

Р.Х. Гелазов
Н.В. Яковченко ✉
К.Р. Баязитов
В.А. Ширяев

Университет ИТМО, Санкт-Петербург,
Россия

✉ nviakovchenko@itmo.ru

Поступила в редакцию:
04.12.2023

Одобрена после рецензирования:
11.03.2024

Принята к публикации:
27.03.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-381-4-138-145

Robert Kh. Gelazov
Natalia V. Iakovchenko ✉
Kamil R. Bayazitov
Valery A. Shiriaev

ITMO University, St. Petersburg, Russia

✉ nviakovchenko@itmo.ru

Received by the editorial office:
04.12.2023

Accepted in revised:
11.03.2024

Accepted for publication:
27.03.2024

Перспективы применения пробиотических микроорганизмов при производстве ферментированных продуктов на гречневой основе

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Сегмент рынка продуктов на основе сырья растительного происхождения продолжает набирать обороты. Сохранение здоровья, снижение нагрузки на окружающую среду являются самым большим стимулом для потребителей покупать продукты растительного происхождения. Около 1% населения в мире страдают диагностированным заболеванием — целиакией. Кроме того, около 13% мирового населения проявляют симптомы нецелиакичной чувствительности к глютену. Таким образом, производство безглютеновых продуктов питания, в том числе ферментированных, становится всё более актуальной задачей.

Методы. Оработаны технологические параметры получения гречневой дисперсии и оценены ее показатели качества. В рамках исследования был проведен анализ процесса кислотонакопления в процессе ферментации микроорганизмами *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium* и *Streptococcus*. Получены данные о динамике накопления биомассы микроорганизмов в процессе ферментации, изучено влияние выбранных заквасочных культур на антиоксидантные свойства ферментированных дисперсий в процессе хранения. Определено влияние подобранных штаммов на органолептические показатели, а также изучена зависимость вязкости ферментированных образцов от скорости сдвига.

Результаты. Гречневая дисперсия является подходящей средой для производства ферментированных напитков. Продолжительность ферментации составила от 5 до 9 часов. Наиболее интенсивный процесс кислотонакопления отмечается при использовании *S. thermophilus* в течение 5 часов. Максимальный прирост биомассы отмечается при *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* AT-41 и *B. bifidum*. Пробиотические микроорганизмы обеспечивают стабильные показатели антиоксидантной активности в процессе хранения. Наиболее вязким были образцы, ферментированные *S. thermophilus*, *B. bifidum*, *P. shermanii* KM-186 и *L. bulgaricus*. Наибольшее предпочтение было отдано образцам с *L. acidophilus* 57S, *S. thermophilus* и *L. bulgaricus*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-26-00288.

Ключевые слова: гречневая дисперсия, химический состав, антиоксидантная активность, вязкость, пробиотические бактерии

Для цитирования: Гелазов Р.Х., Яковченко Н.В., Баязитов К.Р., Ширяев В.А. Перспективы применения пробиотических микроорганизмов при производстве ферментированных продуктов на гречневой основе. *Аграрная наука*. 2024; 381(4): 138–145.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-138-145>

© Гелазов Р.Х., Яковченко Н.В., Баязитов К.Р., Ширяев В.А.

Prospects for the use of probiotic microorganisms in the production of fermented buckwheat-based products

ABSTRACT

Relevance. The market segment for products based on plant-based ingredients continues to gain momentum. Protecting health and reducing the environmental burden are the most important driving forces for consumers to buy plant-based products. About 1% of the world's population suffers from diagnosed celiac disease. Around 13% of the population exhibits symptoms of non-celiac gluten sensitivity. Thus, the production of gluten-free food products, including fermented ones, is becoming increasingly important.

Methods. The technological parameters for producing buckwheat dispersion and its quality indicators were assessed. The analysis of the process of acid accumulation during fermentation by microorganisms *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, and *Streptococcus* was carried out. Data on the dynamics of microbial biomass accumulation during fermentation was obtained, and the influence of selected starter cultures on the antioxidant properties of fermented dispersions during storage was studied. The impact of chosen strains on organoleptic characteristics was determined, and the dependence of the viscosity of fermented samples on the shear rate was studied.

Results. Buckwheat dispersion is a suitable medium for the production of fermented drinks. The duration of fermentation ranged from 5 to 9 hours. The most intense acid accumulation process is observed when *S. thermophilus* is used for 5 hours. The maximum increase in biomass is achieved with *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* AT-41, and *B. bifidum*. Probiotic microorganisms provide stable levels of antioxidant activity during storage. The samples fermented with *S. thermophilus*, *B. bifidum*, *P. shermanii* KM-186, and *L. bulgaricus* were the most viscous. The most outstanding organoleptic preference was given to samples with *L. acidophilus* 57S, *S. thermophilus*, and *L. bulgaricus*.

The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 22-26-00288.

Key words: buckwheat, chemical composition, antioxidant activity, viscosity, probiotic bacteria

For citation: Gelazov R.Kh., Iakovchenko N.V., Bayazitov K.R., Shiriaev V.A. Prospects for the use of probiotic microorganisms in the production of fermented buckwheat-based products. *Agrarian science*. 2024; 381(4): 138–145 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-138-145>

© Gelazov R.Kh., Iakovchenko N.V., Bayazitov K.R., Shiriaev V.A.

Введение/Introduction

Общий рост рынка растительных альтернатив молока свидетельствует о заметном увеличении потребительского интереса к данным продуктам¹. Согласно полугодовому отчету некоммерческой организации Good Food Institute (GFI), опубликованному в марте 2022 года, доля растительного молока в общем объеме рынка молока в 2022 году составляет 16%. Прогноз компании Strategic Market Research предполагает, что к 2030 году мировое производство растительных альтернатив достигнет значения в 123,1 млрд долларов². В России также отмечается увеличение спроса на растительные альтернативы молоку.

В условиях увеличивающейся популярности функциональных продуктов питания [1–5] актуальной становится разработка продуктов, представляющих собой альтернативу молочным продуктам и обладающих пробиотическими свойствами.

Использование пробиотиков играет важную роль в концепции здорового питания и считается одним из наиболее эффективных методов профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта и лечения связанных с ними расстройств, которые могут воздействовать на пищеварительную, иммунную и эндокринную системы [6–8].

Создание новых растительных продуктов предполагает не только попытку придания им вкусовых характеристик, схожих с привычными продуктами из животного сырья, но и более важную задачу — разработку продукта, обладающего всеми вкусовыми преимуществами растительной основы [9–11].

