



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664.7

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.014



НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Марина Николаевна Альшевская¹, Оксана Вячеславовна Анистратова²,
Оксана Владимировна Казимирченко³, Анастасия Антоновна Кочина⁴

^{1, 2, 3, 4} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

² Западный филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Калининград, Россия

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

² oksana.anistratova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6278-0861>

³ oksana.kazimirchenko@klgtu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7197-0287>

⁴ kochina.kgtu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1168-2310>

Аннотация. Проблема пищевой аллергии (ПА) является актуальной на территории Российской Федерации и других стран, что подтверждается медицинскими и социологическими исследованиями и принятием нормативных документов, обязывающих производителей указывать аллергены на маркировке продуктов. В перечне пищевых аллергенов на территории Российской Федерации одним из лидеров по частоте проявления ПА является коровье молоко и продукты на его основе. В связи с этим разработка растительных продуктов с молочнокислыми микроорганизмами является актуальной. В работе проведены исследования по обоснованию технологических параметров производства растительного продукта на основе ферментированного овсяного порошка и белка подсолнечника с использованием микроорганизмов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Работа проведена в два этапа. На первом изучена степень влияния режимов пастеризации на скорость кислотообразования при ферментации. Выявлено, что повышение температуры пастеризации от 80 до 90 °С увеличивает скорость кислотообразования анализируемых растительных смесей.

На втором этапе определялось влияние температуры пастеризации и массовой доли пектина на качественные характеристики растительного ферментированного продукта и развитие молочнокислых микроорганизмов. Показано, что независимо от изучаемых температур пастеризации растительных смесей (от 80 до 90 °С) и массовой доли пектина (от 1,0 до 1,5 %) во всех полученных образцах растительных продуктов количество молочнокислых микроорганизмов составило не менее $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г.

На основании полученных данных предложены режимы пастеризации восстановленной растительной смеси на основе ферментированного овсяного порошка и белка подсолнечника в зависимости от способа производства ферментированных растительных напитков: пастеризация при температуре 85 ± 2 °С с последующим выдерживанием 10 минут (для предприятий, использующих периодический способ производства); пастеризация при температуре 90 ± 2 °С без выдержки (для поточных производств).

Ключевые слова: растительный продукт, ферментированный овсяный порошок, молочнокислые микроорганизмы, ферментация, пастеризация, растительные белки.

Для цитирования: Альшевская М.Н., Анистратова О.В., Казимирченко О.В., Кочина А.А. Научное обоснование технологических параметров производства растительных аналогов кисломолочных продуктов // Ползуновский вестник. 2024. № 3. С. 95 – 104. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.014, EDN: <https://elibrary.ru/LLIZAP>.

Original article

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PRODUCTION OF PLANT-BASED ANALOGUES OF FERMENTED MILK PRODUCTS

Marina N. Al'shevskaya¹, Oksana V. Anistratova², Oksana V. Kazimirchenko³, Anastasiya A. Kochina⁴

^{1, 2, 3, 4} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

² Western branch of the Russian President Academy of National Economy and Public Administration, Russia, Kaliningrad

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

² oksana.anistratova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6278-0861>

³ oksana.kazimirchenko@klgtu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7197-0287>

⁴ kochina.kgtu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1168-2310>

Abstract. *The problem of food allergy (PA) is relevant in the territory of the Russian Federation and other countries, which is confirmed by medical and sociological studies and the adoption of regulatory documents obliging manufacturers to indicate allergens on product labeling. In the list of food allergens on the territory of the Russian Federation, cow's milk and products based on it are one of the leaders in the frequency of PA manifestations. In this regard, the development of plant products with lactic acid microorganisms is relevant. The work carried out studies to substantiate the technological parameters of the production of a plant product based on fermented oatmeal powder and sunflower protein using microorganisms *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. The work was carried out in two stages. At the first stage, the degree of influence of pasteurization regimes on the rate of acid formation during fermentation was studied. It was revealed that an increase in the pasteurization temperature from 80 to 90 °C increases the rate of acid formation of the analyzed plant mixtures.*

At the second stage, the influence of the pasteurization temperature and the mass fraction of pectin on the qualitative characteristics of the plant fermented product and the development of lactic acid microorganisms was determined. It was shown that, regardless of the studied pasteurization temperature of plant mixtures (from 80 to 90 °C) and the mass fraction of pectin (from 1.0 to 1.5 %), the number of lactic acid microorganisms in all obtained samples of plant products it was at least 1.0×10^7 CFU/g.

Based on the data obtained, pasteurization modes of the reduced plant mixture based on fermented oatmeal powder and sunflower protein are proposed, depending on the method of production of fermented plant drinks: pasteurization at a temperature of 85 ± 2 °C followed by 10 minutes (for enterprises using a periodic production method); pasteurization at a temperature of 90 ± 2 °C with no exposure (for in-line production).

Keywords: *plant-based product, fermented oatmeal powder, lactic acid microorganisms, fermentation, pasteurization, plant proteins.*

For citation: Al'shevskaya, M. N., Anistratova, O. V., Kazimirchenko, O. V. & Kochina, A. A. (2024). Scientific substantiation of technological parameters of the production of plant-based analogues of fermented milk products. *Polzunovskiy vestnik*. (3), 95-104. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.03.014. EDN: <https://elibrary.ru/LLIZAP>.

