

Мария Сергеевна Есипова¹, Елена Александровна Молибога²,
Марина Николаевна Школьникова³, Евгений Дмитриевич Рожнов⁴

^{1,2}Омский государственный технический университет, Омск, Россия

^{3,4}Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

¹esipovamarija@rambler.ru

²mea130980@mail.ru

³shkolnikova.m.n@mail.ru

⁴red.bti@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ НОВОГО СОРТА ЛЮПИНА БЕЛОГО ПИЩЕВОГО, РАЙОНИРОВАННОГО В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследований – изучить показатели качества и безопасности, а также аминокислотный профиль бобовой культуры – люпина белого пищевого, выращенного в Омской области. Исследования осуществлялись в лаборатории кафедры «Биотехнология, технология общественного питания и товароведения» Омского технического университета в условиях опыта и научно-производственной лаборатории Омского научного центра. Объекты исследований – зерна люпина белого пищевого сортообразцов Б1-2023 и Д-2023, предварительно подготовленные для удаления оболочки, промытые, высушенные и измельченные на лабораторной мельнице до порошка тонкого помола. Значения показателей качества и безопасности, содержание протеиногенных аминокислот определены стандартными методами. Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакета Statistica 10. Зерна сорта Д-2023 характеризовались меньшим содержанием влаги и жира – на 0,3 %, углеводов – на 0,5 %, превосходили сорт Б1-2023 по содержанию сырого протеина на 1,1 %. Наиболее выраженной сортовой особенностью люпина белого является накопление протеина. Наименьшее влияние сортовые особенности выбранных для исследования сортообразцов оказывают на накопление жира и влаги (78,6 %). Макронутриентный профиль образцов люпина близок к значениям сортов, выращенных в Брянской области. Содержание токсичных элементов в образцах муки из зерен люпина ниже допустимого ТР ТС 015 уровня, микотоксины, пестициды и радионуклиды не обнаружены. Оба образца зерен люпина характеризуются значительным содержанием аминокислот, в т. ч. незаменимых: лейцин + изолейцин, лизин, аргинин. Несмотря на то, что по количественному составу аминокислот зерна люпина Д-2023 превосходят зерна сорта Б1-2023 на 0,054 %, аминокислотный профиль последнего более близок к «идеальному» белку.

Ключевые слова: люпин белый пищевой, макронутриенты, пищевая безопасность, аминокислотный профиль люпина белого, «идеальный» белок

Для цитирования: Есипова М.С., Молибога Е.А., Школьникова М.Н., и др. Исследование качества и безопасности нового сорта люпина белого пищевого, районированного в Омской области // Вестник КрасГАУ. 2025. № 4. С. 295–309. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-295-309.

Maria Sergeevna Esipova¹, Elena Aleksandrovna Moliboga², Marina Nikolaevna Shkolnikova³,
Evgeny Dmitrievich Rozhnov⁴

^{1,2}Omsk State Technical University, Omsk, Russia

^{3,4}Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

¹esipovamarija@rambler.ru

²mea130980@mail.ru

³shkolnikova.m.n@mail.ru

⁴red.bti@yandex.ru

STUDYING QUALITY AND SAFETY OF A NEW FOOD VARIETY OF WHITE LUPINE ZONED IN OMSK REGION

The aim of research is to study the quality and safety indicators, as well as the amino acid profile of the legume crop - white edible lupine, grown in the Omsk Region. The studies were carried out in the laboratory of the Department of Biotechnology, Public Catering Technology and Commodity Science of Omsk Technical University under experimental conditions and in the scientific and production laboratory of the Omsk Scientific Center. The objects of research were grains of white edible lupine varieties B1-2023 and D-2023, pre-prepared for shell removal, washed, dried and ground in a laboratory mill to a fine powder. The values of quality and safety indicators, the content of proteinogenic amino acids were determined by standard methods. Statistical processing of the research results was carried out using the Statistica 10 package. Grains of the D-2023 variety were characterized by a lower moisture and fat content – by 0.3 %, carbohydrates – by 0.5 %, and exceeded the B1-2023 variety in crude protein content by 1.1 %. The most pronounced varietal feature of white lupine is the accumulation of protein. The least influence of the varietal characteristics of the varieties selected for the study is on the accumulation of fat and moisture (78.6 %). The macronutrient content of lupine samples is close to the values of varieties grown in the Bryansk Region. The content of toxic elements in the samples of flour from lupine grains is below the permissible level of TR CU 015, mycotoxins, pesticides and radionuclides were not detected. Both lupine grain samples are characterized by a significant content of amino acids, including essential ones: leucine + isoleucine, lysine, arginine. Despite the fact that in terms of the quantitative composition of amino acids, lupine grains D-2023 exceed grains of the B1-2023 variety by 0.054 %, the amino acid profile of the latter is closer to the "ideal" protein.

Keywords: white lupine food, macronutrients, food safety, amino acid profile of white lupine, "ideal" protein

For citation: Esipova MS, Moliboga EA, Shkolnikova MN, et al. Studying quality and safety of a new food variety of white lupine zoned in Omsk Region. *Bulletin of KSAU*. 2025;(4):295-309. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-295-309.

Введение. В связи с растущей потребностью населения в полноценном питании, а также необходимости обеспечения продовольственной безопасности все большее внимание уделяется обеспечению рациона человека основными питательными веществами. Среди макро-нутриентов особая роль отводится белкам, в том числе содержащим незаменимые аминокислоты – обязательные компоненты пищи, позволяющие поддерживать организму метаболическую активность, в особенности – рост и восстановление клеточного аппарата [1, 2]. Животные и растительные белки имеют значительные различия в пищевой ценности, усвояемости, разнообразии и биодоступности аминокислот. Рекомендуемой нормой употребления белка является 0,8–1,0 г чистого белка на 1 кг массы тела человека в день, при этом для предотвращения белок-дефицитного состояния требуется не менее 0,66 г чистого белка на 1 кг веса человека в день [3]. Уже некоторое время актуальным является поиск альтернативных источников белкового питания, что обусловлено различными факторами, в числе которых можно выделить: развитие концепций устойчивого развития

и снижения углеродного следа животноводческих производств; массовое распространение ограничительных диет, касающихся употребления продуктов животного происхождения; новые требования рынка, связанные в т. ч. с персонализацией питания, этическими соображениями и пользой для человека [2, 4].

Одним из важных источников белка для человека являются бобовые: горох, фасоль, соя, чечевица и др., отличающиеся высоким содержанием белка (до 25–30 %), а также сопутствующими питательными веществами – пищевыми волокнами, минералами, витаминами [5]. В тоже время необходимо отметить, что ряд бобовых в значительных количествах содержит антипитательные вещества (в частности ингибиторы пищеварительных ферментов, аллергены, алкалоиды, сапонины, фитаты, углеводы – стахиоза, раффиноза, вербаксоза и др.), требующие дополнительных технологических мер по их инактивации [6]. Так, для снижения содержания или удаления перечисленных веществ применяют замачивание, проращивание, селективную экстракцию, облучение, ферментативную обработку [7].

Среди всех зернобобовых культур стабильно высоким содержанием белка выгодно отличаются зерна люпина *Lupinus* spp. – от 29,5 до 53,0 % [8]. Так, люпин многолетний (*Lupinus perennis* L.) содержит от 32,0 до 46,0 % белка, однако в России данный вид этой культуры мало распространен и практически не имеет промышленного значения. Кроме того, во всех частях люпина многолетнего обнаруживаются ядовитые алколоиды: люпанин, лютинидин и спартенин [9], что дополнительно ограничивает возможности его использования [10].

