



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664.38

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.012



МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ ГОРОХОВОЙ МУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ШТАММА МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

Денис Сергеевич Куликов ¹, Рузалия Владимировна Уланова ²,
Алексей Александрович Королев ³, Алексей Владимирович Синельников ⁴,
Зоя Ивановна Калугина ⁵

^{1, 3, 5} Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Видное, Московская область, Россия

¹ d.kulikov@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2171-0522>

³ a.korolev@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7144-2522>

⁵ z.kalugina@fncps.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9254-6009>

^{2, 4} Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, Москва, Россия

² colodovnicova@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6315-7211>

⁴ sinelnikov11@ya.ru

Аннотация. Для расширения ассортимента белковых продуктов из гороха с высокой биологической ценностью и функционально-технологическими свойствами, перспективны исследования в области лакто-ферментации растительного сырья. Цель работы – исследование изменений функционально-технологических свойств и биологической ценности белков гороховой муки, ферментированной новым штаммом молочнокислых бактерий *Lactocaseibacillus rhamnosus* KM-1. После модификации муки в течение 24 и 48 часов установлено увеличение зольных элементов на 61,1–72,5 %, что объясняется накоплением в процессе ферментации лактата натрия. Ферментированная мука усваивалась *in vitro* лучше контроля на 10,77–11,66 %, увеличены: водосвязывающая (на 16,3–22,2 %), пенообразующая (в 2,15–2,22 раза), жиросвязывающая (в 2,87–3,43 раза) способности, кислоторастворимая (на 28,57–96,55 %), спирторастворимая (в 12,2–15,8 раза) и солерастворимая (в 8,09–18,00 раз) фракции белков, содержание ароматических аминокислот – фенилаланина (на 16,7–22,3 %) и тирозина (на 53,0–56,8 %), а также биологическая ценность белка (на 11,66–12,04 %). Отмечено, что в ферментированной в течение 48 часов гороховой муке, по сравнению с односуточной модификацией, сократилось содержание лизина, аргинина, соле- и спирторастворимых фракций белков, а также практически не изменились показатели функционально-технологических свойств, усвояемости и биологической ценности белков, что говорит о целесообразности увеличения продолжительности ферментации лактобактериями более одних суток. Образцы ферментированной муки имели вкус и запах, свойственный молочнокислым бактериям со слабым привкусом гороха, и темно-кремовый цвет, образовавшийся в результате термической обработки горохового экстракта в процессе приготовления питательной среды перед посевом лактобактерий. С учетом высокого количества белка, увеличенных показателей связывать воду и жир и образовывать пену, ферментированную гороховую муку, полученную с применением нового штамма молочнокислых бактерий, целесообразно рекомендовать для использования в качестве белковой добавки при изготовлении продуктов типа «растительное мясо» и кондитерских изделий.

Ключевые слова: гороховая мука, лактобактерии, ферментация, белок, модификация, функциональные свойства, аминокислотный состав, усвояемость, биологическая ценность.

Сведения об источнике финансирования: работа выполнена за счет финансирования Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

Для цитирования: Модификация белков гороховой муки с использованием нового штамма молочнокислых бактерий / Д. С. Куликов [и др.] // Ползуновский вестник. 2025. № 3, С. 72–78. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.012. EDN: <https://elibrary.ru/DZQNIP>.

Original article

MODIFICATION OF PEA FLOUR PROTEINS USING A NEW STRAIN OF LACTIC ACID BACTERIA

Denis S. Kulikov ¹, Ruzalia V. Ulanova ², Alexey A. Korolev ³,
Alexey V. Sinelnikov ⁴, Zoya I. Kalugina ⁵

^{1, 3, 5} Russian Research Institute of Canning Technology - branch of Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the RAS, Vidnoe, Moscow region, Russia

© Куликов Д. С., Уланова Р. В., Королев А. А., Синельников А. В., Калугина З. И., 2025

МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ ГОРОХОВОЙ МУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ШТАММА МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

¹ d.kulikov@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2171-0522>

³ a.korolev@fncps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7144-2522>

⁵ z.kalugina@fncps.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9254-6009>

^{2,4} Vinogradsky Institute of Microbiology, Federal Research Center of Biotechnology of the RAS, Moscow, Russia

