

Разработка и оценка пробиотических овсяных напитков на основе отечественного сырья

Фролов Д.И., Майоров М.А.

Аннотация. В последние годы в России растет интерес к функциональным продуктам питания, обогащенным пробиотиками. Овсяные напитки, благодаря своим полезным свойствам и возможности быть обогащенными пробиотическими культурами, представляют собой перспективное направление для разработки инновационных продуктов. Целью данного исследования является изучение возможности использования овсяной муки для создания пробиотического напитка на основе злаков. В ходе работы были исследованы различные типы овсяной муки, определено содержание β -глюкана и антиоксидантная активность. Для дальнейших экспериментов была выбрана цельнозерновая овсяная мука с высоким содержанием β -глюкана и антиоксидантов. Было изучено реологическое поведение овсяных суспензий различной концентрации при различных температурах. В качестве закваски для ферментации использовались пробиотические штаммы *Lactobacillus plantarum*, обладающие амилолитической активностью. Ферментация проводилась в контролируемых условиях, в течение 8 часов. В процессе ферментации отслеживались изменения pH, концентрация жизнеспособных молочнокислых бактерий, активность α -амилазы и реологические характеристики напитка. Результаты показали, что цельнозерновая овсяная мука является подходящей средой для роста пробиотических молочнокислых бактерий при выбранных условиях ферментации, что позволяет создавать полезные и функциональные овсяные напитки.

Ключевые слова: овес, пробиотики, молочнокислые бактерии, функциональные напитки, реология.

Для цитирования: Фролов Д.И., Майоров М.А. Разработка и оценка пробиотических овсяных напитков на основе отечественного сырья // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 61–66.

Development and evaluation of probiotic oat drinks based on domestic raw materials

Frolov D.I., Mayorov M.A.

Abstract. In recent years, interest in functional foods enriched with probiotics has grown in Russia. Oat drinks, due to their beneficial properties and the ability to be enriched with probiotic cultures, represent a promising avenue for innovative product development. The aim of this study was to explore the feasibility of using oat flour to create a cereal-based probiotic drink. Various types of oat flour were examined, their β -glucan content and antioxidant activity were determined. Whole grain oat flour, with its high β -glucan and antioxidant content, was selected for further experiments. The rheological behavior of oat suspensions of varying concentrations at various temperatures was studied. Probiotic strains of *Lactobacillus plantarum*, which exhibit amylolytic activity, were used as a starter culture for fermentation. Fermentation was carried out under controlled conditions for 8 hours. During the fermentation process, pH changes, viable lactic acid bacteria concentrations, α -amylase activity, and beverage rheology were monitored. The results demonstrated that whole grain oat flour provides a suitable growth medium for probiotic lactic acid bacteria under the selected fermentation conditions, enabling the creation of healthy and functional oat beverages.

Keywords: oats, probiotics, lactic acid bacteria, functional beverages, rheology.

For citation: Frolov D.I., Mayorov M.A. Development and evaluation of probiotic oat drinks based on domestic raw materials. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 61–66. (In Russ.).

Введение

Современная концепция здорового питания в Российской Федерации претерпевает значительную трансформацию, смещая фокус с простого удовлетворения энергетических потребностей на профилактику алиментарно-зависимых заболеваний [1]. В условиях текущей социально-экономической повестки и реализации программ импортозамещения, разработка инновационных функциональных продуктов на основе отечественного растительного сырья приобретает статус стратегической задачи для пищевой индустрии [2].

Особое место в этой категории занимают пробиотические напитки [3, 4]. Традиционно основным носителем полезной микрофлоры выступали молочные продукты, однако сегодня наблюдается устойчивый рост спроса на альтернативные решения. Это обусловлено не только расширением веганского сегмента рынка, но и медицинскими показаниями: по разным данным, до 15–20% населения России в той или иной степени сталкиваются с симптомами лактазной недостаточности или аллергией на белки коровьего молока [5, 6].

