

Ирина Юрьевна Резниченко¹, Татьяна Александровна Мирошина²✉

^{1,2}Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкого, Кемерово, Россия

¹irina.reznichenko@gmail.com

²intermir42@mail.ru

ПОТЕНЦИАЛ ФИТОХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.) В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

Цель исследования – обобщение научных данных о биологической ценности гороха и продуктов его переработки как потенциального сырья для разработки белковых пищевых систем, продуктов с дополненной пищевой ценностью и специализированной направленности. Задачи: обобщить данные по белковой, углеводной ценности, минеральному и витаминному составу гороха и продуктов его переработки; проанализировать направления использования гороха и продуктов его переработки в пищевых системах. Новизна исследования заключается в систематизации и обобщении научных данных по нутриентному составу гороха и продуктов его переработки для дальнейшего обоснования их применения в технологии пищевых производств. Методы исследования: систематизация, анализ, обобщение. Показано, что белковая ценность гороха характеризуется значительным количеством незаменимых аминокислот, таких как треонин, цистеин, метионин, лизин, глицин, аланин, лейцин и фенилаланин, отсутствием белка глютена, белки гороха имеют хорошую усвояемость, что имеет большой потенциал для будущего производства продуктов питания на растительной основе. Углеводы гороха, общее содержание которых в среднем составляет 45–49 %, представлены крахмалом, пищевыми волокнами, небольшим количеством сахаров. Особую роль в разработке новых технологий пищевых систем играют пищевые волокна. Растворимые пищевые волокна гороха состоят из галактурановой кислоты, арабинозы, галактозы, глюкозы, маннозы, ксилозы и фруктозы с галактурановой кислотой в качестве преобладающего сахара, что указывает на большое количество пектиновых полисахаридов. Фенольные вещества представлены гликозидами кверцетина, лютеолина и апигенина, из простых фенольных соединений присутствуют: кверцетин, протокатеховая кислота и ресвератрол, которые являются наиболее важными антиоксидантными биоактивными веществами. Из минорных минеральных веществ в горохе находится большое количество селена, железа, йода.

Ключевые слова: горох (*Pisum sativum* L.), химический состав гороха, пищевые вещества гороха, биологическая ценность гороха, минорные соединения гороха, сырье для индустрии питания

Для цитирования: Резниченко И.Ю., Мирошина Т.А. Потенциал фитохимических веществ гороха (*Pisum sativum* L.) в пищевых системах // Вестник КрасГАУ. 2025. № 4. С. 261–274. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-261-274.

Irina Yuryevna Reznichenko¹, Tatyana Aleksandrovna Miroshina²✉

^{1,2}Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia

¹irina.reznichenko@gmail.com

²intermir42@mail.ru

POTENTIAL OF PEA (*PISUM SATIVUM* L.) PHYTOCHEMICALS IN FOOD SYSTEMS

The aim of the study is to summarize scientific data on the biological value of peas and their processed products as potential raw materials for the development of protein food systems, products with added nutritional value and specialized focus. Objectives: to summarize data on the protein, carbohydrate value, mineral and vitamin composition of peas and their processed products; to analyze the areas of use of peas and their processed products in food systems. The novelty of the study lies in the systematization and generalization of scientific data on the nutrient composition of peas and their processed products for further justification of their use in food production technology. Research methods: systematization, analysis, generalization. It is shown that the protein value of peas is characterized by a significant amount of essential amino acids, such as threonine, cysteine, methionine, lysine, glycine, alanine, leucine and phenylalanine, the absence of gluten protein, pea proteins are well digestible, which has great potential for the future production of plant-based food products. Pea carbohydrates, the total content of which averages 45–49 %, are represented by starch, dietary fiber, and a small amount of sugars. Dietary fiber plays a special role in the development of new food system technologies. Soluble dietary fiber in peas consists of galacturonic acid, arabinose, galactose, glucose, mannose, xylose, and fructose with galacturonic acid as the predominant sugar, indicating a large amount of pectin polysaccharides. Phenolic substances are represented by glycosides of quercetin, luteolin, and apigenin; simple phenolic compounds include quercetin, protocatechuic acid, and resveratrol, which are the most important antioxidant bioactive substances. Peas contain large amounts of selenium, iron, and iodine out of the minor minerals

Keywords: peas (*Pisum sativum* L.), chemical composition of peas, nutrients of peas, biological value of peas, minor compounds of peas, raw materials for the food industry

For citation: Reznichenko IYu, Miroshina TA. Potential of pea (*Pisum sativum* L.) phytochemicals in food systems. *Bulletin of KSAU*. 2025;(4):261-274. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-261-274.

Введение. Горох (*Pisum sativum* L.) относится к основным бобовым культурам, широко применяемым как в свежем, так и в переработанном виде. Горох, как сырье, используется для производства крупы, муки, в технологии консервирования. Горох обладает способностью выдерживать отрицательные температуры и широко культивируется по всему миру [1, 2]. По производству зеленого гороха Китай занимает первое место, Индия – второе место. Ежегодное мировое производство семян зеленого и сухого гороха составляет около 14,5 млн и 22 млн т соответственно [3, 4].

Российский рынок гороха характеризуется расширением площадей выращивания. Отмечен рост посевных площадей на 17 % в 2024 г. по сравнению с 2023 г. и рост объемов сбора гороха на 14 % [5]. В пятерку лидеров по производству гороха входят Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Алтайский край и Новосибирская область.

Основными продуктами переработки гороха, применяемыми в индустрии питания как ингредиенты, являются гороховый протеин, мука, крахмал, клетчатка (рис.).



Продукты переработки гороха

Pea processing products

Цель исследования – обобщение научных данных о биологической ценности гороха и продуктов его переработки как потенциального сырья для разработки белковых пищевых систем, продуктов с дополненной пищевой ценностью и специализированной направленности.

Задачи: обобщить данные по белковой, углеводной, липидной ценности, минеральному и витаминному составу гороха и продуктов его переработки; проанализировать направления использования гороха и продуктов его переработки в пищевых системах.

Материалы и методы. При выполнении исследований опирались на эмпирические методы анализа. Поиск отечественных и зарубежных источников осуществляли в электронных научных базах за последние семь лет.

Результаты и их обсуждение. Горох содержит богатый питательный состав, включая белок, пищевые волокна, жирные кислоты, микроэлементы, фенольные соединения, которым в последние годы уделяется все больше внимания с точки зрения применимости в индустрии питания и медицине. Однако различия в специфичности генов и условиях среды выращивания сказываются на различиях в их питательном составе [6, 7]. Например, существуют различия в содержании крахмала между двумя разными фенотипами гороха: гладким (гладкая поверхность семян) и морщинистым горохом (морщинистая поверхность семян). Большое разнообразие микроклиматов также может привести к производству гороха с высокой изменчивостью его химического состава [6]. В работе в связи с этим приведены данные исследований различных видов и сортов гороха, что поможет рационально использовать информацию о нутриентном составе.

