

Изменение химического состава высокобелковых бобовых культур при проращивании и технологические возможности их применения в функциональных пищевых системах

Людмила В. Антипова ¹	antipova.154@ya.ru	 0000-0002-1416-0297
Оксана Т. Ибрагимова ²	ibragimova.oksana95@ya.ru	 0009-0003-9256-5542
Виктор Е. Плотников ¹	viktor_plotnikov_1999@mail.ru	 0000-0001-6707-8337
Инесса В. Плотникова ¹	plotnikova_2506@mail.ru	 0000-0001-5959-6652

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 44–46, г. Владикавказ, 362025, Республика Северная Осетия–Алания

Аннотация. Среди источников растительного белка чечевица имеет ряд существенных преимуществ, прежде всего связанных с ботаническими свойствами, пищевой и биологической ценностью зерен, которые превосходят аналогичные показатели по сравнению с соей. Биомодификация химического состава в процессе проращивания позволяет нивелировать имеющиеся недостатки в органолептических свойствах, повысить биологическую ценность и довести до минимума содержание антиалиментарных веществ. В пророщенном зерне значительно увеличивается содержание витаминов, наиболее дефицитных аминокислот, снижается уровень содержания олигосахаридов. Настоящее исследование детально анализирует процесс биомодификации чечевицы в ходе проращивания. Установлено, что оптимальным для технологической обработки является 3-4-суточный период проращивания, при котором достигается максимальная биологическая активность зерна при улучшении его органолептических и без потери структурных свойств. Экспериментально подтверждено, что в результате проращивания происходит значительная трансформация химического состава семян: содержание белка увеличивается с 26,15 до 29,56 г/100 г, а общий пул незаменимых аминокислот возрастает на 40,5 %, при этом особенно заметно повышение концентрации незаменимых аминокислот – на 60,7 %, таких как валин, изолейцин и метионин. Параллельно снижается уровень олигосахаридов (с 5 % до 3,4%), вызывающих кишечный метеоризм, что значительно улучшает переносимость продукта. Дополнительным преимуществом является возможность дальнейшего обогащения сырья микроэлементами, в частности, йодом, на стадии проращивания. На основе биомодифицированного сырья обоснованы и запатентованы режимы и параметры получения безлактозных молочных продуктов растительного происхождения: молока, сыра и замороженного десерта. Проведенная сравнительная оценка аминокислотного состава и биологической ценности (БЦ) демонстрирует превосходство разработанных продуктов из чечевицы над соевыми аналогами. Установлено, биологическая ценность чечевичного сыра составила 69,9%, значительно превысив показатель традиционного тофу (34,6%), что свидетельствует о лучшей сбалансированности аминокислотного состава и более высоком потенциале биосинтеза собственного белка в организме. Готовые продукты, характеризующиеся сбалансированным составом, низким содержанием аллергенов и отсутствием лактозы, рекомендуются для широкого круга потребителей, включая пожилых людей, детей, нуждающихся в диетотерапии, а также лиц с непереносимостью лактозы и приверженцев здорового образа жизни. Разработанные технологии открывают перспективы для создания новых ассортиментных линеек функциональных продуктов питания отечественного производства.

Ключевые слова: растения, белок, биомодификация, чечевица, зерно, проращивание, молочные продукты, здоровое питание.

Changes in the chemical composition of high-protein legumes during germination and technological possibilities of their application in functional food systems

Ludmila V. Antipova ¹	antipova.154@ya.ru	 0000-0002-1416-0297
Oksana T. Ibragimova ²	ibragimova.oksana95@ya.ru	 0009-0003-9256-5542
Viktor E. Plotnikov ¹	viktor_plotnikov_1999@mail.ru	 0000-0001-6707-8337
Inessa V. Plotnikova ¹	plotnikova_2506@mail.ru	 0000-0001-5959-6652

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² North Ossetian State University, Vatutina, 44-46, Vladikavkaz, 362025, Republic of North Ossetia-Alania

Для цитирования

Антипова Л.В., Ибрагимова О.Т., Плотников В.Е., Плотникова И.В. Изменение химического состава высокобелковых бобовых культур при проращивании и технологические возможности их применения в функциональных пищевых системах // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 3. С. 56–65. doi:10.20914/2310-1202-2025-3-56-65

For citation

Antipova L.V., Ibragimova O.T., Plotnikov V.E., Plotnikova I.V. Changes in the chemical composition of high-protein legumes during germination and technological possibilities of their application in functional food systems. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 3. pp. 56–65. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-3-56-65