ВВЕДЕНИЕ

Реакции повышенной чувствительности к пищевым продуктам известны с давних времен. Первое упоминание о них было описано в сочинение Гиппократ «De ratione victus in acutis» («О диете при острых болезнях»), которое в дальнейшем легло в основу рациональной диетологии.

Индустриализация пищевого производства, инновационные технологии переработки сельскохозяйственного сырья, широкое использование различных добавок, изменение характера и культуры питания населения ведут к росту частоты проявлений пищевой аллергии (ПА) и связанных с ней алиментарно зависимых заболеваний. В настоящее время распространенность случаев пищевой аллергии отмечается у 20 %

детей и 10 % взрослых, при этом, по оценке специалистов, данная тенденция будет только увеличиваться.

Заболевания, связанные с пищевой аллергией, снижают качество жизни населения и вызывают дополнительную нагрузку на систему здравоохранения.

Для разработки эффективных мер по профилактике аллергических заболеваний как в целях укрепления здоровья населения на территории Российской Федерации приняты нормативно-правовые акты, обязывающие производителей указывать аллергены на маркировке продуктов.

В перечень пищевых аллергенов на территории Российской Федерации входит 14 продуктов (в том числе продуктов их переработки), среди которых коровье молоко и продукты на его

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2024

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

основе являются одними из лидеров по частоте проявления ПА. Аллергенными свойствами также обладает молоко других млекопитающих, в том числе козье. При этом козье молоко может выступать как перекрестный аллерген [1, 2].

Белки коровьего молока (β -лактоглобулин, α -лактальбумин, бычий сывороточный альбумин и γ -глобулин, а также α - и β -казеины) являются одним ведущих по клинической значимости аллергенов. Термин «непереносимость коровьего молока» включает в себя также непереносимость лактозы, являющейся основным углеводным источником молока, что объясняется отсутствием или недостатком фермента лактазы в желудке.

Исследования по взаимозаменяемости коровьего молока на аналоги из растительного сырья и продуктов на его основе показывают перспективность данной группы продукты для потребителей, страдающих аллергией [3, 4].

Основные изыскания по разработке аналогов кисломолочных продуктов были проведены на основе соевого молока, однако, входящие в состав сои ингибиторы могут взаимодействовать с протеолитическими ферментами, с образованием устойчивых комплексов, что в дальнейшем, можем привести к заболеваниям поджелудочной железы, а также лектины препятствуют усвоению полезных веществ в кишечнике [5, 6].

В качестве растительного сырья для производства аналогов кисломолочных продуктов перспективно использование ферментированных

злаковых культур, в том числе овса. Он содержит в своем составе большое количество белка, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, включая растворимые, такие как β -глюкан, олигосахариды, пентозаны. Имеется ряд исследований о благоприятном воздействии его на снижение уровня холестерина, поддержанием веса и улучшением функции кишечника [7].

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

МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись образцы растительных аналогов «йогурта» с использованием следующих основных видов сырья и материалов: овсяный порошок ферментированный (производитель ООО «Зеленые линии», ТУ 11.07.19 143 51070597 2020), белок подсолнечника (3,2 %, массовая доля белка – 60 %) (СТО 41996709 001 2019), пектин (производитель ООО «Вита Пектин»), закваска прямого внесения (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) (БК-Углич-СТБв), удовлетворяющих требованиям действующей нормативной документации ТР ТС 021/2011, ТР ТС 033/2013, ТР ТС 029/2012, ТР ТС 022/2011 [8, 9].

Таблица 1 – Температурно-временные режимы пастеризации опытных образцов

Table 1 – Temperature and time modes of pasteurization of experimental samples

Параметры	Образец					
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Температура, °С	75	75	85	85	90	90
Время выдержки, мин	15	30	10	15	без выдержки	2

Для изучения степени влияния режимов пастеризации на скорость кислотообразования при ферментации были приготовлены опытные образцы растительных аналогов (массовая доля пектина в восстановленной смеси 1,25 %) по технологии кисломолочных напитков (рис. 1). Образцы отличались режимами пастеризации восстановленной смеси, характеристика образцов указана в таблице 1.

Процесс ферментации осуществлялся при температуре 40 ± 2 °С до достижения pH 4,6–4,8 ед, после ферментации производилось охлаждение образцов. Начальный показатель pH составлял для всех смесей 5,70 ед.

Таблица 2 – Опытные образцы

Table 2 – Prototypes

Параметры	Образец								
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
Массовая доля пектина, %	1	1,25	1,5	1	1,25	1,5	1	1,25	1,5
Температура, °С	80			85			90		
Время выдержки, мин	15			10			без выдержки		

В полученных образцах изучали скорость кислотообразования при ферментации как разницу отношения величины pH в начале процесса сквашивания и в конце ферментации ко времени ферментации и их вязкость.

Для изучения влияния температуры пастеризации и массовой доли пектина на качественные характеристики готового продукта и развитие молочнокислых микроорганизмов и были приготовлены образцы растительных аналогов йогурта по вышеописанной технологии (рис. 1), характеристики образцов указаны в таблице 2.