Основной принцип заключается в том, чтобы не скрывать их уникальные органолептические характеристики, а, напротив, выделить их, предоставив потребителю приятные вкусовые акценты, сочетая их с полезными функциональными свойствами, благоприятными для организма [12–15].

Ферментация (в частности, заквасочными культурами) позволяет повысить питательную ценность продукта, разнообразить вкусовые и ароматические характеристики, а также текстуры пищевых субстратов и повысить безопасность продуктов на растительной основе при хранении [16–21]. Данный процесс является относительно экономичным и малоэнергозатратным способом консервирования. [22–26].

Кроме того, ферментация способствует формированию пептидов с биоактивными свойствами, такими как ингибирование АПФ, антиоксидантная и противовоспалительная активности [27–31].

Использование заквасочных культур не только повышает содержание и доступность минералов, но и усиливает антиоксидантные свойства продуктов [32–35].

В настоящее время рынок конкурентоспособных продуктов питания без глютена отечественного производства нельзя назвать широким, чтобы решить проблему зависимости от импортных продуктов [36].

Согласно данным³, около 1% населения в мире страдают диагностированным заболеванием — целиакией, которое может привести к ряду других заболеваний, включая бесплодие, снижение плотности костей, неврологические расстройства, некоторые виды рака и другие аутоиммунные заболевания⁴. Кроме того, существует так называемая нецелиакичная чувствительность к глютену (NCGS), характеризующаяся кишечными и внекишечными симптомами, связанными с употреблением в пищу продуктов, содержащих глютен, при отсутствии целиакии и аллергии на пшеницу [37].

Гречка является безглютеновым сырьем и с успехом применяется при производстве пищевых продуктов, в частности хлебобулочных изделий [38, 39]. Гречка — это богатая питательными веществами крупа с уникальным профилем питательных веществ. Она богата фитохимическими веществами, витаминами и минералами. Основные эффекты гречки на здоровье человека — ее гипотензивное, гипогликемическое, гипохолестеринемическое, нейропротекторное, противоопухолевое и антиоксидантное действие [40, 41].

Цель исследований — оценить потенциал использования пробиотических микроорганизмов при разработке ферментированных напитков на основе семян гречихи.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

При проведении исследований использовали крупы гречневую зеленую (ООО «Агро-Альянс», Россия) (массовая доля белка — 13%, массовая доля жира — 2,5%, массовая доля углеводов — 68%), пробиотические культуры *Lactobacillus acidophilus* 57S, AT-41, H9, 8 (Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Россия), *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (Yo100, Micromilk s.r.l., Италия), *Bifidobacterium bifidum* (LYOBAC-D, ALCE, Италия), *Bifidobacterium longum* B379M (ООО «Пропионикс», Россия), *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermani* KM-186 (ООО «Пропионикс», Россия), *Streptococcus thermophilus* (Danisco TA 40 LYO 50 DCU, Дания).

Семена гречихи (500 г) замачивали в фильтрованной воденаночь (12 ч) в соотношении 3:1 (вода — гречка). Воду сливали, а семена гречихи трижды промывали фильтрованной водой для удаления слизи. Затем добавляли воду в таком количестве, чтобы сохранить соотношение воды и зерен 3:1 (по объему). Смесь измельчали в блендере SHINE BLW-N02 (SHINE, Китай) в течение 3 мин. Альфа-амилазу добавляли в количестве 0,1% (мас/об) и выдерживали при 65 °С в течение 20 мин., нагревали до 90 °С в течение 1 мин. для инактивации фермента. Полученную смесь фильтровали через лавсановую ткань (плотность 140 г/м²) и пастеризовали в Термомиксе® при скорости 2 при 85 ± 1 °С в течение 5 минут для обеспечения стабильности системы и обеспечения микробиологической безопасности. Технология производства представлена

Таблица 1. Показатели качества растительной дисперсии из гречки
Table 1. Quality indicators of buckwheat dispersion

Образец	Сухие вещества, %	Белок, %	Жир, %	Клетчатка, %	Полифенолы, мг (GAE) / 100 г	Углеводы, %
Растительная дисперсия на основе семян гречихи	6,69 ± 0,54	1,71 ± 0,03	0,31 ± 0,03	меньше 0,10	74,22 ± 1,33	4,49 ± 0,34

¹ Plant-based milk by numbers, US retail: Oat milk and pea milk up double digits, almond milk and soy milk flat [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2022/07/25/Plant-based-milk-by-numbers-US-retail-Oat-milk-and-pea-milk-up-double-digits-almond-milk-and-soy-milk-flat> (дата обращения: 29.11.2023).

² Как развивался рынок растительного молока в 2022 году [Электронный ресурс]. — URL: <https://vegetarian.ru/news/kak-razvivalsya-rynok-rastitelnogo-moloka-v-2022-godu.html> (дата обращения: 29.11.2023).

³ Al Kindi R, Al Salmami A, Al Hadhrani R, Al Maashani M. Epidemiology of Celiac Disease [Электронный ресурс]. — URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.110195> (дата обращения: 29.11.2023).

⁴ Celiac Disease: Fast Facts [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.beyondceliac.org/celiac-disease/facts-and-figures/> (дата обращения: 29.11.2023).

Рис. 1. Технология получения растительной дисперсии из семян
Fig. 1. Technology for obtaining plant dispersion from green buckwheat



на рисунке 1, физико-химические показатели растительной дисперсии приведены в таблице 1.

Для получения чистых культур микроорганизмов их культивировали на питательных средах в течение 48–96 часов. Полученную биомассу микроорганизмов концентрировали на центрифуге при 5000 об/мин в течение 10 мин. После этого проводили отделение биомассы, а затем добавляли криопротектор.

После тепловой обработки гречневой дисперсии ее охлаждали до температуры заквашивания с учетом оптимальной температуры для каждого штамма, вносили чистые культуры пробиотических бактерий в объеме 0,1% от общего объема растительной дисперсии. Процесс ферментации осуществляли до достижения значеный pH в пределах 4,6–4,8.

Измерение активной кислотности проводили с использованием pH-метра PH-410 (ЗАО «НПО «Техноком»»). Титруемую кислотность измеряли методом титрования с применением индикатора фенолфталеина [42].

