

Нина Анатольевна Фролова^{1✉}, Василий Владимирович Верхотуров²,
Елена Евгеньевна Веремей³

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

¹ninelr@mail.ru

²payola@mail.ru

³elena.kerevichene@klgtu.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МУКИ ИЗ *PISUM SATIVUM* L.

Цель исследования – разработать технологию получения муки из желтого гороха (*Vicia lutea*) для использования ее в рецептурах безглютеновых продуктов. Объекты исследования – образцы дезодорированной муки *Vicia lutea*, полученные методом экстракции растворителем (водным раствором этанола) при установленных технологических параметрах под высоким давлением (HPSE). Была взята мука из зерен *Vicia lutea*, полученная путем измельчения на мельнице Urshel модели MG 104 до размеров частиц от 2 до 40 мкм, которая в последующем подвергалась экстрагированию (под высоким давлением 10–15 МПа) с последующим высушиванием. Для извлечения летучих соединений из полученной гороховой муки использовали экстракционную установку высокого давления (10–15 МПа) из сверхкритических жидкостей. Для удаления растворителя из муки *Vicia lutea* образцы высушивали в печи для струйной сушки производства Hunan Sundry Science and Technology (Китай). Химический состав муки из *Vicia lutea* определяли при помощи стандартных методов и ВЭЖХ (HPLC). Общее содержание жира в муке из зерен *Pisum sativum* L. составляет от $(2,2 \pm 0,4)$ %, при этом содержание фосфолипидов – $(52,2 \pm 4,4)$ %; триацилглицеринов – $31,2 \pm 4,4$; стероловых эфиров – $2,4 \pm 0,6$; свободных жирных кислот – $1,2 \pm 0,2$ и диацилглицеринов – $(1,8 \pm 0,4)$ %. Содержание белковых компонентов в муке из зерен *Vicia lutea* составляет приблизительно $(20,4 \pm 0,4)$ %. Распространенной жирной кислотой в экспериментальных образцах явилась линолевая кислота ($18 : 2$) – $(31,2 \pm 0,4)$ %. Сенсорные характеристики готового продукта, которые были определены нами на первоначальном этапе работы, были достигнуты (отсутствие вяжущего привкуса и горького вкуса). В связи с этим мука из зерен *Vicia lutea* может стать заменой пшеничной муки в безглютеновых продуктах.

Ключевые слова: желтый горох, мука, экстракция, безглютеновый продукт

Для цитирования: Фролова Н.А., Верхотуров В.В., Веремей Е.Е. Технологические особенности получения муки из *Pisum sativum* L. // Вестник КрасГАУ. 2025. № 2. С. 147–152. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-2-147-152.

Nina Anatolyevna Frolova^{1✉}, Vasily Vladimirovich Verkhoturrov², Elena Evgenievna Veremey³

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

¹ninelr@mail.ru

²payola@mail.ru

³elena.kerevichene@klgtu.ru

TECHNOLOGICAL FEATURES OF OBTAINING FLOUR FROM *PISUM SATIVUM* L.

The aim of the study is to develop a technology for obtaining yellow pea flour (*Vicia lutea*) for using it in gluten-free product formulations. The objects of the study were samples of deodorized *Vicia lutea* flour obtained by solvent extraction (aqueous ethanol solution) under set process parameters under high pressure (HPSE). Flour from *Vicia lutea* grains was obtained by grinding in an Urshel mill model MG 104 to a

particle size of 2 to 40 μm , which was then subjected to extraction (under high pressure of 10–15 MPa) and subsequent drying. To extract volatile compounds from the obtained pea flour, a high-pressure extraction unit (10–15 MPa) from supercritical fluids was used. To remove the solvent from *Vicia lutea* flour, the samples were dried in a jet drying oven manufactured by Hunan Sundry Science and Technology (China). The chemical composition of *Vicia lutea* flour was determined using standard methods and HPLC. The total fat content in *Pisum sativum* L. flour is $(2.2 \pm 0.4)\%$, with the following phospholipids: $(52.2 \pm 4.4)\%$; triacylglycerols: 31.2 ± 4.4 ; steryl esters: 2.4 ± 0.6 ; free fatty acids: 1.2 ± 0.2 ; and diacylglycerols: $(1.8 \pm 0.4)\%$. The protein content in *Vicia lutea* flour is approximately $(20.4 \pm 0.4)\%$. The most common fatty acid in the experimental samples was linoleic acid (18:2) – $(31.2 \pm 0.4)\%$. The sensory characteristics of the finished product, which we determined at the initial stage of the work, were achieved (absence of astringent taste and bitter taste). In this regard, flour from *Vicia lutea* grains can become a substitute for wheat flour in gluten-free products.

