




Оптимизация параметров технологии производства соевого молока

Жанна А. Кох	¹	jannetta-83@mail.ru	 0000-0003-4016-7596
Екатерина А. Речкина	²	rechkina.e@list.ru	 0000-0002-8045-9529
Денис С. Безъязыков	²	haast13@mail.ru	 0000-0002-3174-4497




¹ Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, г. Красноярск, 660037, Россия

² Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира 90. Красноярск, 660049, Россия

Аннотация. Соевое молоко, произведённое с оптимизацией технологических параметров, характеризуется улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями, а также повышенной пищевой ценностью. Соевые бобы являются богатым источником полноценного белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных веществ и биоактивных соединений – изофлавонов, фенольных соединений и природных антиоксидантов. В статье представлены результаты экспериментальных исследований по оптимизации параметров производства соевого молока из районированного высокобелкового сорта сои «Заряница». Особое внимание уделено обоснованию перспективности использования пророщенных соевых бобов для повышения биологической ценности и снижения содержания антипитательных факторов. Представлены результаты математического моделирования зависимости выхода белка от температуры и длительности варки, определены оптимальные параметры экстракции и кинетика накопления целевых компонентов. Разработаны производственные показатели для аналитического контроля качества готового продукта. Показано, что соевое молоко, полученное из пророщенных бобов сорта «Заряница» при оптимальных режимах обработки, может быть рекомендовано в качестве основы для производства функциональных, специализированных и лечебно-профилактических пищевых продуктов.

Ключевые слова: соевое молоко, соя, сорт «Заряница», проращивание, оптимизация параметров, экстракция, белок, антинутриенты, изофлавоны, функциональные продукты.

Optimization of technological parameters for soy milk production

Zhanna A. Kokh	¹	jannetta-83@mail.ru	 0000-0003-4016-7596
Ekaterina A. Rechkina	²	rechkina.e@list.ru	 0000-0002-8045-9529
Denis S. Bezyazykov	²	haast13@mail.ru	 0000-0002-3174-4497

¹ Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Prospektim. gaz. "KrasnoyarskyRabochy", 31, Krasnoyarsk City, 660037, Russia

² Krasnoyarsk State Agrarian University, 90, Mira Avenue, Krasnoyarsk City, 660049, Russia

Abstract. Soy milk produced with optimized technological parameters is characterized by improved organoleptic and physicochemical indicators, as well as increased nutritional value. Soybeans are a rich source of complete protein, polyunsaturated fatty acids, vitamins, minerals, and bioactive compounds – isoflavones, phenolic compounds, and natural antioxidants. This article presents the results of experimental studies on the optimization of soy milk production parameters using the regionalized high-protein soybean variety «Zaryanitsa». Special attention is paid to substantiating the prospects of using germinated soybeans to increase biological value and reduce the content of antinutritional factors. The results of mathematical modeling of the dependence of protein yield on temperature and duration of boiling are presented; the optimal extraction parameters and the kinetics of accumulation of target components are determined. Production indicators for analytical quality control of the finished product have been developed. It is shown that soy milk obtained from germinated soybeans of the «Zaryanitsa» variety under optimal processing conditions can be recommended as a basis for the production of functional, specialized, and therapeutic-and-prophylactic food products.

Keywords: soy milk, soybeans, «Zaryanitsa» variety, germination, parameter optimization, extraction, protein, antinutritional factors, isoflavones, functional products.

Введение

Мировой рынок растительных белков сегодня преимущественно представлен соевым протеином, который выделяется своей низкой себестоимостью и высокой пищевой ценностью. Потенциал сои как ценного биотехнологического

сырья определяется её насыщенным биохимическим составом от полноценных белков и полиненасыщенных жирных кислот до витаминов, минералов и биоактивных компонентов. Многочисленные исследования подтверждают эффективность её использования в пищевой промышленности, что особенно актуально

Для цитирования

Кох Ж.А., Речкина Е.А., Безъязыков Д.С. Оптимизация параметров технологии производства соевого молока // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 2. С. 253–259. doi:10.20914/2310-1202-2026-2-253-259

For citation

Koch Zh.A., Rechkina E.A., Bezyazykov D.S. Optimization of technological parameters for soy milk production. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 2. pp. 253–259. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-2-253-259

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

в свете роста популярности соевых продуктов. В связи с этим разработка новых видов пищи (функциональной, специализированной, лечебно-профилактической) представляет собой одну из приоритетных задач современной науки [1, 2].