Белковая ценность гороха

Горох является устойчивым источником пищевого белка, так как содержит его большое количество, которое может обеспечить значительную энергию для животных и человека. С ростом осведомленности о здоровье и экосистемах спрос на растительный белок увеличился, однако качество белка сухого гороха изучено недостаточно [8]. Установлено, что белковый состав гороха различных сортов и разных районов произрастания различен из-за сложности белковых генов, кодирующих горох, факторов окружающей среды, методов выращивания и обработки [9–11].

В среднем горох содержит 23 % белка, диапазон варьируется от 22,4 до 27,4 %. Гороховый белок отмечен как неаллергенное пищевое вещество с высокой пищевой ценностью без каких-либо изменений генетического профиля [12]. Белок гороха можно условно разделить на четыре основные группы: глобулин, альбумин, проламин и глютелин, где основным запасными белками являются глобулин и альбумин (на них приходится 55–65 и 18–25 % соответственно), способствующие прорастанию семян. Глобулин делится на два типа: леугмин (гексамерный белок, 320–400 кДа) и вицилин (тримерный белок, 150–180 кДа). Проламин и глютелин присутствуют в небольшом количестве, около 3–5 % каждый [13]. В сыром белке гороха содержится 10–15 % небелковых азотсодержащих веществ, а остальные 70–80 % сырого белка составляют гормоны, ферменты, ингибиторы ферментов, запасные белки и некоторые незапасные белки. Сообщалось о растворимости и модификации горохового белка с помощью микрофлюидизации в промышленном масштабе, что будет способствовать использованию горохового белка в пищевой промышленности без привлечения экзогенных веществ [14]. Количество незаменимых аминокислот и их биодоступность определяют пищевой профиль белка, перевариваемого организмом. Горох богат такими аминокислотами, как треонин, цистеин, метионин, лизин, глицин, аланин, лейцин и фенилаланин. Наряду с высоким уровнем лизина, лейцина и фенилаланина, отмечается относительно меньшее количество серосодержащих аминокислот, а именно метеонина и цистеина [13]. Суммарные α -галактозиды, вербаскоза, аргинин, глутаминовые, каротиноидные пигменты имеют положительную корреляцию с содержанием белка. Один из белков, обнаруженный в горохе, называемый лектином или фитогемагглютинином, способен агглютинировать эритроциты [11].

Американскими учеными были определены генетические вариации отдельных аминокислот (АК), общее количество АК (высвобожденных), общее содержание белка и усвояемость белков *in vitro* коммерческих сортов сухого гороха, выращенных на органических фермерских полях, что послужило основой для разработки сортов, обогащенных белком. Исследовались 25 сортов сухого гороха, выращенных на двух сертифицированных Министерством сельского хозяйства США органических фермах в Южной Каролине в

течение двух лет (2019, 2020 гг.). Установлено, что концентрации большинства отдельных АК (15 из 17) и общая концентрация АК существенно различались в зависимости от сорта гороха. На усвояемость белка *in vitro* сорт не влиял. Суммарное содержание АК и белка в семенах сухого гороха колебалось от 11,8 до 22,2 % и от 12,6 до 27,6 г/100 г соответственно, при оценке наследуемости от 0,19 до 0,25. Перевариваемость белков *in vitro* и показатель АК с поправкой на усвояемость белков (PDCAAS) варьировались от 83 до 95 % и от 0,18 до 0,64 соответственно. Оценки наследственности для отдельных АК варьировались от 0,08 до 0,42. Показано, что сорта гороха отличались по содержанию некоторых АК: цистин, метионин. Однако отмечено, что концентрация лизина не менялась в зависимости от сорта. Установлено, что порция органического сухого гороха в 100 г обеспечивает значительную часть рекомендуемой суточной нормы шести незаменимых аминокислот (14–189 %) и дневного белка (22–48 %) для среднего взрослого человека весом 72 кг [15].

Продолжается поиск технологических решений к переработке белка гороха. Рассмотрена переработка путем экстрагирования, фракционирования, модификации. Отмечено, что на функционально-технологические свойства оказывают значительное влияние методы, используемые для изменения белковой структуры [16].

Интерес к включению экстрагированных белков гороха в пищевые продукты растет. Однако мало что известно о влиянии различных подходов к экстракции на структуру импульсного белка, последующую микроструктурную организацию белка и кинетику переваривания белка. Проведенные исследования трех экстрактов белка зеленого гороха: варка с последующим выделением клеток семядолей (1), щелочная экстракция с последующим изoeлектрическим осаждением (2) и солевая экстракция (3) – и сравнение с исходной гороховой мукой, а также с азеинатом натрия показали, что инкапсулированный денатурированный белок внутри клеток семядолей гороха переваривается медленнее всего, в то время как доступный и более нативный белок (например, гороховая мука, солевой экстракт горохового белка) переваривается гораздо быстрее и выше. Более того, экстрагированный щелочью белок гороха был в некоторой степени денатурирован, что значительно снижало кинетику расщепления *in vitro*.

Применение различных подходов *in vitro* для переваривания белка гороха, экстрагированного солью, установило, что полудинамические подходы к желудочному пищеварению более точно имитируют условия *in vivo*, что особенно влияет на скорость пищеварения [17].

Не менее интересны как ингредиенты, обладающие функциональностью, гидролизаты белка гороха. Однако химическая структура пептидов гороха, обладающих иммуномодулирующей активностью, остается неясной. Приведены данные по анализу гидролизатов белков гороха. Идентифицировано 46 пептидов гороха с молекулярной массой от 533,28 до 1462,78. Отмечено, что гидролизаты могут значительно повышать иммуномодулирующую активность макрофагов за счет повышения фагоцитарной активности, способствуя выработке оксида азота и провоспалительных цитокинов (TNF- α и IL-6) в дозах 0,25–1,0 мг/мл⁻¹. Более того, активация iNOS (фермент индуцибельная NO-синтаза), TNF- α и IL-6 была связана с активностью гидролизатов белков гороха. Полученные результаты показали, что пептиды гороха могут быть использованы в качестве здоровой пищи с иммуномодулирующей функцией, способствуя применению белков гороха в промышленности функционального питания [18, 19].

В целом белковая ценность гороха показывает превосходное качество белка, значительное количество серосодержащих аминокислот и лизина, а также хорошую усвояемость белка и, таким образом, хороший потенциал для будущего производства продуктов питания на растительной основе.

Углеводы гороха

Углеводы считаются одним из основных химических компонентов гороха, составляя 59,32–69,59 % сухой массы семян гороха [20]. Содержание крахмала в семенах гороха варьирует от 39,44 до 46,23 % [21], что выше, чем в других видах бобовых культур (38,4–41,8 %) [22]. Горох богат пищевой клетчаткой: от 23,23 до 30,72 % семян гороха, 3,91–8,01 % растворимой клетчатки и 19,32–23,1 % нерастворимой клетчатки [23]. Крахмал гороха представлен амилозой и амилопектином, которые считаются основными типами крахмалов, и их соотношение существенно влияет на физико-химические свойства крахмалов [24]. Содержание амилозы находится в пределах 17,2–42,6 % [18]. Форма гранул горохового крахмала обычно овальная.