Определение содержания пропионовой кислоты проводили с использованием жидкостной хроматографии на системе Shimadzu LC-20 Prominence согласно методам [43, 44] с модификациями. Ферментированные образцы в объеме 25 мл смешивали с 0,001М раствором H₂SO₄ и центрифугировали при скорости 10 тыс. об/мин в течение 15 мин. Супернатанты, полученные после центрифугирования, фильтровали через нейлоновый фильтр. Объем образца для определения составил 10 мкл.

Сухие вещества определяли гравиметрическим методом [45].

Содержание клетчатки измеряли в соответствии с методом, предложенным Американской ассоциацией химиков по переработке зерновых продуктов (ААСС). Определение содержания углеводов проводили расчетным методом⁵.

Количественное содержание полифенолов измеряли колориметрическим методом [46].

Определение антиоксидантной активности образцов до и после ферментации проводили спектрофотометрическим методом [47].

Выживаемость пробиотических бактерий оценивали путем посева 1 мл серийных разведений (от 10⁻¹ до 10⁻¹⁰) в стерильном 0,9%-ном растворе хлорида натрия на питательную среду с использованием метода глубинного посева в чашках Петри.

Для подсчета количества микроорганизмов использовали MRS-агар для следующих штаммов: *L. acidophilus* H9, *L. acidophilus* AT-41, *L. acidophilus* 8, *L. acidophilus* 57s, *L. bulgaricus*, *B. bifidum*, *B. longum* B379M. Для *S. thermophilus* использовали агар M17.

Таблица 2. Числовая и словесная характеристика гедонической шкалы

Table 2. Numerical and verbal characteristics of the hedonic scale

Балл	Категория
1	крайняя степень неприятия
2	очень не нравится
3	средняя степень неприятия
4	немного не нравится
5	нейтральное отношение
6	слегка нравится
7	средняя степень предпочтения
8	очень нравится
9	наивысшая степень предпочтения

Инкубацию проводили при 37 °С в течение 48 часов *P. shermanii* KM-186 культивировали на лактатном агаре при температуре 30 °С в течение 96 часов. Полученные результаты были выражены в логарифмической форме (lg КОЕ/мл).

Определение структурно-механических показателей проводили на ротационном вискозиметре Rheotest RN4.1 (RHEOTEST Medingen GmbH, Germany)⁶ при температуре 4 ± 1 °С с использованием шпинделя Н1.

Общее впечатление, консистенцию, вкус и запах ферментированных образцов на этапе подбора заквасочной культуры оценивали по девятибалльной гедонической шкале (табл. 2).

В дегустации и оценке участвовали 17 человек из числа студентов и работников факультета биотехнологий Университета ИТМО [48].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием общепринятых методов и программного обеспечения. Результаты считались статистически значимыми при уровне значимости $p \leq 0,05$.

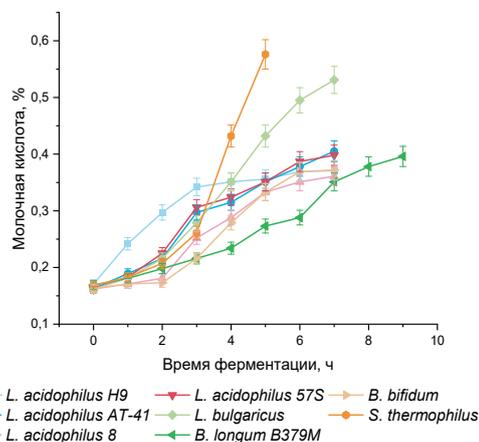
Результаты и обсуждение / Results and discussions

На начальном этапе научного исследования проводили оценку динамики изменений активной и титруемой кислотности в процессе ферментации гречневой дисперсии. На рисунках 2–4 представлены данные, иллюстрирующие процесс кислотонакопления в ходе ферментации растительной дисперсии, полученной из гречневой крупы, при применении различных заквасочных культур.

Наиболее активно процесс ферментации проходит при использовании *S. thermophilus* в течение 5 часов, при этом наблюдается изменение pH образца в пределах от 6,62 до 4,68. Прирост титруемой кислотности

Рис. 2. Динамика изменения титруемой кислотности в процессе ферментации гречневой дисперсии, % молочной кислоты

Fig.2. Dynamics of changes in titratable acidity during the fermentation of buckwheat dispersion, % lactic acid

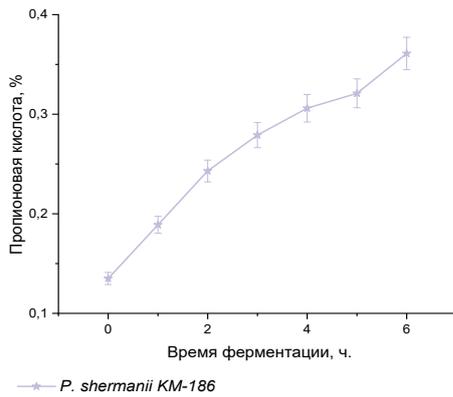


⁵ Mitchell C.R., Mitchell P.R., Nissenbaum R., inventors; Mitchell Cheryl R., Mitchell Pat R., assignee. Nutritional rice milk product. United States patent US 4,894,242. Jan 16 1990.

⁶ Ротационный вискозиметр Rheotest RN4.1 [Электронный ресурс]. http://granat-e.ru/rheotest_rn41.html (дата обращения: 29.11.2023).

Рис. 3. Динамика изменения титруемой кислотности в процессе ферментации гречневой дисперсии *P. shermanii* KM-186, % пропионовой кислоты

Fig. 3. Dynamics of changes in titratable acidity during the fermentation of buckwheat dispersion *P. shermanii* KM-186, % propionic acid



составил 0,408% молочной кислоты. Ферментация с использованием *B. bifidum*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* AT-41, 8 и 57s продолжалась в течение 7 часов, при этом диапазон изменений pH для соответствующих образцов составил от 6,61 до 4,69, от 6,59 до 4,5, от 6,63 до 4,7, от 6,67 до 4,81, от 6,62 до 4,54 соответственно.

При этом прирост молочной кислоты составил 0,209%, 0,369%, 0,242%, 0,199% соответственно. Штамм *L. acidophilus* H9 не проявил способности ферментировать гречневую дисперсию, за 7 часов ферментации значения pH снизились от 6,59 до 5,28, причём статистически значимые изменения pH не происходили, начиная с 4-го часа ферментации.

Наиболее медленно процесс кислотонакопления проходил при использовании *B. longum* B379M в течение 9 часов при изменении pH до значений 4,82 и приросте титруемой кислотности 0,227% молочной кислоты. Штамм *P. shermanii* KM-186 достаточно активно ферментирует растительную дисперсию, процесс занимает 6 часов до pH 4,68, прирост пропионовой кислоты 0,226%.