Люпин белый (*Lupinus albus* L.) из всех выращиваемых сортов бобовых культур отличается наиболее высоким потенциалом урожая, отсутствием ограничений в отношении особенностей почвы или климата и способностью эффективно фиксировать азот из почвы, в связи с этим для его культивирования пригодны даже бедные песчаные сельхозугодья [11]. На селекционных полях урожайность белого люпина достигает 7–8 т/га, в производственных условиях – до 6 т/га. Зерна содержат до 37,0–42,0 % белка, 8–12 % жира и 9,5–10,5 % клетчатки. Внедрение в производство новых сортов селекции ВНИИ люпина – филиала ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса позволило увеличить посевную площадь под этой бобовой культурой в России по сравнению с 2011 г. почти в 8,5 раз – с 14,5 до 122,5 тыс. га [12]. В исследовании М. Erbaş и соавторов [13] приводятся характеристики зерен люпина белого, выращенного в Турции. Плотность, масса тысячи зерен и насыпная плотность (натура) составили 1,16 г/см³, 411,4 г и 681,2 г/л соответственно. В ходе данного исследования установлено, что среднее содержание белка в люпине белом составляет не менее 32,2 %; клетчатки – 16,2; масла – 5,95; сахаров – 5,82 %, в т. ч. сахарозы до 71,0 % от общего содержания сахаров в семенах. Авторами показано, что содержание витаминов группы В в исследуемых образцах составляет, мг/кг: тиамин – до 3,9; рибофлавин – до 2,3 и ниацин – до 39,0. Определено, что масло семян люпина содержит 13,5 % насыщенных, 55,4 % мононенасыщенных и 31,1 % полиненасыщенных жирных кислот. Представленные авторами данные позволяют сделать вывод, что зерна люпина белого являются перспективными сырьевым компонентом, обладающим высокой пищевой ценностью.

В работе [14] исследовали зерна различных бобовых культур и установили, что зерна люпина белого отличаются высоким содержанием таких микроэлементов как Mg и K, а также Cu, Zn и Fe ($p < 0,05$). Также в изученных зернах люпина белого было обнаружено самое высокое содержание α -линоленовой кислоты – 0,67 %, а суммарное содержание гипохолестеринемических жирных кислот в составе масла составляло в среднем 86 %. Авторами также отмечено, что имелась положительная корреляция между содержанием незаменимых жирных кислот и полиненасыщенных жирных кислот и антирадикальной активностью люпина белого, определенной с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила ($p < 0,05$). Таким образом, было показано, что существует значительный защитный потенциал зерен люпина, в том числе, для профилактики и лечения диетозависимых заболеваний.

Отечественными учеными С.В. Лукиным, С.В. Селюковой, Е.А. Празиной и Н.С. Четвериковой было исследовано содержание макро- и микроэлементов в зернах люпина белого в сравнении с семенами сои. В ходе выполненного комплекса исследований было установлено, что зерна люпина содержат в 6,3 раза больше кобальта, в 9,8 раза – молибдена, в 1,3 раза больше цинка, в то время как содержание меди меньше почти в 2 раза, а никеля – в 2,2 раза по сравнению с семенами сои [15]. И.А. Глотова и соавторы считают преимуществом люпина по сравнению с соей отсутствие ингибиторов пепсина и в 50–100 раз меньший уровень активности ингибиторов трипсина, которые относятся к сериновым протеиназам, локализованы в растворимой фракции белков и являются легко-растворимыми глобулинами [11].

В процессе анализа актуальных литературных источников были выявлены наиболее значимые исследования ученых из России и европейских стран, посвященные изучению химического состава зерен люпина и полученных из них продуктов. Так, в работе [16] была обобщена информация о пищевой и медицинской ценности люпина белого. Уникальные особенности белка, оптимальное соотношение омега-6 и омега-3 жирных кислот в составе люпинового масла, содержание клетчатки, а также других специфических компонентов – олигосахаридов, антиоксидантов и некрахмальных полисахаридов, делают люпин белый отличным сырьевым

компонентом при разработке рецептур и рационов питания многих здоровьесберегающих диет. Влияние компонентов люпина белого касается физиологического воздействия на организм человека, включая профилактику диабета, гипертонии, ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний, снижения концентрации липидов крови, гипергликемических состояний, аппетита, резистентности к инсулину и частоты возникновения колоректального рака. Автором данного исследования подчеркивается, что зерна люпина белого используются, в частности, для производства безглютеновой муки, бактериальных и грибковых ферментированных продуктов, лапши и других макаронных изделий, заменителей мяса, яичного белка и колбас, а также хлеба и чипсов. Отмечается, что зерна люпина не являются распространенным в пищевой индустрии ресурсным сырьевым компонентом, так как биохимический профиль семян люпина специфичен: наряду с содержащимися в небольших количествах в пищевых сортах алкалоидами, присутствуют соединения (прежде всего олигосахариды), характеризующиеся выраженной антиоксидантной и противоопухолевой активностью, а также способностью снижать содержание холестерина в крови человека.

По мнению исследователей из различных стран Европы, разработка новых продуктов с использованием зерен белого люпина, в первую очередь, должна быть ориентирована на замену продуктов животного происхождения (мясные альтернативы, вегетарианские спреды, десертные кремы, мороженое и овощные напитки), во-вторых, – разработка высокобелковых пищевых продуктов с отличными вкусовыми свойствами (колбасы, закуски и напитки) [17].

Были исследованы свойства и химический состав измельченных зерен люпина [18]. Показано, что по внешнему виду измельченные зерна люпина – мелкодисперсный порошок светлорыжевого цвета, с цветочным запахом, травянистым вкусом с типичными нотками бобовых культур. Установлено высокое содержание клетчатки при содержании жира – менее 10 %. Абсолютное содержание аминокислот – 39,98 г/100 г продукта. В профиле липидного комплекса измельченных зерен люпина преобладали олеиновая и линолевая кислоты – более 50 % от общего количества. Липиды зерен люпина наряду с триацилглицеридами содержат сопутствующие вещества с преобладающим

содержанием стероидов, алифатических спиртов, фосфолипидов и токоферолов. Эти особенности делают липидный комплекс зерен люпина перспективным средством для корректировки жирнокислотного состава пищевых продуктов функционального и специализированного назначения. Полученный продукт был использован для корректировки состава пищевой продукции различного назначения, в частности, разработанную на основе зерен люпина добавку предлагается использовать в качестве белкового обогатителя при производстве кондитерских изделий для замены классического компонента – муки пшеничной. В статье отмечено наличие в сырье алкалоидов, содержание которых, согласно международным нормам, не должно превышать 200 мг/кг (0,02 %), что было предусмотрено при разработке рецептурного состава изделия.

