позволили сформировать стабильную пищевую систему, сохраняющую свои свойства в течение 7 суток хранения. Высокое содержание в напитках живых пробиотических микроорганизмов и отсутствие патогенных микроорганизмов позволяет рекомендовать его для специализированного питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксёнов В.В. Внедрение инновационных технологий в переработку зернового сырья // Вестник КрасГАУ. 2012. № 2. С. 208–212
2. Егорова Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3. С. 25–34.
3. Жебо А.В., Алешков А.В., Каленик Т.К. Технология и характеристика заменителей молока на растительной основе // Вестник ВСГУТУ. 2019. № 4(75). С. 25–31.
4. Акинфеева А.В., Егорова Е.Ю. Влияние режимов обработки на характеристики эмульсионных напитков из орехового сырья // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании: материалы VII Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2020.
5. Кожевникова А.Ю., Петрова Ю.В. Получение растительного молока как рецептурного ингредиента напитка "смузи" // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы V Международной научной конференции. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2017. С. 299–301.
6. 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.
7. Ущуповский В.И., Гончарова А.А., Миневич И.Э. Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 1(91). С. 66–72.

8. Structure of cellulose and microcrystalline cellulose from various wood species, cotton and flax studied by X-ray scattering / K. Leppänen, S. Anderson, M. Torkkeli [et al.] // Cellulose. 2009. V. 16. P. 999–1015.

9. Мехедькин А.А. Развитие рынка желатина и гидроколлоидов. // Управление рисками в АПК. 2020. № 4 (38). С. 57–63.

10. Microbial Fermentation and Its Role in Quality Improvement of Fermented Foods / R. Sharma, P. Garg, P. Kumar [et al.] // Fermentation. 2020. 6(4). 6040106.

11. The development of novel probiotic fermented plant milk alternative from flaxseed oil cake using *Lactobacillus rhamnosus* GG acting as a preservative agent against pathogenic bacteria during short-term refrigerated storage. / Ł. Łopusiewicz, E. Drozłowska, P. Trocer [et al.] // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2021. 33(4). P. 266–267.

12. Вебер А.Л., Леонова С.А., Никифорова Т.А. Разработка ферментированного продукта с использованием дисперсии из гороха отечественной селекции // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, № 4. С. 383–395.

13. Obtaining annatto seed oil miniemulsions by ultrasonication using aqueous extract from Brazilian ginseng roots as a biosurfactant / T.M.G. Rosa, E. Keven Silva, D.T. Santos [et al.] // Journal of Food Engineering, 2016. 168P. 68–78. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.024.

14. Аутлов С.А., Базарнова Н.Г., Кушнир Е.Ю. Микросталлическая целлюлоза: структура, свойства и области применения // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 33–41.

15. Production of O-desmethylangolensin, tetrahydrodaidzein, 6'-hydroxy-O-desmethylangolensin and 2-(4-hydroxyphenyl)-propionic acid in fermented soy beverage by lactic acid bacteria and *Bifidobacterium* strains / A. Peiroten, P. Gaya, I. Alvarez [et al.] // Food Chemistry. Volume 318. 2020. 126521, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126521.

16. Cichońska P., Ziębicka A., Ziarno M. Properties of Rice-Based Beverages Fermented with Lactic Acid Bacteria and *Propionibacterium* // Molecules. 2022.27/ 2558. https://doi.org/10.3390/ molecules27082558.

17. Огнева О.А., Донченко Л.В. Пектиносодержащие напитки с пробиотическими свойствами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 107. С. 333–341.

18. Bintsis T. Foodborne pathogens // AIMS Microbiol. 2017. № 3. P. 529–563.

19. Федоренко Е.В., Коломиец Н.Д., Сычик С.И. Актуальные проблемы микробиологической безопасности пищевой продукции // Гигиена и санитария. 2016. № 9. http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2016-9-873-878.

20. Synbiotic Effects of Fermented Rice on Human Health and Wellness: A Natural Beverage That Boosts Immunity / F. Shivkanya, M. Jyoti, T. Manash Pratim [et al.] // Frontiers in Microbiology. 2022. V. 13. doi=10.3389/fmicb.2022.950913.

Информация об авторах

С. П. Меренкова – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет).

О. В. Зинина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет).