Полученные данные о приросте биомассы микроорганизмов (рис. 5) свидетельствуют о том, что при ферментации гречневой дисперсии наибольший прирост биомассы наблюдался при использовании *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* AT-41 и *B. bifidum* и составил 0,94, 0,74 и 0,65 lg (КОЕ/мл) соответственно.

Наименьший прирост биомассы был в образцах, ферментированных *P. shermanii* KM-186, *L. acidophilus* H9 и *L. acidophilus* 8, и составил 0,18, 0,31 и 0,34 lg (КОЕ/мл) соответственно.

Результаты исследования изменения антиоксидантной активности гречневой дисперсии до и после ферментации и в процессе хранения (рис. 6) показали, что наибольшее увеличение данного показателя в первый день у образцов, ферментированных *B. bifidum* (на 17,3%), *P. shermanii* KM-186 (на 14,12%), *L. bulgaricus* (на 11,43%), *L. acidophilus* AT-41 (на 8,62%).

Штамм *L. acidophilus* H9, напротив, показал незначительное снижение DPPH ингибирующей активности в 1-й день после ферментации. Штаммы *L. acidophilus* 57S, 8 и *S. thermophilus* показали незначительные различия в приросте антиоксидантной активности в 1-й день (на 7,68%, 5,61% и 6,35% соответственно); наименьшее изменение антиоксидантной активности в 1-й день показал штамм *B. longum* B379M (на 1,35%).

Изменения антиоксидантной активности в процессе хранения происходило по-разному в зависимости от используемой пробиотической культуры, а именно наибольшую антиоксидантную активность

Рис. 4. Изменение активной кислотности в процессе ферментации растительной дисперсии из гречки

Fig. 4. Change in pH values during fermentation of buckwheat dispersion

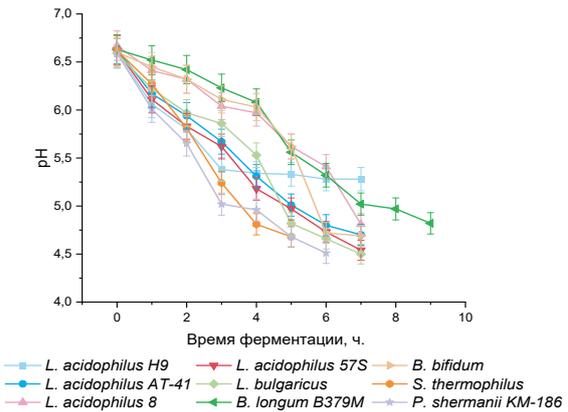


Рис. 5. Прирост биомассы пробиотических микроорганизмов в процессе ферментации гречневой дисперсии, lg(КОЕ/мл)

Fig. 5. Increase in biomass of probiotic microorganisms during fermentation of buckwheat dispersion, lg(CFU/ml)

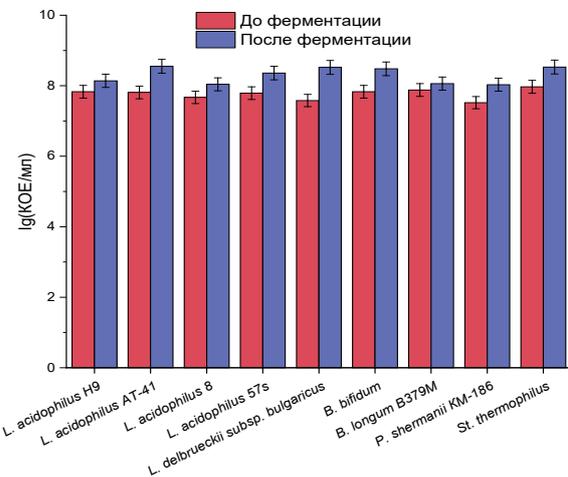
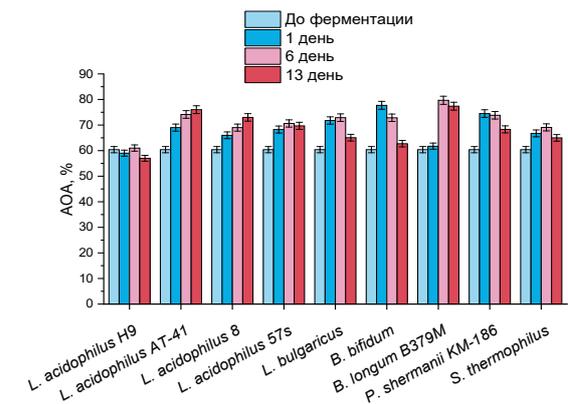


Рис. 6. Изменение антиоксидантной активности ферментированной гречневой дисперсии в процессе хранения, %

Fig. 6. Change in antioxidant activity of fermented buckwheat dispersion during storage, %



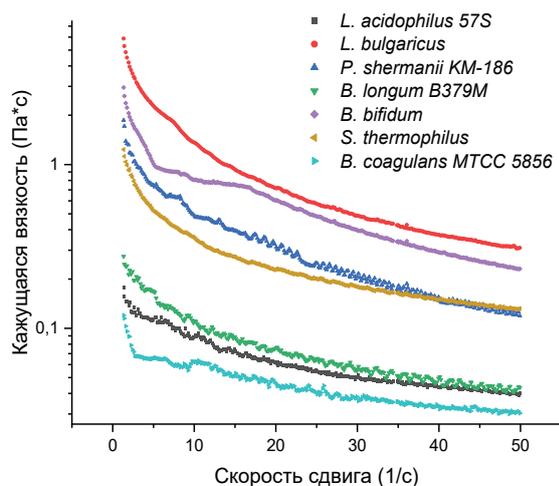
B. bifidum, *P. shermanii* KM-186 проявили в 1-й день хранения, *L. acidophilus* 57S, *S. thermophilus*, *L. bulgaricus* и *B. longum* B379M — на 6-й день, *L. acidophilus* AT-41 и *L. acidophilus* 8 — на 13-й день.

Данные (рис. 7) иллюстрируют различия в вязкости образцов и зависимость кажущейся вязкости от скорости сдвига образцов дисперсии, ферментированных различными заквасочными культурами.