Соя богата фенольными соединениями с антиоксидантной активностью и отличается исключительно высоким содержанием изофлавонов группы фитоэстрогенов, которые, по имеющимся данным, уменьшают вероятность развития гормонально-зависимых и возрастных патологий. Вместе с тем присутствие в сое природных антинутриентов (ингибиторов трипсина, лектинов, фитиновой кислоты и неусвояемых олигосахаридов) ограничивает ее широкое потребление. Соевое молоко представляет собой коллоидную систему, получаемую экстракцией из размолотых соевых бобов, благодаря чему в его состав переходят практически все основные компоненты исходного сырья белки, липиды и сахараиды. Данный продукт и его производные считаются питательными, не содержат холестерина и обладают значительным потенциалом для расширения области применения. Традиционные технологии переработки соевого молока обычно основаны на нагревании, которое, как известно, вызывает диссоциацию, денатурацию и агрегацию соевых белков. Вместе с тем тепловая обработка ухудшает растворимость и влагоудерживающую способность белков, а продукты, прошедшие мягкий температурный режим, приобретают выраженный нежелательный привкус, что становится главной проблемой при создании продуктов на основе соевого белка. Следовательно, оптимизация технологических режимов обработки представляет собой эффективный подход к повышению уровня полезных биоактивных компонентов и снижению содержания нежелательных соединений, изначально присущих соевым бобам, что необходимо для создания функциональных продуктов на основе соевого молока [2, 3, 5].

Традиционный технологический процесс получения соевого молока, предусматривающий нагревание, позволяет эффективно разрушить большинство антипитательных компонентов и повысить перевариваемость соевого белка. Тем не менее, такие соединения, как фитиновая кислота, препятствующая усвоению кальция, в ходе нагревания устраняются недостаточно. С другой стороны, чрезмерно интенсивная тепловая обработка, направленная на полную инактивацию ингибиторов трипсина, способна вызвать повреждение аминокислот и снизить общую пищевую ценность продукта [4, 7, 8].

В последнее время все более популярным методом улучшения органолептических и функциональных свойств соевого молока становится включение в его производство стадии ферментации. Согласно данным исследований, использование правильно подобранных микроорганизмов для ферментации соевого молока демонстрирует значительные преимущества в плане снижения уровня неперевариваемых олигосахаридов (раффинозы и стахиозы) и устранения бобового привкуса, который негативно воспринимается большинством западных потребителей. Вместе с тем, в отношении других антинутриентов, в частности ингибиторов трипсина, положительных изменений не обнаружено [6, 7].

В настоящем исследовании в традиционную схему производства соевого молока был внесен ряд модификаций: технологический процесс начинался с использования соевых бобов, подвергнутых кратковременному проращиванию. Такой подход был призван преодолеть указанные ограничения. Период прорастания характеризуется высокой метаболической активностью происходит дыхание, перестройка субклеточных структур, синтез и гидролиз макромолекул, а также трансформация запасных белков, липидов и углеводов для обеспечения начального этапа роста проростка [9, 10].

Проращивание представляет собой фазу интенсивного метаболизма, сопровождающуюся дыханием, перестройкой субклеточных структур, синтезом и гидролизом макромолекул, а также трансформацией запасных белков, липидов и углеводов для обеспечения начального этапа роста проростка. Данный метод давно признан ведущим подходом к повышению питательной ценности соевых бобов с целью расширения их применения. Хотя производство пророщенных бобов требует дополнительных трудовых и материальных затрат по сравнению с использованием исходных семян, проращивание по-прежнему считается недорогой и технологически простой методикой благодаря своему комплексному положительному воздействию: увеличению пищевой ценности и снижению содержания антинутриентов [11, 12].

К числу этих эффектов относятся: повышение уровня витаминов (например, аскорбиновой кислоты и рибофлавина) и биодоступности минералов (в частности, кальция); улучшение перевариваемости белка; гидролитическое расщепление олигосахаридов, вызывающих метеоризм; снижение активности ингибиторов трипсина, лектинов, фитиновой кислоты и липоксигеназы, ответственной за возникновение нежелательного

бобового привкуса; обогащение продукта фенольными соединениями, изофлавоновыми агликонами и сапониновыми гликозидами [13].