Овсяное сырье (*Avena sativa* L.) представляет собой уникальную биологическую матрицу для создания таких продуктов [7]. В отличие от других злаковых культур, овес обладает наиболее сбалансированным аминокислотным составом и высоким содержанием специфических нутриентов: бета-глюканы представляют собой растворимые пищевые волокна, которые при растворении образуют вязкие растворы, способные эффективно связывать холестерин и замедлять абсорбцию глюкозы, что критически важно для профилактики сахарного диабета 2-го типа и сердечно-сосудистых патологий. Авенантрамиды - группа уникальных полифенольных соединений, характерных исключительно для овса, которые проявляют мощные антиоксидантные, противовоспалительные и антиатерогенные свойства [8]. Клетчатка овса служит естественной питательной средой для роста и колонизации пробиотических микроорганизмов в кишечнике человека.

Несмотря на очевидные преимущества, производство растительных пробиотических напитков сталкивается с рядом технологических вызовов. К ним относятся необходимость стабилизации вязкости продукта, обеспечение высокой титруемой кислотности и сохранение жизнеспособности микроорганизмов в течение всего срока годности. Использование молочнокислых бактерий, в частности штаммов *Lactobacillus plantarum*, открывает широкие возможности благодаря их высокой ферментативной активности и способности эффективно расщеплять крахмал растительного субстрата.

Целью данного исследования является разработка и комплексная оценка параметров производства функционального овсяного напитка с использованием отечественного цельнозернового сырья.

Работа направлена на установление взаимосвязи между типом муки, режимами термической обработки и динамикой накопления биомассы пробиотиков в процессе ферментации для получения продукта с заданными физико-химическими и биологическими свойствами.

Объекты и методы исследования

Основным сырьем для разработки функциональных напитков послужила овсяная мука различных типов, доступная на отечественном рынке. С целью установления наиболее подходящего нутриентного профиля и технологических характеристик был проведен скрининг нескольких образцов.

В качестве биологических агентов ферментации применялись специфические штаммы *Lactobacillus plantarum*, обладающие доказанным пробиотическим потенциалом и высокой адаптивностью к углеводным субстратам зернового происхождения. Рабочие штаммы поддерживались в лиофилизированном состоянии, перед использованием проводилась их активация при температуре 37 °C в течение 24 часов.

Оценка качественных показателей сырья включала определение концентрации β -глюкана ферментативным методом. Процедура основывалась на ступенчатом гидролизе полисахарида специфическими ферментами до свободных глюкозных остатков, концентрация которых впоследствии измерялась спектрофотометрически.

Комплексное изучение антиоксидантного потенциала овсяной муки реализовывалось через серию тестов: FRAP и анализ железосвязывающей способности. Подготовка проб включала экстракцию навесок муки подкисленным метанолом при температуре 4–6 °C в течение 12 часов с последующей фильтрацией. Антиоксидантная емкость выражалась в микромолях эквивалента тролокса (мкмоль ТЭГ/г сухого вещества).

Безопасность сырья контролировали определением массовой доли глютена иммуноферментным методом (ИФА) в соответствии с ГОСТ 33838-2016.

Реологическое поведение овсяных систем изучалось на ротационном вискозиметре. Эксперименты проводились с суспензиями концентрацией 4 %, 5 % и 6 % (масс. /об.) при температурных режимах 70 °C, 75 °C и 80 °C.

Процесс получения напитка включал стадию приготовления 6 %-ной водной суспензии овсяной муки с последующей пастеризацией в водяной бане при 75 °C в течение 8 минут при постоянном механическом перемешивании. После принудительного охлаждения до температуры 40 °C в основу вносились заквасочная культура *L. plantarum* в количестве 0,6 % от объема смеси. Ферментационный этап осуществлялся в статических условиях при 37 °C в течение 8 часов.