При применении гороха в технологиях мучных изделий важны свойства крахмала. Установлено, что пиковая температура клейстеризации (T_p) гороховых крахмалов находится в диапазоне 64,2–70,1 °C. Энтальпия желатинизации (ΔH) гороховых крахмалов составляет от 4,67 до 9,2 Дж/г [25]. Относительно высокая вязкость горохового крахмала может влиять на его текстурные характеристики [22].

Свойства горохового крахмала и клетчатки делают его продуктом с низким гликемическим индексом и, следовательно, полезным для профилактики и лечения сахарного диабета 2-го типа. Кроме того, горох, как и другие бобовые, содержит значительное количество олигосахаридов семейства рафинозы и других галактозо-содержащих олигосахаридов, которые могут проявлять пребиотические эффекты [26].

Углеводы гороха обладают уникальной стабильностью в широком диапазоне вязкости и температуры в отличие от клубневого крахмала или крахмала зерновых. В углеводах гороха присутствуют глюкоза, галактоза, арабиноза, наиболее распространенными полисахаридами являются стахиоза и тетрасахарид. Сообщается также об экстракции полисахаридов из стручков гороха, которые содержат галактозу, ксилозу и арабинозу в виде моносахаридов [27]. Глюкоза получается из аналогичных полимеров крахмала. Целлюлоза принадлежит к большей части углеводов, тогда как другими производными пектиновых полисахаридов являются рамноза, арабиноза, галактоза и уроновые кислоты. В горохе содержится 3,73 % общих олигосахаридов от общего количества сухих веществ [1].

Одним из представителей сложных углеводов являются **пищевые волокна**.

Пищевые волокна (ПВ) представляют собой соединения, которые ограничивают переваривание (гидролиз) ферментами основных пищевых веществ и состоят из неперевариваемых углеводов. Они классифицируются на растворимые пищевые волокна (SDF) и нерастворимые (IDF) в зависимости от растворимости в воде. Лигнин, целлюлоза и некоторые гемицеллюлозы подпадают под категорию IDF, тогда как β -глюканы, галактоманнаны, пектин, инулин и другие некрахмальные полисахариды являются частью SDF [20]. Растворимые пищевые волокна (SDF) в семенах гороха состоят из галактуроновой кислоты, арабинозы, галактозы, глюкозы, маннозы, ксилозы и фруктозы с галактуро-

новой кислотой в качестве преобладающего сахара, что указывает на то, что SDF гороха содержат большое количество пектиновых полисахаридов. Растворимая клетчатка обладает превосходными пребиотическими свойствами, которые могут снизить всасывание глюкозы в тонком кишечнике и снизить уровень холестерина, тогда как нерастворимая клетчатка отвечает за абсорбцию воды и регуляцию кишечника. Разные сорта гороха имеют значительные различия в содержании пищевых волокон. Например, общее содержание пищевых волокон в сушеном горохе колеблется от 14 до 26 % [20], от 23,23 до 30,72 % [19].

Как правило, продукты с высоким содержанием пищевых волокон могут снизить уровень холестерина в сыворотке крови и гликемические индексы *in vivo* [28]. Таким образом, горох может быть диетическим источником для профилактики диабета и гиперхолестеринемии [29].

Витаминный и минеральный состав гороха

Горох богат витаминами и минеральными веществами, важными для здоровья человека, которые могут адекватно удовлетворять потребности организма в незаменимых минорных веществах [30].

Из минеральных веществ содержатся фосфор, магний и кальций, доля которых в различных сортах гороха варьирует. Установлено, что семена гороха содержат калий (97–99 мг/100 г), кальций (9–11 мг/100 г), магний (5–7 мг/100 г), натрий (3–4 мг/100 г) и следовые количества меди, никеля, селена, фолата и бора [31, 32]. Среди них селен и фолиевая кислота могут использоваться в качестве профилактических мер против заболеваний, связанных с их дефицитом. В недавнем прошлом были разработаны линии с низким содержанием фитатов, способствующие улучшению усвоения минералов. С помощью генной инженерии, агрономического вмешательства и селекции растений, применяя метод биофортификации, ведутся работы по улучшению профиля питания зернобобовых культур, в которых наблюдается дефицит микроэлементов, таких как железо, цинк, фолиевая кислота, β -каротин, каротиноиды, фолаты, йод. Таким образом, обогащение гороха железом, цинком, марганцем может быть использовано в биофортификации и может быть скрытым решением проблемы голода, вызванного дефицитом питательных веществ [33]. Сообщается, что

семена гороха используются в качестве биообогащения цинком в сочетании с селеном, которые усиливают биодоступность в пищевых продуктах [34], тогда как биофортификация фосфором была проведена для увеличения микробиома почвы в питательное вещество для увеличения производства гороха [35].

Из витаминов горох содержит тиамин (0,81 мг/100 г), рибофлавин (0,15 мг/100 г), холин, пантотеновую кислоту 2,2 и 0,27 мг/100 г соответственно. В меньшем количестве содержатся перидоксин и фолаты. Из жирорастворимых витаминов присутствует Е (0,7 мг/100 г).

Фенольные вещества гороха

Горох содержит различные фенольные соединения, особенно в семенной оболочке, такие как гликозиды кверцетина, лютеолин и апигенин, простые фенольные соединения и проантоцианидинфенольные соединения, такие как кверцетин, протокатеховая кислота и ресвератрол, являющиеся наиболее важными антиоксидантными биоактивными веществами в бобовых культурах. Они демонстрируют различные эффекты в защите от развития рака и множества других заболеваний [36, 37]. Типы и содержание фенольных веществ в разных видах гороха разные. В настоящее время в немногих исследованиях сообщается об идентификации фенольных соединений различных сортов гороха и корреляции их физиологических функций, что ограничивает целевое и ценное применение продуктов из гороха [38].

Фитохимические вещества, обнаруженные в флавоноидах гороха, наряду с даидзеином, генистеином, аспарагиназой, апигенином, лектином, кемпферолом и несколькими фенольными соединениями, включают катехин, кумаровую кислоту, кофейную кислоту, ванильную кислоту, феруловую, пизатиновую, протокатеховую, проантоцианидин, стероидные фитогормоны и дубильные вещества [39, 40]. Богатый фитохимический состав изолятов горохового белка позволяет использовать их в качестве ингредиента с добавленной стоимостью в рецептурах пищевых продуктов [41].