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

Abstract. Among plant protein sources, lentils offer a number of significant advantages, primarily related to the botanical properties and nutritional and biological value of the grains, which surpass those of soybeans. Biomodification of the chemical composition during the sprouting process helps mitigate existing deficiencies in organoleptic properties, increase biological value, and minimize the content of anti-nutritional substances. Sprouted grains significantly increase the content of vitamins and essential amino acids, while reducing oligosaccharide levels. This study analyzes in detail the biomodification of lentils during sprouting. It has been established that a 3-4-day sprouting period is optimal for technological processing, achieving maximum biological activity without losing the grain's structural and improvement of organoleptic properties. Experiments have confirmed that sprouting significantly transforms the chemical composition: protein content increases from 26.15 to 29.56 g/100 g, while the total amino acid pool increases from 26.15 to 29.56 g/100 g, and the total pool of essential amino acids increases by 40.5%, with a particularly noticeable increase in the concentration of essential amino acids – by 60.7%, such as valine, isoleucine and methionine. At the same time, the level of oligosaccharides responsible for flatulence decreases (from 5% to 3.4%), significantly improving product tolerability. An additional advantage is the ability to further enrich the raw material with microelements, particularly iodine, during the sprouting stage. Using biomodified raw materials, processes and parameters for producing lactose-free dairy products of plant origin, including milk, cheese, and frozen dessert, have been substantiated and patented. A comparative assessment of the amino acid rate and biological value (BC) demonstrates the superiority of the developed lentil products over their soy analogues. Installed, the biological value of lentil cheese was 69.9%, significantly exceeding that of traditional tofu (34.6%), indicating a better-balanced amino acid composition and a higher potential for the body's own protein biosynthesis. These finished products, characterized by a balanced composition, low allergen content, and lack of lactose, are recommended for a wide range of consumers, including the elderly, children requiring dietary therapy, individuals with lactose intolerance, and those committed to a healthy lifestyle. The developed technologies open up prospects for the creation of new product lines of domestically produced functional foods.

Keywords: plants, protein, biomodification, lentils, grains, germination, dairy products, healthy food.

Введение

Значение растений в жизнедеятельности и жизнеобеспечении человека трудно переоценить. Их разнообразие и функции очевидны и поразительны. Растения распространены на суше, в океанах и в пресной воде. Они существуют на нашей планете миллионы лет. Предполагается, что существует около 300000 видов, среди которых 85–90% – цветущие. Они привлекали внимание испокон веков из-за наличия в их составе функциональных биологически активных веществ, значение которых очевидно и используется человеком благодаря влиянию на организм и здоровье. В настоящее время идентифицированы и использованы такие функциональные вещества, содержащиеся в растениях, как: алкалоиды, гликозиды, полисахара, эфирные масла, органические кислоты, пектиновые вещества, антибиотики, кумарины, хиноны, флавоноиды, соланины, дубильные вещества, минеральные соли, пигменты и т. п. Перечень биологически активных веществ постоянно пополняется и расширяется.



Рисунок 1. Значение растительных белков в производстве продуктов питания

Figure 1. Importance of plant proteins in food production

Относительно недавно возник и развивается интерес к растениям как к источникам белка. В настоящее время можно сформировать преимущества растительных белков в питании на основании обобщения имеющегося опыта [1–4].

Среди множества видов растений – источников белка заметное место занимают бобовые из-за высокой массовой доли белка в семени. На современном мировом рынке безусловным лидером является соя, индустриально освоенная в Америке и ряде других развитых стран. По данным разных авторов в семенах этой культуры может накапливаться от 30 до 50% белка. Белки сои неоднородны по структуре и функциям, в том числе оказывают и неблагоприятное влияние на организм человека (антиаллиментарные вещества) [4–6]. Зерна и их технологические формы (мука, концентраты, изоляты) широко распространены в технологиях пищевых продуктов [7–10]. Особое внимание к белкам сои обусловлено доступностью сырья (с 1 га можно получить до 731 кг белка), уникальностью химического состава, высокой пищевой и биологической ценностью и технологической функциональностью, а также большим историческим опытом использования в питании.

Проблема обеспечения страны продуктами переработки сои имеет общегосударственную значимость, что в совокупности со значительным размерами и низкой насыщенностью российского рынка нетрадиционными источниками растительного белка создает предпосылки для развития отечественной индустрии по разработке и переработке перспективных источников с целью получения пищевых белковых добавок и препаратов. В настоящее время имеется информация о белках пшеницы, гороха, фасоли, нута, люцерны, люпина, амаранта, рапса и др. [11–16].

Среди отечественных источников растительного белка чечевица заслуживает особого внимания. Чечевица (лат. *Lens*) – род травянистых растений семейства Бобовые, включающий несколько видов из средиземноморья, Малой Азии, Закавказья и Средней Азии (всего 7 видов). В культуре – один вид: чечевица пищевая (*Lens culinaris*). Родина чечевицы – Южная Европа и Западная Азия, где ее возделывают с эпохи неолита. В России чечевица возделывается главным образом в черноземных областях, но преимущественно в юго-западном крае. Период ее развития 100–130 дней, она содержит большое количество легкоусвояемого организмом белка (86%). Ее урожайность составляет 12,2–27,6 ц с 1 га. Она богата незаменимыми аминокислотами, характерна минимумом содержания липидов [17, 18].

В настоящее время активизировались исследования по разработке белковых субстанций на основе чечевицы и их применению в различных отраслях пищевой индустрии. [17–21]. Интерес к чечевице как к отечественному источнику растительного белка, подкрепляется сравнительными данными, приведенными в таблице 1.

Из данных таблицы 2 видно, что чечевица выгодно отличается от сои меньшим количеством ингибиторов ферментов организма. В ней идентифицирован только ингибитор трипсина, в то время как в сое их 3.

В таблице 3 приведена сравнительная характеристика углеводного состава зерен обоих видов, откуда видно, что чечевица содержит незначительное количество олигосахаридов-антиалиментарного фактора, вызывающего кишечный метеоризм.

Таблица 1.

Общая сравнительная характеристика бобовых культур

Table 1.