Коллектив исследователей [19] провел изучение 22 генотипов люпина по алкалоидным профилям методом ГХ-МС, собранных в разных регионах Италии. Наименьшее количество алкалоидов отмечено у люпина белого сортов Luxor, Aster, Rosetta, а также у всех сортов люпина желтого (*Lupinus luteus* L.) и люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.). Наиболее высокое содержание алкалоидов (18 979 и 19 340 мг/кг соответственно), было отмечено для сортов люпина Lublanc и Multitalia при многолетнем повторном высеве семян, что свидетельствовало о наличии генетического загрязнения, поскольку в каждом последующем высеве содержание алкалоидов увеличивалось. В составе исследуемых видов и генотипов люпина обнаружены различные алкалоидные профили: для люпина белого характерно наличие в составе лупанина, 13 α -гидроксилупанина, альбина, а также ангустифолина и 13 α -тиглоилоксилупанина (последние два – в том числе за счет переопыления семян); для люпина желтого характерно преобладание спартеина и люпинина; для люпина узколистного – 13 α -гидроксилупанина и ангустифолина. В этом же исследовании показано, что использование зерен с наибольшим содержанием общих алкалоидов достаточно перспективно в фармацевтике, так как экстракты алкалоидов люпина доказали значительную активность в отношении клинических изолятов грамотрицательных бактерий *Klebsiella pneumoniae* и *Pseudomonas aeruginosa*.

В работе [20] были представлены результаты исследований в рамках селекционной программы по трем культурным видам люпина: *Lupinus albus* L., *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus luteus* L. Авторы анализировали и сравнивали современные сорта культурных видов люпина, входящие в Государственный реестр селекционных достижений России по комплексным аспектам хозяйственно-биологического профиля. Было показано, что люпин желтый, более приспособленный к культивированию на легких супесчаных почвах, отличался более высоким содержанием белка в семенах – до 45–50 %. Люпин белый отличается достаточно высокой урожайностью (5–6 т/га) среди всех зернобобовых культур, при этом качество зерна близко к соевому (содержание белка и масла до 36–40 и 9–12 % соответственно). Авторами установлено, что увеличение роли люпина в составе возделываемых сельскохозяйственных культур окажется полезным не только для развития базы для производства кормов и пищевых продуктов в Российской Федерации, но и позволит улучшить систему земледелия в целом. Подчеркивается, что производство недорогого, экологически чистого растительного белка из зерен люпина позволит сократить использование дорогих, генетически модифицированных видов сои.

Показано, что выращивание люпина по сравнению с культурами семейства Мятликовых позволяет получать с единицы площади большее количество белка с более высоким качеством и усвояемостью [21]. Экономической целесообразности активного включения люпина в сельскохозяйственный севооборот способствуют два ключевых фактора: наличие в составе большого количества относительно недорогого белка и осуществление биологического циркулирования азота из воздуха в почву, что недоступно для других растений, не относящихся к бобовым культурам. За счет азотфиксации повышается урожайность и как следствие количество получаемого белка. Установлено, что люпин является отличным предшественником и для иных культур: позитивное влияние азотфиксации на урожайность сельскохозяйственных культур отмечается не менее чем в течении двух лет, при этом оно равнозначно ожидаемым эффектам от использования азотных удобрений в количестве 30–80 кг/га.

Необходимо отметить, что зерна люпина используются как научно и технологически обоснованная добавка в хлебопекарной, макарон-

ной, кондитерской и других отраслях пищевой промышленности [22]. Установлено, что семена люпина хранятся долго без потери своих ценных качеств, легко транспортируются, что способствует пополнению запасов биологически полноценных, здоровых, функциональных продуктов питания для населения и обеспечивает продовольственную безопасность страны.

Клинические исследования на животных и людях показали, что употребление семян рода *Lupinus* ssp. или полученных из него продуктов переработки оказывает положительное влияние на организм человека. Так в работе [23] приводятся данные о положительном влиянии хлеба, полученного с использованием муки из зерен люпина, на снижение артериального давления. Этот эффект был объяснен улучшением состояния сосудов за счет высокого содержания в белках люпина аминокислоты аргинина – физиологического субстрата для действия эндотелиальной NO-синтазы, за счет чего усиливаются вазодилаторные свойства эндотелия кровеносных сосудов.

Наличие в составе люпина специфического пептида γ -конглютина позволяет поддерживать уровень глюкозы в крови за счет улучшения периферической чувствительности к инсулину, снижения глюконеогенеза (в первую очередь, за счет экспрессии гена печеночной неоглюкогенной глюкозо-6-фосфатазы (G6PC) [24]) в клетках печени, а также увеличения секреции инсулина β -клетками поджелудочной железы и модуляции ферментативной активности кластера ферментов, связанных с метаболизмом глюкозы – прежде всего дипептидилпептидазы-4 (DPP-4) и α -гликозидазы. Специфические свойства γ -конглютина способствуют транслокации рецепторов инсулин-зависимого белка-переносчика глюкозы (GLUT-4) в клеточную мембрану, активизируют внутриклеточные киназы и адаптерные белки, участвующие в распознавании инсулина [25]. Эти данные были подтверждены в работе [26], в которой было показано, что γ -конглютин люпина белого снижает уровень глюкозы у здоровых людей и пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

Имеются данные [27] о влиянии диеты с белками люпина белого на экспрессию фермента CYP7A1, влияющего на скорость трансформации холестерина в желчные кислоты, которые выводятся далее из организма естественным образом.

Подводя итоги выполненного аналитического исследования источников по рассматриваемой тематике, можно сделать вывод о перспективности и необходимости проведения работ по изучению возможностей использования семян люпина белого в технологии продуктов питания.

Цель исследования – изучить показатели качества и безопасности, а также аминокислотный профиль бобовой культуры – люпина белого пищевого, выращенного в Омской области.

Задачи: проанализировать состав зерен люпина белого и продуктов их переработки, обуславливающий его функциональную направленность и перспективы использования в технологии продуктов питания; определить содержание макронутриентов в муке из зерен сортообразцов люпина Б1 и Д-2023, выращенных в Омском районе Омской области (далее муки из зерен сортообразцов люпина); в эксперименте подтвердить безопасность муки из зерен сортообразцов люпина Б1 и Д-2023; исследовать аминокислотный состав муки из зерен сортообразцов люпина Б1 и Д-2023 и определить соответствие «идеальному» белку.

Объекты и методы. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры «Биотехнология, технология общественного питания и товароведения» Омского технического университета (ОмГТУ) и научно-производственной лаборатории Омского научного центра.

В качестве объектов исследования были отобраны зерна люпина белого пищевого сортообразцов Б1-2023 и Д-2023, выращенные в Омском районе Омской области в 2023 г. Обяза-

тельным условием при использовании семян люпина считается удаление оболочки, содержащей в своем составе антипитательные вещества [28], поэтому была проведена подготовка образцов по [29]: зерна предварительно замачивали в воде с добавлением хлористого натрия при температуре 80 °С в течение 2–3 ч. Затем плотная оболочка, содержащая в большей степени целлюлозу и гемицеллюлозу, отделялась, зерна промывались для удаления остатков соли и высушивались на воздухе до воздушно-сухого состояния. Очищенные и высушенные зерна люпина перемалывались с использованием лабораторной мельницы «Вьюга-3М» (Россия, ООО «Экан-Сервис»). Внешний вид образцов зерна люпина до и после измельчения представлен на рисунке 1.

Органолептические характеристики муки из зерен люпина определяли в стандартных условиях с использованием принципов общей методологии органолептического анализа по ГОСТ ISO 6658–2016.

При оценке качества люпина влажность зерен люпина определяли высушиванием при температуре 100–105 °С по ГОСТ 13496.3, содержание сырого протеина – при использовании аппарата Кьельдаля АКВ-20 (Россия, ООО «Вилитек») по ГОСТ 32044.1; содержание жира – экстракцией в аппарате Сокслета по ГОСТ 13496.15. Содержание углеводов определяли расчетным методом, вычитая из общей массы зерна (100 %) количества определенных компонентов (в %).