Многие из перечисленных аспектов напрямую влияют на качество соевого молока и могут рассматриваться как его ключевые характеристики. Следовательно, проращивание является весьма эффективным и мощным технологическим приемом для производства функционального соевого молока, поскольку оно объединяет основные преимущества, достигаемые при других видах модификации (например, ферментации), и при этом обладает еще более выгодными свойствами.

Цель работы – оптимизация параметров производства соевого молока из районированного сорта сои «Заряница» для получения продукта с высокими показателями качества и безопасности.

Материалы и методы

Объект исследования ранее нами изученный биохимический состав соевого зерна сорта Заряница районированный в Красноярском крае производитель хозяйство ООО «ОПХ Солянокое». Анализируя полученные данные химического составов соевого зерна, установлено, что по содержанию белка в сое сорта Заряница, 33,33%, содержание жира 13,48%, содержание общих углеводов 32,34%. При отработке технологии производства соевого молока, был выбран высокобелковый сорт сои Заряница.

Сбор, обработку и анализ информации проводили общими и стандартными методами. Показатели качества сырья и готовых продуктов определяли в соответствии с ТР ТС 021/2011; содержание белка – по ГОСТ 26889; содержание жира – по ГОСТ 8756.21; содержание углеводов – по ГОСТ 31669. Органолептическую оценку растительного напитка из семян сои проводили по ГОСТ 6687.5.

Технология производства соевого молока. Подготовка соевых бобов включала их очистку и трехкратную промывку водопроводной водой. Далее семена замачивали в течение 12 часов при комнатной температуре в соотношении вода: сухие бобы 10:1. По истечении этого срока замоченные бобы отцеживали, повторно промывали и помещали в проращиватель, который обеспечивал автоматическое орошение семян водопроводной водой 25 °С каждые 30 минут. Смена воды производилась вручную каждые 18 часов. Сам процесс проращивания осуществляли при комнатной температуре 25 °С в течение трех временных интервалов: 24 часов. Для приготовления каждой партии соевого молока использовали 100 г.

пророщенных соевых бобов (в пересчете на сухую массу). Сырье подвергали одинаковым процедурам промывки и замачивания, после чего бобы отцеживали, ополаскивали и смешивали с 600 мл водопроводной воды (гидромодуль вода: сухие бобы 10:1, об./м.), далее полученную смесь нагревали до кипения, кипятили 10 минут, полученную суспензию обрабатывали в бытовом блендере на низкой скорости в течение 5 минут и фильтровали через сетчатый фильтр. Полученное соевое молоко помещали в ледяную баню для быстрого охлаждения [4, 13].

Результаты и обсуждения

Для оптимизации технологического процесса производства соевого молока из сои проводились исследования влияние температуры и длительности варки, которые определяли по плану двухфакторного эксперимента второго порядка. Факторы (независимые переменные): X1 – длительность варки, мин; X2 – температура варки, °С.

В результате теоретических исследований были определены параметры оптимизации модели (выходные параметры), показатели переменных факторов: Y1 – белок, Y2 – жиры; Y3 – Сухие вещества.

Таблица 1. Показатели переменных факторов эксперимента

Table 1. Indicators of Experimental Variable Factors

Уровень Level	Значение Value
X1	
-1	30 мин / min
0	50 мин / min
+1	70 мин / min
X2	
-1	60 °С
0	80 °С
+1	100 °С

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты исследований

Research Results

X1	X2	Y1	Y2	Y3
70	60	1,598	2,346	3,86
30	80	1,569	2,389	3,42
30	100	1,584	2,452	3,96
50	60	1,534	2,331	3,52
50	80	1,645	2,489	3,68
50	100	1,489	2,524	4,21
30	60	1,468	2,251	3,35
70	80	1,478	2,503	3,95
70	100	1,675	2,688	4,51

По полученным экспериментальным значениям при помощи программы для математического моделирования Statgraphics 19 была построена поверхность отклика влияния температуры и длительности на процентный выход белка (y1). График поверхности отклика представлен на рис. 1.