² colodovnicova@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6315-7211>

⁴ sinelnikov11@ya.ru

Abstract. To expand the range of protein products from peas with high biological value and functional and technological properties, research in the field of lactofermentation of plant materials is promising. The aim of the work is to study changes in the functional and technological properties and biological value of proteins in pea flour fermented with a new strain of lactic acid bacteria *Lactocaseibacillus rhamnosus* KM-1. After modification of flour for 24 and 48 hours, an increase in ash elements by 61.1–72.5% was found, which is explained by the accumulation of sodium lactate during the fermentation process. Fermented flour was digested in vitro better than the control by 10.77–11.66%, with increased water-binding (by 16.3–22.2%), foaming (by 2.15–2.22 times), fat-binding (by 2.87–3.43 times) capacities, acid-soluble (by 28.57–96.55%), alcohol-soluble (by 12.2–15.8 times) and salt-soluble (by 8.09–18.00 times) fractions of proteins, content of aromatic amino acids – phenylalanine (by 16.7–22.3%) and tyrosine (by 53.0–56.8%), as well as biological value of protein (by 11.66–12.04%). It was noted that in pea flour fermented for 48 hours, compared to one-day modification, the content of lysine, arginine, salt- and alcohol-soluble fractions of proteins decreased, and the indices of functional and technological properties, digestibility and biological value of proteins practically did not change, which indicates the inexpediency of increasing the duration of fermentation by lactobacilli for more than one day. Samples of fermented flour had a taste and smell characteristic of lactic acid bacteria with a slight pea flavor, and a dark cream color formed as a result of heat treatment of pea extract during the preparation of the nutrient medium before sowing lactobacilli. Given the high amount of protein, increased indices of binding water and fat and forming foam, fermented pea flour obtained using the new strain of lactic acid bacteria, it is advisable to recommend for use as a protein additive in the manufacture of "vegetable meat" type products and confectionery.

Keywords: pea flour, lactobacilli, fermentation, protein, modification, functional properties, amino acid composition, digestibility, biological value.

Information about the source of funding: The work was financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Ministry of Education and Science of the Russian Federation).

For citation: Kulikov, D.S., Ulanova, R.V., Korolev, A.A., Sinelnikov, A.V. & Kalugina, Z.I. (2025). Modification of Pea Flour Proteins Using a New Strain of Lactic Acid Bacteria. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 72-78. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.03.012. EDN: <https://elibrary.ru/DZQNIP>.

ВВЕДЕНИЕ

Горох (*Pisum sativum* L.) – перспективная растительная культура Российской Федерации для получения альтернативных животному сырью белковых продуктов за счет высоких валовых сборов, низкой себестоимости и экологичности производства, а также малого количества аллергенов и антипитательных веществ [1–4]. Однако сравнительно с белками животного происхождения низкая усвояемость, присутствие бобового вкуса и запаха, а также низкие показатели функционально-технологических свойств (ФТС), определяющие качество белковых продуктов: растворимость, водосвязывающая (ВСС), жиросвязывающая (ЖСС), пенообразующая (ПОС), эмульгирующая (ЖЭС) способности, стабильность пены (СП) и эмульсии (СЭ), ограничивают применение горохового протеина в пищевых продуктах [5, 6]. Среди известных способов модификации биотехнологическая обработка растительных белков отличается высокой специфичностью, воспроизводимостью, экономичностью и экологичностью. Модификацию проводят с использованием различных штаммов молочнокислых бактерий, дрожжей и микромицетов, а также ферментных препаратов, полученных на их основе [7–11]. Ферментация, как правило, в течение 24–48 часов с использованием лактобактерий имеет ряд преимуществ, среди которых: улучшение пищевой ценности и усвояемости, подавление роста нежелательной микрофлоры субстрата, увеличение срока годности, улучшение вкуса и текстуры ферментированного продукта, изменение аминокислотного состава его белков, увеличение содержания солевых элементов и фенольных соединений. Дальнейшее увеличение продолжительности ферментации лактобактериями приводит к ухудшению органолептических

показателей и ФТС ферментированных продуктов [8, 12, 13]. С учетом вышеизложенного, ферментация белковых продуктов молочнокислыми бактериями является перспективным направлением увеличения биологической ценности, функционально-технологических свойств и расширения ассортиментной линейки пищевых протеинов.

В институте микробиологии им. С.Н. Виноградского получен и депонирован новый штамм лактобактерий *Lactocaseibacillus rhamnosus* KM-1, обладающий большим потенциалом в технологии модификации растительных белков [14]. В связи с этим, **цель работы** – изучение изменений функционально-технологических свойств и биологической ценности белков гороховой муки, ферментированной новым штаммом молочнокислых бактерий *Lactocaseibacillus rhamnosus* KM-1.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований служили: штамм лактобактерий *L. Rhamnosus* KM-1 – грамположительная, гомотрементативная факультативно-анаэробная культура из коллекции института микробиологии им. С.Н. Виноградского. Штамм выделен из кумыса, произведенного в летний период в Башкирии (Россия), депонирован в ЦКП «Коллекция уникальных и экстремофильных микроорганизмов различных физиологических групп биотехнологического назначения (UNIQEM)» ФИЦ Биотехнологии РАН под регистрационным номером UQM 41618 и хранится в криоконсервированном виде; гороховая белковая мука «Blindemass, BRAG» (Австрия).