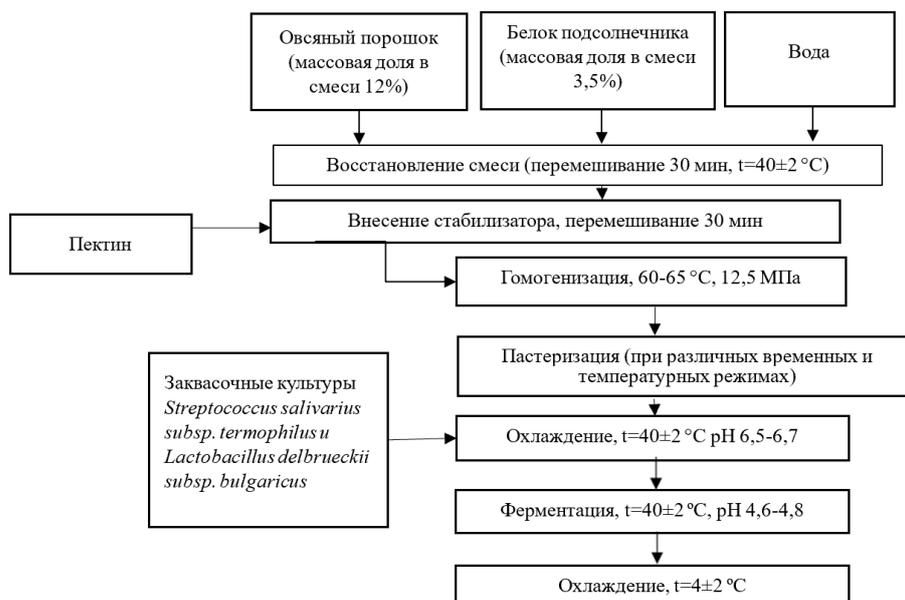


Рисунок 1 – Схема производства опытных образцов

Figure 1 – The scheme of production of prototypes

В полученных образцах определяли содержание молочнокислых микроорганизмов и их видовой состав, текстурные и органолептические характеристики (внешний вид, цвет, вкус, аромат, консистенция).

Количество молочнокислой микрофлоры и ее видовой состав в образцах ферментированных растительных продуктов устанавливали в соответствии с требованиями ГОСТ 33951-2016 путем семикратного разведения через 12 часов после их приготовления и охлаждения в холодильной камере (температура в центре образца 4 ± 2 °C).

Для определения вязкости образцов использовали ротационный вискозиметр Brookfield DV-II + Pro со шпинделем RV-3, текстуры – текстурный анализатор Brookfield CT3 с цилиндрическим зондом диаметром 20 мм, скоростью погружения 1 мм/с, глубиной погружения 15 мм, усилием нагрузки 10 г. Вязкость образцов определялась после процесса сквашивания при температуре смеси

20 ± 2 °C, текстура – после охлаждения в холодильной камере в течение суток с температурой 4 ± 2 °C в центре продукта. Величину тиксотропного индекса оценивали как отношение вязкости (мПа·с) при 24 с^{-1} к вязкости (мПа·с) при 5 с^{-1} .

Исследования проводились в 3-х кратной повторяемости. Математическая обработка экспериментальных данных осуществлялась с применением программ Statistica 6.0, Microsoft Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивность процесса ферментации смеси при производстве кисломолочных продуктов характеризуется скоростью снижения ее активной кислотности (рН смеси). На рисунке 2 представлена скорость кислотообразования образцов, приготовленных из восстановленных растительных смесей с разными температурными и временными режимами пастеризации.

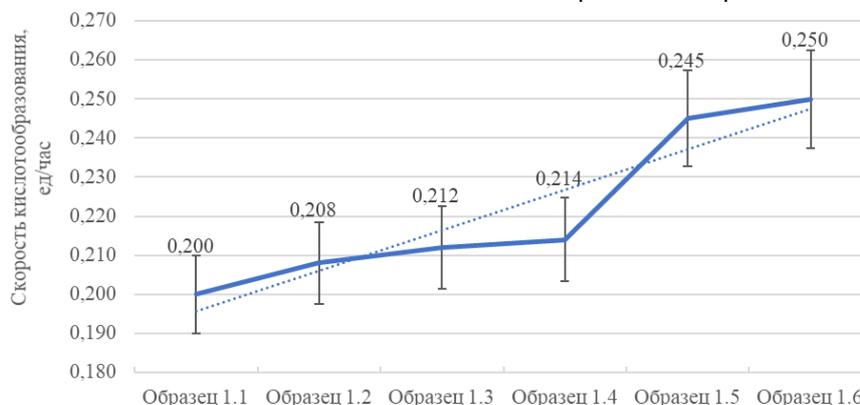


Рисунок 2 – Скорость кислотообразования образцов в процессе ферментации, ед./час

Figure 2 – The rate of acid formation of samples during fermentation, units/hour

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Анализ рисунка 2 показывает, что с увеличением температуры пастеризации увеличивается скорость кислотообразования, однако увеличение времени пастеризации при всех изучаемых температурных режимах практически не влияет на данный показатель, поскольку его значения при одинаковых температурах (образцы 1.1 и 1.2; 1.3 и 1.4; 1.5 и 1.6) находятся в пределах стандартной погрешности ($\pm 5,0\%$). Анализ рисунка 1 показывает, что увеличение температуры пастеризации до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к увеличению скорости кислотообразования на 14-18 % по сравнению с пастеризацией при $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Важно также отметить, что температура пастеризации влияет не только на скорость кислотообразования, но и на качество конечного продукта. Китайскими учеными, исследующими производство растительных ферментированных продуктов из сои, выявлено, что при производстве растительных аналогов йогуртов увеличение скорости ферментации продукта влияет на образование сгустка низкой плотности, что может отрицательно отразиться на консистенции готового изделия, придав ей такие характеристики, как дряблый сгусток, отделение сыворотки, водянистость, которые являются допустимыми, в соответствии с требованиями действующей документации, но придают непривлекательный

внешний вид готовому изделию [10]. Однако в предлагаемой технологии основным фактором, определяющим консистенцию готового продукта, является массовая доля структурообразователя и технологические факторы (температура и время выдержки), обеспечивающие его способность образовывать студни или гели.