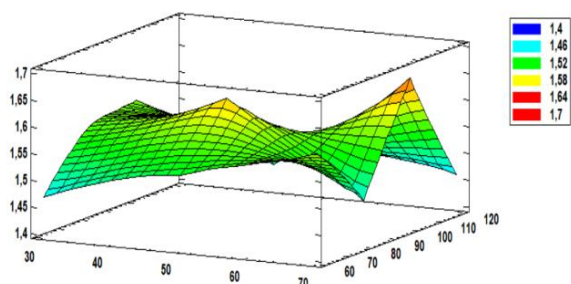


Рисунок 1. Зависимость выхода белка от температуры и длительности обработки

Figure 1. Effect of temperature and treatment time on protein yield

График поверхности отклика поясняется уравнением зависимости:

$$y = 1,40717 + 0,00108333x_1 + 0,00123333x_2$$

Анализ графика поверхности отклика, показывающего зависимость процентного выхода белка от температуры и длительности варки, свидетельствует о том, что максимальное значение данного показателя достигается при $x_1 = 65-70$ минут, $x_2 = 100$ °С. При этом анализ влияния переменных x_1 и x_2 на выход белка показывает, что наибольшее воздействие оказывает фактор x_1 и x_2 максимальное значение показателя также фиксируется при 100 °С.

Проверка адекватности модели проводилась при помощи закона нормального распределения (рисунок 2) и теста адекватности модели Шапиро–Уилка (таблица 3) показавшего, что наименьшее значение Р среди проведенных тестов меньше или равно 0,05, что доказывает, что Y_1 соответствует нормальному распределению с 95% достоверностью

Таблица 3.

Нормальный закон распределения

Table 3.

Normal Distribution

Тест / Test	Статистика / Statistic	P-значение / P-value
Шапиро-Уилка / Shapiro-Wilk	0,952361	0,49696

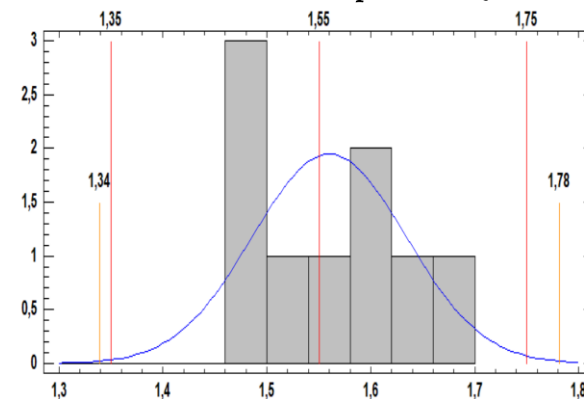


Рисунок 2. Нормальный закон распределения

Figure 2. Normal distribution

Следующим этапом исследований, являлось определение показателей качества соевого молока.

Дегустационная оценка соевого молока показала, что продукт, полученный из соевого зерна сорта Заряница, представляет собой по внешнему виду, однородную жидкость, светло – кремового цвета с желтоватым оттенком, со временем образуется небольшой осадок, запах слабовыраженный, приятный специфический. Вкус соевого молока, сладковатый, послевкусие свойственно данному виду сырья.

Соевое молоко сорта Заряница, было исследовано на показатели безопасности (токсические элементы). Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Показатели безопасности соевого молока сорта «Заряница»

Table 4.

Safety indicators of soy milk of the «Zaryanitsa» variety

Содержание, мг/ кг Content, mg/kg	Соевое молоко сорта «Заряница» Soy milk of the «Zaryanitsa» variety	Требования ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» / Requirements of TR CU 021/2011 "On food safety"
Pb	Менее предела обнаружений / Below detection limit	0,2
As	0,001	0,1
Cd	0,08	0,2
Hg	0,018	0,03

Проведенные исследования по содержанию тяжелых металлов в соевом молоке сорта Заряница, показали, что разработанный продукт полностью соответствуют требованиям

Технического регламента ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), так как уровень токсических элементов не превышает допустимое содержание показателей безопасности, а значит может быть использовано для производства напитков.

Заключение

В ходе выполнения данного исследования была решена актуальная научно-практическая задача, направленная на оптимизацию параметров производства соевого молока с целью повышения его пищевой ценности и функциональных свойств. Актуальность работы обусловлена растущим мировым спросом на растительные белки, в частности соевый протеин, а также необходимостью преодоления ограничений, связанных с наличием в сое антипитательных веществ и ухудшением качественных показателей при традиционной тепловой обработке. В результате анализа биохимического состава соевых зерен, районированных в Красноярском крае, был обоснован выбор высокобелкового сорта Заряница (содержание белка 33,33%). Это определило его приоритетность для производства растительного напитка.