General comparative characteristics of legumes

Показатель Index	Чечевица Lentils	Соя Soybeans
Высота растения Plant height	Растение высокое (40–75 см) Plant is tall (40–75 cm)	Растение от карликового (20–25 см) до высокого 9 до 2 м) Plants range from dwarf (20–25 cm) to tall (9–2 m)
Форма и размеры листочков Leaf shape and size	Крупные, овальные, резко удлинённые (15–27 см) Large, oval, sharply elongated (15–27 cm)	Крупные, овальные, удлинённые Large, oval, elongated
Размеры и окраска цветков Flower size and color	Мелкие (7–8 мм), белые и реже голубые Small (7–8 mm), white and, rarely, blue	Мелкие (7–10 мм), белые или фиолетовые, собранные в соцветия Small (7–10 mm), white or purple, collected in inflorescences
Форма и размеры бобов Bean shape and size	Средней величины (15–20 мм), обычно плоские Medium-sized (15–20 mm), usually flat	От узких до широких (0,5–1,4 см), от коротких до длинных (2,6 см) From narrow to wide (0.5–1.4 cm), from short to long (2.6 cm)
Форма и размеры семян Seed shape and size	Округлые, сплюснутые, с острыми ребрами, диаметром 5–9 мм Rounded, flattened, with sharp ribs, 5–9 mm in diameter	Овально-удлинённые, реже шаровидные, длиной 5–13 см, шириной 4,0–8,5 см Oval-elongated, rarely spherical, 5–13 cm long, 4.0–8.5 cm wide
Окраска семядолей Cotyledon color	Желтые, редко оранжевые Yellow, rarely orange	Желтые, реже зеленые, коричневые и черные Yellow, rarely green, brown, and black
Масса 1000 семян, г 1000-seed weight, g	12–18	120–230
Район возделывания в России Cultivation area in Russia	Центральный, Центрально-Черноземный, Волго-Вятский районы, Поволжье и менее Западная Сибирь	В основном Дальний Восток и менее в Краснодарском и Ставропольском краях
Длительность произрастания, дней Growth period, days	90–180	75–200
Урожайность, ц/га Yield, c/ha	12–28	5–16
Массовая доля компонентов в составе семян, % Mass fraction of components in the composition of seeds, %		
Белок Protein	32,00	40,00
Жир Fat	1,17	21,30
Углеводы Carbohydrates	53,70	26,00
Зола Ash	3,30	5,80
Влага Moisture	12,33	7,40
Минеральные элементы, мг/100 г Mineral elements, mg/100		
Na	55,00	6,00
K	672,00	1607,00
Ca	83,00	248,00
Mg	80,00	226,00
Fe	11,80	15,00
P	390,00	603,00
Витамины, мг/100 г Vitamins, mg/100 g		
В-каротин	0,03	0,07
B1	0,50	0,94
B2	0,21	0,22
PP	1,80	2,20
Энергетическая ценность, ккал/100г Energy value, kcal/100g	346,00	462,00

Таблица 2.

Ингибиторы ферментов сои и чечевицы

Table 2.

Soy and lentil enzyme inhibitors

Соя Soybeans		Чечевица Lentils	
Ингибиторы Inhibitors	Действие Action	Ингибиторы Inhibitors	Действие Action
Ингибиторы протеазы Protease inhibitors	Протеаза снижает усвоение белков, может вызвать гипертрофию поджелудочной железы Protease reduces protein absorption and can cause pancreatic hypertrophy.	Ингибитор трипсина Trypsin inhibitor	Трипсин синтезируется в поджелудочной железе, катализирует гидролиз белков и пептидов Trypsin is synthesized in the pancreas and catalyzes the hydrolysis of proteins and peptides.
Ингибитор уреазы Urease inhibitor	Уреаза, находясь в кормах для с/х животных, осуществляет гидролиз мочевины с образованием аммиака и углекислого газа, что отравляет организм животных Urease, found in livestock feed, hydrolyzes urea to form ammonia and carbon dioxide, which poisons the animals.		
Ингибитор липоксигеназы Lipoxygenase inhibitor	Липоксигеназа при хранении в кормах образует альдегиды и кетоны, которые придают корму специфический неприятный запах и вкус. Lipoxygenase, when stored in feed, forms aldehydes and ketones, which impart a specific unpleasant odor and taste.		

Таблица 3.

Сравнительная характеристика углеводного состава зерен бобовых

Table 3.

Comparative characterization of the carbohydrate composition of legume grains

Показатель Index	Соя Soybeans	Чечевица Lentils
Всего углеводов, % от массы Total carbohydrates, % by weight	17%	20%
Моно- и дисахариды, % от общего количества углеводов Mono- and disaccharides, % of total carbohydrates	11,4%	5%
Сахароза, % от общего количества углеводов Sucrose, % of total carbohydrates	5,1%	3,1%
Крахмал, % от общего количества углеводов Starch, % of total carbohydrates	25,5%	75%
Клетчатка, % от общего количества углеводов Fiber, % of total carbohydrates	54%	16,3%
Олигосахариды, % от общего количества углеводов Oligosaccharides, % of total carbohydrates	4%	0,6%

Наличие специфического запаха, ингибиторов пищеварительных ферментов, олигосахаридов сдерживают широкое применение в составе ряда пищевых продуктов. Вместе с тем известно, что в процессе проращивания зерен значительно активируются ферментные системы, осуществляющие биомодификацию химического состава, нивелирующие нежелательные свойства исходных объектов.