Основной целью процесса ферментации, в этом случае, будет накопление в готовом продукте вносимых живых йогуртных культур молочнокислых бактерий, содержание которых определяет возможность отнесения его к группе функциональных продуктов (в соответствии с ГОСТ 55577 и МР 2.3.1.1915-04).

Исследование реологических характеристик, изучаемых ферментируемых растительных смесей, позволяет прогнозировать консистенцию готовых продуктов.

Оценку вязкости образцов проводили после окончания процесса ферментации при температуре $20\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, оценку упругости – после холодильного хранения ($4\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$). В таблице 3 приведены значения тиксотропного индекса и упругости. Величина тиксотропного индекса показывает степень разрушения структуры после нагрузки и характеризуют скорость восстановления структуры смеси.

Таблица 3 – Величина тиксотропного индекса опытных образцов

Table 3 – The value of the thixotropic index of the prototypes

Номер образца	Температура пастеризации, $^{\circ}\text{C}$	Время пастеризации	Тиксотропный индекс	Упругость
1.1	75	15 мин	$2,61 \pm 0,13$	$0,13 \pm 0,01$
1.2	75	30 мин	$3,28 \pm 0,16$	$0,13 \pm 0,01$
1.3	85	10 мин	$2,93 \pm 0,16$	$0,14 \pm 0,01$
1.4	85	15 мин	$3,18 \pm 0,15$	$0,13 \pm 0,01$
1.5	90	2 сек	$2,62 \pm 0,13$	$0,11 \pm 0,01$
1.6	90	2 мин	$2,89 \pm 0,14$	$0,35 \pm 0,02$

Из представленных в таблице 3 данных видно, что увеличение времени пастеризации восстановленной смеси при одинаковых температурных режимах приводит после ферментирования к возрастанию ее тиксотропного индекса.

Упругость отражает степень восстановления образцов после деформации в зависимости от силы и скорости приложенных усилий. Схожие значения данного показателя имеют образцы 1.1-1.5, однако упругость образца 1.6 значительно выше (в 2,5 – 3,1 раза в сравнении с упругостью образцов 1.5 и 1.3 соответственно), что говорит о влиянии выдерживания смеси при более высоких температурах (выше $90\text{ }^{\circ}\text{C}$) на способность пектина образовывать более прочные студни. Однако проведенные на следующем этапе исследования по корреляции инструментальных и органолептических характеристик консистенции показали, что потребители не считают ее приемлемой, характеризуя «излишне плот-

ной». Полученные результаты показывают нецелесообразность увеличения времени пастеризации при изучаемых температурных режимах.

Исходя из представленных данных видно, что оптимальными режимами пастеризации восстановленной растительной смеси является ее нагревание до температуры $85\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующим выдерживанием 10 минут. Данный режим может быть применен на предприятиях, использующих периодический способ производства йогуртов (пастеризатор состоит из температурно-регулируемой закрытой ванны). Для поточных производств оптимальными будут режимы пастеризации восстановленной смеси при температуре $90\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ без выдержки.

Для определения влияния температуры пастеризации и массовой доли пектина в восстановленной растительной смеси на количество молочнокислых микроорганизмов и их видовой состав в растительном аналоге йогурта было исследовано 9 образцов (рис. 3).