Направления использования гороха и продуктов его переработки в пищевых системах

Тенденции применения гороха и продуктов его переработки в течение последних двух десятилетий связаны с его уникальными свойствами, проявляющимися в технологиях пищевых

систем. Гороховые ингредиенты применяют в качестве заменителей яиц в макаронах, тортах, печенье и крекерах; в качестве ингредиентов с высоким содержанием белка в снеках, хлебобулочных изделиях и продуктах из муки [42]; в качестве структурообразователей в концентратах первых обеденных блюд (супах), соусах и эмульгаторов в мясных и соусосодержащих продуктах. Благодаря наличию белков и крахмала ингредиенты из гороха взаимодействуют с углеводными, белковыми и масляными фракциями различных сырьевых компонентов пищевых систем, что делает его идеальной частью интерактивных рецептур пищевых продуктов [43]. Гороховый белок применяют в качестве пищевого эмульгатора, инкапсулирующего материала, биоразлагаемого натурального полимера [44, 45]. Показано, что нативная гороховая мука, содержащая 50 мас.% крахмала и 20 мас.% белка, обладает стабилизирующими свойствами и может использоваться для стабилизации эмульсий типа «масло в воде» с содержанием 10,0 мас.% масла [46].

Помимо применения гороховой муки и других продуктов переработки гороха в качестве технологических ингредиентов, их применяют для обогащения продуктов питания белком и минеральными нутриентами, а также как безглютеновое сырье [47, 48]. Установлено, что внесение 15 % гороховой муки в суфле из тыквы позволяет получить продукт хорошего качества с добавленной пищевой ценностью (повышенное содержание пищевых волокон, витаминов группы В, витамина А, макроэлементов: натрия, фосфора и микроэлементов: железа, селена, марганца и меди) [49]. Другими авторами предложено внесение гороховой муки в пресное тесто в соотношении с мукой пшеничной 35 : 65, что приводит к увеличению доли белка в готовом мучном изделии на 26 %. Показано, что аминокислотный (АК) скор лимитирующей кислоты (валин) возрос на 42 %, снизилось значение не утилизируемой части белка на 66 %, коэффициент утилизации белка вырос на 28 %, что говорит о высоком уровне сбалансированности АК состава белка в новой рецептуре [50].

Подтверждено, что белковый концентрат из муки тритикале и гороховой обладает комплексным АК составом и может быть применен для синтеза кормовой грибной биомассы [51, 52].

Учеными Башкирского государственного аграрного университета изучена возможность замены 10 % пшеничной муки на смесь льняной и гороховой в составе кексов. Показано, что применение данных видов муки приводит к улучшению физико-химических показателей кексов, определяющих их пищевую ценность, и к уменьшению времени их усыхания [53]. Обосновано применение муки гороховой в составе мясных продуктов [54, 55]. Изучены функционально-технологические свойства полуфабрикатов из мяса мулардов с добавлением гороховой муки и спироулины. Внесение 3 % муки гороха и 4 % спироулины позволяет повысить влагоудерживающую и влагосвязывающую способность фарша до 70 % [56]. Использование гороховой муки в составе печеночных паштетов улучшает эмульгирующую способность и стабильность эмульсий [57].

Установлено, что замена 25 % молочного белка гороховым белком в йогуртах с высоким содержанием белка может быть достигнута без ущерба для стабильности продукта [58].

Стручки гороха имеют потенциал для использования в хлебопекарной промышленности и производстве готовых к употреблению продуктов [59]. Изучен новый метод максимизации потребления белка из гороховой шелухи и его

дальнейшего использования в качестве пищевого ингредиента с добавленной стоимостью для производства полезных закусочных крекеров и сухого супа [60].

Заключение. Таким образом, анализ биологической ценности гороха и продуктов его переработки показал, что гороховый белок можно считать высококачественным белком благодаря сбалансированному соотношению аминокислот, а также гороховый белок проявляет функциональные свойства (водоудерживающая, водосвязывающая способности, пенообразование, эмульгирование), что важно при формировании стабильности пищевых систем. Отсутствие глютена позволяет применять муку гороховую в технологиях специализированных продуктов питания. Углеводы гороха представлены крахмалом, пищевыми волокнами, небольшим количеством сахаров. Особую роль в разработке новых составов пищевых систем играют пищевые волокна, характеризующиеся высоким количеством пектиновых полисахаридов. Разнообразные фенольные вещества, обладающие антиоксидантными свойствами, наличие минорных микроэлементов (селен, йод, железо) позволяют применять продукты переработки гороха в технологиях специализированных продуктов питания и функциональной направленности.

Список источников

1. Kumari T., Deka S. Potential health benefits of garden pea seeds and pods: A review // *Legume Science*. 2021. Vol. 3, Is. 2. e82. DOI: 10.1002/leg3.82. EDN: SHFAOX.
2. Kour J., Nayik G.A., ul Haq R., et al. Antioxidants in Vegetables and Nuts-Properties and Health Benefits. Singapore: Springer; 2020. P. 3–17. DOI: 10.1007/978-981-15-7470-2_1.
3. Mondor M. Pea. In: Manickavasagan A., Thirunathan P., editors. *Pulses*; 2020. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-41376-7_14.
4. Senapati A.K., Anil K.V., Sharma K.V. Dehydration of green peas: A review // *International Journal of Chemical Studies*. 2019. Vol. 7, № 2. P. 1088–1091.
5. Российский рынок гороха: анализ ключевых тенденций в 2023 году. Доступно по: <https://апк76.рф/?p=7353>. Ссылка активна на 09.04.2024.
6. Gao L, Wu Y, Wan C, et al. Structural and physicochemical properties of pea starch affected by germination treatment // *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 124, pt. A. 107303. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107303. EDN: BBWKXG.
7. Stilling K. Health Benefits of Pea Protein Isolate: A Comparative Review // *SURG Journal*. 2020. № 12. DOI: 10.21083/surg.v12i1.6111. EDN: QQTUX.
8. Goswami K., Shukla P. Field pea (*Pisum sativum*) varieties: Shelf life evaluation and product development // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. № 9. P. 45–50.
9. Morales-Olán G., Corripio R., Velasco-Velasco J., et al. Techno-functional properties of flour, starch, and proteins of pea seed (*Pisum sativum* L.) cultivated in the Mixteca region of Oaxaca // *Agrociencia*. 2024.