Объекты и методы

Пророщенные зерна чечевицы использовали в качестве объекта исследования при получении безлактозных молочных продуктов (молоко, сыр, десерт) растительного происхождения.

В ходе экспериментальных исследований применили современные методы исследования, нормативные документы, действующие в отраслях пищевой индустрии, а именно в молочной промышленности [22–28].

В качестве объекта исследования использовали пророщенную чечевицу в течение 3–4 суток. Зерна чечевицы приобретали в супермаркетах г. Воронеж. На первом этапе экспериментальных исследований чечевицу замачивали в воде и выдерживали в течение 8 дней при температуре +4 °С, фиксировали длину ростков, органолептические и функционально-технологические свойства. Установлено, что после 1-х суток проращивания зерна набухают, ростки не обнаружены. Через 3 суток появлялись ростки длиной 2 мм, на 6 сутки их длина достигла 6 мм, на 8 сутки – 7–8 мм. На последних стадиях проращивания зерна утрачивали твердость, ухудшались исходные органолептические и физико-химические свойства, что мало приемлемо для технологии пищевых продуктов.

Сравнительный химический состав зерен чечевицы до проращивания и после представлен в таблицах 4 и 5.

Таблица 4.

Химический состав семян до и после проращивания чечевицы

Table 4.

Chemical composition of lentil seeds before and after lentil germination

Показатели Index	Суточная потребность Суточная потребность	Содержание, в 100г продукта Contents per 100g of product	
		До проращивания Before sprouting	После проращивания After sprouting
Белок, г Protein, g	85	26,15	29,56
Жир, г Fat, g	102	1,2	1,1
Углеводы, г в том числе глюкоза Carbohydrates, g including glucose	69,5 24	53,7 8,45	1,06 13,64
Олигосахариды: Oligosaccharides:		5	3,4
Крахмал Starch	–	33,8	24,12
Клетчатка Fiber	–	3,65	3,04
Зола Ash	–	3,65	3,31
Влага Moisture	–	12,33	18,1
Минеральные вещества, мг Mineral components, mg			
Ca	83,07	84,23	84,62
P	210	401,16	400,3
Mg	43,2	78,9	76,3
Fe	8,26	12,06	12,32
Na	359	56,12	55,91
K	572,3	659,18	659,51
Витамины, мг Vitamins, mg			
B1	0,2	0,5	0,78
B2	0,2	0,21	0,48
PP	19,42	1,8	2,21
C	11,7	–	0,04
b-каротин	0,28	0,03	0,08

Таблица 5.

Изменение аминокислотного состава до и после проращивания чечевицы

Table 5.

Changes in amino acid composition before and after lentil germination

Аминокислота, мг/100 г Amino acid, mg/100 g	Содержание в зернах Content	
	До проращивания Before sprouting	После проращивания After sprouting
Незаменимые Not replaceable	10561	16971
Val	802	1560
IsoI	1049	1748
Lec	2437	3045
Tyr	923	989
Lys	2398	2787
Met	451	719
Tre	1274	1847
Tri	169	298
Phe	1061	1412
Заменимые и полузаменимые Replaceable and semi-replaceable	12747	15768
Cys	923	1087
Ala	412	523
Arg	1960	2213
Hys	664	946
Аспаргиновая кислота Aspartic acid	2237	3486
Gly	1109	1759
Глутаминовая кислота Glutamic acid	3630	3897
Pro	822	946
Ser	987	989
Сумма аминокислот Sum	26150	29560
Лимитирующие аминокислоты Limit	Метионин + триптофан	Метионин + триптофан