Ключевым этапом исследования стала математическая оптимизация технологических параметров варки – температуры и длительности. С применением метода двухфакторного эксперимента подтверждена адекватность построенной математической модели (нормальное распределение по тесту Шапиро-Уилка, $P\text{-value} = 0,49696$). Выявлено, что наибольшее влияние на выход

белка (Y_1) оказывает фактор температуры (X_2). Анализ поверхностей отклика позволил определить оптимальные режимы обработки: температура 100 °С и длительность варки 65 – 70 минут, при которых достигается максимальное содержание белка в готовом продукте. Полученное по оптимизированной технологии соевое молоко сорта Заряница характеризуется как однородная жидкость светло-кремового цвета со сладковатым вкусом и приятным слабовыраженным специфическим ароматом. Важным результатом является подтверждение безопасности разработанного продукта: по содержанию токсических элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть) соевое молоко полностью соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Зафиксированные значения ниже предельно допустимых уровней, что свидетельствует о его пригодности для пищевых целей. Таким образом, в результате проведенных исследований оптимизирована технология производства соевого молока из перспективного районированного сорта Заряница. Разработанный продукт может служить высококачественной основой для создания широкого спектра пищевых продуктов функционального, специализированного и лечебно-профилактического назначения, а также для здорового питания. Полученные результаты создают предпосылки для дальнейшего масштабирования технологии и углубленного изучения биоактивного потенциала пророщенного соевого зерна.

Литература

- 1 Шелестун А., Елисева Т. Соевое молоко: кому можно и нужно пить безлактозный напиток // Журнал здорового питания и диетологии. 2022. № 20. С. 68–72. doi: 10.59316/vi20.180
- 2 Гараева Д.И., Чепуштанова О.В. Современное производство соевого молока в России // Молодежь и наука. 2019. № 1. С. 37.
- 3 Бойко А.С., Сергеева Е.С. Соевое молоко – популярная альтернатива молочным продуктам на растительной основе // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: материалы VII Международной студенческой научной конференции. Майский, 25–27 февраля 2025. С. 85–86.
- 4 Пфейфер Ш.А., Моргунова Н.Л., Рудик Ф.Я. Полезные свойства соевого молока // Инновационные технологии в науке: сборник научных материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 15–16 мая 2025. С. 326–330.
- 5 Феофилактова О.В., Заворохина Н.В. Моделирование аналога молока на растительной основе с повышенной пищевой ценностью // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 31–38. doi: 10.24412/2311-6447-2022-4-31-38
- 6 Тихомирова Н.А., Тарасов В.Е., Корнева О.А., Чумак А.А. Технология производства соевого молока, обеспечивающая снижение антипитательных веществ // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания: сборник статей VIII Международной научно-технической конференции, посвящённой 90-летию технологического факультета ВГУИТ. Воронеж, 28–29 марта 2019. С. 57–61.
- 7 Егорова Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3.
- 8 Кубанцева А.И., Грибкова В.А. Разработка технологии получения сухого соевого молока с добавлением кокосового порошка // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием. Ульяновск, 15 декабря 2022. С. 2804–2810.
- 9 Жебо А.В., Алешков А.В., Каленик Т.К. Технология и характеристика заменителей молока на растительной основе // Вестник ВСГУТУ. 2019. № 4 (75).