10. Robinson G.H.J., Domoney C. Perspectives on the genetic improvement of health- and nutrition-related traits in pea. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. Vol. 158. P. 353–362. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.020. EDN: IADXVM.
11. McAuliffe G.A., Takahashi T., Lee M.R.F. Applications of nutritional functional units in commodity-level life cycle assessment (LCA) of agri-food systems // *The international journal of life cycle assessment*. 2020. Vol. 25. P. 208–221. DOI: 10.1007/s11367-019-01679-7. EDN: BMRC AE.
12. Ge J., Sun C.X., Corke H., et al. The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: Current status, challenges, and perspectives // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. Vol. 19, № 4. P. 1835–1876. DOI: 10.1111/1541-4337.12573. EDN: RYJMLU.
13. Lu Z.X., He J.F., Zhang Y.C., et al. Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. Vol. 60, № 15. P. 2593–2605. DOI: 10.1080/10408398.2019.1651248. EDN: IHPZFB.
14. He X., Chen J., He X., et al. Industry-scale microfluidization as a potential technique to improve solubility and modify structure of pea protein // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2020. Vol. 67. P. 102582. DOI: 10.1016/j.ifset.2020.102582. EDN: MEKAAL.
15. Thavarajah D., Lawrence T., Boatwright L., et al. Organic dry pea (*Pisum sativum* L.): A sustainable alternative pulse-based protein for human health // *PLoS One*. 2023. Vol. 18, № 4. e0284380. DOI: 10.1371/journal.pone.0284380. PMID: 37043476; PMCID: PMC10096185. EDN: RQETIR.
16. Рождественская Л.Н., Чугунова О.В. Технические решения для эффективного использования продовольственных ресурсов в технологии пищевых систем // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2023. Т. 11, № 4. С. 6–18. DOI: 10.14529/food230401. EDN: XRVXNA.
17. Verkempinck S., Duijsens D., Mukherjee A., et al. Pea protein extraction method impacts the protein (micro)structural organisation and in vitro digestion kinetics // *Food & function*. 2024. Vol. 15. P. 953–966. DOI: 10.1039/d3fo04225a. PMID: 38175573. EDN: QPVYNQ.
18. Liu H., Wang J., Liu Y., et al. Characterisation of functional pea protein hydrolysates and their immunomodulatory activity // *International Journal of Food Science & Technology*. 2024. Vol. 59, Iss. 5. P. 3317–3330. DOI: 10.1111/ijfs.17077. EDN: JZWPNO.
19. Arif U., Ahmed M.J., Rabbani M.A., et al. Assessment of Genetic Diversity in Pea (*Pisum sativum* L.) Landraces Based on Physico-Chemical and Nutritive Quality Using Cluster and Principal Component Analysis // *Pakistan Journal of Botany*. 2020. Vol. 52. P. 575–580. DOI: 10.30848/PJB2020-2(2). EDN: AZELPE.
20. Wu D.T., Li W.X., Wan J.J., et al. A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications // *Foods*. 2023. Vol. 12(13). P. 2527. DOI: 10.3390/foods12132527. PMID: 37444265. PMCID: PMC: 10341148. EDN: BZFBHT.
21. Maningat C.C., Jeradechachai T., Buttshaw M.R. Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications // *Cereal Chemistry*. 2022. Vol. 99, № 1. P. 37–66. DOI: 10.1002/cche.10503. EDN: MRFXIF.
22. Abdel-Aal E.S.M., Ragaei S., Rabalski I., et al. Nutrient Content and Viscosity of Saskatchewan-Grown Pulses in Relation to their Cooking Quality // *Canadian Journal of Plant Science*. 2019. Vol. 99. P. 67–77. DOI: 10.1139/cjps-2018-0140.
23. Kan L., Nie S., Hu J., et al. Comparative Study on the Chemical Composition, Anthocyanins, Tocopherols and Carotenoids of Selected Legumes // *Food chemistry*. 2018. Vol. 260. P. 317–326. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.148.
24. Chen X.Y., Ma X.W., Wen J.Y., et al. Morphological, structural and functional properties of starches from different legume resources // *Legume Research-An International Journal*. 2021. Vol. 44 (7). P. 818–823. DOI: 10.18805/lr-599. EDN: TFYZHS.
25. Ashogbon A.O., Akintayo E.T., Oladebeye A.O., et al. Developments in the Isolation, Composition, and Physicochemical Properties of Legume Starches // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61. P. 2938–2959. DOI: 10.1080/10408398.2020.1791048. EDN: MSAGAM.

26. Chahbani A., Fakhfakh N., Balti M., et al. Microwave drying effects on drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity of green peas (*Pisum sativum* L.) // Food Bioscience. 2018. Vol. 25. P. 32–38. DOI: 10.1016/j.fbio.2018.07.004.
27. Belghith-Fendri L., Chaari F., Jeddou K.B., et al. Identification of polysaccharides extracted from pea pod by-products and evaluation of their biological and functional properties // International Journal of Biological Macromolecules. 2018. Vol. 116. P. 947–954. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.05.095.
28. Ye S.X., Shah B.R., Li J., et al. A Critical Review on Interplay Between Dietary Fibers and Gut Microbiota // Trends in Food Science and Technology. 2022. Vol. 124. P. 237–249. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.04.010. EDN: JJHFIC.
29. Lane L., Wells R., Reynolds C. Beans, peas and pulses for improved public and planetary health: Changing UK consumption patterns // Proceedings of the Nutrition Society. 2024. Vol. 83. DOI: 10.1017/s0029665124004270. EDN: BVMLDB.
30. Robinson G.H.J., Balk J., Domoney C. Improving pulse crops as a source of protein, starch and micronutrients // Nutrition Bulletin. 2019. Vol. 44 (3). P. 202–215. DOI: 10.1111/nbu.12399.
31. Mejri F., Khoud H.B., Njim L., et al. In vitro and in vivo biological properties of pea pods (*Pisum sativum* L.) // Food Bioscience. 2019. Vol. 32. 100482. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.100482. EDN: MDRHUK.
32. Millar K.A., Gallagher E., Burke R., et al. Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour // Journal of Food Composition and Analysis. 2019. Vol. 82. 103233. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.103233.
33. Jha A.B., Warkentin T.D. Biofortification of pulse crops: Status and future perspectives // Plants. 2020. Vol. 9 (1). P. 73. DOI: 10.3390/plants9010073. EDN: MKSHCW.
34. Rehman H.M., Cooper J.W., Lam H.M., et al. Legume biofortification is an underexploited strategy for combatting hidden hunger // Plant, Cell & Environment. 2019. Vol. 42 (1). P. 52–70. DOI: 10.1111/pce.13368.
35. Powers S.E., Thavarajah D. Checking agriculture's pulse: Field pea (*Pisum Sativum* L.), sustainability, and phosphorus use efficiency // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. 1489. DOI: 10.3389/fpls.2019.01489.
36. Gonzalez A.L., Ciocci P.A., Fantinelli J.C., et al. Cardioprotection and natural polyphenols: An update of clinical and experimental studies // Food & Function. 2018. Vol. 9 (12). P. 6129–6145. DOI: 10.1039/c8fo01307a. EDN: USFOQK.
37. Zhao T.Y., Su W.J., Qin Y., et al. Phenotypic Diversity of Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties and the Polyphenols, Flavonoids, and Antioxidant Activity of their Seeds // Cienc. Rural. 2020. Vol. 50. e20190196. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190196. EDN: MSMXSM.
38. Fahim J.R., Attia E.Z., Kamel M.S. The phenolic profile of pea (*Pisum sativum*): A phytochemical and pharmacological overview // Phytochemistry Reviews. 2019. Vol. 18(1). P. 173–198. DOI: 10.1007/s11101-018-9586-9. EDN: LKTLRC.
39. Devi J., Sanwal S.K., Koley T.K., et al. Variations in the total phenolics and antioxidant activities among garden pea (*Pisum sativum* L.) genotypes differing for maturity duration, seed and flower traits and their association with the yield // Sci. Hortic. 2019. Vol. 244. P. 141–150. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.048.
40. Zhao H.F., Shen C., Wu Z.J., et al. Comparison of Wheat, Soybean, Rice, and Pea Protein Properties for Effective Applications in Food Products // J. Food Biochem. 2020. Vol. 44. e13157. DOI: 10.1111/jfbc.13157. EDN: PMMOAU.
41. Pedrosa M.M., Varela A., Domínguez-Timón F., et al. Comparison of bioactive compounds content and techno-functional properties of pea and bean flours and their protein isolates // Plant Foods for Human Nutrition. 2020. Vol. 75 (4). P. 642–650. DOI: 10.1007/s11130-020-00866-4. EDN: UFYABN.
42. Царева Н.И., Ушакова С.Г., Глебова Н.В. Гороховая мука в технологии заварного полуфабриката // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. № 2 (49). С. 15–18. EDN XPUKUX.
43. Tulbek M, Wang Y, Hounjet M. Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop. In: *Sustainable Protein Sources*. Academic Press; 2024. P. 143–162. DOI: 10.1016/B978-0-323-91652-3.00027-7.