Keywords: yellow peas, flour, extraction, gluten-free product

For citation: Frolova NA, Verkhoturov VV, Veremey EE. Technological features of obtaining flour from *Pisum sativum* L. Bulliten of KSAU. 2025;(2):147-152. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-2-147-152.

Введение. Белковые компоненты бобовых в последнее время стали решением ряда проблем по созданию безглютеновых продуктов [1]. Желтый горох (*Vicia lutea*) относится к двудольным растениям семейства бобовые. В связи с этим отсутствие глютена и высокое содержание белковых компонентов в его составе являются основными причинами выбора данного сырья в рецептуру пищевых продуктов, предназначенных для людей, страдающих целиакией [2].

Традиционно в промышленности востребованы такие пищевые добавки на основе нетрадиционного сырья, которые минимально влияют на вкусовые характеристики, улучшая пищевую ценность и качество. Специфичные привкусы и ароматы *Vicia lutea* снижают органолептические характеристики готовых продуктов в виду определенных сенсорных характеристик: вяжущих и горьких вкусовых свойств.

Однако если анализировать химический состав *Vicia lutea*, то следует отметить его высокую пищевую ценность: содержание белка, клетчатки, витаминов и минеральных элементов при низком содержании жира. Содержание белка в сухих зернах *Vicia lutea* составляет приблизительно 24,6 %, среди которых альбумины – 15,2–22,4 %, а глобулины – 54,4–60,2 % от общего его количества. Наиболее ценным белковым компонентом *Vicia lutea* является лизин.

В современных литературных источниках имеются данные о пищевой ценности и реологических показателях продуктов с добавлением *Vicia lutea*, в которых указано, что они имеют повышенное содержание белка, способствуют повышению твердости, вязкости, стабильности

и эластичности благодаря дисульфидным связям. Это позволяет добиться, например, для мучных кондитерских изделий большей однородности теста, сохраняя структуру и качество [3–5]. Согласно проведенным ранее исследованиям [6–8] содержание нерастворимых и растворимых пищевых волокон в зернах *Vicia lutea* составляет 8,7 и 3,1 % соответственно.

Большая часть клетчатки *Vicia lutea* нерастворима, при этом преобладающими компонентами являются целлюлоза (55 %), гемицеллюлоза (23 %) и полисахариды пектинового типа (8 %). Содержание резистентного крахмала в горохе составляет приблизительно 4,7 %, причем при термической обработке *Vicia lutea* его количество существенно уменьшается – в среднем на 23 % [9–10].

Как отмечалось ранее, потенциал использования *Vicia lutea* в производстве ограничен из-за сенсорных особенностей, связанных с горьким привкусом и вяжущим послевкусием. К продуктам, в рецептуре которых можно использовать гороховую муку, относятся хлеб, легкие закуски или экструдированные снеки, супы, макароны, тортильи, печенье, пирожные, крекеры и др. [11].

Таким образом, анализ современных литературных источников показал перспективность использования *Vicia lutea* в пищевых технологиях для создания безглютеновых продуктов и повышения пищевой ценности изделий, однако ввиду вкусовых особенностей продуктов его переработки необходимо определение технологических особенностей и параметров для улучшения вкусовых характеристик данной бобовой культуры и продуктов ее переработки.

Цель исследования – разработать технологию получения муки из желтого гороха (*Vicia lutea*) для использования ее в рецептурах безглютеновых продуктов.

Объект и методы. Объект исследования – мука из зерен *Vicia lutea*, полученная путем измельчения на мельнице Urshel модели MG 104 до размеров частиц от 2 до 40 мкм. Далее мука подвергалась экстрагированию при помощи экстракторной установки серии Timatic Micro с последующим высушиванием.

Для извлечения летучих соединений из полученной гороховой муки использовали экстракционную установку высокого давления (10–15 МПа) из сверхкритических жидкостей. Для удаления растворителя из муки *Vicia lutea* образцы высушивали в печи для струйной сушки производства Hunan Sundry Science and Technology (Китай).