- 10 Дементьева Н.В. Технология производства многокомпонентных дисперсных продуктов из водных биологических ресурсов // Индустрия питания / Food Industry. 2024. № 3.
- 11 Huang Z., Brennan C., Zheng H., Liu J. et al. Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans // Foods. 2013. Vol. 2. No. 2. P. 198–212. doi: 10.3390/foods2020198
- 12 Yılmaz Tuncel N. A comprehensive review of antinutrients in plant-based foods and their key ingredients // Nutrition Bulletin. 2025. Vol. 50. No. 1. P. 28–69. doi: 10.1111/mbu.12732
- 13 Chang S.K., Tan Y. Mass yields, antioxidant and anti-DU145 prostate cancer cell proliferation properties of Prosoy soymilk as affected by extraction methods and cooking // Antioxidants. 2024. Vol. 13. No. 7. Article 755. doi: 10.3390/antiox13070755
- 14 Vagadia B.H., Vanga S.K., Raghavan V. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor – a review // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. 64. P. 115–125. doi: 10.1016/j.tifs.2017.02.003
- 15 Sirilun S., Sivamaruthi B.S., Kesika P., Peerajan S., Chaiyasut C. Lactic acid bacteria mediated fermented soybean as a potent nutraceutical candidate // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2017. Vol. 7. No. 10. P. 930–936. doi: 10.1016/j.apjtb.2017.09.007
- 16 Ma L., Li B., Han F., Yan S. et al. Evaluation of the chemical quality traits of soybean seeds, as related to sensory attributes of soymilk // Food Chemistry. 2015. Vol. 173. P. 694–701. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.096
- 17 Nedumaran T., Yashini M., Bhuvanewari R. et al. Nutritional, functional properties and health benefits of soy milk: a comprehensive review // Food Chemistry Advances. 2024. Vol. 5. Article 100765. doi: 10.1016/j.focha.2024.100765
- 18 Liu R., Zhang R., Chen L., Mou D. et al. Influence of soybean varieties on the quality and sensory characteristics of soymilk // Food Chemistry. 2023. Vol. 419. Article 136009. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136009
- 19 Romulo A. Anti-nutritional content of soy-based products and its reduction strategies // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1059. Article 012072. doi: 10.1088/1755-1315/1059/1/012072
- 20 Egonunley M., Aworh O.C. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms) // Journal of Food Engineering. 2003. Vol. 56. No. 2–3. P. 249–254. doi: 10.1016/S0260-8774(02)00262-5
- 21 Шурхно Р.А., Гибадуллина Ф.С., Мухаметгалиев Р.А. Биотехнологии переработки сои в кормопроизводстве и пищевой промышленности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24. № 3. С. 357–369. doi: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.357-369

References

- 1 Shelestun A., Eliseeva T. Soy milk: who can and should drink lactose-free beverage. Journal of Healthy Nutrition and Dietetics. 2022. no. 20. pp. 68–72. doi: 10.59316/vi20.180 (in Russian).
- 2 Garaeva D.I., Chepushtanova O.V. Modern production of soy milk in Russia. Youth and Science. 2019. no. 1. p. 37. (in Russian).
- 3 Boyko A.S., Sergeeva E.S. Soy milk – a popular alternative to plant-based dairy products. In: Gorin Readings. Innovative Solutions for the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the VII International Student Scientific Conference. Maysky, February 25–27, 2025. pp. 85–86. (in Russian).
- 4 Pfeifer Sh.A., Morgunova N.L., Rudik F.Ya. Useful properties of soy milk. In: Innovative Technologies in Science: Collection of scientific materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Saratov, May 15–16, 2025. pp. 326–330. (in Russian).
- 5 Feofilaktova O.V., Zavorokhina N.V. Modeling of a plant-based milk analogue with increased nutritional value. Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. 2022. no. 4. pp. 31–38. doi: 10.24412/2311-6447-2022-4-31-38 (in Russian).
- 6 Tikhomirova N.A., Tarasov V.E., Korneva O.A., Chumak A.A. Technology for the production of soy milk, ensuring the reduction of anti-nutritional substances. In: New in Technology and Technique of Functional Food Products: Collection of articles of the VIII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Faculty of Technology of VSUET. Voronezh, March 28–29, 2019. pp. 57–61. (in Russian).
- 7 Egorova E.Yu. "Non-dairy milk": a review of raw materials and technologies. Polzunovskiy Bulletin. 2018. no. 3. (in Russian).
- 8 Kubantseva A.I., Gribkova V.A. Development of technology for obtaining dry soy milk with the addition of coconut powder. In: Science in Modern Conditions: From Idea to Implementation: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation. Ulyanovsk, December 15, 2022. pp. 2804–2810. (in Russian).
- 9 Zhebo A.V., Aleshkov A.V., Kalenik T.K. Technology and characteristics of plant-based milk substitutes. Bulletin of ESUTU. 2019. no. 4 (75). (in Russian).
- 10 Demytyeva N.V. Technology for the production of multicomponent dispersed products from aquatic biological resources. Food Industry / Food Industry. 2024. no. 3. (in Russian).
- 11 Huang Z., Brennan C., Zheng H., Liu J. et al. Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans. Foods. 2013. vol. 2. no. 2. pp. 198–212. doi: 10.3390/foods2020198.
- 12 Yılmaz Tuncel N. A comprehensive review of antinutrients in plant-based foods and their key ingredients. Nutrition Bulletin. 2025. vol. 50. no. 1. pp. 28–69. doi: 10.1111/mbu.12732.
- 13 Chang S.K., Tan Y. Mass yields, antioxidant and anti-DU145 prostate cancer cell proliferation properties of Prosoy soymilk as affected by extraction methods and cooking. Antioxidants. 2024. vol. 13. no. 7. article 755. doi: 10.3390/antiox13070755.
- 14 Vagadia B.H., Vanga S.K., Raghavan V. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor – a review. Trends in Food Science & Technology. 2017. vol. 64. pp. 115–125. doi: 10.1016/j.tifs.2017.02.003.