Увеличение скорости сдвига в разной степени сопровождается уменьшением кажущейся вязкости, что

Рис. 7. Зависимость вязкости от скорости сдвига образцов дисперсии, ферментированных различными заквасочными культурами, Па×с

Fig. 7. Dependence of viscosity on shear rate of dispersion samples fermented with various starter cultures, Pa×s



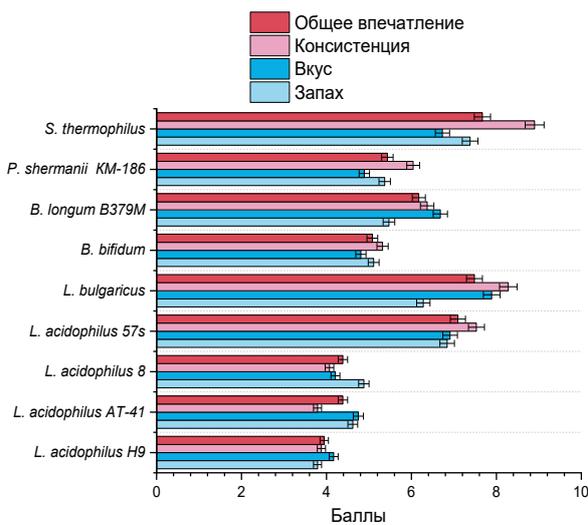
характеризует поведение каждого образца как не-ньютоновскую псевдопластичную жидкость, что обусловлено слабыми физическими связями, электростатическими и гидрофобными взаимодействиями. Наиболее вязкими были образцы, ферментированные *S. thermophilus*, *B. bifidum*, *P. shermanii KM-186* и *L. bulgaricus*.

Данные (рис. 8) показывают, что для ферментирования растительной дисперсии из гречки лучше всего подходят *L. acidophilus 57S*, *S. thermophilus* и *L. bulgaricus*. Именно эти бактерии оказали наиболее положительный эффект на органолептические показатели ферментированных растительных дисперсий.

Все образцы имели мягкий вкус и приемлемую консистенцию. Интересным оказалось влияние *P. shermanii KM-186*, что привело к появлению острого запаха и вкуса, похожего на кефирный с оттенками хрена. Неплохие результаты показало внесение *B. longum B379M*, что привело к появлению мягкого кисло-сладковатого вкуса и запаха. Образцы, ферментированные *L. acidophilus AT-41*, *L. acidophilus 8* и *L. acidophilus H9*, получили наименьшее количество баллов. Использование *B. bifidum* привело к появлению горечи.

Рис. 8. Органолептическая оценка общих показателей ферментированных образцов дисперсии на основе семян гречки

Fig. 8. Organoleptic assessment of the general characteristics of fermented samples of dispersion based on buckwheat seeds



Выводы/Conclusions

В данном исследовании проведен анализ перспектив использования гречневой дисперсии в качестве основного субстрата для ферментации штаммами *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* и *Propionibacterium* и *Streptococcus*.

Установлено, что длительность ферментации зависит от рода, вида и штамма бактерий, составляя 5–9 часов. В целом выбранные микроорганизмы успешно адаптировались к растительному сырью в процессе ферментации, за исключением *L. acidophilus H9*.

Наибольший прирост биомассы бактерий выявлен при использовании *L. bulgaricus*, *L. acidophilus AT-41* и *B. bifidum*. Штаммы *B. bifidum*, *P. shermanii KM-186*, *L. bulgaricus* и *L. acidophilus AT-41* продемонстрировали наибольшее увеличение антиоксидантной активности в 1-й день после ферментации.

Лучшими образцами из представленных по органолептическим характеристикам были выбраны *L. acidophilus 57S*, *S. thermophilus*, *L. Bulgaricus*.

Таким образом, гречневая дисперсия является благоприятной средой для роста пробиотических бактерий и перспективной основой для производства ферментированных продуктов на растительной основе.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-26-00288.

FUNDING

The article was financially supported by the grant of the Russian Science Foundation (RSF) No. 22-26-00288.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Smolnikova F. et al. Developing milk-fruit drinks for school nutrition. *Journal of Natural Remedies*. 2021; 21(9-1): 72–77. <https://www.elibrary.ru/fwcshs>
- Gavrilova N. et al. Specialized Sports Nutrition Foods: Review. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(2): 998–1003. <https://doi.org/10.31838/IJPR/2020.12.02.0152>
- Суйчинов А.К. и др. Исследование пищевой ценности паштета из мяса птицы с добавлением белково-минеральной добавки. *Всё о мясе*. 2023; (4): 34–39. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-4-34-39>

REFERENCES

- Smolnikova F. et al. Developing milk-fruit drinks for school nutrition. *Journal of Natural Remedies*. 2021; 21(9-1): 72–77. <https://www.elibrary.ru/fwcshs>
- Gavrilova N. et al. Specialized Sports Nutrition Foods: Review. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(2): 998–1003. <https://doi.org/10.31838/IJPR/2020.12.02.0152>
- Suychinov A.K. et al. Study of the nutritional value of poultry meat pate with a protein-mineral supplement. *Vsyo o myase*. 2023; (4): 34–39 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-4-34-39>