Приготовление питательной среды. Экстракцию щелочерастворимых фракций белков и углеводов из гороховой муки проводили с 0,2 % раствором NaOH, при гидромодуле 1:7, температуре 90±1 °C и перемешивании

в течение 30 мин, суспензию фильтровали через тканевый фильтр, нерастворимые частицы удаляли. Далее экстракт подвергали термообработке при 115 ± 1 °C в течение 30 мин, затем охлаждали до 37 ± 1 °C.

Подготовка инокулята и ферментация. Экстракты муки гороха инокулировали 24-часовыми культурами лактобактерий, выращенными на стерильном обезжиренном молоке (ОАО «Северное Молоко») при 37 ± 1 °C и внесенными в соотношении «инокулят-среда» 0,3–0,5 % (об/об) до начального титра клеток 10^4 КОЕ/мл. Образцы инкубировали в термостате в стационарных условиях при температуре 37 ± 1 °C, в течение 24 и 48 часов, затем охлаждали до температуры 5 ± 2 °C. Ферментированные образцы высушивали на лиофильной установке Free Zone Labconco, США (на базе ЦКП «Коллекция UNIQEM») в вакууме при -80 °C.

Массовую долю влаги в продуктах определяли по ГОСТ 13586.5-93; общих азотистых веществ ($N \times 6,25$) – по ГОСТ 10846-91; зольности – по ГОСТ 27494-2016; жира – по ГОСТ 29033-91; углеводов – по разнице между 100 % и суммой остальных компонентов. Измерения показателя кислотности проводили с использованием pH-метра 150 МИ (ООО «Измерительная техника»). Функционально-технологические свойства и фракционный состав белков исследовали по методикам, указанным в работах [15–17].

Аминокислотный состав исходной и ферментированной муки определяли с использованием жидкостного хроматографа фирмы «Hitachi» (Япония) в стандартном режиме анализа белковых гидролизатов с сульфированным сополимером стирола с дивинилбензолом и ступенчатым градиентом натрий-цитратного буферного раствора с возрастающим значением pH и молярности. В процессе пробоподготовки при кислотном гидролизе образцов триптофан разрушался и не учитывался в расчете. Аминокис-

лотный скор образцов рассчитывали с учетом шкалы эталонного белка ФАО/ВОЗ 2013 г. [18]. Перевариваемость белков *in vitro* определяли по методу А.А. Покровского и И.Д. Ертанова [19], используя модель пищеварения в желудочно-кишечном тракте человека с пепсином (АО «ЛенРеактив») в кислой среде (pH $1,8 \pm 0,1$) и трипсином (ООО «Самсон-Мед») – в щелочной (pH $8,2 \pm 0,1$), общая продолжительность процесса 360 мин. Исследования выполнены в трехкратной повторности. Математическую обработку данных проводили с использованием Microsoft Excel, при расчетах определяли среднее арифметическое и стандартное отклонение для $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После ферментации гороховой белковой муки лактобактериями в течение 24 и 48 часов изменился её химический состав (табл. 1). Массовая доля белка и жира на сухие вещества (СВ) в образцах ферментированной белковой муки снизилась, относительно контроля, на 6,9–9,5 % и 42,2–57,8 % соответственно (табл. 1). При этом зафиксировано увеличение зольности в модифицированных образцах на 61,1–72,5 %, что согласуется с литературными данными, объясняющими данное изменение накоплением лактата натрия при ферментации молочнокислыми бактериями щелочных экстрактов [8, 20].

Лактат натрия используется в пищевой промышленности в производстве колбас, сыров, кондитерских изделий и напитков как пищевая добавка (Е325), обладающая антиоксидантной и противомикробной активностью, улучшающая консистенцию, органолептические свойства и увеличивающая срок годности продукта. Данная пищевая добавка безопасна и разрешена к применению без ограничений в России (ТР ТС 029/2012) и странах Европейского Союза [21].

