



Научная статья

4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)

УДК 664.7

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.04.004



## ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ФЕРМЕНТИРОВАННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ ПРОДУКТЕ И ФОРМИРОВАНИЯ ИХ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Марина Николаевна Альшевская <sup>1</sup>, Оксана Владимировна Казимирченко <sup>2</sup>,  
Анастасия Антоновна Кочина <sup>3</sup>, Оксана Вячеславовна Анистратова <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

<sup>4</sup> Западный филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Калининград, Россия

<sup>1</sup> marina.alshevskaya@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0632-9013>

<sup>2</sup> oksana.kazimirchenko@klgtu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7197-0287>

<sup>3</sup> kochina.kgtu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1168-2310>

<sup>4</sup> oksana.anistratova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6278-0861>

**Аннотация.** Актуальность разработки растительных аналогов молочных продуктов обусловлена устойчивым ростом рынка их альтернативных заменителей. В работе представлены результаты исследования развития и характера накопления биомассы заквасочных бактерий *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* в растительном йогуртоподобном продукте, содержащем в качестве основного субстрата ферментированный овсяный порошок. Исследования проводились в два этапа: на первом этапе изучали чистоту лиофилизированной закваски и её активизацию на растительном субстрате (ферментированный овсяный порошок), на втором – динамику развития биомассы молочнокислых бактерий в процессе холодильного хранения полученного продукта. Исследования показали, что на начальном этапе хранения основу микрофлоры растительного продукта на основе ферментированного овсяного порошка составляли бактерии *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (64 %), однако к 10-м суткам наблюдалось значительное увеличение доли *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (52 %) при снижении pH до 4,36±0,15. Полученные данные свидетельствуют о необходимости предварительной активации закваски и внесения компонентов, повышающих биодоступность факторов роста молочнокислых микроорганизмов для обеспечения их стабильного развития на растительном субстрате.

Установлено, что в течение 13 суток хранения количество молочнокислых микроорганизмов составляло не менее 10<sup>6</sup> КОЕ/г, что позволяет отнести исследуемый продукт к функциональным.

Результаты работы могут быть использованы при разработке технологии производства функциональных йогуртоподобных растительных продуктов с пробиотическими свойствами.

**Ключевые слова:** молочнокислые бактерии, ферментированный овсяный порошок, активизированная закваска, растительный продукт

**Для цитирования:** Альшевская М. Н., Казимирченко О. В., Кочина А. А., Анистратова О. В. Изучение развития молочнокислых микроорганизмов в ферментированном растительном продукте и формирования их биомассы в процессе хранения // Ползуновский вестник. 2025. № 4, С. 25–31. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.04.004. EDN: <https://elibrary.ru/KNURYR>.

Original article

## STUDY OF THE DEVELOPMENT OF LACTIC ACID MICROORGANISMS IN A FERMENTED PLANT-BASED PRODUCT AND FORMATION OF THEIR BIOMASS DURING STORAGE

Marina N. Al'shevskaya <sup>1</sup>, Oksana V. Kazimirchenko <sup>2</sup>,  
Anastasiya A. Kochina <sup>3</sup> Oksana V. Anistratova <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>4</sup> Western branch of the Russian President Academy of National Economy and Public Administration, Russia, Kaliningrad

© Альшевская М. Н., Казимирченко О.В., Кочина А.А., Анистратова О.В., 2025

<sup>1</sup> marina.alshevskaya@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0632-9013>

<sup>2</sup> oksana.kazimirchenko@klgtu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7197-0287>

<sup>3</sup> kochina.kgtu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1168-2310>

<sup>4</sup> oksana.anistratova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6278-0861>

**Abstract.** The urgency of developing plant-based analogues of dairy products is due to the steady growth of the alternative food market. The work presents the results of a study of the development and nature of biomass accumulation of starter bacteria *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in a plant-based yogurt containing fermented oatmeal powder as the main substrate. The research was carried out in two stages: at the first stage, the purity of the lyophilized starter culture and its activation on a plant substrate (fermented oat powder) were studied, at the second, the dynamics of the development of lactic acid bacteria biomass during the refrigerating storage of the resulting product. Studies have shown that at the initial stage of storage, the microflora of a plant product based on fermented oatmeal powder was based on the bacteria *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (64 %), however, by day 10 there was a significant increase in the proportion of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (52 %) with a decrease in pH to  $4.36 \pm 0.15$ . The data obtained indicate the need for preliminary activation of the starter culture and the introduction of components that increase the bioavailability of growth factors of lactic acid microorganisms to ensure their stable development on a plant substrate. To optimize the growth of both types of microorganisms, it is recommended to adjust the composition of the nutrient medium.