Химический состав муки из *Vicia lutea* определяли при помощи стандартных методов и ВЭЖХ (HPLC).

Результаты и их обсуждение. Технологический процесс получения муки из зерен *Vicia*

lutea заключался в определении и установлении основных параметров: концентрации экстрагента, температуры и времени сушки гороховой муки и других, влияющих на получение готового продукта с оптимальными сенсорными характеристиками.

В ходе проведенных исследований установлено, что для снижения горького привкуса и вяжущих свойств необходима экстракция муки из зерен *Vicia lutea* растворителем под высоким давлением растворами неденатурированного 95 % этанола и дистиллированной воды при соотношении 1 : 1.

Муку из зерен *Vicia lutea* заливали раствором этилового спирта и воды с последующим помещением в емкость для экстракции (рис.). Процесс обработки в экстракторной установке заключался в реализации десяти трехминутных циклов повышения давления: 7–8; 8–12; 12–15 МПа. На следующем этапе работы был осуществлен процесс высушивания муки из зерен *Vicia lutea* в течение 14 ч в струйной сушилке при температуре 65–68 °С для удаления растворителя и снижения содержания влаги.



Экстракторная установка серии Timatic Micro

Extraction unit of the Simatic Micro series

Через 14 ч образцы муки из зерен *Vicia lutea* вынимали из печи для струйной сушки и помещали в пластиковые герметичные пакеты с последующей загрузкой в морозильную камеру (при температуре от –10 до –15 °С) на 24 ч. Далее образцы муки из зерен *Vicia lutea* высушивались конвективным способом при температуре 40 °С в

течение 6 ч. Готовая обработанная мука поступала на хранение при температуре (18 ± 4) °С.

Следующим этапом работы явилось исследование химического состава и сенсорных характеристик муки, полученной по разработанной нами технологии.

Анализ химического состава пищевых волокон полученной муки из зерен *Vicia lutea* свидетельствует о том, что в целом они состоят из нерастворимых и растворимых пищевых волокон. Большая часть клетчатки – нерастворима и составляет примерно $(63,2 \pm 4,2)$ %. В состав клетчатки муки из зерен *Vicia lutea* входят целлюлоза (55 %), гемицеллюлоза (23 %) и полисахариды (8 %). Содержание галактуроновой кислоты составляет $(15,6 \pm 2,2)$ %. В то время как общее содержание каротиноидов составляет $(2,7 \pm 0,4)$ мг/100 г, содержание β -каротина – $(0,16 \pm 0,04)$ мг/100 г), лютеина – 96 % от общего содержания каротиноидов.

Преобладающими фенольными кислотами в полученной муки из зерен *Vicia lutea* являлись протокатехиновая, ванильная и гидроксibenзойная кислота. Общее содержание флавоноидов в полученной муки из зерен *Vicia lutea* при этом составило $(321,0 \pm 14,0)$ мкг/100 г, а содержание фенольной кислоты – $(260,0 \pm 26,0)$ мкг/100 г.

Если отмечать снижение биологически активных веществ вследствие таких физических факторов, как температура и давление, то следует отметить, что произошло следующее снижение содержания токоферолов в муке из зерен *Pisum sativum* L. по сравнению с исходным: α -токоферолов – на 6,7 %; δ -токоферолов – на 8,0; γ -токоферолов – на 85,4 %.

Общее содержание жира в муке из зерен *Pisum sativum* L. составляет $(2,2 \pm 0,4)$ %, при этом содержание фосфолипидов находится в пределах $(52,2 \pm 4,4)$ %, триацилглицеринов – $(31,2 \pm 4,4)$ %, стерильных эфиров – $(2,4 \pm 0,6)$ %, свободных жирных кислот – $(1,2 \pm 0,2)$ % и диацилглицеринов $(1,8 \pm 0,4)$ %.

Содержание белковых компонентов в муке из зерен *Vicia lutea* составляет приблизительно $(20,4 \pm 0,4)$ %. Распространенной жирной кислотой в экспериментальных образцах являлась линолевая кислота (18 : 2) – $(31,2 \pm 0,4)$ %.