4. Rexhepi F. *et al.* Chemical changes of pumpkin seed oils and the impact on lipid stability during thermal treatment: study by FTIR — spectroscopy. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2022; 11(6): e5839. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5839>
5. Зайцева Т.Н., Ребезов М.Б., Чудайкина А.В. Критерии идентификации безалкогольных напитков функциональной направленности. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы 80-й Международной научно-технической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2022; 2: 70. <https://www.elibrary.ru/jvhnlo>
6. Решетник Е.И., Уточкина Е.А. Разработка технологии ферментированного молочно-растительного напитка с функциональными свойствами. *Техника и технология пищевых производств*. 2011; (2): 53–56. <https://www.elibrary.ru/nygvhx>
7. Ahsan S. *et al.* Technofunctional quality assessment of soymilk fermented with *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*. *Biotechnology and Applied Biochemistry*. 2022; 69(1): 172–182. <https://doi.org/10.1002/bab.2094>
8. Кенийз Н.В., Нестеренко А.А., Лысенко Ю.А., Ребезов М.Б. Апробация разработанной стартовой культуры на основе *Lactobacillus salivarius* и *Lactobacillus curvatus* для сырокопченых колбас из мяса птицы. *Аграрная наука*. 2022; (6): 112–116. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-112-116>
9. Варивода А.А., Кенийз Н.В., Ребезов М.Б. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию пищевых продуктов направленного действия для геродиетического питания. *Аграрная наука*. 2023; (4): 145–151. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-145-151>
10. Sarkar T. *et al.* Quality Assessment of Tindora (*Coccinia indica*) Using Poincare Plot and Cartesian Quadrant Analysis. *Food Analytical Methods*. 2022; 15(9): 2357–2371. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02287-2>
11. Tretyak L. *et al.* General Standardization Trends and Prospects for Objective Evaluation of Organoleptic properties of Beer and Beer Beverages. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 2022; 15(3): 1323–1329. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2022.00221>
12. Aslam F. *et al.* Physicochemical properties of chemically interesterified vegetable oils. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2021; 10(5): e4291. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.4291>
13. Dyuyssembaev S.T., Serikova A.T., Okuskhanova E.K., Rebezov M.B., Esimbekov Zh.S. Nutritive value of beef under the radioactive contamination. *Экология. Радиация. Здоровье. Тезисы IX Международной научно-практической конференции*. Семей: Государственный медицинский университет г. Семей. 2013; 15. <https://www.elibrary.ru/zalvxt>
14. Зайцева Т.Н., Ребезов М.Б., Беззубова Е.В. Управление качеством хлебобулочных изделий. *Современные проблемы и перспективы развития науки, техники и образования. Материалы II Национальной научно-практической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2022; 218–222. <https://www.elibrary.ru/nskyeb>
15. Чудайкина А.В., Зайцева Т.Н., Ребезов М.Б. Состояние и проблемы кондитерской промышленности. *Качество продукции, технологий и образования. Материалы XVII Международной научно-практической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2022; 71–76. <https://www.elibrary.ru/xxwvgs>
16. Hammes W.P., Tichaczek P.S. Das Potential der Milchsäurebakterien bei der Produktion von hygienisch sicheren und gesundheitsfördernden Lebensmitteln. *Zeitschrift für Lebensmittel-untersuchung und-forschung*. 1994; 198(3): 193–201. <https://doi.org/10.1007/BF01192595>
17. Liu S.-n., Han Y., Zhou Z.-j. Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods. *Food Research International*. 2011; 44(3): 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.034>
18. Ross R.P., Morgan S., Hill C. Preservation and fermentation: past, present and future. *International Journal of Food Microbiology*. 2002; 79(1–2): 3–16. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00174-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00174-5)
19. Gaggia F., Di Gioia D., Baffoni L., Biavati B. The role of protective and probiotic cultures in food and feed and their impact in food safety. *Trends in Food Science & Technology*. 2011; 22(S1): S58–S66. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.03.003>
20. Adams M., Mitchell R. Fermentation and pathogen control: a risk assessment approach. *International Journal of Food Microbiology*. 2002; 79(1–2): 75–83. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00181-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00181-2)
21. Adams M.R., Nicolaidis L. Review of the sensitivity of different foodborne pathogens to fermentation. *Food Control*. 1997; 8(5–6): 227–239. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(97\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(97)00016-9)
22. van Boekel M. *et al.* A review on the beneficial aspects of food processing. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2010; 54(9): 1215–1247. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900608>
23. Vaughan A., Eijsink V.G.H., O'Sullivan T.F., O'Hanlon K., Van Sinderen D. An analysis of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from malted barley. *Journal of Applied Microbiology*. 2001; 91(1): 131–138. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01365.x>
24. Urbonaviciene D., Viskelis P., Bartkiene E., Juodeikiene G., Vidmantiene D. The Use of Lactic Acid Bacteria in the Fermentation of Fruits and Vegetables — Technological and Functional Properties. Ekinči D. (ed.). *Biotechnology. IntechOpen*. 2015; 135–164. <https://doi.org/10.5772/59938>
4. Rexhepi F. *et al.* Chemical changes of pumpkin seed oils and the impact on lipid stability during thermal treatment: study by FTIR — spectroscopy. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2022; 11(6): e5839. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5839>
5. Zaytseva T.N., Rebezov M.B., Chudaykina A.V. Criteria for identifying functional non-alcoholic drinks. *Current problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 80th International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2022; 2: 70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jvhnlo>
6. Reshetnik E.I., Utochkina E.A. Fermented plant milk drink with functional characteristics: technology development. *Food processing: techniques and technology*. 2011; (2): 53–56 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nygvhx>
7. Ahsan S. *et al.* Technofunctional quality assessment of soymilk fermented with *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*. *Biotechnology and Applied Biochemistry*. 2022; 69(1): 172–182. <https://doi.org/10.1002/bab.2094>
8. Keny N.V., Nesterenko A.A., Lysenko Yu.A., Rebezov M.B. Approbation of the developed starter culture based on *Lactobacillus salivarius* and *Lactobacillus curvatus* for raw smoked poultry sausages. *Agrarian science*. 2022; (6): 112–116 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-112-116>
9. Varivoda A.A., Keny N.V., Rebezov M.B. Development of evidence-based approaches to the design of targeted food products for gerodietary nutrition. *Agrarian science*. 2023; (4): 145–151 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-145-151>
10. Sarkar T. *et al.* Quality Assessment of Tindora (*Coccinia indica*) Using Poincare Plot and Cartesian Quadrant Analysis. *Food Analytical Methods*. 2022; 15(9): 2357–2371. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02287-2>
11. Tretyak L. *et al.* General Standardization Trends and Prospects for Objective Evaluation of Organoleptic properties of Beer and Beer Beverages. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 2022; 15(3): 1323–1329. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2022.00221>
12. Aslam F. *et al.* Physicochemical properties of chemically interesterified vegetable oils. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2021; 10(5): e4291. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.4291>
13. Dyuyssembaev S.T., Serikova A.T., Okuskhanova E.K., Rebezov M.B., Esimbekov Zh.S. Nutritive value of beef under the radioactive contamination. *Ecology. Radiation. Health. Abstracts of the IX International scientific and practical conference*. Semey: State Medical University of Semey. 2013; 15. <https://www.elibrary.ru/zalvxt>
14. Zaytseva T.N., Rebezov M.B., Bezzubova E.V. Quality management of bakery products. *Modern problems and prospects for the development of science, technology and education. Proceedings of the II National scientific and practical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2022; 218–222 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nskyeb>
15. Chudaykina A.V., Zaytseva T.N., Rebezov M.B. State and problems of the confectionery industry. *Quality of products, technology and education. Proceedings of the XVII International scientific and practical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2022; 71–76 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xxwvgs>
16. Hammes W.P., Tichaczek P.S. The potential of lactic acid bacteria for the production of safe and wholesome food. *European Food Research and Technology*. 1994; 198(3): 193–201 (in German). <https://doi.org/10.1007/BF01192595>
17. Liu S.-n., Han Y., Zhou Z.-j. Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods. *Food Research International*. 2011; 44(3): 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.034>
18. Ross R.P., Morgan S., Hill C. Preservation and fermentation: past, present and future. *International Journal of Food Microbiology*. 2002; 79(1–2): 3–16. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00174-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00174-5)
19. Gaggia F., Di Gioia D., Baffoni L., Biavati B. The role of protective and probiotic cultures in food and feed and their impact in food safety. *Trends in Food Science & Technology*. 2011; 22(S1): S58–S66. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.03.003>
20. Adams M., Mitchell R. Fermentation and pathogen control: a risk assessment approach. *International Journal of Food Microbiology*. 2002; 79(1–2): 75–83. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00181-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00181-2)
21. Adams M.R., Nicolaidis L. Review of the sensitivity of different foodborne pathogens to fermentation. *Food Control*. 1997; 8(5–6): 227–239. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(97\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(97)00016-9)
22. van Boekel M. *et al.* A review on the beneficial aspects of food processing. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2010; 54(9): 1215–1247. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900608>
23. Vaughan A., Eijsink V.G.H., O'Sullivan T.F., O'Hanlon K., Van Sinderen D. An analysis of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from malted barley. *Journal of Applied Microbiology*. 2001; 91(1): 131–138. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01365.x>
24. Urbonaviciene D., Viskelis P., Bartkiene E., Juodeikiene G., Vidmantiene D. The Use of Lactic Acid Bacteria in the Fermentation of Fruits and Vegetables — Technological and Functional Properties. Ekinči D. (ed.). *Biotechnology. IntechOpen*. 2015; 135–164. <https://doi.org/10.5772/59938>