It was found that during 13 days of storage, the number of lactic acid microorganisms was at least  $10^6$  CFU/g, which makes it possible to classify the product under study as functional.

The results of the work can be used in the development of technology for the production of functional plant-based yogurt with probiotic properties.

**Keywords:** lactic acid bacteria, fermented oatmeal powder, activated starter culture, plant-based product

**For citation:** Al'shevskaya, M. N., Kazimirchenko, O. V. Kochina, A. A. & Anistratova, O. V. (2025). Study of the development of lactic acid microorganisms in a fermented plant-based product and formation of their biomass during storage. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 25-31. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.04.004. EDN: <https://elibrary.ru/KNURYR>.

## ВВЕДЕНИЕ

Кисломолочные продукты – неотъемлемая часть питания населения Российской Федерации, входят в его ежедневный рацион [1]. Однако в последнее время наблюдается тенденция к постепенному снижению доли их потребления, что связывают с демографическими изменениями, изменениями в условиях производства продуктов питания, потребительских предпочтениях, маркетинговых стратегиях компаний [2-10].

В то же время во всем мире возрастает интерес к растительным аналогам молочных продуктов. Так, исследования показывают, что альтернативная группа на сегодняшний день составляет практически 15 % рынка молочных продуктов в мире [2]. По результатам исследования Ассоциации производителей альтернативной пищевой продукции в 2024 году в России и странах СНГ рынок растительных аналогов молочной продукции вырос практически на 30 % по сравнению с предыдущим годом [3].

Растительные аналоги молочных продуктов (именуемые в иностранной литературе как «dairy alternatives», «dairy analogues», «plant-based dairy alternatives») условно делятся на две категории: заменители молочных продуктов из растительного сырья, только имитирующие вкус, текстуру, внешний вид и консистенцию, и продукты, которые не только имитируют органолептические показатели, но и содержат в своем составе живые пробиотические культуры [4, 5].

В соответствии с ГОСТ 55577-2013 наличие пробиотических культур микроорганизмов в регламентируемом количестве придает растительному продукту функциональные свойства и способствует (при систематическом их потреблении) нормализации микробиота кишечника человека.

Среди широкого ассортимента кисломолочных продуктов йогурты пользуются большим спросом у потребителей, занимают достаточно высокую долю в объемах производства [1, 9].

При производстве йогурта используются закваски, в состав которых входят термофильные кокко-

вые и палочковидные молочнокислые бактерии, способные к росту при температуре 40-45 °С.

Кокковые бактерии *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (согласно таксономии, входят в группу 17 «Грамположительные кокки») – грамположительные, на окрашенных препаратах располагаются парами, в виде коротких или длинных цепочек. Бактерии неподвижные, каталаза отрицательные, факультативные анаэробы. Метаболизм бродильного типа, в основном образуется лактат, но не газ (гомоферментативные). Термофильные стрептококки гидролизуют крахмал, ферментируют лактозу, фруктозу, сахарозу, глюкозу, обладают устойчивостью при 60°C в течение 30 минут и низкой протеолитической активностью, в соответствии с ГОСТ 10444.11-2013 [11, 12].

Бактерии *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (согласно таксономии, входят в группу 19 «Грамположительные не спорообразующие палочки правильной формы») – грамположительные, не спорообразующие короткие или длинные палочки. Бактерии неподвижные (в редких случаях могут быть подвижными за счет перитрихальных жгутиков), каталазаотрицательные. Лактобациллы относятся к факультативно-анаэробным бактериям. Метаболизм бродильного типа, половина углерода конечных продуктов брожения приходится на лактат (гомоферментативные). Для бактерий характерна способность к сбраживанию лактозы и целлобиозы, не сбраживают пентозы (арабинозу, ксилозу), обладают протеолитической активностью, в соответствии с ГОСТ 10444.11-2013 [11, 13].

При разработке растительных йогуртоподобных продуктов важной задачей является правильный подбор питательного субстрата, который будет обеспечивать рост и развитие молочнокислых бактерий. Чаще всего такие растительные продукты производят на основе злакового или бобового сырья, орехов, кокоса, углеводный состав которых не является благоприятным для кинетики утилизации в процессе ферментации их молочнокислыми микроорганизмами.