По органолептическим показателям, проведенным согласно ГОСТ 6201-2020 «Горох шлифованный», вкус и запах образцов муки, полученных по разработанной нами технологии, не отличались посторонними привкусами, кислым и горьким запахом, поэтому те оптимальные

параметры сенсорных характеристик готового продукта, которые были определены нами на первоначальном этапе работы, достигнуты (отсутствие вяжущего привкуса и горького вкуса). В связи с этим мука из зерен *Vicia lutea* может явиться заменой пшеничной муки в безглютеновых продуктах, таких как хлеб, крекеры и макароны. Мука из зерен *Vicia lutea* содержит большое количество белка и не содержит глютена, что является немаловажным фактором в создании безглютеновых продуктов питания.

Заключение. Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что для снижения горького привкуса и вяжущих свойств муки из зерен *Vicia lutea* необходимо провести экстракцию растворителем под высоким давлением растворами неденатурированного 95 % этанола и дистиллированной воды при соотношении 1 : 1. Процесс обработки муки в экстракторной установке заключался в реализации десяти трехминутных циклов повышения давления: 7–8; 8–12; 12–15 МПа. На следующем этапе работы был осуществлен процесс высушивания муки из зерен *Vicia lutea* в течение 14 ч в струйной сушилке при температуре 65–68 °С для удаления растворителя и снижения содержания влаги. Анализ химического состава полученных образцов муки из *Vicia lutea* позволил установить, что общее содержание жира в муке из зерен *Vicia lutea* составляет от $(2,2 \pm 0,4)$ %, при этом содержание фосфолипидов находится в пределах $(52,2 \pm 4,4)$ %; триацилглицеринов – $31,2 \pm 4,4$; стерильных эфиров – $2,4 \pm 0,6$; свободных жирных кислот – $1,2 \pm 0,2$ и диацилглицеринов – $(1,8 \pm 0,4)$ %. Содержание белковых компонентов в муке из зерен *Vicia lutea* составляет приблизительно $(20,4 \pm 0,4)$ %. Распространенной жирной кислотой в экспериментальных образцах являлась линолевая кислота (18 : 2) – $(31,2 \pm 0,4)$ %. Установлено, что те сенсорные характеристики готового продукта, которые были определены нами на первоначальном этапе работы, были достигнуты (отсутствие вяжущего привкуса и горького вкуса). В связи с этим мука из зерен *Vicia lutea* может стать заменой пшеничной муки в безглютеновых продуктах.

Список источников

1. Колпакова В.В., Уланова Р.В., Куликов Д.С. Показатели качества гороховых и нуттовых белковых концентратов // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52, № 4. С. 650–664. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-4-2394. EDN: OACVSR.

2. Соболева Г.В., Зеленов А.А., Задорин А.М. Новый сорт гороха Столетник // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022. № 2 (42). С. 60–65. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-60-65. EDN: ITCILZ.
3. Орлов В. В., Ожимкова Е.В. Исследование пенообразующих свойств белковых комплексов из семян бобовых культур // *Тенденции развития науки и образования*. 2023. № 103 (6). С. 90–92. DOI: 10.18411/trnio-11-2023-340. EDN: HFSODW.
4. Pavlova O.A., Leppyanen I.V., Kustova D.V. Phylogenetic and structural analysis of annexins in pea (*Pisum sativum* L.) and their role in legume-rhizobial symbiosis development // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021. Vol. 25, № 5. P. 502–513. DOI: 10.18699/VJ21.057. EDN: WCCIGG.
5. Мухортов С.Я., Ноздрачева Р.Г. Оптимизация функционирования агроценозов гороха // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2022. Т. 15, № 1 (72). С. 82–89. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_82. EDN: GXHDMG.
6. Мустафаева К.А., Акперова Ф.А., Набиев А.А. Оценка химического состава муки из гороха сортов // *Хлебопечение России*. 2018. № 4. С. 35–38. EDN: YTYJNR.
7. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В. Влияние вегетационного периода на содержание белка в семенах коллекционных образцов гороха // *Зерновое хозяйство России*. 2022. Т. 14, № 6. С. 5–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-5-10. EDN: PZYONV.
8. Стрельцова Л.Г., Жогалева О.С. Изменчивость показателей качества сортов гороха донской селекции под действием органоминеральных микроудобрений // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2021. № 5 (199). С. 49–54. EDN: AKQQPZ.
9. Петржиковский Д.Э., Лупашина Е.П., Петрушкова Д.А. Продуктивность растений гороха в зависимости от применения биологических препаратов // *АгроФорум*. 2022. № 5. С. 68–69. EDN: WETWNC.
10. Ожимкова Е.В., Орлов В.В. Ультразвуковая экстракция белковых комплексов из семян бобовых культур // *Вестник Тверского государственного университета*. Серия: Химия. 2021. № 4 (46). С. 161–169. DOI: 10.26456/vtchem2021.4.18. EDN: PKMFTJ.
11. Шкрабтак Н.В., Праскова Ю.А., Фролова Н.А. Перспективы применения шелушительно-шлифовальной машины для получения муки из *Sorghum bicolor* // *Пищевая промышленность*. 2024. № 2. С. 72–74. DOI: 10.52653/PPI.2024.2.2.014. EDN: PQKMHT.