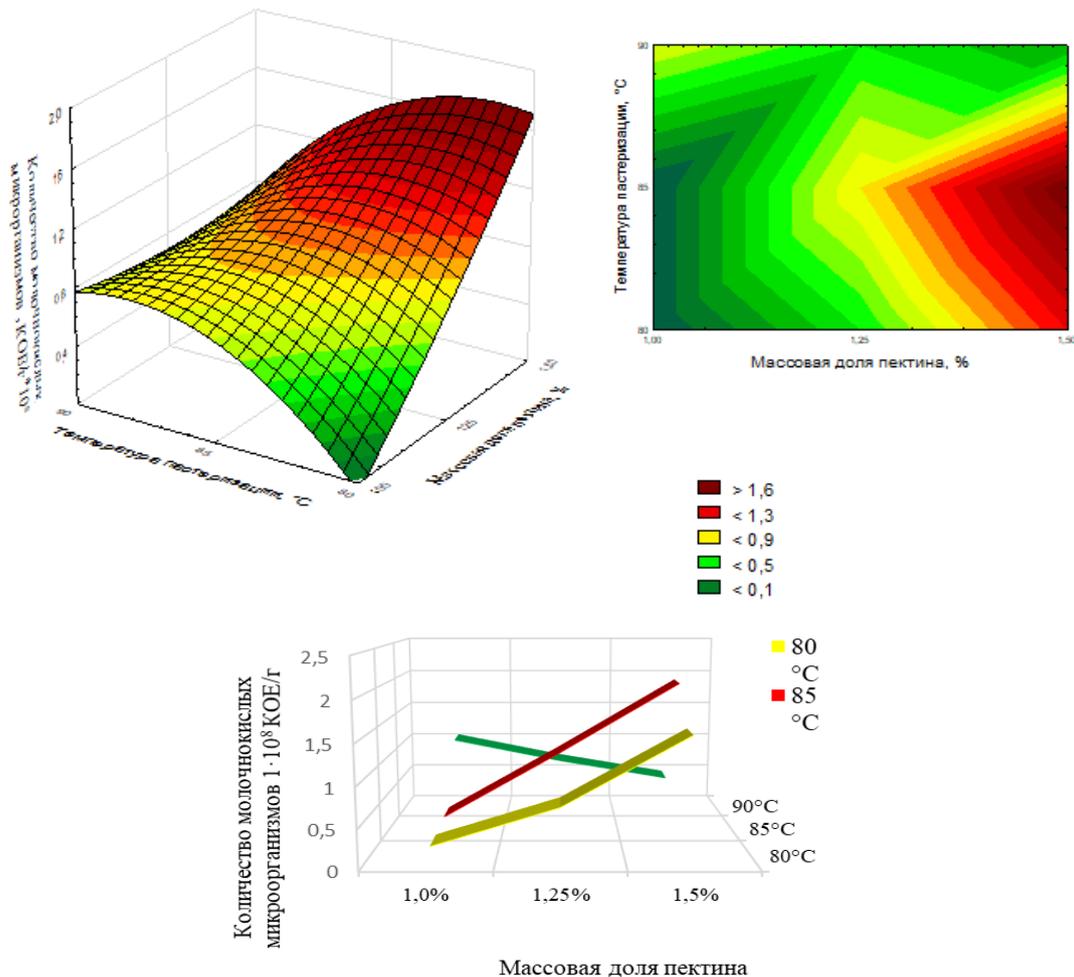


Рисунок 3 – Содержание молочнокислых микроорганизмов в опытных образцах

Figure 3 – The content of lactic acid microorganisms in experimental samples

Анализ представленных данных показывает, что все опытные образцы содержат не менее $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г молочнокислых микроорганизмов, что позволяет отнести разработанный растительный аналог к функциональным пищевым продуктам (ГОСТ Р 52349 — 2005).

Из представленных на рисунке 3 данных видно, что в образцах с температурой пастеризации 80 °С и 85 °С при увеличении массовой доли пектина количество микроорганизмов увеличивается. Дальнейшее нагревание восстановленной смеси до температуры 90 °С показало обратную зависимость: при увеличении массовой доли пектина общее количество микроорганизмов уменьшается. Вероятно, это связано с влиянием высокой температуры (90 °С и выше) на степень набухания пектина, при этом происходит переход свободной влаги в осмотически связанную (структурную, удерживаемую при формировании гелей), которая становится менее доступной для микробных клеток.

При количественном учете молочнокислых

бактерий проводили изучение качественного состава бактерий по характерным типам колоний на селективных питательных средах и микроскопии окрашенных препаратов (рис. 4).

Молочнокислые виды бактерий на плотной питательной среде Бликфельда формировали мелкие (диаметром 1-3 мм), круглой формы, слизистые, молочного цвета колонии. На микроскопических препаратах молочнокислые стрептококки были представлены грамположительными кокками в виде диплококков или длинных цепочек, молочнокислые лактобациллы – в виде грамположительных крупных одиночных палочек. Культуральные, морфологические и тинкториальные признаки выделенных штаммов молочнокислых бактерий соответствует описанию, представленному в атласах штаммов вносимых заквасочных культур.

Органолептическая оценка опытных образцов представлена в таблице 4.

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА
РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

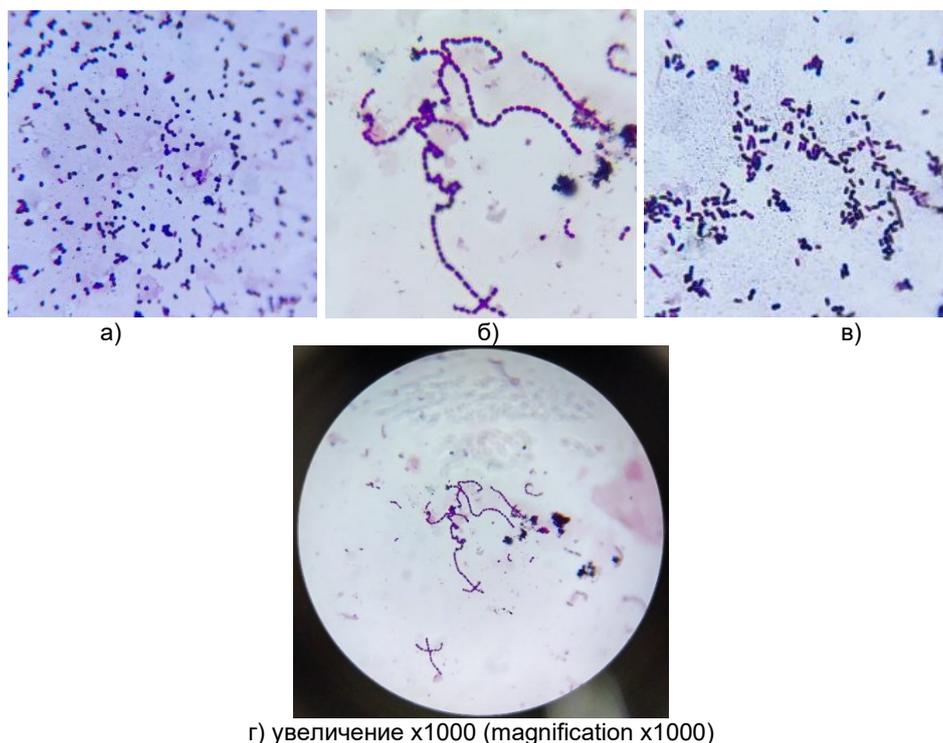


Рисунок 4 – Световая микроскопия клеток *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (а, б) и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (в), выделенных из микропрепарата растительного аналога йогурта. Окраска по Граму