Так, например, Серазетдиновой Ю. Р. и др. [14] изучалось развитие пробиотических микроорганизмов

# ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ФЕРМЕНТИРОВАННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ ПРОДУКТЕ И ФОРМИРОВАНИЯ ИХ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

на соевом субстрате, в результате чего были получены данные о деформации и сегментации болгарской палочки в процессе культивирования на растительном субстрате, что показало необходимость детального изучения данного вопроса при разработке ферментированных растительных продуктов.

В настоящее время к наиболее широко используемому сырью для производства растительных йогуртоподобных продуктов в пищевой промышленности в России относится ферментированный овсяный порошок. Однако исследования о влиянии данного субстрата на развитие биомассы молочнокислых микроорганизмов в ферментированном растительном продукте в процессе производства и хранения отсутствуют.

Целью работы было изучение динамики развития молочнокислых микроорганизмов *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* в ферментированном растительном йогуртоподобном продукте и формирование их биомассы в процессе хранения.

Целью исследований является научное обоснование технологических параметров производства растительного аналога кисломолочного продукта.

## МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили лиофилизированная закваска прямого внесения, включающая в своем составе молочнокислых бактерий *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (ООО Генезис-Н), активизированная закваска (восстановленный ферментированный овсяный порошок, лиофилизированная закваска) и ферментированный растительный йогуртоподобный продукт. Закваска и используемое сырье соответствовали показателям микробиологической безопасности и удовлетворяли требованиям действующей нормативной документации ТР ТС 021/2011, ТР ТС 029/2012, ТР ТС 022/2011: овсяный порошок ферментированный (производитель ООО «Зеленые линии», ТУ 11.07.19 143 51070597 2020), белок подсолнечника (массовая доля белка – 60 %) (СТО 41996709 001 2019), пектин (производитель ООО «Вита Пектин»), лиофилизированная закваска (ТД 140260).

Для активизации закваски ферментированный овсяный порошок восстанавливали водой (массовая доля 73 %, температура  $30 \pm 2$  °C), перемешивали в течение 30 мин, пастеризовали (температура  $85 \pm 2$  °C) и охлаждали до температуры  $40 \pm 2$  °C, после чего вносили лиофилизированную закваску бактерий и ферментировали до достижения значений pH смеси 4,6–

4,8, далее полученную активизированную закваску охлаждали до температуры  $4 \pm 2$  °C и хранили не более 12 часов перед внесением в исследуемый продукт [16].

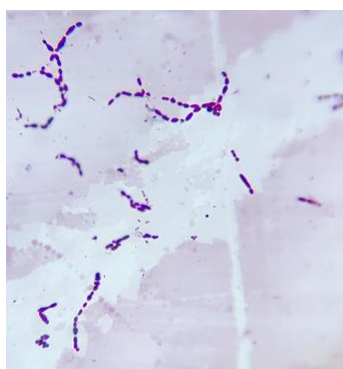
Ферментированный растительный продукт готовили по следующей технологии: смесь овсяного порошка (массовая доля – 12 %) и белка семян подсолнечника (массовая доля – 3,2 %) восстанавливали водой ( $t=40 \pm 2$  °C), добавляли структурообразователь пектин (массовая доля – 1,25 %), перемешивали, пастеризовали ( $t=85 \pm 2$  °C, 5–7 минут), охлаждали до температуры  $40 \pm 2$  °C, вносили активизированную закваску (3–5 %) и ферментировали до достижения значения pH 4,6–4,8, после чего продукт перенесли в 4 емкости, разделив на пробы, которые охлаждали в холодильной камере ( $t=4 \pm 2$  °C) и хранили 12 часов, 5, 10 и 13 суток, соответственно.

Микробиологический анализ лиофилизированной и активированной закваски проводили в соответствии с ГОСТ 32901-2014, ГОСТ 33951-2016. Исследование проб ферментированного продукта проводили в соответствии с ГОСТ 33951-2016 путем семикратного разведения через 12 часов после приготовления и охлаждения в холодильной камере (температура в центре образца  $4 \pm 2$  °C), на 5, 10 и 13 сутки (в соответствии с МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка. Обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов»).