25. Karovičová J., Drdák M., Greif G., Hybenová E. The choice of strains of *Lactobacillus* species for the lactic acid fermentation of vegetable juices. *European Food Research and Technology*. 1999; 210(1): 53–56. <https://doi.org/10.1007/s002170050532>
26. Cleveland J., Montville T.J., Nes I.F., Chikindas M.L. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*. 2001; 71(1): 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00560-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00560-8)
27. Singh B.P., Bhushan B., Vij S. Antioxidative, ACE inhibitory and antibacterial activities of soy milk fermented by indigenous strains of lactobacilli. *Legume Science*. 2020; 2(4): e54. <https://doi.org/10.1002/leg3.54>
28. Undhad T., Hati S., Makwana S. Significance of storage study on ACE inhibitory, antioxidative, antimicrobial activities, and biotransformation of isoflavones of functional fermented soy-based beverage. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021; 45(1): e15062. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15062>
29. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(28): 9187–9216. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>
30. Орлова Е.С., Аль-Сухайми С.А., Ребезов М.Б. Оценка антиоксидантной и антимикробной активности растительных биоактивных соединений в качестве натуральных консервантов. *Аграрная наука*. 2023; (8): 143–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150>
31. Зинина О.В., Николина А.Д., Хвостов Д.В., Ребезов М.Б., Завьялов С.Н., Ахмедзянов Р.В. Белковый гидролизат как источник биоактивных пептидов в пищевой продукции диабетического питания. *Пищевые системы*. 2023; 6(4): 440–448. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-440-448>
32. Tangyu M., Muller J., Bolten C.J., Wittmann C. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavor and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019; 103(23–24): 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
33. Vasilean I., Aprodu I., Garnai M., Munteanu V., Patrașcu L. Preliminary Investigations into the Use of Amylases and Lactic Acid Bacteria to Obtain Fermented Vegetable Products. *Foods*. 2021; 10(7): 1530. <https://doi.org/10.3390/foods10071530>
34. Naprasert J., Suttisansanee U., Kemsawasd V. Single and mixed lactic acid bacteria culture fermentation in red bean milk for development of a functional beverage. *Malaysian Applied Biology*. 2019; 48(4): 139–145.
35. Gavrilova N. *et al.* Biotechnology application in production of specialized dairy products using probiotic cultures immobilization. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019; 8(6): 642–648. <https://www.elibrary.ru/pydnoh>
36. Kulushtayeva B. *et al.* Gluten-free diet: positive and negative effect on human health. *Indian Journal of Public Health Research and Development*. 2019; 10(7): 906–909. <https://www.elibrary.ru/uvjef>
37. Barbaro M.R., Cremon C., Stanghellini V., Barbara G. Recent advances in understanding non-celiac gluten sensitivity. *F1000Research*. 2018; 7: 1631. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15849.1>
38. Жамел А., Исакова Г.К., Изембаева А.К., Байсыбаева М.П. Обоснование использования гречневой и кукурузной муки в технологии безглютеновых макаронных изделий. *Аграрная наука*. 2023; (5): 93–97. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-93-97>
39. Рустемова А.Ж., Ребезов М.Б. Применение зернобобовой смеси для хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*. 2023; (8): 137–142. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-142>
40. Sofi S.A. *et al.* Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Science & Nutrition*. 2023; 11(5): 2256–2276. <https://doi.org/10.1002/ftsn.31166>
41. Atambayeva Z. *et al.* A Risk and Hazard Analysis Model for the Production Process of a New Meat Product Blended With Germinated Green Buckwheat and Food Safety Awareness. *Frontiers in Nutrition*. 2022; 9: 902760. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.902760>
42. Rincon L., Botelho R.B.A., de Alencar E.R. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. *LWT*. 2020; 128: 109479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109479>
43. Pineli L.D.L.D.O. *et al.* Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *LWT – Food Science and Technology*. 2015; 63(2): 1261–1267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.094>
44. Li F.-Y., Cui R.-J., Zheng L.-H., Li C.-H. Study on the Processing Technology of Pea Milk with Soya. *Food Science*. 2004; 25(8): 211–214 (на кит. яз.).
45. Liu Z.-S., Chang S.K.C. Nutritional profile and physicochemical properties of commercial soymilk. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2013; 37(5): 651–661. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00696.x>
46. Lavrentev F.V. *et al.* Influence of pre-treatment methods on quality indicators and mineral composition of plant milk from different sources of raw materials. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024; 104(2): 967–978. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12992>
47. Shori A.B., Aljohani G.S., Al-zahrani A.J., Al-sulbi O.S., Baba A.S. Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT*. 2022; 153: 112482. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112482>
48. Stone H., Sidel J., Oliver S., Woolsey A., Singleton R.C. Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. Gacula Jr. M.C. (ed.). Descriptive Sensory Analysis in Practice. *Food & Nutrition Press*. 1997; 23–34. <https://doi.org/10.1002/9780470385036.ch1c>
25. Karovičová J., Drdák M., Greif G., Hybenová E. The choice of strains of *Lactobacillus* species for the lactic acid fermentation of vegetable juices. *European Food Research and Technology*. 1999; 210(1): 53–56. <https://doi.org/10.1007/s002170050532>
26. Cleveland J., Montville T.J., Nes I.F., Chikindas M.L. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*. 2001; 71(1): 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00560-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00560-8)
27. Singh B.P., Bhushan B., Vij S. Antioxidative, ACE inhibitory and antibacterial activities of soy milk fermented by indigenous strains of lactobacilli. *Legume Science*. 2020; 2(4): e54. <https://doi.org/10.1002/leg3.54>
28. Undhad T., Hati S., Makwana S. Significance of storage study on ACE inhibitory, antioxidative, antimicrobial activities, and biotransformation of isoflavones of functional fermented soy-based beverage. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021; 45(1): e15062. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15062>
29. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(28): 9187–9216. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>
30. Orlova E.S., El-Sohaimy S.A., Rebezov M.B. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activity of plant bioactive compounds as natural preservatives. *Agrarian science*. 2023; (8): 143–150 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150>
31. Zinina O.V., Nikolina A.D., Khvostov D.V., Rebezov M.B., Zavyalov S.N., Akhmedzyanov R.V. Protein hydrolysate as a source of bioactive peptides in diabetic food products. *Food systems*. 2023; 6(4): 440–448 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-440-448>
32. Tangyu M., Muller J., Bolten C.J., Wittmann C. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavor and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019; 103(23–24): 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
33. Vasilean I., Aprodu I., Garnai M., Munteanu V., Patrașcu L. Preliminary Investigations into the Use of Amylases and Lactic Acid Bacteria to Obtain Fermented Vegetable Products. *Foods*. 2021; 10(7): 1530. <https://doi.org/10.3390/foods10071530>
34. Naprasert J., Suttisansanee U., Kemsawasd V. Single and mixed lactic acid bacteria culture fermentation in red bean milk for development of a functional beverage. *Malaysian Applied Biology*. 2019; 48(4): 139–145.
35. Gavrilova N. *et al.* Biotechnology application in production of specialized dairy products using probiotic cultures immobilization. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019; 8(6): 642–648. <https://www.elibrary.ru/pydnoh>
36. Kulushtayeva B. *et al.* Gluten-free diet: positive and negative effect on human health. *Indian Journal of Public Health Research and Development*. 2019; 10(7): 906–909. <https://www.elibrary.ru/uvjef>
37. Barbaro M.R., Cremon C., Stanghellini V., Barbara G. Recent advances in understanding non-celiac gluten sensitivity. *F1000Research*. 2018; 7: 1631. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15849.1>
38. Zhamel A., Isakova G.K., Izembayeva A.K., Baiysbayeva M.P. A Rationale for the use of buckwheat and corn flour in the technology of gluten-free pasta. *Agrarian science*. 2023; (5): 93–97 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-93-97>
39. Rustemova A.Zh., Rebezov M.B. The use of leguminous mixture for bakery products. *Agrarian science*. 2023; (8): 137–142 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-142>
40. Sofi S.A. *et al.* Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Science & Nutrition*. 2023; 11(5): 2256–2276. <https://doi.org/10.1002/ftsn.31166>
41. Atambayeva Z. *et al.* A Risk and Hazard Analysis Model for the Production Process of a New Meat Product Blended With Germinated Green Buckwheat and Food Safety Awareness. *Frontiers in Nutrition*. 2022; 9: 902760. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.902760>
42. Rincon L., Botelho R.B.A., de Alencar E.R. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. *LWT*. 2020; 128: 109479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109479>
43. Pineli L.D.L.D.O. *et al.* Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *LWT – Food Science and Technology*. 2015; 63(2): 1261–1267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.094>
44. Li F.-Y., Cui R.-J., Zheng L.-H., Li C.-H. Study on the Processing Technology of Pea Milk with Soya. *Food Science*. 2004; 25(8): 211–214 (in Chinese).
45. Liu Z.-S., Chang S.K.C. Nutritional profile and physicochemical properties of commercial soymilk. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2013; 37(5): 651–661. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00696.x>
46. Lavrentev F.V. *et al.* Influence of pre-treatment methods on quality indicators and mineral composition of plant milk from different sources of raw materials. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024; 104(2): 967–978. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12992>
47. Shori A.B., Aljohani G.S., Al-zahrani A.J., Al-sulbi O.S., Baba A.S. Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT*. 2022; 153: 112482. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112482>
48. Stone H., Sidel J., Oliver S., Woolsey A., Singleton R.C. Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. Gacula Jr. M.C. (ed.). Descriptive Sensory Analysis in Practice. *Food & Nutrition Press*. 1997; 23–34. <https://doi.org/10.1002/9780470385036.ch1c>