Контроль процесса ферментации проводился каждые два часа по ключевым показателям: уров-

Таблица 1 - Биохимические показатели и показатели безопасности исследуемых образцов овсяной муки

№ образца	Тип сырья	Содержание β -глюкана, %	Антиоксидантная активность, мг ТЕ/100г	Общее содержание полифенолов, мг экв. галловой кислоты / 100 г	Содержание глютена, мг/кг
1	Цельнозерновая мука (импорт)	6,28 \pm 0,11	420 \pm 11	17,5 \pm 1,1	45,06 \pm 0,60
2	Овсяные отруби (высоковолокнистые)	8,05 \pm 0,95	440 \pm 15	23,0 \pm 0,8	53,25 \pm 1,08
3	Овсяная мука высшего сорта (белая)	2,32 \pm 0,44	240 \pm 10	19,4 \pm 2,3	49,17 \pm 0,28
6	Цельнозерновая мука «С.Пудовъ» (РФ)*	4,63 \pm 0,39	440 \pm 17	29,2 \pm 2,3	26,03 \pm 0,78

* Образец, выбранный для дальнейшей разработки напитка

ню рН, титру жизнеспособных микроорганизмов и активности α -амилазы. Активность водородных ионов измерялась потенциометрически с помощью калиброванного рН-метра. Количественный учет пробиотической микрофлоры осуществлялся путем высева серийных разведений на агаризованную среду с последующим инкубированием в течение 48 часов.

Математическая обработка данных выполнялась на основе результатов трехкратных повторностей каждого эксперимента. Статистическая достоверность оценивалась путем расчета среднего арифметического и стандартного отклонения средствами программного обеспечения Microsoft Excel 2019.

Результаты и их обсуждение

Первоначальный этап исследований был посвящен анализу физико-химических и биохимических показателей различных образцов овсяной муки (Таблица 1). Установлено, что концентрация β -глюкана в исследуемом сырье варьируется в широком диапазоне – от 2,32 % до 8,05 %. Наиболее низкие значения зафиксированы в образцах очищенной муки, в то время как цельнозерновые варианты отечественного производства продемонстрировали стабильно высокие показатели (в среднем 4,63 % для термически обработанной муки). Учитывая, что для достижения терапевтического эффекта в функциональном напитке необходимо определенное количество растворимых волокон, образец с содержанием β -глюкана 4,63 % был признан оптимальным. Более высокие концентрации (свыше 8 %) приводили к чрезмерному загущению системы, что негативно сказывалось на технологических параметрах и органолептическом восприятии продукта.

Анализ антиоксидантного потенциала показал преимущество цельнозернового сырья, прошедшего предварительную гидротермическую обработку. Общее содержание полифенолов в выбранном образце составило 29,2 мг GAE/100 г, что коррелирует с высокими результатами тестов DPPH и FRAP. Важным аспектом безопасности стало исследова-

ние содержания глютена: во всех протестированных образцах его уровень находился в пределах от 26,03 до 53,25 мг/кг. Согласно международным стандартам Codex Alimentarius, выбранная нами овсяная база относится к категории продуктов с «очень низким содержанием глютена». При дальнейшем разбавлении в процессе приготовления напитка конечный продукт может быть классифицирован как безглютеновый (менее 20 мг/кг), что расширяет возможности его использования в диетотерапии целиакии.

Изучение реологических характеристик позволило обосновать параметры температурной обработки. Анализ динамической вязкости 4 %, 5 % и 6 % суспензий при температурах 70 °С, 75 °С и 80 °С выявил прямую зависимость консистенции от концентрации и теплового воздействия (рис.1). При 70 °С вязкость изменялась незначительно, однако при достижении 75 °С наблюдалась активная клейстеризация крахмала. Для получения напитка с вязкостью в диапазоне 40 мПа·с, обеспечивающей приятную текстуру, был выбран режим: 6 %-ная концентрация муки при нагреве до 75 °С в течение 8 минут. Дальнейшее повышение температуры до 80 °С приводило к резкому скачку вязкости, что могло затруднить последующий процесс ферментации и снизить растворимость белков.