44. Rempel C., Geng X., Zhang Y. Industrial scale preparation of pea flour fractions with enhanced nutritive composition by dry fractionation // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 276. P. 119–128. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.10.003.
45. Shanthakumar P., Klepacka J., Bains A., et al. The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry // *Molecules*. 2022. Vol. 27. 5354. DOI: 10.3390/molecules27165354. EDN: LQPLYE.
46. Sridharan S., Meinders M.B., Bitter J.H., et al. Pea flour as stabilizer of oil-in-water emulsions: Protein purification unnecessary // *Food Hydrocolloids*. 2020. Vol. 101. 105533. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105533. EDN: ONFFMG.
47. Резниченко И.Ю., Мирошина Т.А. Современные виды безглютенового сырья: перспективы применения в технологии мучных кондитерских изделий // *Вестник КрасГАУ*. 2024. № 6 (207). С. 212–219. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-212-219. EDN: YZCTZV.
48. Krause S., Debon S., Pälchen K., et al. In vitro digestion of protein and starch in sponge cakes formulated with pea (*Pisum sativum* L.) ingredients // *Food & Function*. 2022. Vol. 13. DOI: 10.1039/D1FO03601G. EDN: VLPUVI.
49. Вайтанис М.А., Ходырева З.Р. Перспективы расширения ассортимента взбитых овощных блюд // *Ползуновский вестник*. 2024. № 2. С. 89–95. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.011. EDN: INMXQZ.
50. Фахретдинова А.Д., Елисеева С.А., Киреева М.С., и др. Оптимизация аминокислотного состава мучных изделий с использованием гороховой муки // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024. № 11 (149). DOI: 10.60797/IRJ.2024.149.65. EDN: TEBQZS
51. Куликов Д.С., Гулакова В.А., Колпакова В.В., и др. Получение белковых концентратов и кормовой микробной биомассы из экстракта тритикале и гороховой муки с использованием ферментов // *Пищевая промышленность*. 2019. № 4. С. 49–51. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10025. EDN: ILICBZ.
52. Колпакова В.В., Уланова Р.В., Куликов Д.С., и др. Зерновые композиты с комплементарным аминокислотным составом для пищевых и кормовых целей // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49, № 2. С. 301–311. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-301-311. EDN: EUOTKW.
53. Шарипова М.Б. Влияние нетрадиционных видов муки на физико-химические свойства мучных кондитерских изделий // *Доклады Национальной академии наук Таджикистана*. 2022. Т. 65, № 5-6. С. 372–377. EDN: XTHYLU.
54. Basri N., Ming F., Ishamri I., et al. Comparison of patties produced using meat from various animal species with black-eyed peas as the partial meat substitute // *Malaysian Journal of Analytical Science*. 2024. Vol. 28. P. 812–827.
55. Câmara A., Ozaki M., Paglarini C., et al. Hybrid Meat Products: Using Plant, Fungi, and Insect Sources for Flexitarian Diets // *Technological, Nutritional and Sensory Insights*. 2024.
56. Шарипова А.Ф., Хазиев Д.Д., Казанина М.А., и др. Изучение функционально-технологических свойств полуфабрикатов из мяса мулардов с добавлением гороховой муки и спироулины // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2021. № 2 (67). С. 58–63. DOI: 10.33979/2219-8466-2021-67-2-58-63. EDN: KXFNQF.
57. Царева Н.И., Глебова Н.В., Ушакова С.Г. Эмульгирующие свойства гороховой муки в технологии паштетов // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2020. № 1(60). С. 17–20. EDN: OJGCXK.
58. Silva T., Baptista D., Paiva S., et al. Hybrid high-protein yogurt made with partial replacement of milk proteins by pea proteins // *International Journal of Food Science & Technology*. 2024. Vol. 59. P. 8806–8815. DOI: 10.1111/ijfs.17556. EDN: SPOGAP.
59. Mousa M., El-Magd M., Ghamry H., et al. Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. DOI: 10.1038/s41598-021-02202-5. EDN: JNBXXC.
60. Nasir G., Zaidi S., Tabassum N., et al. A review on nutritional composition, health benefits and potential applications of by-products from pea processing // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2024. Vol. 14. P. 10829–10842. DOI: 10.1007/s13399-022-03324-0. EDN: CTLQKH.