Рис. 1. Внешний вид зерен люпина сортообразцов Б1 (А), Д-2023 (В) и муки после их измельчения (С и D – соответственно)

Appearance of lupine seeds of varieties B1 (A), D-2023 (B) and products of their grinding (C and D, respectively)

Показатели безопасности люпина определяли в соответствии с методами, изложенными в методике М 04-64-2017 «Определение массовой доли кадмия, мышьяка, олова, ртути, свинца, хрома в пробах пищевых продуктов, продовольственного сырья, кормов, комбикормов и сырья для их производства» и М 04-77-2012 «Определение массовой доли железа, кобальта, марганца, меди, молибдена, селена и цинка в пробах кормовых добавок (премиксах, концентратах) и комбикормов с использованием атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД» (Россия, ООО «Люмэкс-маркетинг»).

Содержание протеиногенных аминокислот определяли методом капиллярного электрофореза по ГОСТ Р 55569-2013 с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105М» (Россия, ООО «Люмэкс-маркетинг»).

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакета Statistica 10. Для оценки изменений показателей качества и безопасности использовали дисперсионный анализ (независимая переменная – сорт люпина), сравнение средних значений осуществляли с использованием теста Тьюки

($p < 0,05$); сила влияния независимой переменной на изменение изучаемых показателей оценивалась методом Снедекора ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. На начальном этапе исследования была проведена органолептическая оценка муки из семян люпина (табл. 1).

Был изучен макронутриентный профиль муки из исследуемых сортов образцов люпина белого (табл. 2).

При исследовании показателей безопасности (табл. 3) было установлено, что содержание токсичных элементов в муке из зерен люпина выбранных сортов образцов ниже допустимого уровня ($p < 0,05$).

В образцах муки из зерен люпина было определено содержание протеиногенных аминокислот. Типичная электрофореграмма представлена на рисунке 2. В таблице 4 представлены данные по содержанию отдельных аминокислот в муке из зерен люпина.

На рисунке 3 показано количественное соответствие незаменимых кислот, содержащихся в муке из зерен люпина, незаменимым аминокислотам в «идеальном белке» [30].

Таблица 1

Органолептические показатели муки из зерен люпина
Organoleptic characteristics of lupine seed flour

Показатель	Характеристика показателя для сортаобразца	
	Б1	Д-2023
Внешний вид	Однородный порошок тонкого помола, без посторонних включений	
Цвет	светло-желтый	желтый
Вкус	Характерный, без посторонних привкусов и горечи	
Запах	Умеренно выраженный, характерный, без посторонних запахов	
Наличие примесей	Не обнаружено	

Таблица 2

Макронутриентный профиль муки из зерен сортов образцов люпина (n = 5)
Macronutrient profile of flour from seeds of lupine varieties (n = 5)

Показатель	Значение показателя для сортаобразца		Сила влияния сорта, %
	Б1	Д-2023	
Массовая доля влаги, %	10,5±0,2 ^a	10,2±0,2 ^b	90,0 ($p < 0,01$)
Массовая доля жира, %	11,2±0,3 ^{ab}	10,9±0,3 ^{ab}	78,6 ($p < 0,05$)
Массовая доля сырого протеина, %	30,8±0,2 ^a	31,9±0,2 ^b	99,2 ($p < 0,01$)
Массовая доля углеводов, %	47,5±0,2 ^a	47,0±0,2 ^b	96,2 ($p < 0,01$)

Примечания: различия средних значений с разными строчными буквами (a-b – по сорту) существенны ($p < 0,05$).

Показатели безопасности муки из зерен сортообразцов люпина (n = 5)
Safety indicators of flour from lupine seed varieties (n = 5)

Показатель безопасности	Допустимый уровень по ТР ТС 015	Значение показателя для сортообразца	
		Б1	Д-2023
Содержание токсичных элементов, мкг/кг:			
свинец (Pb)	Не более 0,5	0,31±0,01 ^a	0,27±0,01 ^b
мышьяк (As)	Не более 0,3	0,05±0,01 ^{ab}	0,04±0,01 ^{ab}
кадмий (Cd)	Не более 0,1	0,10±0,01 ^{ab}	0,09±0,01 ^{ab}
ртуть (Hg)	Не более 0,02	0,002±0,001 ^a	0,015±0,001 ^b
медь (Cu)	–	0,12±0,04 ^{ab}	0,11±0,04 ^{ab}
цинк (Zn)	–	4,25±1,30 ^{ab}	4,23±1,30 ^{ab}
селен (Se)	–	Следы	Следы
хром (Cr)	–	Следы	Следы
никель (Ni)	–	Следы	Следы
Массовая доля пестицидов, мг/кг:			
ГХЦГ (сумма изомеров)	Не более 0,5	0,020±0,002 ^a	0,015±0,002 ^b
ДДТ и его метаболиты	Не более 0,05	0,006±0,001 ^{ab}	0,005±0,001 ^{ab}
Массовая доля микотоксинов, мг/кг:			
Афлатоксин В1	Не более 0,005	<0,003 (0,001)	<0,003 (0,001)

Примечания: различия средних значений с разными строчными буквами (a-b – по сорту) существенны (p < 0,05).

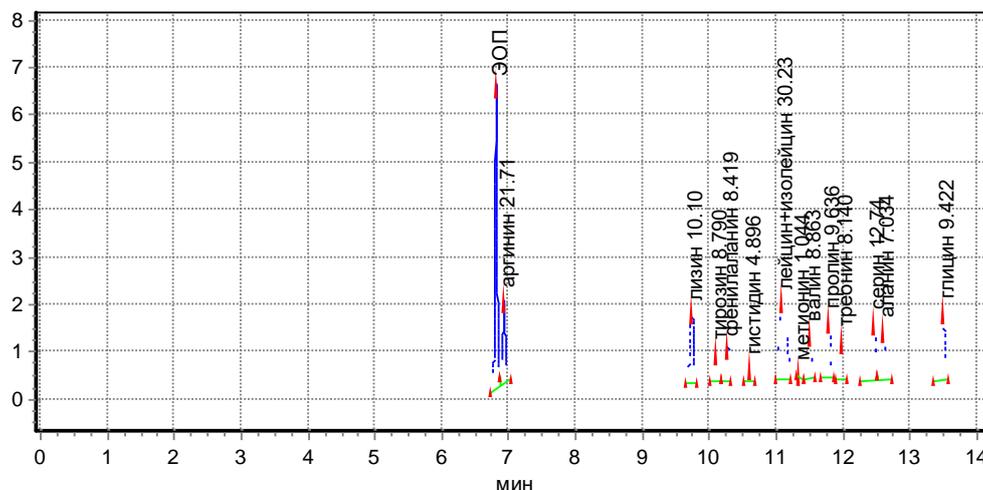


Рис. 2. Типичная электрофореграмма гидролизатов белков муки из зерен сортообразцов люпина

Typical electrophoresis of protein hydrolysates of flour from seeds of lupine varieties

Аминокислотный профиль муки из зерен сортообразцов люпина (n = 5)
Amino acid profile of flour from lupine seed varieties (n = 5)

Аминокислота	Содержание аминокислоты, %		Сила влияния сорта, %
	Б1	Д-2023	
1	2	3	4
Лизин	1,133±0,085 ^a	0,977±0,068 ^b	96,0 (p<0,01)
Тирозин	0,986±0,052 ^a	0,837±0,037 ^b	97,7 (p<0,01)
Фенилаланин	0,945±0,068 ^a	0,762±0,076 ^b	96,2 (p<0,01)