Процесс контролируемой ферментации овсяной основы продемонстрировал высокую биосовместимость среды и выбранных пробиотических культур. Штамм *Lactobacillus plantarum* Pro показал наиболее интенсивную динамику роста, увеличив титр жизнеспособных клеток до $1,3 \cdot 10^8$ КОЕ/мл к восьмому часу эксперимента. Снижение уровня рН с исходных 5,85 до 4,23 свидетельствует об активном накоплении органических кислот, что способствует формированию характерного кисломолочного вкуса и подавлению патогенной микрофлоры. При использовании штамма *L. plantarum* BB2 также была достигнута требуемая концентрация пробиотиков ($>10^6$ КОЕ/мл), достаточная для реализации лечебно-профилактического эффекта.

Особый интерес представляет динамика активности α -амилазы в процессе ферментации. Было отмечено, что в вариантах напитка без добавления

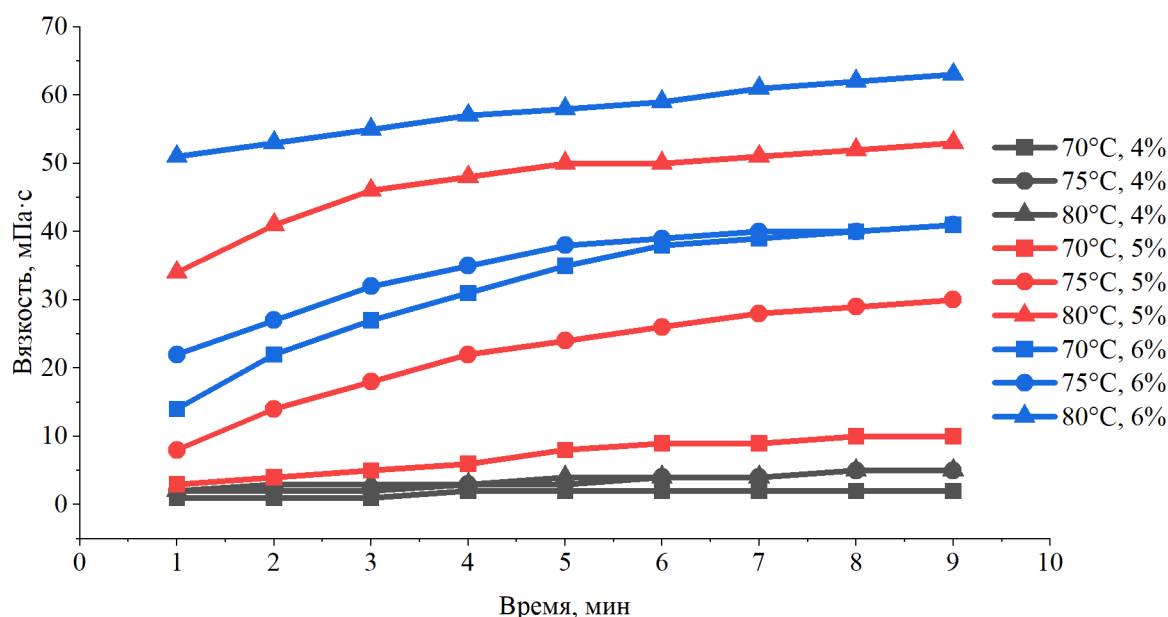


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости овсяных суспензий от температуры и времени нагрева