Figure 4 – Light microscopy of клеток *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (а, б) и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (в) isolated from a micro-preparation of a plant analogue of yogurt. Gram coloring

Таблица 4 – Органолептическая оценка образцов в зависимости от параметров пастеризации и массовой доли пектина

Table 4 – Organoleptic evaluation of samples depending on pasteurization parameters and mass fraction of pectin

Показатель/ Образец	Описание								
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
Внешний вид	Продукт кремового цвета с вкраплениями нерастворимых частиц								
Цвет	Светло-кремовый			Кремовый			Темно-кремовый		
Вкус, аромат	Чистый кисломолочный с запахом и ароматом овса и подсолнечника								
	слабовыраженный	кисломолочный	ярко выраженный	слабовыраженный	кисломолочный	ярко выраженный	ярко выраженный	кисломолочный	слабовыраженный
Консистенция	Однородная с разрушенным сгустком								
	мягкая, мажущая	плотная	излишне плотная, желеобразная	мягкая, мажущая	густая, вязкая	плотная	плотная	плотная	излишне плотная, желеобразная

Несмотря на то, что субстратом, для получения образцов, выступала восстановленная смесь овсяного порошка и белка семян подсол-

нечника, а не молоко, запах у всех образцов характеризовался как кисломолочный. В образцах с массовой долей пектина 1,0 % и температурой

растеризации 80-85 °С наблюдался менее выраженный кисломолочный запах, что вероятно связано со степенью ферментативной деструкции сахаров молочнокислыми бактериями (рис. 3). При обосновании массовой доли вносимого структурообразователя наиболее значимым критерием являлось достижение консистенции готового продукта, характерной для густых йогуртов. Консистенция всех образцов растительных аналогов с массовой долей пектина 1,5 % (2,3; 2,6; Таблица 5 – Параметры текстуры образцов в зависимости от параметров пастеризации и массовой доли пектина

2,9) и образцов (2.7 – 2.9), пастеризация смеси которых проводилась при температуре 90 °С, характеризовалась как плотная, желеобразная. Наиболее характерная для густых йогуртов консистенция отмечалась у образца 2.5 (массовая доля пектина 1,25 %; пастеризация смеси при температуре 85 °С).

Оценка текстуры образцов представлена в таблице 5 и на рисунке 5.

Table 5 – Texture parameters of the samples depending on the pasteurization parameters and the mass fraction of pectin

Показатель	Образец								
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
Работа деформации, мДж	10,10 ± 0,51	15,10 ± 0,76	27,40 ± 1,37	9,80 ± 0,49	12,40 ± 0,62	20,30 ± 1,02	21,10 ± 1,06	22,00 ± 1,10	26,40 ± 1,32
Усилие отрыва, Н	0,45 ± 0,02	0,70 ± 0,04	1,14 ± 0,06	0,48 ± 0,02	0,59 ± 0,03	0,83 ± 0,04	0,93 ± 0,05	1,04 ± 0,05	1,15 ± 0,06
Упругость	0,24 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,07 ± 0,004	0,08 ± 0,004