1	2	3	4
Гистидин	0,549±0,075 ^{ab}	0,487±0,057 ^{ab}	76,9 (p<0,05)
Лейцин+изолейцин	3,212±0,243 ^a	2,882±0,176 ^b	90,4 (p<0,01)
Метионин	0,117±0,037 ^a	0,171±0,049 ^b	85,7 (p<0,01)
Валин	0,994±0,054 ^a	0,804±0,130 ^b	93,3 (p<0,01)
Треонин	0,913±0,085 ^{ab}	0,839±0,104 ^{ab}	70,0 (p<0,05)
Пролин	1,081±0,080 ^a	0,868±0,061 ^b	97,2 (p<0,01)
Аргинин	2,436±0,250 ^a	2,070±0,196 ^b	91,1 (p<0,01)
Серин	1,429±0,155 ^a	1,136±0,112 ^b	94,8 (p<0,01)
Аланин	0,789±0,055 ^a	0,641±0,085 ^b	94,2 (p<0,01)
Глицин	1,057±0,106 ^a	0,873±0,074 ^b	94,0 (p<0,01)
Глутамин + глутаминовая кислота	6,282±0,348 ^a	7,563±0,280 ^b	98,5 (p<0,01)
Аспарагин + аспарагиновая кислота	3,925±0,293 ^a	4,681±0,347 ^b	95,5 (p<0,01)

Примечания: различия средних значений с разными строчными буквами (a-b – по сорту) существенны (p < 0,05).

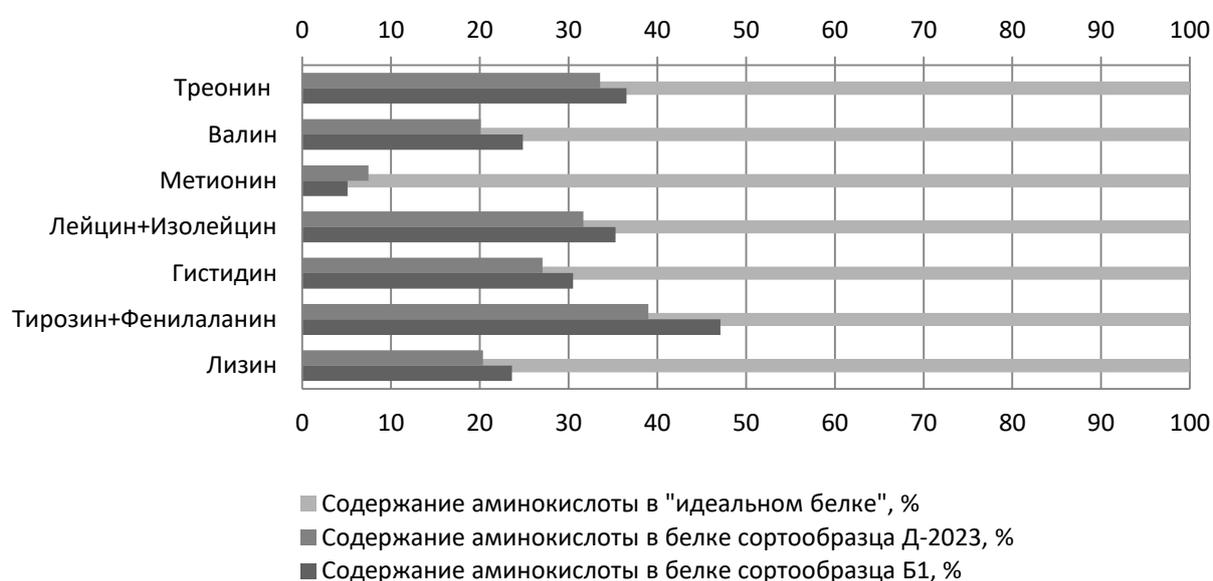


Рис. 3. Соответствие аминокислотного профиля белков люпина идеальному белку (нормировано относительно содержания индивидуальной аминокислоты в идеальном белке)

Compliance of the amino acid profile of lupine proteins with the ideal protein (normalized relative to the individual amino acid content of an ideal protein)

Использование муки люпина в пищевых целях достаточно широко освещается в научных публикациях. Показано [31, 32], что использование муки люпина в комбинации с пшеничной увеличивает водопоглотительную способность теста, время образования теста, а также наблюдается рост устойчивости теста к замесу, в связи с чем рекомендуется внесение люпиновой муки в количестве не более 10 % к массе пшеничной муки высшего сорта. В ходе дегустации (количество оценщиков – 7 чел.) было установ-

лено, что мука люпина из исследуемых сортов Д-2023 и Б1 представляет собой порошок тонкого помола, в полученной муке отсутствуют характерные другим бобовым культурам запах и вкус, без горечи, запах умеренно выраженный, при разжевывании муки из семян люпина, смоченной водой, не ощущается хруста.

Как следует из представленных данных (см. табл. 2), наиболее выраженной сортовой особенностью люпина белого является накопление протеина. Наименьшее влияние сорто-

вые особенности выбранных для исследования сортообразцов оказывают на накопление жира (78,6 % ($p < 0,05$)). Кроме того, как показали результаты исследования, при определении содержания массовой доли жира не было установлено достоверного различия этого показателя между двумя исследуемыми образцами. Полученные в исследовании данные о макронутриентном профиле муки из зерен люпина коррелируют с аналогичными исследованиями, проведенными в работе [33]. Так, показано, что содержание воды в зерне люпина находится в диапазоне от 8,25 до 10,3 %; жиров – от 6,97 до 11,32; углеводов – от 38,77 до 40,18 и белка – от 37,79 до 39,31 %. В этой же работе отмечается, что люпин содержит все незаменимые аминокислоты и является хорошим источником аспарагиновой и глутаминовой кислот, а также их амидов – аспарагина и глутамин. Согласно полученным результатам (см. табл. 4.) в составе белков люпина белого преобладают аминокислоты (для сортообразцов Б1 и Д-2023 соответственно): заменимые – глутамин и глутаминовая кислота (суммарно – $6,282 \pm 0,348$ и $7,563 \pm 0,280$ %), аспарагин и аспарагиновая кислота (суммарно – $3,925 \pm 0,293$ и $4,681 \pm 0,347$ %); незаменимые – лейцин и изолейцин (суммарно – $3,212 \pm 0,243$ и $2,882 \pm 0,176$ %) и лизин ($1,133 \pm 0,085$ и $0,977 \pm 0,068$ %). При этом практически для всех аминокислот их накопление значительно зависит от сорта люпина (влияние фактора от 85,7 до 98,5 %, $p < 0,01$). Наименьшее влияние сортовые особенности люпина влияют на накопление гистидина и треонина (сила влияния фактора «сорт» – 76,9 и 70,0 % соответственно, $p < 0,05$). Можно видеть (см. рис. 3), что лимитирующей аминокислотой в белке люпина белого изучаемых сортообразцов является метионин, обеспечивающий для сортообразца Б1 удовлетворение суточной нормы в аминокислоте всего на 5,1 %, для сортообразца Д-2023 – на 7,4 %. Наибольшее соответствие идеальному белку показано для тирозина и фенилаланина (удовлетворение суточной нормы – 47,1 и 39,0 % для сортообразцов Б1 и Д-2023. Однако, для использования муки люпина при проектировании сбалансированных по аминокислотному составу продуктов питания необходимым условием будет являться дополнительное использование других видов белкового сырья.