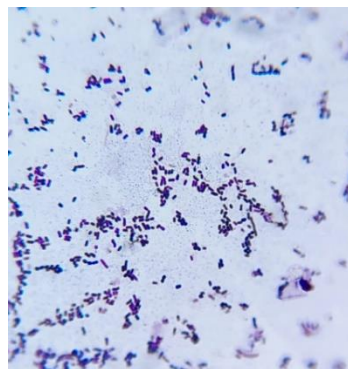
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На начальном этапе было проведено исследование чистоты используемой лиофилизированной закваски. В микробиоценозе закваски в чистой культуре были обнаружены молочнокислые бактерии *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, что соответствовало составу, заявленному производителем. Количество молочнокислых микроорганизмов анализируемой закваски составляло не менее  $1 \times 10^9$  КОЕ/г, что отвечало регламентируемым требованиям согласно ТР ТС 033/2013.

При определении соотношения видов заквасочных бактерий на окрашенных препаратах было выявлено преобладание кокковых бактерий *Str. salivarius subsp. thermophilus*, морфологически представленные в виде дипло- и стрептококков. Лактобациллы *Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus* на окрашенных препаратах закваски встречались в меньших количествах в виде одиночных палочек, в парах или цепочках (рис. 1).



а) *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*



б) *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*

Рисунок 1 – Морфологические признаки молочнокислых бактерий лиофилизированной и активизированной заквасок. Окраска по Граму

Figure 1 – Morphological features of lactic acid bacteria of lyophilized and activated starter cultures. Gram Coloring.

Информация по процентному соотношению видов молочнокислых бактерий в закваске производителем не была указана. На основании полученных результатов было сделано предположение, что соотношение микроорганизмов *Strept. salivarius subsp. thermophilus*, *Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus* в промышленной закваске составляло 4:1.

В исследуемых образцах активизированной закваски в наибольших количествах были обнаружены бактерии *Strept. salivarius subsp. thermophilus*, меньшее число клеток составляли *Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus*. Молочнокислые виды бактерий морфологически не отличались от этих же видов бактерий в лиофилизированной закваске (рис. 1). Общее количество бактерий в активизированной закваске было ниже и составило  $1 \times 10^7$  КОЕ/г, что могло определяться меньшим количеством биодоступных факторов в используемом субстрате (ферментированный овсяный порошок).

Полученные результаты коррелируют с исследованиями Серазетдиновой Ю.Р. и др. [14] по фермента-

ции молочнокислыми микроорганизмами растительных продуктов из сои. Для сохранения в растительном продукте бактерий вида *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* авторами было предложено добавление источников простых сахаров, например, глюкозы.

Результаты исследований показывают необходимость предварительной активизации лиофилизированной закваски и возможность внесения в восстановленную смесь компонентов, повышающих биодоступность факторов роста исследуемых молочнокислых микроорганизмов.

Следующим этапом было изучение роста биомассы исследуемых молочнокислых микроорганизмов в пробах растительного йогуртоподобного продукта на основе ферментируемого овсяного порошка при холодильном хранении в течение 13 суток.

Описание микробного фона образцов проб растительного йогуртоподобного продукта в процессе хранения по культуральным и морфологическим признакам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Микробный фон образцов растительного йогуртоподобного продукта в процессе хранения

Table 1 - Microbial background of plant-based yogurt samples during storage

№ п/п	Сутки хранения	Культуральные признаки	Морфологические признаки	Кол-во микроорганизмов, КОЕ/г	Доля штаммов
1	2	3	4	5	6
1	Фоновая точка (0-е сутки, 24 ч после охлаждения)	Колонии мелкие (диаметром 1-3 мм), правильной и неправильной круглой формы с ровными краями, молочно-белого цвета (рост колоний под агаровой пластинкой, в толще, на поверхности агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные кокки <i>Strept. salivarius subsp. thermophilus</i> парами (диплококки) и в виде коротких цепочек	$1,5 \times 10^8$	64 %
		Колонии мелкие (диаметром 1-3 мм), прозрачные или непрозрачные, круглой формы с ровными краями, бело-серого цвета (рост колоний на поверхности агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные палочки <i>Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> монобактерии или в длинных цепочках, бесспорные		36 %
2	5-е сутки	Колонии мелкие (диаметром 1-3 мм), белого или молочно-коричневого цвета (рост колоний на поверхности агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные кокки <i>Strept. salivarius subsp. thermophilus</i> парами (диплококки) и в виде коротких цепочек	$8,2 \times 10^9$	63 %
		Колонии мелкие (диаметром 1-3 мм), прозрачные, круглой формы с ровными краями, бело-серого цвета (рост колоний на поверхности агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные палочки <i>Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , монобактерии или в длинных цепочках, бесспорные		37 %
3	10-е сутки	Колонии мелкие (диаметром 1 или 2-5 мм), правильной круглой формы с ровными или неровными краями, глянцевой поверхностью, белого или молочно-оранжевого цвета, выпуклые или плоские (рост колоний под агаровой пластинкой и на поверхности агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные кокки <i>Strept. salivarius subsp. thermophilus</i> парами (диплококки) и в виде коротких цепочек	$7,0 \times 10^9$	46 %
		Колонии мелкие (диаметром 1-2 мм), правильной круглой формы с ровными краями, глянцевой поверхностью, молочно-бежевого цвета, выпуклые (рост колоний на поверхности агаровой среды или в толще агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные палочки <i>Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , монобактерии или в длинных цепочках, бесспорные		52 %
		Колонии мелкие (диаметром 2-3 мм), круглой формы с ровными краями, розового цвета, с матовой поверхностью (рост колоний на поверхности агаровой среды Сабуро)	Дрожжи круглой формы, с хорошо очерченной слоистой клеточной стенкой, с ядрами, небольшими вакуолями, не почкующиеся		2 %

# ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ФЕРМЕНТИРОВАННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ ПРОДУКТЕ И ФОРМИРОВАНИЯ ИХ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Продолжение таблицы 1/ Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6
4	13-е сутки	Колонии мелкие (диаметром 1 или 2-5 мм), правильной круглой формы с ровными краями, глянцевой поверхностью, белого, выпуклые или плоские (рост колоний под агаровой пластинкой и на поверхности агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные кокки <i>Strept. salivarius subsp. thermophilus</i> парами (диплококки) и в виде коротких цепочек	6,7×10 <sup>8</sup>	15 %
		Колонии мелкие (диаметром 1-2 мм), правильной круглой формы с ровными краями, глянцевой поверхностью, молочно-бежевого цвета, выпуклые (рост колоний на поверхности агаровой среды или в толще агаровой среды Бликфельда)	Грам-положительные палочки <i>Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , монобактерии или в длинных цепочках, бесспорные		83 %
		Колонии мелкие (диаметром 2-3 мм), круглой формы с ровными краями, розового цвета, с матовой поверхностью (рост колоний на поверхности агаровой среды Сабуро)	Дрожжи круглой формы, с хорошо очерченной слоистой клеточной стенкой, с ядрами, небольшими вакуолями, не почкующиеся		2 %

В течение срока хранения образцов отмечали смену микробного ценоза по основным видам молочнокислых бактерий, составляющих основу используемой закваски. В фоновой точке образцах через 24 ч после охлаждения основу микрофлоры составляли бактерии *Strept. salivarius subsp. thermophilus*. Доминирование термофильных стрептококков наблюдали и на 5-е сутки хранения образцов. К 10-м суткам хранения при значении pH 4,52±0,20 в составе микрофлоры образцов стали преобладать палочковидные бактерии *Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus*, количество термофильного стрептококка уменьшалось. На 13-е сутки хранения при низкой кислотности образцов (pH 4,36±0,15) отмечали дальнейшее возрастание количества лактобацилл, термофильные стрептококки в микрофлоре составляли небольшое количество штаммов (15 %).

Полученные результаты динамики роста заквасочных бактерий выявили преобладание и активность *Strept. salivarius subsp. thermophilus* в течение первых пяти суток хранения образцов, что характерно для термофильных стрептококков в смешанной культуре [16]. Способность бактерий *Strept. salivarius subsp. thermophilus* продуцировать экзополисахариды первоначально обеспечивало характерный вкус и аромат кисломолочных продуктов. Кроме того, преобладание термофильных стрептококков на начальных этапах хранения образцов йогурта указывает и на активность сбраживания углеводов основного растительного субстрата (ферментированного овсяного порошка) с продуцированием молочной кислоты.

Установление почти равного соотношения термофильных стрептококков (46 %) и лактобацилл (52 %) на 10-е сутки хранения проб определило ассоциативный рост бактерий в продукте и предельный срок его хранения. Дальнейшее увеличение количества лактобацилл в пробах на 13-е сутки хранения могло обеспечиваться протеолитической активностью бактерий, которая относится к одному из отличительных особенностей *Lact. delbrueckii subsp. bulgaricus*. Однако на 13-е сутки хранения проб при сохранении изначального чистого кисломолочного запаха отмечали образование нарушенного сгустка мягкой мажущей консистенции.