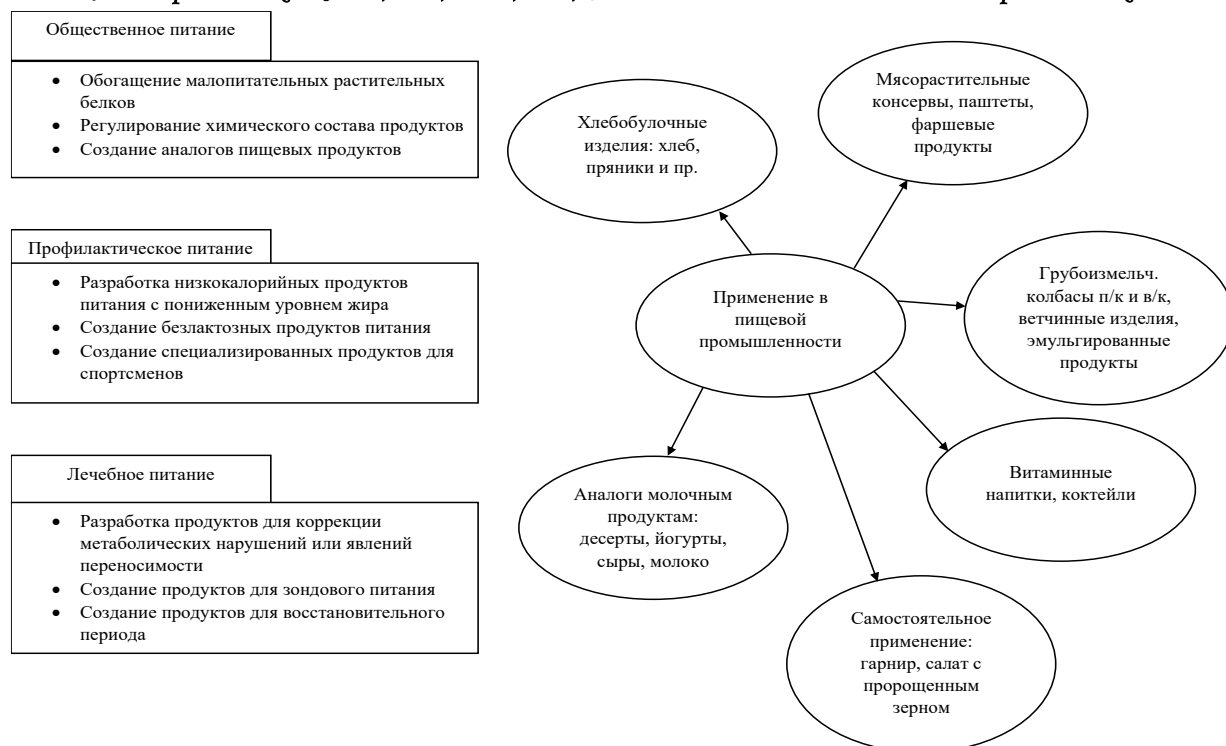
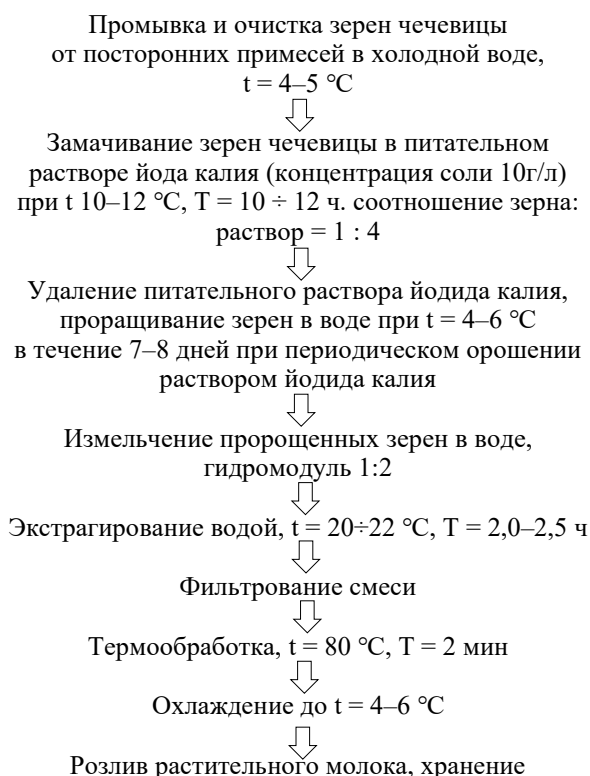


Рисунок 2. Возможные пути использования пророщенной чечевицы

Figure 2. Possible uses for sprouted lentils

Установлено, что в процессе проращивания при использовании питательных субстратов возможно усилить полезные свойства чечевицы. Например, при использовании растворов КТ возможно получение йодообогащенных белков. Технология йодирования чечевицы реализуется на стадиях:



Полученный продукт содержит 50–60% суточную норму йода и может использоваться для профилактики и лечения йодной недостаточности. Сравнительная оценка свойств молока растительного и коровьего представлена в таблице 6

Таблица 5.

Химический состав молока

Table 6.

Chemical composition of milk

Показатели Index	Молоко Milk		
	чечевичное lentil	соевое soy	коровье cow
Белок, г Protein, g	3,25	3,01	3,30
Жир, г Fat, g	0,70	1,99	3,55
Углеводы, г, в т.ч. Carbohydrates, g (including)	3,4	4,31	4,80
Лактоза, г Lactose, g	–	–	4,6
Рафиноза, мг Raffinose, mg	0,5	0,69	–
Стахиоза, мг Stachyose, mg	2,1	3,62	–
Вербаскоза, мг Verbascose, mg	0,8	–	–
Энергетическая ценность, кДж Energy value, kJ	137,6	197,4	269,2

В последнее время в мире, в том числе и в России значительно возрос интерес к растительным сырам, где явные приоритеты принадлежат сырам типа «Тофу». На основе чечевичного молока авторами предложена и запатентована технология мягкого сыра:

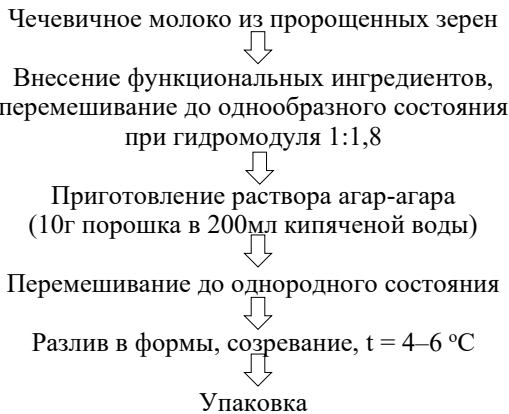
Таблица 6.

Сравнительные показатели
растительных сыров

Table 7.