Исследованиями [28, 34] подтверждено, что культивируемые сорта люпина пищевого по са-

нитарно-гигиеническим показателям соответствуют требованиям и не склонны к избыточному накоплению токсичных элементов, а их содержание в несколько раз меньше допустимых нормативными документами уровня. Микотоксины, пестициды, а также радионуклиды образцах обнаружены не были ($p < 0,05$). В тоже время, было отмечено, что отсутствуют статистически значимые различия между изучаемыми образцами зерна люпина по содержанию таких токсичных элементов как мышьяк, кадмий, медь и цинк, аналогично статистически неразличимо содержание ДДТ и его метаболитов.

Таким образом, совокупность проведенных исследований позволяет рассматривать семена люпина белого сортообразцов Б1 и Д-2023 как перспективный источник растительного белка, являющегося источником заменимых и незаменимых аминокислот, с подтвержденным качеством и безопасностью.

Заключение: Зерна люпина белого (*Lupinus albus* L.) среди зернобобовых культур выгодно выделяются стабильно высоким содержанием белка – 37–42 %, отсутствием ингибиторов пепсина и в 50–100 раз меньшим уровнем активности ингибиторов трипсина, а сама культура отличается наиболее высоким потенциалом урожая при отсутствии ограничений в отношении особенностей почвы или климата. Кроме того, зерна люпина белого отличает оптимальное соотношение омега-6 и омега-3 жирных кислот, содержание клетчатки до 16 %, жира – до 12 %, витаминов группы В (тиамина, рибофлавина, ниацина), Mg, K, Cu, Zn и Fe, а также других специфических компонентов – олигосахаридов, антиоксидантов и некрахмальных полисахаридов. Как и все бобовые культуры, зерна люпина содержат ряд антипитательных веществ белковой, углеводной и гликозидной природы, для снижения содержания или удаления которых применяют замачивание, проращивание, селективную экстракцию, облучение, ферментативную обработку. Влияние компонентов люпина белого касается физиологического воздействия на организм человека, включая профилактику диабета, гипертонии, ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний, снижения концентрации липидов крови, гипергликемических состояний, аппетита, резистентности к инсулину и частоты возникновения колоректального рака. Приведенные данные говорят о высоком потенциале зерен люпина белого при разработке рецеп-

тур продуктов питания как функциональных, так и назначения в направлении замены продуктов животного происхождения, в т. ч. разработки высокобелковых пищевых продуктов с отличными вкусовыми свойствами. Так, известен опыт использования зерен люпина белого в производстве заменителей мяса, яичного белка и колбас, а также безглютеновой муки, макаронных изделий и др. С практической точки зрения важно и то, что зерна люпина хранятся длительное время без потери своих ценных качеств.

В эксперименте установлено, что зерна сорта Д-2023 характеризуются меньшим содержанием влаги и жира – на 0,3 %, углеводов на 0,5 %, превосходит сорт Б 1-2023 по содержанию сырого протеина на 1,1 %. Наиболее выраженной сортовой особенностью люпина белого является накопление протеина. Наименьшее влияние сортовые особенности выбранных для исследования сортообразцов оказывают на накопление жира и влаги (78,6 %). Подтверждена безопасность образцов: содержание токсичных элементов в образцах муки из зерен люпина ниже допустимого ТР ТС 015 уровня, микотоксины, пестициды и радионуклиды не обнаружены.

Показано, что в составе белков образцов зерен люпина белого преобладают аминокислоты (для сортообразцов Б1-2023 и Д-2023 соответственно): заменимые – глутамин и глутаминовая кислота (суммарно – $6,282 \pm 0,348$ и $7,563 \pm 0,280$ %), аспарагин и аспарагиновая кислота

(суммарно – $3,925 \pm 0,293$ и $4,681 \pm 0,347$ %); незаменимые – лейцин и изолейцин (суммарно – $3,212 \pm 0,243$ и $2,882 \pm 0,176$ %) и лизин ($1,133 \pm 0,085$ и $0,977 \pm 0,068$ %). Лимитирующей аминокислотой в белке люпина белого изучаемых сортообразцов является метионин, обеспечивающий для сортообразца Б1 удовлетворение суточной нормы в аминокислоте всего на 5,1 %, для сортообразца Д-2023 – на 7,4 %. Наибольшее соответствие идеальному белку показано для тирозина и фенилаланина (удовлетворение суточной нормы – 47,1 и 39,0 % для сортообразцов Б1 и Д-2023).

Таким образом, впервые получены значения макронутриентного и аминокислотного профилей образцов муки из зерен сортообразцов люпина Б1-2023 и Д-2023, выращенных в Омской области; установлена хорошая сходимость результатов с другими регионами, что говорит о перспективности и необходимости продолжения исследований в части использования муки и зерен люпина белого в технологии продуктов питания, в частности – творожных продуктах. Вместе с тем, при использовании муки люпина в проектировании сбалансированных по аминокислотному составу продуктов питания необходимым условием будет являться дополнительное использование других видов белкового сырья. Что послужит одним из направлений дальнейших исследований авторов.

Список источников

1. Otero D.M., Mendes G.D. R.L., da Silva Lucas A.J., et al. Exploring alternative protein sources: Evidence from patents and articles focusing on food markets // *Food Chemistry*. 2024. Vol. 394. Article: 133486. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133486. EDN: UBHWFF.
2. Akharume F.U., Aluko R.E., Adedeji A.A. Modification of plant proteins for improved functionality: A review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. Vol. 20, № 1. P. 198–224. DOI: 10.1111/1541-4337.12688. EDN: MMIDNW.
3. Sá A.G.A, Moreno Y.M.F., Carciofi B.A.M. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet // *Trends in Food Science and Technology*. 2020. Vol. 97. P. 170–184. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.01.011. EDN: AFZXRП.
4. Sá A.G.A, Moreno Y.M.F., Carciofi B.A.M. Food processing for the improvement of plant proteins digestibility // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. Vol. 60, № 20. P. 3367–3386. DOI: 10.1080/10408398.2019.1688249.
5. Руцкая В.И., Гапонов Н.В. Опыт использования люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности (обзор) // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021. № 1 (37). С. 83–89. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-83-89. EDN: HEZCXU.
6. Das G., Sharma A., Sarkar P.K. Conventional and emerging processing techniques for the post-harvest reduction of antinutrients in edible legumes // *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2, № 1. Article: 100112. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100112. EDN: ZAJQMD.