На 10- и 13-е сутки хранения проб в составе микробиоценоза регистрировали незначительную долю штаммов дрожжей (не более 2 %). Известно, что дрожжи и молочнокислые бактерии могут занимать одинаковые экологические ниши, при этом между дан-

ными группами микроорганизмов складываются взаимовыгодные симбиотические отношения или антагонистические. В течение пяти суток хранения рост дрожжевых грибов в микробиоценозе образцов был подавлен, вероятнее всего, из-за доминирования термофильного стрептококка. При смене доминирующих термофильных стрептококков на лактобацилл на 10- и 13-е сутки хранения в образцах стали развиваться дрожжи, рост которых стимулировался низким значением кислотности среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования по изучению развития и характеру накопления биомассы заквасочных бактерий *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* в растительном йогуртоподобном продукте, содержащем в качестве основного субстрата ферментированный овсяный порошок.

Проанализированы морфологические особенности молочнокислых бактерий в исходной лиофилизированной и активизированной заквасках, в составе микрофлоры заквасок выявлено доминирование термофильных стрептококков. Общее количество бактерий в активизированной закваске было на два порядка ниже по сравнению с лиофилизированной закваской, что, вероятнее всего, было связано с меньшим количеством биодоступных факторов в ферментированном овсяном порошке. Следовательно, для ускорения роста и повышения ферментативных свойств молочнокислых йогуртовых бактерий на основном питательном субстрате необходима предварительная активизация лиофилизированной закваски и возможное внесение в восстановленную смесь дополнительных стимулирующих компонентов.

Установлено, что в течение 13 суток холодильного хранения количество *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* составляло не менее 10<sup>6</sup> КОЕ/г, что позволяет отнести изученный растительный йогуртоподобный продукт к функциональным пищевым продуктам. В период хранения проб анализируемого продукта отмечена смена видового состава молочнокислых бактерий закваски. В течение первых пяти суток хранения проб преобладали термофильные стрептококки, которые, как правило, первоначально обладают более активным ростом в смешанной культуре с лактобациллами.

Постепенно к 10 суткам хранения отмечали прак-

тическое уравнивание соотношения видов молочнокислых бактерий, но уже с преобладанием лактобацилл и дальнейшим увеличением их количества. Сохранение активности молочнокислых бактерий на протяжении всего срока хранения проб подтверждает их способность к ассоциативному росту. В микробиоценозе образцов продукта на 10 - и 13-е сутки хранения регистрировали незначительную долю штаммов дрожжей, которые, не являясь антагонистами молочнокислых бактерий, находили условия для своего развития при низком значении кислотности среды.

Показано, что ферментированный овсяный порошок может быть использован в качестве основного субстрата для развития молочнокислых бактерий в смешанной культуре при получении растительного йогуртоподобного продукта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор. Молочная отрасль России в 2024 году в десяти графиках. Milknews и Союзмолоко. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://milknews.ru/longridy/24-god-v-grafikah.html> (дата обращения: 01.03.2025).
2. Gaan K. 2020 State of the industry report - plant-based meat, eggs, and dairy. The Good Food Institute, 2021 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gfi.org/blog/state-of-the-industry-2020/> (дата обращения: 27.02.2025).
3. В 2024 году рынок растительных аналогов молочной продукции в России и странах СНГ вырос на 30 %. Dairynews.today, 2024 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dairynews.ru/news/v-2024-godu-rynok-rastitelnykh-analogov-molochnoy-.html> (дата обращения: 27.02.2025).
2. Jeske S., Zannini E., Arendt E.K. Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials // Food Res. Int. 2018. Vol. 110. P. 42–51. doi: 10.1016/j.foodres.2017.03.045.
3. Kamath R., Basak S., Gokhale J. Recent trends in the development of healthy and functional cheese analogues — A review // LWT. 2022;155:112991. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112991.
4. Ingredients, Processing, and Fermentation: Addressing the Organoleptic Boundaries of Plant-Based Dairy Analogues / A. Pua, VCY. Tang, RMV. Goh, J. Sun, B. Lassabliere, SQ. Liu // Foods. 2022; 11(6):875. doi:10.3390/foods11060875
5. Are plant-based analogues replacing cow's milk in the American diet? // H. Stewart, F. Kuchler, J.Cessna, W. Hahn / Journal of Agricultural and Applied Economics. 2020;52(4):562–579. doi: 10.1017/aae.2020.16.
6. Plant-Based Dairy Alternatives: Consumers' Perceptions, Motivations, and Barriers-Results from a Qualitative Study in Poland, Germany, and France // D.Adamczyk, D. Jaworska, D. Affeltowicz, D. Maison / Nutrients. 2022;14(10):2171. doi:10.3390/nu14102171
7. Рыжакова, А.В., Головизнина М.С., Легошина А.С. Тенденции развития мирового рынка альтернативных молочных продуктов // Пищевая промышленность. 2022. №2. С. 24–28. doi: 10.52653/PPI.2022.2.2.005.
8. Агаларова, Е.Г., Гунько Ю.А., Антонова И.Ю. Исследование факторов потребительского спроса и потенциал роста рынка растительного молока в России // Вестник Института дружбы народов Кавказа теория экономики и управления народным хозяйством. Экономические науки. 2022. №4(64). С. 102–109.
9. Альшевская, М. Н. Кочина А. А. Основные направления проектирования и разработки растительных аналогов кисломолочных продуктов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 3. С. 69–76. doi:

10.24412/2311-6447-2023-3-69-76.

10. Трансформация технологических свойств и органолептических характеристик растительного сырья в получении ферментированных аналогов молочных продуктов / Н. А. Галочкина, И. М. Глинкина, С. И. Агутова [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 4. С. 92–99. doi: 10.24412/2311-6447-2023-4-92-99.

11. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уилльямса. Т. 2. М.: Мир, 1997. 368 с.

12. Галочкина Н.А., Глотова И.А., Толкачева А.А. Термофильный стрептококк: технологическая функциональность в пищевых системах, полезные для здоровья продукты метаболизма, видовая идентификация // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, 2024. №1. С. 44–50. doi: 10.24412/2311-6447-2024-1-44-50.

13. Точилина, А. Г. Биохимическая и молекулярно-генетическая идентификация бактерий рода *Lactobacillus*: специальность 03.00.0403.00.07 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Точилина Анна Георгиевна. Нижний Новгород, 2009. 25 с.

14. Изучение способности молочнокислых бактерий к ферментации растительных аналогов молока / Ю.Р. Серазетдинова, А.С. Фролова, И.С. Милентьева, В.И. Минина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 3(59). С. 128–134. doi: 10.46548/21vek2022-1159-0019.

15. Rheological structure assessment of the plant alternative to yoghurt / M. Alshevskaya, O. Anistratova, A. Kochina [et al.] // BIO Web of Conferences. 2023. Vol. 64. P. 01020. doi: 10.1051/bioconf/20236401020.

16. Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria / A.R. Harper, C.J. Dobson, V.K. Morris, G. Moggre // Microbial Biotechnology. 2022. 15(5). P. 1404–1421

### Информация об авторах

М. Н. Альшевская – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания» Калининградского государственного технического университета.

О. В. Казимирченко – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» Калининградского государственного технического университета.

А. А. Кочина – аспирант кафедры «Технология продуктов питания» Калининградского государственного технического университета.

О. В. Анистратова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания» Калининградского государственного технического университета, преподаватель Западного филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации.

### REFERENCES

1. Review. The Russian dairy industry in 2024 in ten charts. Milknews and Soyuzmoloko (2024). Retrieved from <https://milknews.ru/longridy/24-god-v-grafikah.html> (In Russ.).
2. Gaan, K. (2021). 2020 State of the industry report - plant-based meat, eggs, and dairy. The Good Food Institute. Retrieved from <https://gfi.org/blog/state-of-the-industry-2020/>
3. In 2024, the market of vegetable analogues of dairy products in Russia and the CIS countries grew by 30 %. Dairynews.today (2024). Retrieved from <https://dairynews.ru/news/v-2024-godu-rynok-rastitelnykh-analogov-molochnoy-.html>



# ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ФЕРМЕНТИРОВАННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ ПРОДУКТЕ И ФОРМИРОВАНИЯ ИХ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

ews.ru/news/v-2024-godu-rynok-rastitelnykh-analogov-molchnoy-.html (In Russ.).

2. Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2018). Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food research international* (Ottawa, Ont.), 110, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>

3. Kamath, R., Basak, S. & Gokhale, J. (2022). Recent trends in the development of healthy and functional cheese analogues — A review. *LWT*. 155:112991. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112991.