References

1. Kumari T, Deka S. Potential health benefits of garden pea seeds and pods: A review. *Legume Science*. 2021;3(2):e82. DOI: 10.1002/leg3.82. EDN: SHFAOX.
2. Kour J., Nayik G.A., ul Haq R., et al. *Antioxidants in Vegetables and Nuts-Properties and Health Benefits*. Singapore: Springer; 2020. P. 3–17. DOI: 10.1007/978-981-15-7470-2_1.
3. Mondor M. Pea. In: Manickavasagan A., Thirunathan P., editors. *Pulses*. Springer, Cham; 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-41376-7_14.
4. Senapati AK, Anil KV, Sharma KV. Dehydration of green peas: A review. *International Journal of Chemical Studies*. 2019;7(2):1088-1091.
5. Rossijskij rynek goroha: analiz klyuchevykh tendencij v 2023 godu. Available at: <https://ank76.ppf/?p=7353>. Accessed: 09.04.2024.
6. Gao L, Wu Y, Wan C, et al. Structural and physicochemical properties of pea starch affected by germination treatment. *Food Hydrocolloids*. 2022;124(Pt. A.):107303. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107303. EDN: BBWKXG.
7. Stilling K. Health Benefits of Pea Protein Isolate: A Comparative Review // *Studies by Undergraduate Researchers at Guelph*. 2020;12(1). DOI: 10.21083/surg.v12i1.6111. EDN: QOTTUX.
8. Goswami K, Shukla P. Field pea (*Pisum sativum*) varieties: Shelf life evaluation and product development. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020;9:45-50.
9. Morales-Olán G, Corripio R, Velasco-Velasco J, et al. Techno-functional properties of flour, starch, and proteins of pea seed (*Pisum sativum* L.) cultivated in the Mixteca region of Oaxaca. *Agrociencia*. 2024.
10. Robinson GHJ, Domoney C. Perspectives on the genetic improvement of health- and nutrition-related traits in pea. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021;158:353-362. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.020. EDN: IADXVM.
11. McAuliffe GA, Takahashi T, Lee MRF. Applications of nutritional functional units in commodity-level life cycle assessment (LCA) of agri-food systems. *The international journal of life cycle assessment*. 2020;25:208-221. DOI: 10.1007/s11367-019-01679-7. EDN: BMRC AE.
12. Ge J, Sun CX, Corke H, et al. The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: Current status, challenges, and perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020;19(4):1835-1876. DOI: 10.1111/1541-4337.12573. EDN: RYJMLU.
13. Lu ZX, He JF, Zhang YC, et al. Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;60(15):2593-2605. DOI: 10.1080/10408398.2019.1651248. EDN: IHPZFB.
14. He X, Chen J, He X, et al. Industry-scale microfluidization as a potential technique to improve solubility and modify structure of pea protein. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2020;67:102582. DOI: 10.1016/j.ifset.2020.102582. EDN: MEKAAL.
15. Thavarajah D, Lawrence T, Boatwright L, et al. Organic dry pea (*Pisum sativum* L.): A sustainable alternative pulse-based protein for human health. *PLoS One*. 2023;18(4):e0284380. DOI: 10.1371/journal.pone.0284380. PMID: 37043476; PMCID: PMC10096185. EDN: RQETIR.
16. Rozhdestvenskaya LN, Chugunova OV. Technical solutions for the effective use of food resources in food systems technology. *Bulletin of the South Ural State University. Food and biotechnology*. 2023;11(4):6-18. DOI: 10.14529/food230401. EDN: XRVXNA.
17. Verkempinck S, Duijsens D, Mukherjee A, et al. Pea protein extraction method impacts the protein (micro)structural organisation and in vitro digestion kinetics. *Food & function*. 2024;15:953-966. DOI: 10.1039/d3fo04225a. PMID: 38175573. EDN: QPVYNQ.
18. Liu H, Wang J, Liu Y, et al. Characterisation of functional pea protein hydrolysates and their immunomodulatory activity. *International Journal of Food Science & Technology*. 2024;59(5):3317-3330. DOI: 10.1111/ijfs.17077. EDN: JZWPNO.

19. Arif U, Ahmed MJ, Rabbani MA, et al. Assessment of Genetic Diversity in Pea (*Pisum sativum* L.) Land-races Based on Physico-Chemical and Nutritive Quality Using Cluster and Principal Component Analysis. *Pakistan Journal of Botany*. 2020;52:575-580. DOI: 10.30848/PJB2020-2(2). EDN: AZELPE.
20. Wu DT, Li WX, Wan JJ, et al. A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications. *Foods*. 2023;12(13):2527. DOI: 10.3390/foods12132527. PMID: 37444265. PMCID: PMC10341148. EDN: BZFBHT.
21. Maningat CC, Jeradechachai T, Buttshaw MR. Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications. *Cereal Chemistry*. 2022;99(1):37-66. DOI: 10.1002/cche.1050. EDN: MRFXIF.
22. Abdel-Aal ESM, Ragaee S, Rabalski I, et al. Nutrient Content and Viscosity of Saskatchewan-Grown Pulses in Relation to their Cooking Quality. *Canadian Journal of Plant Science*. 2019;99:67-77. DOI: 10.1139/cjps-2018-0140.
23. Kan L, Nie S, Hu J, et al. Comparative Study on the Chemical Composition, Anthocyanins, Tocopherols and Carotenoids of Selected Legumes. *Food chemistry*. 2018;260:317-326. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.148.
24. Chen XY, Ma XW, Wen JY, et al. Morphological, structural and functional properties of starches from different legume resources. *Legume Research-An International Journal*. 2021;44 (7):818-823. DOI: 10.18805/lr-599. EDN: TFYZHS.
25. Ashogbon AO, Akintayo ET, Oladebeye AO, et al. Developments in the Isolation, Composition, and Physicochemical Properties of Legume Starches. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021;61:2938-2959. DOI: 10.1080/10408398.2020.1791048. EDN: MSAGAM.
26. Chahbani A, Fakhfakh N, Balti M, et al. Microwave drying effects on drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity of green peas (*Pisum sativum* L.). *Food Bioscience*. 2018;25:32-38. DOI: 10.1016/j.fbio.2018.07.004.
27. Belghith-Fendri L, Chaari F, Jeddou KB, et al. Identification of polysaccharides extracted from pea pod by-products and evaluation of their biological and functional properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018;116:947-954. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.05.095.
28. Ye SX, Shah BR, Li J, et al. A Critical Review on Interplay Between Dietary Fibers and Gut Microbiota. *Trends in Food Science and Technology*. 2022;124:237-249. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.04.01. EDN: JJHFIC.
29. Lane L, Wells R, Reynolds C. Beans, peas and pulses for improved public and planetary health: Changing UK consumption patterns. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2024;83:E203. DOI: 10.1017/s0029665124004270. EDN: BVMLDB.
30. Robinson GHJ, Balk J, Domoney C. Improving pulse crops as a source of protein, starch and micro-nutrients. *Nutrition Bulletin*. 2019;44 (3):202-215. DOI: 10.1111/nbu.12399.
31. Mejri F, Khoud HB, Njim L, et al. In vitro and in vivo biological properties of pea pods (*Pisum sativum* L.). *Food Bioscience*. 2019;32:100482. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.100482. EDN: MDRHUK.
32. Millar KA, Gallagher E, Burke R, et al. Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019;82:103233. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.103233.
33. Jha AB, Warkentin TD. Biofortification of pulse crops: Status and future perspectives. *Plants*. 2020;9(1):73. DOI: 10.3390/plants9010073. EDN: MKSHCW.
34. Rehman HM, Cooper JW, Lam HM, et al. Legume biofortification is an underexploited strategy for combatting hidden hunger. *Plant, Cell & Environment*. 2019;42 (1):52-70. DOI: 10.1111/pce.13368.
35. Powers SE, Thavarajah D. Checking agriculture's pulse: Field pea (*Pisum Sativum* L.), sustainability, and phosphorus use efficiency. *Frontiers in Plant Science*. 2019;10:1489. DOI: 10.3389/fpls.2019.01489.
36. Gonzalez AL, Ciocchi PA, Fantinelli JC, et al. Cardioprotection and natural polyphenols: An update of clinical and experimental studies. *Food & Function*. 2018;9(12):6129-6145. DOI: 10.1039/c8fo01307a. EDN: USFOQK.
37. Zhao TY, Su WJ, Qin Y, et al. Phenotypic Diversity of Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties and the Polyphenols, Flavonoids, and Antioxidant Activity of their Seeds. *Cienc. Rural*. 2020;50:e20190196. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190196. EDN: MSMXSM.