Таблица 1 – Химический состав исходной и лактоферментированной гороховой муки

Table 1 – Chemical composition of the original and lacto-fermented pea flour

Образец	Влажность, %	Массовая доля, % на СВ			
		Белок ($N \times 6,25$)	Зольность	Жир	Углеводы
Контроль	$6,42 \pm 0,03$	$47,43 \pm 0,11$	$3,34 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,04$	$48,59 \pm 0,25$
Модификация 24 часа	$5,89 \pm 0,05$	$44,15 \pm 0,23$	$5,76 \pm 0,04$	$0,37 \pm 0,01$	$49,72 \pm 0,28$
Модификация 48 часов	$4,33 \pm 0,06$	$42,91 \pm 0,25$	$5,38 \pm 0,03$	$0,27 \pm 0,04$	$51,44 \pm 0,32$

Лактат натрия используется и в качестве влагоудерживающего агента в производстве карбонатов и других сочных мясных деликатесов с длительным сроком хранения – этим объясняется увеличение ВСС ферментированных образцов муки на 16,3–22,2 %, относительно контроля (табл. 2). В процессе модификации муки увеличились также её ПОС и ЖСС в 2,15–2,22 и 2,87–3,43 раза соответственно, что говорит об ограниченном протеолизе белков муки под воздей-

ствием протеолитических ферментов бактерий [6, 8, 22]. За счет увеличения способности модифицированных образцов муки связывать воду снизилась растворимость их белков в воде в 3,91–4,79 раза. Снижился также показатель стабильности пены на 19,72–21,13 %. Исходя из данных по изменению ФТС муки, значимых отличий между ферментациями в течение 24 и 48 часов не выявлено.

Таблица 2 – Функционально-технологические свойства исходной и лактоферментированной гороховой муки

Table 2 – Functional and technological properties of the original and lacto-fermented pea flour

Образец	W, %	ВСС, г/г	ПОС, %	СП, %	ЖСС, г/г	ЖЭС, %	СЭ, %	Р, %
Контроль	$6,42 \pm 0,03$	$2,70 \pm 0,10$	46 ± 2	71 ± 1	$0,74 \pm 0,01$	54 ± 2	51 ± 2	$40,74 \pm 0,73$
Модификация 24 часа	$5,89 \pm 0,05$	$3,14 \pm 0,14$	102 ± 3	56 ± 1	$2,54 \pm 0,02$	52 ± 1	51 ± 1	$8,50 \pm 0,36$
Модификация 48 часов	$4,33 \pm 0,06$	$3,30 \pm 0,07$	99 ± 2	57 ± 2	$2,12 \pm 0,08$	52 ± 1	55 ± 2	$10,43 \pm 0,24$

Примечание: W – содержание влаги, ВСС – водосвязывающая способность, ПОС – пенообразующая способность, СП – стабильность пены, ЖСС – жиросвязывающая способность, ЖЭС – жироземмулирующая способность, СЭ – стабильность эмульсии, Р – растворимость белков в воде

МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ ГОРОХОВОЙ МУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ШТАММА МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

Аминокислотный анализ образцов установил наличие в белках исходной и ферментированной муки 17 аминокислот (без учета триптофана), основную

часть из которых составили глутаминовая и аспарагиновая кислоты, лейцин, лизин, аргинин, треонин, пролин, аланин и глицин (рис. 1).

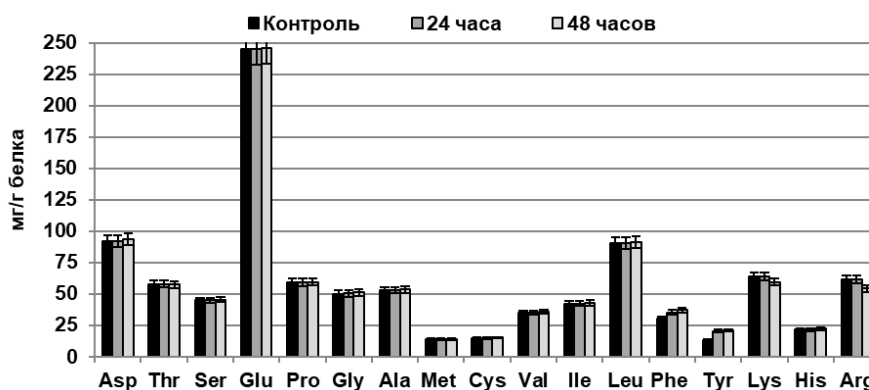


Рисунок 1 – Аминокислотный состав исходной и лактоферментированной гороховой муки

Figure 1 – Amino acid composition of the original and lacto-fermented pea flour

Ферментация в течение 24 часов практически не вызвала изменений аминокислотного состава белков муки, по сравнению с контролем, за исключением увеличения ароматических аминокислот: фенилаланина (+16,7 %) и тирозина (+53,0 %). С повышением продолжительности ферментации новым штаммом молочнокислых бактерий до 48 часов увеличилось содержание в белке фенилаланина (+22,3 %) и тирозина (+56,8 %), незначительно – аспарагиновой, глу-

таминовой кислот, серина, глицина, аланина, метионина, цистеина, валина, изолейцина, лейцина и гистидина. При этом снизилось содержание лизина (-6,5 %) и аргинина (-11,7 %).