7. Зубова Е.В., Залетова Т.В., Капитанова Г.И., и др. Пищевая ценность белого люпина и перспективы его использования в производстве продуктов питания из растительного сырья // Аграрная наука. 2023. № 369 (4). С. 137–144. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144. EDN: FLRVVG.
8. Boukid F., Pasqualone A. Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: Characteristics, safety and food applications // European Food Research and Technology. 2022. Vol. 248, № 2. P. 345–356. DOI: 10.1007/s00217-021-03909-5. EDN: XCVXTZ.
9. Bermúdez-Torres K., Ferval M., Hernández-Sánchez A.M., et al. Molecular and chemical markers to illustrate the complex diversity of the genus *Lupinus* (Fabaceae) // Diversity. 2021. Vol. 13, № 6. Article: 263. DOI: 10.3390/d13060263. EDN: OQZURK.
10. Тимошенко Е.С., Руцкая В.И., Яговенко Г.Л. К вопросу о возможности использования люпина в производстве продуктов питания // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 71–81. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-08. EDN: SRYWBM.
11. Глотова И.А., Рязанцева А.О., Галочкина Н.А., и др. Семена люпина – альтернатива сое в формировании потребительских свойств продовольственных товаров // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2019. № 2. С. 69–79. DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-2-69-79. EDN: NGAIHW.
12. Пимохова Л.И., Мисникова Н.В., Царапнева Ж.В., и др. Развитие и распространение фузариоза в посевах белого люпина при разных погодных условиях Брянской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 3 (51). С. 48–57. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-48-57. EDN: RNQDBM.
13. Erbaş M., Certel M., Uslu M.K. Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.) // Food Chemistry. 2014. Vol. 89, № 3. P. 341–345. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.02.040.
14. Grela E.R., Samolińska W., Kiczorowska B., et al. Content of minerals and fatty acids and their correlation with phytochemical compounds and antioxidant activity of leguminous seeds // Biological Trace Element Research. 2017. Vol. 180. P. 338–348. DOI: 10.1007/s12011-017-1005-3 EDN: MQPOLP.
15. Lukin S.V., Selyukova S.V., Prazina E. A., et al. A comparative evaluation of macro-and microelement composition of plants of white lupine and soybean // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2018. Vol. 5, № 6. P. 6133–6137. EDN: XZLLOX.
16. Prusinski J. White lupin (*Lupinus albus* L.) nutritional and health values in human nutrition a review // Czech Journal of Food Sciences. 2017. Vol. 35, № 2. P. 95–105. DOI: 10.17221/114/2016-CJFS.
17. Lucas M.M., Stoddard F.L., Annicchiarico P., et al. The future of lupin as a protein crop in Europe // Frontiers in Plant Science. 2015. Vol. 6. Article: 705. DOI: 10.3389/fpls.2015.00705.
18. Tarasenko N.A., Butina E.A., Gerasimenko E.O., et al. Investigation into chemical composition of powdered lupine seeds // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017. Vol. 9, № 6. P. 1002–1006. EDN: YYYIUJ.
19. Romeo F.V., Fabroni S., Ballistreri G., et al. Characterization and antimicrobial activity of alkaloid extracts from seeds of different genotypes of *Lupinus* spp. // Sustainability. 2018. Vol. 10, № 3. Article: 788. DOI: 10.3390/su10030788.
20. Yagovenko G.L., Lukashevich M.I., Ageeva P.A., et al. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian lupin scientific research institute. In: International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science" (AEES 2021). London, 2022. Article: 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012096. EDN: EABTSG.
21. Rukshan L., Navazlova A., Kudin D. Quality analysis and prospects for the use of lupin seeds of belarusian selection // Food Science and Applied Biotechnology. 2019. Vol. 3, № 1. P. 22–29. DOI: 10.30721/fsab2020.v3.i1.71. EDN: AMJPZO.
22. Никонович Ю.Н., Тарасенко Н.А., Болгова Д.Ю. Использование продуктов переработки семян люпина в пищевой промышленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2017. № 1 (355). С. 9–12. EDN: YHESLF.
23. Pereira A., Ramos F., Sanches Silva A. Lupin (*Lupinus albus* L.) seeds: balancing the good and the bad and addressing future challenges // Molecules. 2022. Vol. 27, № 23. Article: 8557. DOI: 10.3390/molecules27238557. EDN: TMLRY Y.

24. González-Santiago A.E., Vargas-Guerrero B., García-López P.M., et al. Lupinus albus conglutin gamma modifies the gene expressions of enzymes involved in glucose hepatic production *in vivo* // Plant foods for human nutrition. 2017. Vol. 72. P. 134–140. DOI: 10.1007/s11130-016-0597-7. EDN: PEBAHA.
25. Tapadia M., Johnson S., Utikar R., et al. Antidiabetic effects and mechanisms of action of γ -conglutin from lupin seeds // J. Funct. Foods. 2021. Vol. 87. Article: 104786. DOI: 10.1016/j.jff.2021.104786. EDN: BHXRKY.
26. Sedláková K., Straková E., Suchý P., et al. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – A review // Acta Vet. Brno. 2016. Vol. 85. P: 165–175. DOI: 10.2754/avb201685020165.
27. Cabello-Hurtado F., Keller J., Ley J., et al. Proteomics for exploiting diversity of lupin seed storage proteins and their use as nutraceuticals for health and welfare // J. Proteomics. 2016. Vol. 143. P: 57–68. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.03.026.
28. Тарасенко Н.А., Бутина Е.А., Болгова Д.Ю., и др. Исследование качества, безопасности и состава качества порошка из семян люпина // Новые технологии. 2019. № 1 (47). С. 189–198. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10119. EDN: KZOOVT.
29. Купреенко А.И., Кондрашова О.Н. Совершенствование технологии отделения оболочки семян сои и люпина // Техника и технологии в животноводстве. 2015. № 4 (20). С. 80–83. EDN: VBWKJV.
30. Brestenský M., Nitrayová S., Patráš P., et al. Dietary requirements for proteins and amino acids in human nutrition // Current Nutrition & Food Science. 2019. Vol. 15, № 7. P: 638–645. DOI: 10.2174/1573401314666180507123506. EDN: DFCBTB.
31. Печникова Ю.Ю. Кандроков Р.Х., Быстров Д.И. Влияние дозировки люпиновой муки на показатели качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12 (201). С. 290–302. DOI 10.36718/1819-4036-2023-12-290-302. EDN: DBGJKV.
32. Анисимова Л.В., Серебренникова Е.С., Бондаренко В.Е., и др. Реологические свойства теста из смеси пшеничной и люпиновой муки // Ползуновский вестник. 2018. № 4. С. 40–44. EDN: YUKIDB.
33. Агафонова С.В., Рыков А.И., Мезенова О.Я. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности // Вестник международной академии холода. 2019. № 2. С. 79–85. DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-2-79-85. EDN: SYKBCI.
34. Тимошенко Е.С., Лукашевич М.И., Яговенко Г.Л., и др. Характеристика перспективных сортов люпина Мичуринский и Белорозовый 144 для пищевого использования // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 2. С. 188–200. DOI: 10.36107/10.36107/spfp.2022.310. EDN: VZCUFT.

References

1. Otero DM, Mendes GDRL, da Silva Lucas AJ, et al. Exploring alternative protein sources: Evidence from patents and articles focusing on food markets. *Food Chemistry*. 2024;39:133486. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133486. EDN: UBHWFF.
2. Akharume FU, Aluko RE, Adedeji AA. Modification of plant proteins for improved functionality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021;20(1):198-224. DOI: 10.1111/1541-4337.12688. EDN: MMIDNW.
3. Sá AGA, Moreno YMF, Carciofi BAM. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;97:170-184. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.01.011. EDN: AFZXP.
4. Sá AGA, Moreno YMF, Carciofi BAM. Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019;60(20):3367-86. DOI: 10.1080/10408398.2019.1688249.
5. Rutskaya VI, Gaponov NV. Experience of use of lupin and products of its processing in food industry (review). *Legumes and Groat Crops*. 2021;1(37):83-89. (In Russ.) DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-83-89. EDN: HEZCXU.
6. Das G, Sharma A, Sarkar PK. Conventional and emerging processing techniques for the post-harvest reduction of antinutrients in edible legumes. *Applied Food Research*. 2022;2(1):100112. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100112. EDN: ZAJQMD.