ОБ АВТОРАХ

Роберт Хамбалеви́ч Гелазов

аспирант факультета биотехнологий
robgelazov@itmo.ru
<https://orcid.org/0009-0003-1110-2053>

Наталья Владимировна Яковченко

кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий,
старший научный сотрудник
nviakovchenko@itmo.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5188-5916>

Камиль Рустамович Баязитов

аспирант факультета биотехнологий
307749@niuitmo.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8424-1053>

Валерий Алексеевич Ширяев

аспирант факультета биотехнологий
244145@niuitmo.ru
<https://orcid.org/0009-0005-4007-7795>

Университет ИТМО,
ул. им. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Robert Khambalevich Gelazov

Postgraduate student of the Faculty of Biotechnologies (BioTech)
robgelazov@itmo.ru
<https://orcid.org/0009-0003-1110-2053>

Natalia Vladimirovna Iakovchenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Faculty
of Biotechnologies (BioTech), Senior Researcher
nviakovchenko@itmo.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5188-5916>

Kamil Rustamovich Bayazitov

Postgraduate Student of the Faculty of Biotechnologies (BioTech)
307749@niuitmo.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8424-1053>

Valery Alexeyevich Shiriaev

Postgraduate Student of the Faculty of Biotechnologies (BioTech)
244145@niuitmo.ru
<https://orcid.org/0009-0005-4007-7795>

ITMO University,
9 Lomonosov Str., St. Petersburg, 191002, Russia