Comparative performance of vegetable cheeses

Показатель Index	Растительные сыры Vegetable cheeses	
	чечевичный lentil	Продукт белковый рассол, тофу натуральный Protein product brine, natural tofu
Жир, % Fat, %	9,5	11,2
Белок, % Protein, %	6,0	18,0
Влага, % Water, %	72,6	70,0
pH	5,60	6,85



В процессе реализации технологических этапов применяли орехи кешью, уксусную кислоту, комплексную пищевую добавку «Сырный порошок Чеддер», а также различные специи. Специфичность состава применяемых ингредиентов позволяет разнообразить органолептические свойства, а следовательно, создать ассортиментную линейку широкого потребительского спроса. Химический состав полученного продукта представлен в таблице 7.

Особенности рецептурного состава чечевичного молока и состава используемых ингредиентов обеспечивают достаточно низкий уровень содержания белка по сравнению с сыром «Тофу». Однако сбалансированность белков по аминокислотному составу (расчёт по акад. Линатову Н.Н.) в чечевичном сыре в сравнении с аналогом из сои говорит о преимуществах предлагаемого технологического решения (таблица 7). К тому же чечевичный сыр приближен по pH 5,6 к аналогам животного происхождения, тогда как «Тофу», имея pH 6,85, скорее воспринимается на вкус как что-то иное.

Таблица 7.

Аминокислотный состав и расчетные значения их аминокислотного сора

Table 8.

Amino acid composition and calculated values of amino acid score

Аминокислота Amino acid	Шкала ФАО/ВОЗ, г/100г белка FAO/WHO scale, g/100 g protein	Содержание незаменимых аминокислот, г/100г белка (A _j) Essential amino acid content, g/100 g protein (A _j)		Аминокислотный скор, % (C _j) Amino acid score, % (C _j)	
		Чечевичный сыр Lentil cheese	Продукт белковый РОССОЯ тофу натуральный ROSSOYA natural tofu protein product	Чечевичный сыр Lentil cheese	Продукт белковый РОССОЯ тофу натуральный ROSSOYA natural tofu protein product
Val	5,0	4,92	4,71	4,92/5 = 98	4,71/5 = 94
Isol	4,0	4,09	4,7	4,09/4 = 102	4,7/4 = 117
Ley	7,0	7,26	8,15	7,26/7 = 103	8,15/7 = 116
Lys	5,5	5,82	6,03	5,82/5,5 = 105	6,03/5,5 = 109
Met	3,5	3,08	1,25	3,08/3,5 = 88	1,25/3,5 = 35
Tre	4,0	3,54	3,83	0,6/1 = 0,6	3,83/4 = 95
Try	1,0	0,6	1,47	4,65/6 = 77	1,47/1 = 147
Phe	6,0	4,65	5,43	3,54/4 = 88	5,43/6 = 90
Различие аминокислотного сора j-той аминокислоты, % Difference in the amino acid score of that amino acid, %					
		Чечевичный сыр Lentil cheese		Продукт белковый РОССОЯ тофу натуральный ROSSOYA natural tofu protein product	
Isol		102 – 60 = 42		117 – 35 = 82	
Ley		103 – 60 = 43		116 – 35 = 81	
Lys		105 – 60 = 45		109 – 35 = 74	
Met		88 – 60 = 28		35 – 35 = 0	
Tre		88 – 60 = 28		95 – 35 = 60	
Try		60 – 60 = 0		147 – 35 = 112	
Phe		77 – 60 = 17		90 – 35 = 55	
Val		98 – 60 = 38		94 – 35 = 59	
КРАС, %		241 / 8 = 30,1		5223 / 8 = 65,4	
БЦ, %		100 – 30,1 = 69,9		100 – 65,4 = 34,6	

Биологическая ценность белков чечевичного сыра наиболее приближена к шкале ФАО/ВОЗ, она выше по сравнению с соевыми аналогами. Это доказывает, что новый предлагаемый отечественный продукт в наибольшей степени может обеспечить биосинтез полноценного собственного белка в организме. Десерты в современном отечественном рынке продовольствия занимают достаточно объемный сегмент. На основе чечевичного молока (в том числе йодированного), обоснована и запатентована технология производства замороженного десерта.

Сравнительный анализ десертов (чечевица и соя) показал, что чечевичный замороженный десерт обладает минимальными отклонениями по вкусу и запаху от натуральных аналогов по сравнению с соевыми продуктами, преобладающими на рынке. Анализ состава незаменимых аминокислот, расчет биологической ценности показывает очевидные преимущества отечественного продукта (таблица 8). Чечевичный замороженный продукт наиболее приближен к данным аминокислотного состава идеального белка, превышая аналогичные показатели соевого замороженного десерта на 15–16%.

Исследование микробиологических показателей и требований безопасности к пищевым продуктам позволяет сделать вывод о реальных перспективных новых ассортиментных линейках безлактозных продуктов питания отечественного производства.

Результаты и обсуждение

Учитывая корректировку химического состава и актуальность возможных и современных путей использования растительных белков в питании, сформированы перспективные направления для пророщенных зерен чечевицы (рисунок 2)

Среди продуктов здорового питания в последнее время большой популярностью пользуются безлактозные молочные продукты растительного происхождения. Исходя из данных потребительского спроса актуализированы молоко, сыры десерты.

Технология чечевичного молока реализована в опытно-промышленных условиях, характерна новизной технического решения и запатентована. В ходе экспериментальных исследований доказана возможность повышения биологической ценности и получения продукта функционального назначения путем дополнительного йодирования растительного молока на этапах технологии его получения (рисунок 3).