15 Sirilun S., Sivamaruthi B.S., Kesika P., Peerajan S., Chaiyasut C. Lactic acid bacteria mediated fermented soybean as a potent nutraceutical candidate. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2017. vol. 7. no. 10. pp. 930–936. doi: 10.1016/j.apjtb.2017.09.007.

16 Ma L., Li B., Han F., Yan S. et al. Evaluation of the chemical quality traits of soybean seeds, as related to sensory attributes of soymilk. *Food Chemistry*. 2015. vol. 173. pp. 694–701. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.096.

17 Nedumaran T., Yashini M., Bhuvanewari R. et al. Nutritional, functional properties and health benefits of soy milk: a comprehensive review. *Food Chemistry Advances*. 2024. vol. 5. article 100765. doi: 10.1016/j.focha.2024.100765.

18 Liu R., Zhang R., Chen L., Mou D. et al. Influence of soybean varieties on the quality and sensory characteristics of soymilk. *Food Chemistry*. 2023. vol. 419. article 136009. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136009.

19 Romulo A. Anti-nutritional content of soy-based products and its reduction strategies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. vol. 1059. article 012072. doi: 10.1088/1755-1315/1059/1/012072.

20 Egonunley M., Aworh O.C. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering*. 2003. vol. 56. no. 2–3. pp. 249–254. doi: 10.1016/S0260-8774(02)00262-5.

21 Shurkhno R.A., Gibadullina F.S., Mukhametgaliev R.A. Biotechnologies of soybean processing in feed production and food industry. *Agricultural Science of the Euro-North-East*. 2023. vol. 24. no. 3. pp. 357–369. doi: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.357-369 (in Russian).

Сведения об авторах

Жанна А. Кох к.т.н., доцент, кафедра промышленной экологии, процессы и аппараты химических производств, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, институт химических технологий, пр-т, Красноярский рабочий 31, г. Красноярск, 660037, Россия, jannetta-83@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4016-7596>

Екатерина А. Речкина к.т.н., доцент, кафедра технология консервирования и пищевая биотехнология, Красноярский государственный аграрный университет, пр-т, Мира 90, г. Красноярск, 660049, Россия, rechkina.e@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8045-9529>

Денис С. Безъязыков ст. преподаватель, кафедра технология, оборудование бродильных и пищевых производств, Красноярский государственный аграрный университет, институт пищевых производств, пр-т Мира 90, г. Красноярск, 660049, Россия, haast13@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3174-4497>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Zhanna A. Kokh Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, industrial ecology, processes and equipment for chemical production department, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Institute of Chemical Technology, Krasnoyarsk Worker Ave., 31, Krasnoyarsk, 660037, Russia, jannetta-83@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4016-7596>

Ekaterina A. Rechkina Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Canning Technology and Food Biotechnology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Institute of Food Production, Prospect Mira 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia, rechkina.e@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8045-9529>

Denis S. Bezyazykov Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, bakery, confectionery and pasta production technologies department, Krasnoyarsk State Agrarian University, Institute of Food Production, Prospect Mira 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia, haast13@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3174-4497>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/04/2026	После редакции 02/05/2026	Принята в печать 20/05/2026
Received 05/04/2026	Accepted in revised 02/05/2026	Accepted 20/05/2026