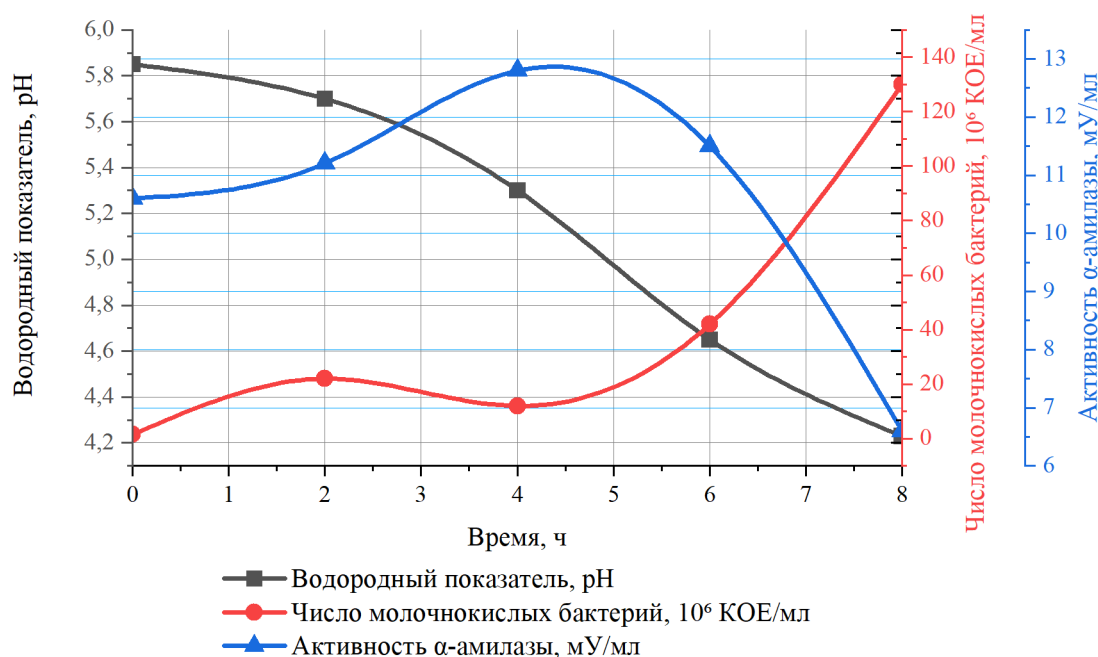


Рис. 2. Кинетика изменения pH и концентрации пробиотических микроорганизмов в процессе ферментации

сахара бактерии демонстрируют более высокую активность фермента (38–46 мУ/мл), что объясняется адаптацией метаболизма микроорганизмов к расщеплению сложных полисахаридов овса для получения доступных источников углерода (рис.2). Наличие сахара в среде несколько замедляло синтез собственной амилазы лактобактериями, но ускорило общее снижение pH. Таким образом, отечественная цельнозерновая овсяная мука обеспечивает полноценную нутриентную поддержку пробиотиков, позволяя получать функциональный продукт с заданными характеристиками без избыточного внесения вспомогательных компонентов.

Выводы

Проведенное исследование подтвердило высокую технологическую эффективность использования отечественной цельнозерновой овсяной муки в качестве основы для функциональных пробиотических напитков. По результатам скрининга сырья оптимальным признан образец российской муки с содержанием β-глюкана 4,63 %, сочетающий высокие антиоксидантные свойства с низким уровнем глютена (26,03 мг/кг), что позволяет позиционировать будущий продукт как подходящий для диетического питания.

Экспериментально обоснован режим термиче-

ской подготовки: пастеризация 6 %-ной суспензии при 75 °С в течение 8 минут обеспечивает целевую вязкость напитка на уровне 40 мПа·с, формируя стабильную консистенцию при сохранении нативных нутриентов овса. Установлено, что выбранные штаммы *Lactobacillus plantarum* демонстрируют высокую адаптивность к злаковой матрице, достигая терапевтически значимой концентрации (1,3·10⁸ КОЕ/мл) всего за 8 часов ферментации.

Выявленная способность бактерий к самостоятельному синтезу α -амилазы в овсяной среде подтверждает возможность производства напитка без внесения дополнительных углеводов или ферментных препаратов. Внедрение данной технологии на предприятиях РФ позволит расширить ассортимент безлактозных функциональных продуктов и эффективно реализовать стратегию импортозамещения в пищевом секторе.