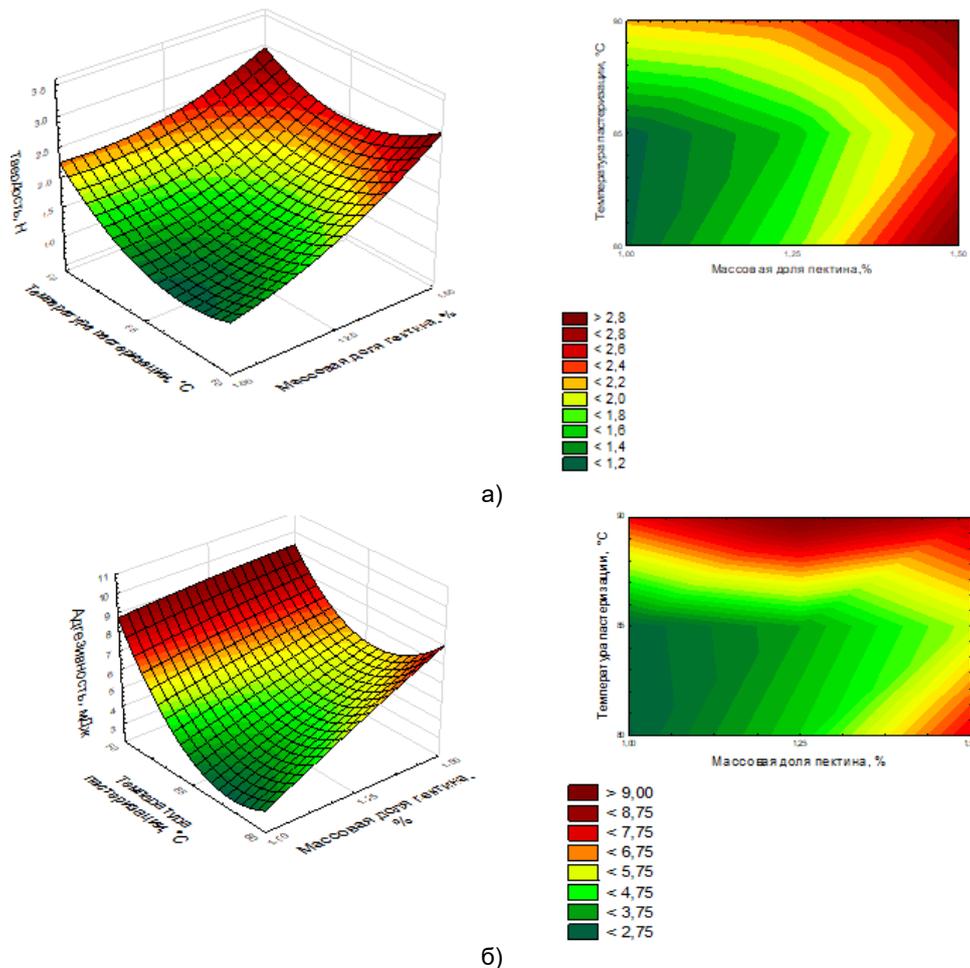


Рисунок 5 – Изменение текстурных характеристик образцов в зависимости от температуры пастеризации и концентрации пектина: а) изменение твердости (Н), б) изменение адгезивности (мДж) опытных образцов

Figure 5 – Changes in the textural characteristics of samples depending on the pasteurization temperature and pectin concentration: a) change in hardness (H), б) change in adhesiveness (mJ) of test samples

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Из представленных данных на рисунке 5 и в таблице 5 видно, что с увеличением содержания пектина в образцах возрастает работа деформации. Наибольшее значение данного показателя отмечено в образцах с массовой долей пектина 1,5 %, пастеризация смеси которых проводилась при температуре 80 °С ($27,40 \pm 1,37$ мДж) и 90 °С ($26,40 \pm 1,32$ мДж) соответственно. Аналогичная зависимость отмечается также в таком показателе как «усилие отрыва», где значения данного показателя возрастают с увеличением массовой доли пектина.

Твердость опытных образцов характеризует силу, которая потребуется для прокусывания продукта в полости рта. Результаты проведенных исследований показывают повышение твердости образцов с увеличением содержания структурообразователя и температуры пастеризации смеси (рис. 5).

В образцах, пастеризация смеси которых проводилась при температуре 90 °С были установлены самые высокие значения данного показателя (2,23-2,96, Н). Самые низкие показатели были в образцах с массовой долей пектина 1 % (температура пастеризации смеси 80-85 °С).

Адгезивность (мДж) характеризует степень, с которой разжевываемый образец будет прилипать в полости рта к зубам. Самые высокие значения данного показателя установлены в образцах 2.7-2.9, (с температурой пастеризации смеси 90 °С), наименьшие значения - в образцах с массовой долей пектина 1 % (температура пастеризации составляла 80-85 °С).

Таким образом с учетом проведенных исследований лучшими органолептическими и текстурными показателями обладали опытные образцы с массовой долей пектина 1,25 % (температура пастеризации 85 °С).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования по обоснованию технологических параметров производства растительного аналога кисломолочного продукта.

Установлено, что с увеличением температуры пастеризации анализируемых образцов растительных смесей (от 80 до 90 °С при рассматриваемых временных параметрах) возрастает скорость кислотообразования. При температуре 90 °С скорость кислотообразования возрастает в 1,25 раза по сравнению с тепловой обработкой при температуре 80 °С.

Показано, что независимо от изучаемых температуры пастеризации растительных смесей (от 80 до 90 °С) и массовой доли пектина (от 1,0 до 1,5 %) во всех полученных образцах растительных продуктов количество молочнокислых микроорганизмов составило не менее $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г, при этом при температурах 80 и 85 °С с увеличением массовой доли пектина от 1,0 до

1,5 % количество молочнокислых микроорганизмов возрастает от $1,9 \times 10^7$ до $15,4 \times 10^7$ КОЕ/г и от $2,2 \times 10^7$ до $20,2 \times 10^7$ КОЕ/г (для 80 и 85 °С соответственно). При температуре пастеризации 90 °С наблюдается обратная зависимость (с увеличением массовой доли пектина от 1,0 до 1,5 % количество молочнокислых микроорганизмов снижается с $10,5 \times 10^7$ КОЕ/г до $4,8 \times 10^7$ КОЕ/г).