Заключение

Реализация разработанных технологических схем и анализ готовых изделий подтвердили преимущества отечественного источника белков растительного происхождения в создании безлактозных пищевых продуктов широкого потребительского спроса.

Литература

- 1 Бикбулатов П.С., Чугунова О.В., Заворохина Н.В. Анализ современного рынка растительных белков и технологических решений их получения // Вестник КрасГАУ. 2025. № 5. С. 244–260.
- 2 Свиридонова М.А. Дефицит йода, формирование и развитие организма // Клиническая и экспериментальная тиреондология. 2014. Т. 10. № 1.
- 3 Кучменко Т.А., Арустамов Я.Р., Умарханов Р.У. и др. Применение сенсорных технологий для функционального контроля дрожжей Kveik в производстве пива // Аналитика и контроль. 2025. Т. 29. № 1. С. 54–67.
- 4 Ловкис З.В., Моргунова Е.М., Шевченко В.И., Давыдова Е.А. Органолептический анализ качества пищевых продуктов, требования к испытаниям // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018. Т. 11. № 1 (39). С. 13–19.
- 5 Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Богданова Е.В. Химия и физика молока: лабораторный практикум: учебное пособие. Воронеж: Воронежский гос. ун-т инженерных технологий, 2012. 195 с.
- 6 Митяшин Г.Ю. Продовольственная безопасность: формы и институты обеспечения // Теоретическая экономика. 2023. № 3 (99). С. 104–116.
- 7 Терещук Л.В., Старовойтова К.В. Пищевая химия. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. 126 с. ISBN 978-5-8353-2587-0.
- 8 Васюкова А.Т., Кусова И.У., Кандроков Р.Х. Разработка функциональных смесей для мучных кулинарных изделий // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16. № 6. С. 455–475.
- 9 Sui X., Zhang T., Jiang L. Soy protein: Molecular structure revisited and recent advances in processing technologies // Annual Review of Food Science and Technology. 2021. V. 12. № 1. P. 119–147.
- 10 Ashaolu T.J. Applications of soy protein hydrolysates in the emerging functional foods: A review // International Journal of Food Science and Technology. 2020. V. 55. № 2. P. 421–428.
- 11 Основы производства продукции растениеводства / Гаспарян И.Н., Сычев В.Г., Мельников А.В., Горохов А.С. Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2021. 496 с.
- 12 Марусенков М.П., Иванкевич Н.М. Русские бобы. Москва: Изд. Проспект, 2018. 24 с.
- 13 Шихалиева К. Потенциал генофонда нута и чечевицы в селекции Азербайджана. Германия (Saarbrücken): Изд. Lambert, 2018. 80 с.
- 14 Федосеева В.В. Роль зернобобовых культур как предшественников для зерновых // Научный журнал молодых ученых. 2020. № 4 (21). С. 48–50.
- 15 Храмова В.Н., Сурков Д.И., Лубчинский К.А. Обзор антинутриентов бобовых культур // Приветствие участникам конференции! 2022. С. 367.

- 16 Самофалова Л.А., Сафронова О.В. Методологические подходы к проращиванию семян сельскохозяйственных культур, тестирование успеха прорастания // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2017. № 3 (23).
- 17 Векленко В.И., Дадашев Б.А. Производство и переработка сои в России: прошлое, настоящее, будущее // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 1. С. 213–220.
- 18 Векленко В.И., Малахов А.В., Солошенко Р.В. Организация переработки сои // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 8. С. 184–187.
- 19 Костенко А.А., Ким И.Н. Разработка технологии соевого сыра с применением молок лососевых рыб и обоснование сроков его хранения // *Пищевая промышленность*. 2016. № 8. С. 53–57.
- 20 Антипова Л.В., Дарьин А.О. Разработка функционального продукта для профилактики йодонедостаточности // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020. Т. 82. № 3. С. 45–49.
- 21 Малеева Т.Л., Гончарова Ю.М. Ассортимент аптек: специализированная пищевая продукция для детского питания, диетического лечебного и диетического профилактического питания, питания беременных и кормящих женщин; минеральные воды // IX ежегодные чтения памяти доктора ФХ Граля. 2023. С. 54–59.
- 22 Олейник В.К., Ключко Н.Ю. Исследование по получению и применению сыра тофу в питании вегетарианцев // *Известия КГТУ*. 2025. № 77. С. 72–83.
- 23 Antipova L.V., Darin A.O. Investigation of the properties of lentil cheese as a new food source in Russia // *Proceedings of the International Conference “Process Management and Scientific Developments”* (Birmingham, United Kingdom, July 21, 2021). Part 1.