REFERENCES

1. Aksenov, V.V. (2012). Introduction of innovative technologies in the processing of grain raw materials. *Bulletin of KrasGAU*. 2. 208-212. (In Russ.).
2. Egorova, E.Yu. (2018) "Non-dairy milk": a review of raw materials and technologies. *Polzunovsky vestnik*. 3. 25-34. (In Russ.).
3. Zhebo, A.V. [et al]. (2019). Technology and characteristics of plant-based milk substitutes. *Bulletin of VSGUT*. 4(75). 25-31. (In Russ.).
4. Akinfeeva, A.V. & Egorova, E.Yu. (2020). The influence of processing modes on the characteristics of emulsion drinks from nut raw materials. *Innovative technologies in the food industry and public catering: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference*. (In Russ.).
5. Kozhevnikova, A.Yu. & Petrova, Yu.V. (2017). Obtaining vegetable milk as a prescription ingredient of the smoothie drink. *Food innovations and Biotechnologies: Proceedings of the V International Scientific Conference*. Kemerovo. 299-301. (In Russ.).
6. Merenkova, S.P. & Tesalova, D.G. (2021). Analysis of the efficiency of extraction methods for obtaining herbal beverages with optimal properties. *Bulletin of SUSU. The series "Food and biotechnology"*. 9 (1). 48-56. DOI: 10.14529/food210106. (In Russ.).
7. Shchapovsky, V.I. [et al]. (2022). The effect of processing on the protein complex of hemp seeds. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 84. 1(91). 66-72. (In Russ.).
8. Leppänen, K. [et al]. (2009). Structure of cellulose and microcrystalline cellulose from various wood species, cotton and flax studied by X-ray scattering. *Cellulose*. 16. 999-1015.
9. Mehedkin, A.A. (2020). Development of the gelatin and hydrocolloid market. Risk management in the agro-industrial complex. 4 (38). 57-63. (In Russ.).
10. Sharma, R. [et al]. (2020). Microbial Fermentation and Its Role in Quality Improvement of Fermented Foods. *Fermentation*. 6(4). 6040106.
11. Łopusiewicz, Ł. [et al]. (2021). The development of novel probiotic fermented plant milk alternative from flaxseed oil cake using *Lactobacillus rhamnosus* GG acting as a preservative agent against pathogenic bacteria during short-term refrigerated storage. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 33(4). 266-267.
12. Weber, A.L. [et al.] (2021). Development of a fermented product using dispersion from peas of domestic selection. *Vestnik MSTU*. 24(4). 383-395. (In Russ.).
13. Rosa, T.M.G. [et al.] (2016). Obtaining anatto seed oil miniemulsions by ultrasonication using aqueous extract from Brazilian ginseng roots as a biosurfactant. *Journal of Food Engineering*, 168. 68-78. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.024.
14. Outlov, S.A. [et al.] (2013). Microcrystalline cellulose: structure, properties and applications. *Chemistry of plant raw materials*. 3. 33-41. (In Russ.).
15. Peirotén, A. [et al.] (2020). Production of O-desmethylangolensin, tetrahydrodaidzein, 6'-hydroxy-O-desmethylangolensin and 2-(4-hydroxyphenyl)-propionic acid in fermented soy beverage by lactic acid bacteria and *Bifidobacterium* strains. *Food Chemistry*. 318. 126521, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126521.
16. Cichońska, P. [et al.] (2022). Properties of Rice-Based Beverages Fermented with Lactic Acid Bacteria and *Propionibacterium*. *Molecules*. (27). 2558. https://doi.org/10.3390/molecules27082558.
17. Ogneva, O.A. & Donchenko, L.V. (2015). Pectin-containing beverages with probiotic properties. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. (107). 333-341. (In Russ.).
18. Bintsis, T. (2017). Foodborne pathogens. *AIMS Microbiol.* (3). 529-563.
19. Fedorenko, E.V. [et al.] (2016). Actual problems of microbiological safety of food products. *Hygiene and sanitation*. (9). (In Russ.). http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2016-9-873-878.
20. Shivkanya, F. [et al.] (2022). Synbiotic Effects of Fermented Rice on Human Health and Wellness: A Natural Beverage That Boosts Immunity. *Frontiers in Microbiology*. 13. doi=10.3389/fmicb.2022.950913.

Information about the authors

S.P. Merenkova - candidate of Veterinary Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University.

O.V. Zinina - candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University.

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

Статья поступила в редакцию 29.12.2022; одобрена после рецензирования 13.03.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was received by the editorial board on 29 Dec 2022; approved after editing on 13 Mar 2023; accepted for publication on 21 Mar 2023.