References

1. Kolpakova VV, Ulanova RV, Kulikov DS. Quality indicators of pea and chickpea protein concentrates. *Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv*. 2022;52(4):650-664. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2022-4-2394. EDN: OACVSR.
2. Soboleva GV, Zelenov AA, Zadorin AM. New pea variety Stoletnik. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022;(2):60-65. (In Russ.). DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-60-65. EDN: ITCILZ.
3. Orlov VV, Ozhimkova EV. Study of foaming properties of protein complexes from legume seeds. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2023;(103):90-92. (In Russ.). DOI: 10.18411/trnio-11-2023-340. EDN: HFSODW.
4. Pavlova OA, Leppianen IV, Kustova DV. Phylogenetic and structural analysis of annexins in pea (*Pisum sativum* L.) and their role in legume-rhizobial symbiosis development. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(5):502-513. DOI: 10.18699/VJ21.057. EDN: WCCIGG.
5. Mukhortov SYa, Nozdracheva RG. Optimization of the functioning of pea agroecosystems. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022;15(1):82-89. (In Russ.). DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_82. EDN: GXHDMG.
6. Mustafaeva KA, Akperova FA, Nabiev AA. Assessment of the chemical composition of flour from pea varieties. *Hlebopechenie Rossii*. 2018;(4):35-38. (In Russ.). EDN: YTYJNR.
7. Ashiev AR, Khabibullin KN, Skulova MV. The influence of the growing season on the protein content in the seeds of collection pea samples. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2022;14(6):5-10. (In Russ.). DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-5-10. EDN: PZYONV.

8. Streltsova LG, Zhogaleva OS. Variability of quality indicators of Don pea varieties under the influence of organomineral microfertilizers. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;(5):49-54. (In Russ.). EDN: AKQQPZ.
9. Petrzhikovskiy DE, Lupashina EP, Petrushkova DA. Productivity of pea plants depending on the use of biological preparations. *AgroForum*. 2022;(5):68-69. (In Russ.). EDN: WETWNC.
10. Ozhimkova EV, Orlov VV. Ultrasonic extraction of protein complexes from legume seeds. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya*. 2021;(4):161-169. DOI: 10.26456/vtchem 2021.4.18. (In Russ.). EDN: PKMFTJ.
11. Shkrabtak NV, Praskova YuA, Frolova NA. Prospects for the use of a hulling-grinding machine for obtaining flour from Sorghum bicolor. *Pischevaya promyshlennost'*. 2024;(2):72-74. (In Russ.). DOI: 10.52653/PPI. 2024.2.2.014. EDN: PQKMHT.

Статья принята к публикации 12.11.2024 / The article accepted for publication 12.11.2024.

Информация об авторах:

Нина Анатольевна Фролова¹, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования, доктор технических наук, доцент

Василий Владимирович Верхотуров², директор Института агроинженерии и пищевых систем, доктор биологических наук, доцент

Елена Евгеньевна Веремей³, старший преподаватель кафедры инжиниринга технологического оборудования

Information about the authors:

Nina Anatolyevna Frolova¹, Professor at the Department of Engineering of Technological Equipment, Doctor of Technical Sciences, Docent

Vasily Vladimirovich Verkhoturov², Director of the Institute of Agricultural Engineering and Food Systems, Doctor of Biological Sciences, Docent

Elena Evgenievna Veremey³, Senior Lecturer, Department of Engineering of Technological Equipment