References

- 1 Bikbulatov P.S., Chugunova O.V., Zavorokhina N.V. Analysis of the modern market of plant proteins and technological solutions for their production. *Bulletin of KrasSAU*. 2025. no. 5. pp. 244–260. (in Russian)
- 2 Sviridonova M.A. Iodine deficiency, formation and development of the organism. *Clinical and experimental thyroidology*. 2014. vol. 10. no. 1. (in Russian)
- 3 Kuchmenko T.A., Arustamov Ya.R., Umarmkhanov R.U. et al. Application of sensor technologies for the functional control of Kveik yeast in beer production. *Analytics and control*. 2025. vol. 29. no. 1. pp. 54–67. (in Russian)
- 4 Lovkis Z.V., Morgunova E.M., Shevchenko V.I., Davydova E.A. Organoleptic Analysis of Food Product Quality, Testing Requirements. *Food Industry: Science and Technology*. 2018. vol. 11. no. 1(39). pp. 13–19. (in Russian)
- 5 Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Bogdanova E.V. Chemistry and Physics of Milk: Laboratory Workshop: Tutorial. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies, 2012. 195 p. (in Russian)
- 6 Mityashin G.Yu. Food Security: Forms and Institutions of Ensuring. *Theoretical Economics*. 2023. no. 3(99). pp. 104–116. (in Russian)
- 7 Tereshchuk L.V., Starovoitova K.V. Food Chemistry. Kemerovo: Kemerovo State University, 2020. 126 p. (in Russian)
- 8 Vasyukova A.T., Kusova I.U., Kandrov R.Kh. Development of functional mixtures for flour culinary products. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. vol. 16. no. 6. pp. 455–475. (in Russian)
- 9 Sui X., Zhang T., Jiang L. Soy protein: Molecular structure revisited and recent advances in processing technologies. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2021. vol. 12. no. 1. pp. 119–147. doi:10.1146/annurev-food-062520-093642
- 10 Ashaolu T.J. Applications of soy protein hydrolysates in the emerging functional foods: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2020. vol. 55. no. 2. pp. 421–428. doi:10.1111/ijfs.14330
- 11 Gasparyan I.N., Sychev V.G., Melnikov A.V., Gorokhov A.S. Fundamentals of Crop Production. Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2021. 496 p. (in Russian)
- 12 Marusenkov M.P., Ivankevich N.M. Russian Beans. Moscow: Prospect Publishing House, 2018. 24 p. (in Russian)
- 13 Shikhaliyeva K. Potential of the Chickpea and Lentil Gene Pool in Azerbaijani Breeding. Germany (Saarbrücken): Lambert Publishing House, 2018. 80 p. (in Russian)
- 14 Fedoseyeva V.V. The Role of Leguminous Crops as Predecessors for Cereals. *Scientific Journal of Young Scientists*. 2020. no. 4(21). pp. 48–50. (in Russian)
- 15 Khramova V.N., Surkov D.I., Lubchinsky K.A. Review of antinutrients in legumes. Welcome to the conference participants! 2022. p. 367. (in Russian)
- 16 Samofalova L.A., Safronova O.V. Methodological approaches to the germination of agricultural crop seeds, testing of germination success. *Grain legumes and cereal crops*. 2017. no. 3(23). (in Russian)
- 17 Veklenko V.I., Dadashev B.A. Soybean production and processing in Russia: past, present, future. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024. no. 1. pp. 213–220. (in Russian)
- 18 Veklenko V.I., Malakhov A.V., Soloshenko R.V. Organization of soybean processing. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024. no. 8. pp. 184–187. (in Russian)
- 19 Kostenko A.A., Kim I.N. Development of soy cheese technology using salmon milt and justification of its shelf life. *Food industry*. 2016. no. 8. pp. 53–57. (in Russian)
- 20 Antipova L.V., Darin A.O. Development of a functional product for the prevention of iodine deficiency. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 45–49. (in Russian)
- 21 Maleeva T.L., Goncharova Yu.M. Pharmacy assortment: specialized food products for baby food, dietary therapeutic and dietary preventive nutrition, nutrition for pregnant and lactating women; mineral waters. IX Annual Readings in Memory of Dr. F. H. Grahl. 2023. pp. 54–59. (in Russian)
- 22 Oleynik V.K., Klyuchko N.Yu. Study on the production and use of tofu cheese in vegetarian nutrition. *Bulletin of KSTU*. 2025. no. 77. pp. 72–83. (in Russian)
- 23 Antipova L.V., Darin A.O. Investigation of the properties of lentil cheese as a new food source in Russia. *Proceedings of the International Conference “Process Management and Scientific Developments”* (Birmingham, United Kingdom, July 21, 2021). Part 1. (in Russian)

Сведения об авторах

Людмила В. Антипова д.т.н., профессор, НОЦ «Живые системы», Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, antipova.l54@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1416-0297>

Оксана Т. Ибрагимова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов питания, Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, ул. Ватутина, 44-46, г. Владикавказ, 362025, Республика Северная Осетия-Алания, ibragimova.oksana95@ya.ru

 <https://orcid.org/0009-0003-9256-5542>

Виктор Е. Плотников аспирант, ассистент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, viktor_plotnikov_1999@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6707-8337>

Инесса В. Плотникова к.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, plotnikova_2506@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5959-6652>

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

Ludmila V. Antipova Dr. Sci. (Engin.), professor, Living Systems Research Center, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, antipova.l54@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1416-0297>

Oksana T. Ibragimova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of Food Technology, North Ossetian State University, Vatutina, 44-46, Vladikavkaz, 362025, Republic of North Ossetia-Alania, ibragimova.oksana95@ya.ru

 <https://orcid.org/0009-0003-9256-5542>

Viktor E. Plotnikov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, viktor_plotnikov_1999@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6707-8337>

Inessa V. Plotnikova candidate of technical sciences, assistant, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, plotnikova_2506@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5959-6652>

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 11/08/2025	После редакции 02/09/2025	Принята в печать 18/09/2025
Received 11/08/2025	Accepted in revised 02/09/2025	Accepted 18/09/2025