38. Fahim JR, Attia EZ, Kamel MS. The phenolic profile of pea (*Pisum sativum*): A phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*. 2019;18(1):173-198. DOI: 10.1007/s11101-018-9586-9. EDN: LKTLRC.
39. Devi J, Sanwal SK, Koley TK, et al. Variations in the total phenolics and antioxidant activities among garden pea (*Pisum sativum* L.) genotypes differing for maturity duration, seed and flower traits and their association with the yield. *Sci. Hortic*. 2019;244:141-150. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.048.
40. Zhao HF, Shen C, Wu ZJ, et al. Comparison of Wheat, Soybean, Rice, and Pea Protein Properties for Effective Applications in Food Products. *J. Food Biochem*. 2020;44:e13157. DOI: 10.1111/jfbc.13157. EDN: PMMOAU.
41. Pedrosa MM, Varela A, Domínguez-Timón F, et al. Comparison of bioactive compounds content and techno-functional properties of pea and bean flours and their protein isolates. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2020;75(4):642-650. DOI: 10.1007/s11130-020-00866-4. EDN: UFYABN.
42. Tsareva NI, Ushakova SG, Glebova NV. Pea flour in the technology of custard semi-finished. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov*. 2018;2(49):15-18. (In Russ.). EDN: XPUKUX.
43. Tulbek M, Wang Y, Hounjet M. Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop. In: *Sustainable Protein Sources*. Academic Press; 2024. P. 143-162. DOI: 10.1016/B978-0-323-91652-3.00027-7.
44. Rempel C, Geng X, Zhang Y. Industrial scale preparation of pea flour fractions with enhanced nutritive composition by dry fractionation. *Food Chemistry*. 2019;276:119-128. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.10.003.
45. Shanthakumar P, Klepacka J, Bains A, et al. The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry. *Molecules*. 2022;27:5354. DOI: 10.3390/molecules27165354. EDN: LQPLYE.
46. Sridharan S, Meinders MB, Bitter JH, et al. Pea flour as stabilizer of oil-in-water emulsions: Protein purification unnecessary. *Food Hydrocolloids*. 2020;101: 105533. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105533. EDN: ONFFMG.
47. Reznichenko IYu., Miroshina TA. Modern types of gluten-free raw materials: application prospects in flour confectionery products technology. *Bulletin KSAU*. 2024;(6):212-219. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-212-219. EDN: YZCTZV.
48. Krause S, Debon S, Pälchen K, et al. In vitro digestion of protein and starch in sponge cakes formulated with pea (*Pisum sativum* L.) ingredients. *Food & Function*. 2022;13. DOI: 10.1039/D1FO03601G. EDN: VLPUVI.
49. Vaytanis MA, Khodyreva ZR. Prospects for expanding range of whipped vegetable dishes. *Polzunovskiy vestnik*. 2024;(2):89-95. (In Russ). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.011. EDN: INMXQZ.
50. Fakhretdinova AD, Eliseeva SA, Kireeva MS, et al. Optimization of amino acid composition of flour products using pea flour. *International Research Journal*. 2024;11. (In Russ.). DOI: 10.60797/IRJ.2024.149.65. EDN: TEBQZS.
51. Kulikov DS, Gulakova VA, Kolpakova VV, et al. Obtaining protein concentrates and microbial biomass from triticale extract and pea flour using enzymes. *Food processing industry*. 2019;4:49-51. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10025. EDN: ILICBZ.
52. Kolpakova VV, Ulanova RV, Kulikov DS, et al. grain composites with a complementary amino acid composition in food and fodder. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*. 2019;49(2):301-311. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-301-311. EDN: EUOTKW.
53. Sharipova MB. Influence of non-traditional types of flour on the physical and chemical properties of flour confectionery products. *Doklady Nacional'noj akademii nauk Tadzhikistana*. 2022;65(5-6):372-377. (In Russ.). EDN: XTHYLU.
54. Basri N, Ming F, Ishamri I, et al. Comparison of patties produced using meat from various animal species with black-eyed peas as the partial meat substitute. *Malaysian Journal of Analytical Science*. 2024;28:812-827.
55. Câmara A, Ozaki M, Paglarini C, et al. Hybrid Meat Products: Using Plant, Fungi, and Insect Sources for Flexitarian Diets. *Technological, Nutritional and Sensory Insights*. 2024.
56. Sharipova AF, Haziev DD, Kazanina MA, et al. Study of functional and technological properties of semi-finished product from mulard meat with addition of pea flour and spirulina. *Tekhnologiya i*

- tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov. 2021;2:58-63. DOI: 10.33979/2219-8466-2021-67-2-58-63. EDN: KXFNQF.
57. Tsareva NI, Glebova NV, Ushakova SG. Emulsifying properties of pea flour technology pate. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov*. 2020;1:17-20. (In Russ.). EDN: OJGCXK.
58. Silva T, Baptista D, Paiva S, et al. Hybrid high-protein yogurt made with partial replacement of milk proteins by pea proteins. *International Journal of Food Science & Technology*. 2024;59:8806-8815. DOI: 10.1111/ijfs.17556. EDN: SPOGAP.
59. Mousa M, El-Magd M, Ghamry H, et al. Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup. *Scientific Reports*. 2021;11. DOI: 10.1038/s41598-021-02202-5. EDN: JNBXXC.
60. Nasir G, Zaidi S, Tabassum N, et al. A review on nutritional composition, health benefits and potential applications of by-products from pea processing. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2024;14:10829-10842. DOI: 10.1007/s13399-022-03324-0. EDN: CTLQKH.

Статья принята к публикации 18.03.2025 / The article accepted for publication 18.03.2025.

Информация об авторах:

Ирина Юрьевна Резниченко¹, профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания, доктор технических наук

Татьяна Александровна Мирошина², доцент кафедры педагогических технологий, кандидат педагогических наук, доцент

Information about the authors:

Irina Yuryevna Reznichenko¹, Professor at the Department of Biotechnology and Food Production, Doctor of Technical Sciences

Tatyana Aleksandrovna Miroshina², Associate Professor at the Department of Pedagogical Technologies, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