Рекомендуемые режимы пастеризации восстановленной растительной смеси на основе ферментированного овсяного порошка и белка подсолнечника в зависимости от способа производства ферментированных растительных напитков: пастеризация при температуре 85 ± 2 °С с последующим выдерживанием 10 минут (для предприятий, использующих периодический способ производства); пастеризация при температуре 90 ± 2 °С без выдержки (для поточных производств).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ревякина В.А. Проблема пищевой аллергии на современном этапе // Вопросы питания. 2020. Т 89, № 4. С. 186-192. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10052>.
2. Пищевые аллергены: пороговые значения и методологии управления рисками / Е. В. Крюченко, Ю. А. Кузлякина, И. М. Чернуха, В. С. Замула // Пищевые системы. 2021. Т. 4, № 4. С. 246-254. DOI 10.21323/2618-9771-2021-4-4-246-254.
3. Альшевская М. Н., Кочина А.А. Исследование потребительских предпочтений аналогов йогуртов на растительной основе // Технология и товароведение инновационных продуктов. 2023. № 4(81). С. 100-110. DOI:10.33979/2219-8466-2023-81-4-100-109.
4. 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.
5. Ферментированный продукт на растительной основе / Г.А. Донская, В.М. Дрожжин, Т.Е. Блинова, В.К. Семипятный // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 4. С. 67-78. doi 10.36107/spfp.2020.329.
6. 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 10.46548/21vek-2022-1159-0019.
7. Ионова К.С., Бакуменко О.Е., Бакуменко П.В. Разработка технологии функционального напитка на зерновой основе // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 4. doi 10.36107/spfp.2022.293.
8. Технологические особенности изготовления растительного продукта с использованием микроорганизмов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* / М. Н. Альшевская, О.В. Анистратова, А.А. Кочина // Вестник Международной академии холода. 2022. № 3. С 39 - 48. DOI: 10.17586/1606 4313 2022 21 3-39-48.
9. Rheological structure assessment of the plant alternative to yoghurt / M. Alshevskaya, O. Anistratova, A.

Kochina, V. Ustich, D. Alshevskiy // BIO Web Conf. Vol. 64 (2023) 01020 P. 1-11. doi 10.1051/bioconf/20236401020.

10. An update on the nutritional, functional, sensory characteristics of soy products, and applications of new processing strategies / J.S. Cai, J.Y. Feng, Z.J. Ni, R.H. Ma, K. Thakur, S. Wang, F. Hu, J. G. Zhang, Z.J. Wei // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 112. P. 676-689. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.04.039.

Информация об авторах

М. Н. Альшевская – кандидат технических наук, доцент 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.

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

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

REFERENCES

1. Revyakina, V.A. (2020). The problem of food allergies at the present stage. Voprosy pitaniya, Vol. 89 (4), 186-192. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10052>.

2. Kryuchenko, E. V., Kuzlyakina, Yu. A., Chernuxa, I. M. & Zamula, V. S. (2021) Food allergens: threshold levels and methodologies for risk management. Pishhevye sistemy, Vol. 4 (4), 246-254. (In Russ.). DOI 10.21323/2618-9771-2021-4-4-246-254.

3. Al'shevskaya, M. N. & Kochina, A.A. (2023) The study of the quality of students' nutrition in the kaliningrad region. Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh produktov. 4(81), 100-110. (In Russ.). DOI:10.33979/2219-8466-2023-81-4-100-109.

4. Al'shevskaya M.N. & Kochina A.A. (2023) The main directions of design and development of plant analogues of fermented milk products. Tekhnologii pishhevoj i pererabatyvayushhej pro-myshlennosti APK - Produkty

zdorovogo pitaniya, (3), 69-76. (In Russ.). DOI: 10.24412/2311-6447-2023-3-69-76.

5. Donskaya, G.A., Drozhzhin, V.M., Bli-nova, T.E. & V.K. Semipyatnyj. (2020) Fermented plant-based product. Xranenie i pererabotka sel'xozsyrya, (4), 67-78. (In Russ.). doi 10.36107/spfp.2020.329

6. Serazetdinova, Yu. R., Frolova, A. S., Milent'eva, I. S. & Minina, V. I. (2022) Study of the ability of lactic acid bacteria to ferment plant analogues of milk. XXI vek: itogi pro-shlogo i problemy nastoyashhego plyus, Vol. 11, 3(59), 128-134. (In Russ.). DOI 10.46548/21vek-2022-1159-0019.

7. Ionova, K.S., Bakumenko, O.E. & Bakumenko, P.V. (2022) Development of technology for a functional grain-based drink. Xranenie i pererabotka sel'xozsyrya, (4). (In Russ.). doi 10.36107/spfp.2022.293.

8. Al'shevskaya, M. N., Anistratova, O.V. & Kochina A.A. (2022) Technological peculiarities of developing a plant product with the use of Streptococcus salivarius subsp. thermophilus и Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus microorganisms. Vestnik Mezhdunarodnoj akademii xoloda. (3). 39 - 48. (In Russ.). DOI: 10.17586/1606 4313 2022 21 3-39-48.

9. M. Alshevskaya, O. Anistratova, A. Kochina, V. Ustich & D. Alshevskiy (2023) Rheological structure assessment of the plant alternative to yoghurt. BIO Web Conf. Vol. 64 01020 P. 1-11. doi 10.1051/bioconf/20236401020.

10. S. Cai, J.Y. Feng, Z.J. Ni, R.H. Ma, K. Thakur, S. Wang, F. Hu, J. G. Zhang, Z.J. Wei. (2021). An update on the nutritional, functional, sensory characteristics of soy products, and applications of new processing strategies. J Trends in Food Science & Technology, (112). 676-689. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.04.039.

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. 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.

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 is a graduate student of the Department of Food Technology of Kalinin-Gradsky State Technical University.

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

Статья поступила в редакцию 27 февраля 2024; одобрена после рецензирования 20 сентября 2024; принята к публикации 04 октября 2024.

The article was received by the editorial board on 25 Feb 2024; approved after editing on 20 Sep 2024; accepted for publication on 04 Oct 2024.