Значения аминокислотного сгора, рассчитанные по шкале «эталонного белка» ФАО/ВОЗ 2013 г., в образцах исходной и модифицированной муки были выше 100 %, за исключением валина (табл. 3).

Таблица 3 – Аминокислотный скор исходной и лактоферментированной гороховой муки, % от значений «эталонного белка» ФАО/ВОЗ

Table 3 – Amino acid score of original and lacto-fermented pea flour, % of the FAO/WHO “reference protein” values

Образец	Val	His	Ile	Leu	Lys	Met+Cys	Trh	Phe+Tyr
Контроль	88	133	140	148	132	125	231	106
Модификация 24 часа	88	133	140	148	132	125	231	136
Модификация 48 часов	89	139	142	150	124	126	230	141

Ферментация лактобактериями в течение 24 часов способствовала увеличению сгора фенилаланина и тирозина, а 48-ми часовая модификация повысила скор всех незаменимых аминокислот, за исключением лизина и треонина, значения которых, по сравнению с контролем, снизились.

Исследование фракционного состава белков исходной и модифицированной гороховой муки выявил

снижение содержания труднорастворимой (растворимой в растворах щелочи при pH 12,5) фракции на 36,87–38,35 % в ферментированных лактобактериями образцах (рис. 2). При этом после ферментации в белках увеличилось содержание кислоторастворимой фракции на 28,57–96,55 %, спирторастворимой – в 12,2–15,8 раза, солерастворимой – в 8,09–18,00 раз.

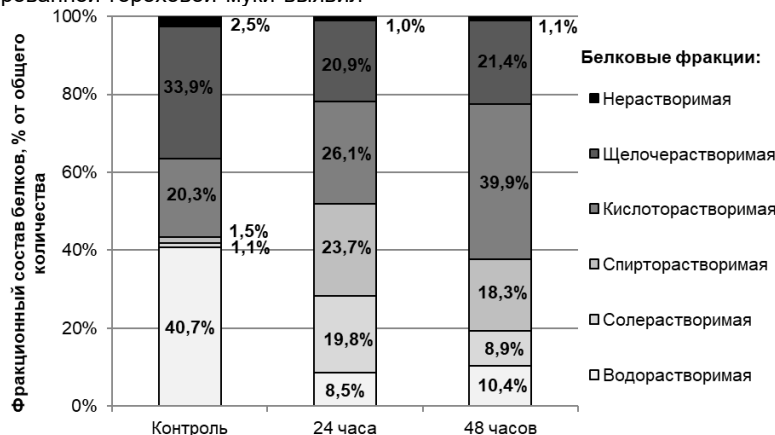


Рисунок 2 – Фракционный состав белков исходной и лактоферментированной гороховой муки

Figure 2 – Fractional composition of proteins in the original and lacto-fermented pea flour

Отмечено, что с увеличением продолжительности ферментации с 24 до 48 часов возрастает содержание фракции, растворимой в растворах кислоты, и снижается содержание соле- и спирторастворимой фракций, что может замедлить усвоение белков в организме.

Полученные модифицированные образцы муки исследованы на перевариваемость *in vitro*, в сравнении с исходной мукой (табл. 4). Белки ферментированных образцов гидролизировались интенсивнее, чем в контрольной муке, как с пепсином в кислой среде (+ 5,97–9,15 %), так и с трипсином – в щелочной (+ 18,24–37,69 %).

Таблица 4 – Перевариваемость и биологическая ценность белков исходной и лактоферментированной гороховой муки

Table 4 – Digestibility and biological value of proteins of original and lacto-fermented pea flour

Образец	Перевариваемость белков, % от общего количества			Биологическая ценность белков, %
	Пепсин	Трипсин	Итого	
Контроль	68,22±0,10	14,91±0,04	83,13±0,14	73,15
Модификация 24 часа	72,29±0,07	20,53±0,04	92,82±0,11	81,68
Модификация 48 часов	74,46±0,06	17,63±0,07	92,09±0,13	81,96

Итоговые значения перевариваемости в течение 6 часов увеличились на 10,78–11,66 % у ферментированных образцов. При этом перевариваемость белка практически не изменилась после 48 часов ферментации, в сравнении с односточной модификацией. С поправкой на увеличенную усвояемость, биологическая ценность ферментированных белков по лимитирующей незаменимой аминокислоте (валин) увеличилась на 11,66–12,04 %.