4. Pua, A., Tang, V. C. Y., Goh, R. M. V., Sun, J., Lassabliere, B., & Liu, S. Q. (2022). Ingredients, Processing, and Fermentation: Addressing the Organoleptic Boundaries of Plant-Based Dairy Analogues. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(6), 875. <https://doi.org/10.3390/foods11060875>

5. Stewart, H., Kuchler, F., Cessna, J. & Hahn, W. (2020). Are plant-based analogues replacing cow's milk in the American diet? *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 52(4), 562–579. doi: 10.1017/aae.2020.16.

6. Adamczyk, D., Jaworska, D., Affeltowicz, D., & Maisson, D. (2022). Plant-Based Dairy Alternatives: Consumers' Perceptions, Motivations, and Barriers-Results from a Qualitative Study in Poland, Germany, and France. *Nutrients*, 14(10), 2171. <https://doi.org/10.3390/nu14102171>

7. Ryzhakova, A.V., Goloviznina, M.S. & Legoshina, A.S. (2022). Trends in the development of the global market for dairy alternatives. *Food industry*, 2, 24–28. (In Russ.). doi: 10.52653/PPI.2022.2.2.005.

8. Agalarova, E.G., Gunko, Yu.A. & Antonova, I.Yu. (2022). Research of consumer demand factors and the growth potential of the vegetable milk market in Russia. *Vestnik Instituta druzhby narodov Kavkaza teorija jekonomiki i upravleniya narodnym hozjajstvom. Jekonomicheskie nauki* (Stavropol, Russia), 4(64), 102–109. (In Russ.).

9. Alshevskaya, M.N. & Kochina, A.A. (2023). The main directions of design and development of plant analogues of fermented milk products // *Tehnologii pishhevoj i pererabatyvayushhej pro-myshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* (Voronezh, Russia), 3, 69–76. (In Russ.). doi: 10.24412/2311-6447-2023-3-69-76.

10. Galochkina, N.A., Glinkina, I.M., Agutova, S.I., Glotova, I.A., Ukhina, E.Yu. & Tolkacheva A.A. (2023) Transformation of technological properties and organoleptic characteristics of vegetable raw materials in fermented analogues of dairy products production. *Tehnologii pishhevoj i pererabatyvayushhej pro-myshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* (Voronezh, Russia), 4, 92–99. (In Russ.). doi:

10.24412/2311-6447-2023-4-92-99.

11. Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T. & Williams, S.T. (1997). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Vol. 2. Moscow: Mir. 368 p. (In Russ.).

12. Galochkina, N.A. Glotova, I.A. & Tolkacheva, A.A. (2024). Thermophilic streptococcus: technological functionality in food systems, beneficial to health metabolic products, species identification. *Tehnologii pishhevoj i pererabatyvayushhej pro-myshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* (Voronezh, Russia), 1, 44–50. (In Russ.). doi: 10.24412/2311-6447-2024-1-44-50.

13. Tochilina, A. G. (2009). Biochemical and molecular genetic identification of *Lactobacillus* bacteria: Extended abstract of candidate's thesis. Nizhnyi Novgorod. (In Russ.).

14. Serazetdinova, Yu.R., Frolova, A.S., Milentyeva, I.S. & Minina V.I. (2022). Study of the ability of lactic acid bacteria to ferment plant analogues of milk. *The 21st century: the results of the past and the problems of the present plus*, Vol. 11, 3(59), 128–134. (In Russ.). doi: 10.46548/21vek2022-1159-0019.

15. Rheological structure assessment of the plant alternative to yoghurt / M. Alshevskaya, O. Anistratova, A. Kochina [et al.] // *BIO Web of Conferences*. 2023. Vol. 64. P. 01020. doi: 10.1051/bioconf/20236401020.

16. Harper, A. R., Dobson, R. C. J., Morris, V. K., & Moggré, G. J. (2022). Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria. *Microbial biotechnology*, 15(5), 1404–1421. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14008>

## Information about the authors

M. N. Alshevskaya – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology at the Kaliningrad State Technical University.

O. V. Kazimirchenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of the Kaliningrad State Technical University.

A. A. Kochina – postgraduate student of the Department of Food Technology of Kalinin-Gradsky State Technical University.

O. V. Anistratova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology at the Kaliningrad State Technical University, Lecturer of Western branch of the Russian President Academy of National Economy and Public Administration.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 июня 2025; одобрена после рецензирования 24 ноября 2025; принята к публикации 28 ноября 2025.

The article was received by the editorial board on 07 June 2025; approved after editing on 24 Nov 2025; accepted for publication on 28 Nov 2025.