Литература

- [1] Попова Е. В., Храмова Е. Б. Профилактика и коррекция алиментарно-зависимых заболеваний у младенцев: возможность и реальность // Университетская медицина Урала. – 2017. – Т. 3. – №. 3. – С. 27-29.
- [2] Голова И. М., Суховой А. Ф. Сущность и возможности реализации инновационного импортозамещения в российских регионах // Экономический анализ: теория и практика. – 2020. – Т. 19. – №. 8. – С. 1388-1408.
- [3] Полянская И. С., Абабкова А. А. Пробиотические кисломолочные напитки, обогащенные гидролизатом сывороточных белков // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84. – №. S3. – С. 57-57.
- [4] Токаев Э. С., Баженова Е. Н. Обзор современного рынка функциональных напитков // Пиво и напитки. – 2007. – №. 4. – С. 4-8.
- [5] Киосов А. Ф. Аллергия к белкам коровьего молока и лактазная недостаточность: клиническая дилемма у детей грудного возраста // Лечащий Врач. – 2025. – №. 6. – С. 10-15.
- [6] Шуматова Т. А. и др. Совершенствование диагностики аллергии к белкам коровьего молока у детей грудного возраста // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2016. – №. 4 (66). – С. 19-21.
- [7] Алексаночкин, Д. И. Напитки на растительной основе: обзор сырьевых компонентов и технологий получения / Д. И. Алексаночкин, И. Д. Семенов, И. А. Фоменко // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2025. – Т. 28, № 3. – С. 371-384. – DOI 10.21443/1560-9278-2025-28-3-371-384. – EDN CIANAP.
- [8] Попова Н. В. и др. Возможность использования ультразвукового воздействия для регулирования функциональных свойств пророщенного зерна *Avena sativa* L // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – №. 4 (86). – С. 196-201.

References

- [1] Popova E. V., Khramova E. B. Prevention and Correction of Alimentary-Dependent Diseases in Infants: Possibility and Reality // University Medicine of the Urals. - 2017. - Vol. 3. - No. 3. - Pp. 27-29.
- [2] Golova I. M., Sukhovey A. F. The Nature and Possibilities of Implementing Innovative Import Substitution in Russian Regions // Economic Analysis: Theory and Practice. - 2020. - Vol. 19. - No. 8. - Pp. 1388-1408.
- [3] Polyanskaya I. S., Ababkova A. A. Probiotic Fermented Milk Drinks Enriched with Whey Protein Hydrolysate // Nutrition Issues. - 2015. - Vol. 84. - No. S3. - Pp. 57-57.
- [4] Tokayev E. S., Bazhenova E. N. Review of the modern functional beverages market // Beer and beverages. - 2007. - No. 4. - P. 4-8.
- [5] Kiosov A. F. Allergy to cow's milk proteins and lactase deficiency: a clinical dilemma in infants // Attending Physician. - 2025. - No. 6. - P. 10-15.
- [6] Shumatova T. A. et al. Improving the diagnostics of cow's milk protein allergy in infants // Pacific Medical Journal. - 2016. - No. 4 (66). - P. 19-21.
- [7] Aleksanochkin, D. I. Plant-based drinks: a review of raw materials and production technologies / D. I. Aleksanochkin, I. D. Semenov, I. A. Fomenko // Bulletin of Moscow State Technical University. Transactions of Murmansk State Technical University. – 2025. – Vol. 28, No. 3. – Pp. 371-384. – DOI 10.21443/1560-9278-2025-28-3-371-384. – EDN CIANAP.
- [8] Popova N. V. et al. The Possibility of Using Ultrasound to Regulate the Functional Properties of Sprouted *Avena sativa* L Grain // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – Vol. 82. – No. 4 (86). – Pp. 196-201.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p>Майоров Михаил Александрович магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:</p>	<p>Mayorov Mikhail Alexandrovich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:</p>