Внешний вид исходной и лактоферментированных образцов муки представлен на рисунке 3. Ферментированные образцы имели темно-кремовый цвет за счет термической обработки экстрактов муки во время подготовки питательной среды перед посевом лактобактерий. Однако модифицированная мука обладала кисломолочным вкусом и запахом со слабым гороховым оттенком, в сравнении с характерным бобовым вкусом и запахом контрольного образца.



Контроль



Модификация 24 часа



Модификация 48 часов

Рисунок 3 – Внешний вид исходной и лактоферментированной гороховой муки

Figure 3 – Appearance of original and lacto-fermented pea flour

ВЫВОДЫ

Модификация белковой муки новым штаммом лактобактерий *Lacticaseibacillus rhamnosus* KM-1 в течение 24 и 48 часов позволила улучшить аминокислотный состав и усвояемость гороховых белков. После модификации в образцах ферментированной муки установлены увеличенные показатели зольности (5,38–5,76 % на СВ), ВСС (3,14–3,30 г/г), ЖСС (2,12–2,54 г/г), ПОС (99–102 %), фенилаланина (35,22–36,92 мг/г белка), тирозина (20,39–20,90 мг/г белка), кислоторастворимой (26,10–39,90 %), спирторастворимой (18,30–23,70 %), солерастворимой (8,90–19,80 %) фракций белков, усвояемости белков *in vitro* (92,09–92,82 %) и биологической ценности белка (81,68–81,96 %). В ферментированной в течение 48 часов гороховой муке, по сравнению с односточной модификацией, сократилось содержание лизина, аргинина, соле- и спирторастворимых фракций белков, а также практически не изменились показатели ФТС, усвояемости и биологической ценности белков, что говорит о нецелесообразности увеличения продолжительности ферментации лактобактериями более одних суток. Образцы ферментированной муки

имели вкус и запах, свойственный молочнокислым бактериям со слабым привкусом гороха, и темно-кремовый цвет, образовавшийся в результате термической обработки горохового экстракта в процессе приготовления питательной среды перед посевом лактобактерий. С учетом высокого количества биологически ценного белка, увеличенных показателей связывать воду и жир и образовывать пену, образцы ферментированной белковой гороховой муки, полученные с использованием нового штамма молочнокислых бактерий *Lacticaseibacillus rhamnosus* KM-1, целесообразно рекомендовать для применения в качестве белковой добавки в технологиях изготовления спортивного питания, колбасных и кондитерских изделий и продуктов типа «растительное мясо».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбакова Д.Э. Горох. Посевные площади, валовые сборы и урожайность в 2023 году // Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». URL: <https://ab-centre.ru/news/goroh-posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-v-2023-godu?ysclid=m10oyy92kr454619867> (дата обращения: 15.10.2024).

МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ ГОРОХОВОЙ МУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ШТАММА МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

2. Питательная ценность сортов сои, гороха, фасоли и содержание в них антипитательных веществ / В.И. Возиян, М.Г. Таран, М.Д. Якобца, Л.П. Авадэний // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. Т. 1(5). С. 26–29.
3. Webber J. How Many CO₂ Emissions Does The Meat Industry Actually Produce? // Plant Based News. URL: <https://plantbasednews.org/opinion/the-long-read/emissions-meat-industry/> (дата обращения: 15.10.2024).
4. Куликов Д.С., Арюзина М.А. Биокаталический и биосинтетический способы получения белковых концентратов из гороха и нута // Пищевые системы. 2021. Т. 4. № 3S. С. 160–167. DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-160-167.
5. Куликов Д.С., Аксёнова Л.М., Самойлова А.М. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Часть 1 // Пищевая промышленность. 2024. № 3. С. 20–25. DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004.
6. The Effect of Various Domestically Produced Proteolytic Enzyme Preparations on the Organoleptic Properties of Pea Protein Isolates / I.V. Kravchenko [et al.] // Applied Biochemistry and Microbiology. 2024. V. 60. № 4. P. 656–662. DOI: 10.1134/S0003683824604335.
7. Куликов Д.С., Королев А.А. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Часть 2 // Пищевая промышленность. 2024. № 8. С. 35–44. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007.
8. Enzymatic modification of plant proteins for improved functional and bioactive properties / O.O. Olatunde [et al.] // Food and Bioprocess Technology. 2023. V. 16. P. 1216–1234. DOI: 10.1007/s11947-022-02971-5.
9. Physicochemical property changes and aroma differences of fermented yellow pea flours: role of *Lactobacilli* and fermentation time / C. Li [et al.] // Food & Function. 2021. V. 12. № 15. P. 6950–6963. DOI: 10.1039/d1fo00608h.
10. Sensory improvement of a pea protein-based product using microbial co-cultures of lactic acid bacteria and yeasts / C.El. Youssef [et al.] // Foods. 2020. V. 9. № 3. P. 349. DOI: 10.3390/foods9030349.
11. Аппянцева Ю.В., Борисова И.И., Бараненко Д.А. Обзор технологий выделения белка из нута // Ползуновский вестник. 2024. № 2. С. 27–36. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.004.
12. Sensory profile, functional properties and molecular weight distribution of fermented pea protein isolate / V. García Arteaga [et al.] // Current research in food science. 2020. V. 4. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.crfs.2020.12.001.
13. Physicochemical properties and volatile components of pea flour fermented by *Lactobacillus rhamnosus* L08 / M. Pei [et al.] // Food Bioscience. 2022. V. 46. P. 101590. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.101590.
14. Синельников А.В., Уланова Р.В., Канапацкий Т.А. Разработка технологии получения лактоферментированных продуктов на основе растительного материала // Пищевая промышленность. 2024. № 8. С. 75–80. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.014.
15. Куликов Д.С. Комплексная биотехнологическая переработка гороховой муки с получением белковых концентратов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2023. 158 с.
16. Колпакова В.В., Нечаев А.П. Белок из пшеничных отрубей. Функциональные свойства белковой муки: растворимость и водосвязывающая способность // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1995. Т. 1–2. С. 31–33.
17. Колпакова В.В., Нечаев А.П. Белок из пшеничных отрубей. Функциональные свойства белковой муки: эмульгирующие и пенообразующие свойства // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1995. Т. 1–2. С. 34–37.
18. FAO Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation 31 March–2 April, 2011, Auckland, New Zealand // Food and agriculture organization of the united nations. Rome. 2013. ISSN 0254-4725.
19. Покровский А.А., Ертанов И.Д. Атакуемость белков пищевых продуктов // Вопросы питания. 1965. № 3. С. 38–44.
20. Roberts E.O., Otunola E.T., Iwakun B.T. An evaluation of some quality parameters of a laboratory-prepared fermented groundnut milk // European Food Research and Technology. 2004. V. 218. P. 452–455.
21. Зачем в продукты добавляют E325: лактат натрия // Материалы испытательной лаборатории «VestabLab». URL: <https://testslab.ru/stati/zachem-v-produkty-dobavlyayut-e325-laktat-natriya/> (дата обращения: 15.10.2024).
22. Effect of Different Classes of Proteases on the Techno-Functional Properties of Pea Protein Isolates / I.V. Kravchenko [et al.] // Applied Biochemistry and Microbiology. 2024. V. 60. P. 106–117. DOI: 10.1134/S0003683824010083.

Информация об авторах

Д. С. Куликов – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Р. В. Уланова – кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук.

А. А. Королев – кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

А. В. Синельников – аспирант, Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук.

З. И. Калугина – младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

REFERENCES

1. Rybakova, D.E. [Peas. Sown areas, gross harvests and yields in 2023]. Ekspertno-analiticheskiy tsentr agrobiznesa «AB-Tsentr». URL: <https://ab-centre.ru/news/gorohoposevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-v-2023-godu?ysclid=m10oyy92kr454619867> (data obrashcheniya: 15.10.2024) (In Russ.).
2. Vozyan, V.I., Taran, M.G., Yakobutsa, M.D., Avadeniy, L.P. [Nutritional value of soybean, pea, and bean varieties and their content of antinutrients]. Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury. 2013;1(5):26-29. (In Russ.).
3. Webber, J. How Many CO₂ Emissions Does The Meat Industry Actually Produce? Plant Based News. URL: <https://plantbasednews.org/opinion/the-long-read/emissions-meat-industry/> (data obrashcheniya: 15.10.2024)
4. Kulikov, D.S., Aryuzina, M.A. [Biocatalytic and biosynthetic methods for producing protein concentrates from peas and chickpeas]. Pishchevyye sistemy. 2021;4(3S):160-167. DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-160-167. (In Russ.).
5. Kulikov, D.S., Aksenova, L.M., Samoylova, A.M. [Functional and technological properties of protein products from leguminous crops and their modification under the influence of various factors. Part 1]. Pishchevaya promyshlennost'. 2024;3:20-25. DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004. (In Russ.).
6. Kravchenko, I.V. [et al.]. The Effect of Various Domestically Produced Proteolytic Enzyme Preparations on the

Organoleptic Properties of Pea Protein Isolates. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2024;60(4):656-662. DOI: 10.1134/S0003683824604335.

7. Kulikov, D.S., Korolev, A.A. [Functional and technological properties of protein products from leguminous crops and their modification under the influence of various factors. Part 2]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2024;8:35-44. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007. (In Russ.).

8. Olatunde, O.O. [et al.]. Enzymatic modification of plant proteins for improved functional and bioactive properties. *Food and Bioprocess Technology*. 2023;16:1216-1234. DOI: 10.1007/s11947-022-02971-5.

9. Li, C. [et al.]. Physicochemical property changes and aroma differences of fermented yellow pea flours: role of *Lactobacilli* and fermentation time. *Food & Function*. 2021;12(15):6950-6963. DOI: 10.1039/d1fo00608h.

10. El Youssef, C. [et al.]. Sensory improvement of a pea protein-based product using microbial co-cultures of lactic acid bacteria and yeasts. *Foods*. 2020;9(3):349. DOI: 10.3390/foods9030349.

11. Apyanceva, Yu.V., Borisova, I.I., Baranenko, D.A. [Review of technologies for protein extraction from chick-peas]. *Polzunovsky Vestnik*. 2024;2:27-36. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.004. (In Russ.).

12. García Arteaga, V. [et al.]. Sensory profile, functional properties and molecular weight distribution of fermented pea protein isolate. *Current research in food science*. 2020;4:1-10. DOI: 10.1016/j.crfs.2020.12.001.

13. Pei, M. [et al.]. Physicochemical properties and volatile components of pea flour fermented by *Lactobacillus rhamnosus* L08. *Food Bioscience*. 2022;46:101590. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.101590.

14. Sinelnikov, A.V., Ulanova, R.V., Kanapatchiy, T.A. [Development of technology for obtaining lacto-fermented products based on plant material]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2024;8:75-80. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.014. (In Russ.).

15. Kulikov, D.S. [Complex biotechnological processing of pea flour to obtain protein concentrates]. *Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk*. 2023. 158. (In Russ.).

16. Kolpakova, V.V., Nechaev, A.P. [Protein from wheat bran. Functional properties of protein flour: solubility and water-binding capacity]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya*. 1995;1-2:31-33. (In Russ.).

17. Kolpakova, V.V., Nechaev, A.P. Wheat bran protein. Functional properties of protein flour: emulsifying and

foaming properties. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya*. 1995;1-2:34-37. (In Russ.).

18. FAO Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation 31 March-2 April, 2011, Auckland, New Zealand. Food and agriculture organization of the united nations. Rome. 2013. ISSN 0254-4725.

19. Pokrovskiy, A.A., Yertanov, I.D. [Attackability of food proteins]. *Voprosy pitaniya*. 1965;3:38-44. (In Russ.).

20. Roberts, E.O., Otunola, E.T., Iwakun, B.T. An evaluation of some quality parameters of a laboratory-prepared fermented groundnut milk. *European Food Research and Technology*. 2004;218:452-455.

21. [Why is E325 added to food products: sodium lactate]. *Materialy ispyatel'noy laboratorii «VestaLab»*. URL: <https://testslab.ru/stati/zachem-v-produkty-dobavlyayut-e325-laktat-natriya/> (data obrashcheniya: 15.10.2024). (In Russ.).

22. Kravchenko, I.V. [et al.]. Effect of Different Classes of Proteases on the Techno-Functional Properties of Pea Protein Isolates. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2024;60:106-117. DOI: 10.1134/S0003683824010083.

Information about the authors

D.S. Kulikov - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Russian Research Institute of Canning Technology - branch of Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the RAS, +79037098123.

R.V. Ulanova - Candidate of Biological Sciences, Scientific Researcher, Vinogradsky Institute of Microbiology, Federal Research Center of Biotechnology of the RAS, +79154607039.

A.A. Korolev - Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory, Russian Research Institute of Canning Technology - branch of Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the RAS, +79261131908.

A.V. Sinelnikov - graduate student, Vinogradsky Institute of Microbiology, Federal Research Center of Biotechnology of the RAS.

Z.I. Kalugina - Junior Researcher, Russian Research Institute of Canning Technology - branch of Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the RAS, +79260315067.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28 ноября 2024; одобрена после рецензирования 24 июня 2025; принята к публикации 10 июля 2025.

The article was received by the editorial board on 28 Nov 2024; approved after editing on 24 June 2025; accepted for publication on 10 July 2025.