7. Zubova EV, Zaletova TV, Kapitanova GI, et al. Nutritional value of white lupin and prospects of its use in the production of food from vegetable raw materials. *Agrarian science*. 2023;(4):137-144. (In Russ.) DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144. EDN: FLRVVG.
8. Boukid F, Pasqualone A. Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: Characteristics, safety and food applications. *European Food Research and Technology*. 2022;248(2):345-356. DOI: 10.1007/s00217-021-03909-5. EDN: XCVXTZ.
9. Bermúdez-Torres K, Ferval M, Hernández-Sánchez AM, et al. Molecular and chemical markers to illustrate the complex diversity of the genus *Lupinus* (*Fabaceae*). *Diversity*. 2021;13(6):263. DOI: 10.3390/d13060263. EDN: OQZURK.
10. Timoshenko ES, Rutsкая VI, Yagovenko GL. About the possibility of use of “*Lupinus*” in food production. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022;2(66):71-81. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-08. EDN: SRYWBM.
11. Glotova IA, Ryazantseva AO, Galochkina NA, et al. Lupine seeds as an alternative to soy in terms of food products consumer properties. *Scientific journal NRU ITMO. Series “Processes and Food Production Equipment”*. 2019;2:69-79. (In Russ.) DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-2-69-79. EDN: NGAIHW.
12. Pimokhova LI, Misnikova NV, Tsarapneva ZhV, et al. Development and spread of fusarium in white lupin crops under different weather conditions in Bryansk Region. *Legumes and Groat Crops*. 2024;3(51):48-57. (In Russ.) DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-48-57. EDN: RNQDBM.
13. Erbaş M, Certel M, Uslu MK. Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*. 2014;89(3):341-345. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.02.040.
14. Grela ER, Samolińska W, Kiczorowska B, et al. Content of minerals and fatty acids and their correlation with phytochemical compounds and antioxidant activity of leguminous seeds. *Biological Trace Element Research*. 2017;180:338-348. DOI: 10.1007/s12011-017-1005-3. EDN: MQPOLP.
15. Lukin SV, Selyukova SV, Prazina EA, et al. A comparative evaluation of macro-and microelement composition of plants of white lupine and soybean. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018;5(6):6133-6137. EDN: XZLLOX.
16. Prusinski J. White lupin (*Lupinus albus* L.) nutritional and health values in human nutrition a review. *Czech Journal of Food Sciences*. 2017;35(2):95-105. DOI: 10.17221/114/2016-CJFS.
17. Lucas MM, Stoddard FL, Annicchiarico P, et al. The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science*. 2015;6:705. DOI: 10.3389/fpls.2015.00705.
18. Tarasenko NA, Butina EA, Gerasimenko EO, et al. Investigation into chemical composition of powdered lupine seeds. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017;9(6):1002-1006. EDN: YYYIUJ.
19. Romeo FV, Fabroni S, Ballistreri G, et al. Characterization and antimicrobial activity of alkaloid extracts from seeds of different genotypes of *Lupinus* spp. *Sustainability*. 2018;10(3):788. DOI: 10.3390/su10030788.
20. Yagovenko GL, Lukashevich MI, Ageeva PA, et al. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian lupin scientific research institute. *International scientific and practical conference “Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science” (AEES 2021). London, 2022:012096*. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012096. EDN: EABTSG.
21. Rukshan L, Navazlova A, Kudin D. Quality analysis and prospects for the use of lupin seeds of belarusian selection. *Food Science and Applied Biotechnology*. 2019;3(1):22-29. DOI: 10.30721/fsab2020.v3.i1.71. EDN: AMJPZO.
22. Nikonovich YuN, Tarasenko NA, Bolgova DYU. Use of processing products of lupine seeds in the food industry. *Izvestia Vuzov. Food Technology*. 2017;1(355):9-12. (In Russ.). EDN: YHESLF.
23. Pereira A, Ramos F, Sanches Silva A. Lupin (*Lupinus albus* L.) seeds: balancing the good and the bad and addressing future challenges. *Molecules*. 2022;27(23):8557. DOI: 10.3390/molecules27238557. EDN: TMLRYY.
24. González-Santiago AE, Vargas-Guerrero B, García-López PM, et al. *Lupinus albus* conglutin gamma modifies the gene expressions of enzymes involved in glucose hepatic production *in vivo*. *Plant foods for human nutrition*. 2017;72:134-140. DOI: 10.1007/s11130-016-0597-7. EDN: PEBAHA.
25. Tapadia M, Johnson S, Utikar R, et al. Antidiabetic effects and mechanisms of action of γ -conglutin from lupin seeds. *J. Funct. Foods*. 2021;87:104786. DOI: 10.1016/j.jff.2021.104786. EDN: BHXKRY.

26. Sedláková K, Straková E, Suchý P, et al. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – A review. *Acta Vet. Brno.* 2016;85:165-175. DOI: 10.2754/avb201685020165.
27. Cabello-Hurtado F, Keller J, Ley J, et al. Proteomics for exploiting diversity of lupin seed storage proteins and their use as nutraceuticals for health and welfare. *J. Proteomics.* 2016;143:57-68. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.03.026.
28. Tarasenko NA, Butina EA, Bolgova DY. et al. Research of quality, safety and composition of powder from lupin seeds. *New Technologies.* 2019;(1):189-198. (In Russ.). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10119. EDN: KZOOVT.
29. Kupreenko AI, Kondrashova ON. The soy and lupine seeds' husk separation technology's improvement. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve.* 2015;4(20):80-83. (In Russ.). EDN: VBWKJV.
30. Brestenský M, Nitravová S, Patráš P, et al. Dietary requirements for proteins and amino acids in human nutrition. *Current Nutrition & Food Science.* 2019;15(7):638-645. DOI: 10.2174/1573401314666180507123506. EDN: DFCBTB.
31. Pechnikova YuYu, Kandrov RKh, Bystrov DI. The influence of the lupine flour dosage on the quality indicators of bread made from premium wheat flour. *Bulletin of KSAU.* 2023;12(201):290-302. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-290-302. EDN: DBGJKV.
32. Anisimova LV, Serebrenikova ES, Bondarenko VE, et al. Reologicheskiye svoystva testa iz smesi pshenichnoy i lyupinovy muki. *Polzunovskiy vestnik.* 2018;4:40-44. (In Russ.). EDN: YUKIDB.
33. Agafonova SV, Rykov AI, Mezenova OYa. Biological value of lupine proteins and their prospects in the food industry. *Journal of International Academy of Refrigeration.* 2019;2:79-85. (In Russ.). DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-2-79-85. EDN: SYKBCI.
34. Timoshenko ES, Lukashevich MI, Yagovenko GL, et al. Characteristics of Promising Varieties of Lupine Michurinsky and Belorozovy 144 For Food Use. *Storage and Processing of Farm Products.* 2022;2:188-200. (In Russ.). DOI: 10.36107/10.36107/spfp.2022.310. EDN: VZCUFT.

Статья принята к публикации 24.03.2025 / The article accepted for publication 24.03.2025.

Информация об авторах:

Мария Сергеевна Есипова¹, старший преподаватель кафедры биотехнологии, технологии общественного питания и товароведения

Елена Александровна Молибога², профессор кафедры биотехнологии, технологии общественного питания и товароведения, доктор технических наук, доцент

Марина Николаевна Школьникова³, профессор кафедры технологий питания, доктор технических наук, доцент

Евгений Дмитриевич Рожнов⁴, профессор кафедры биотехнологии и инжиниринга, доктор технических наук

Information about the authors:

Maria Sergeevna Esipova¹, Senior Lecturer, Department of Biotechnology, Public Catering Technology and Commodity Science

Elena Aleksandrovna Moliboga², Professor at the Department of Biotechnology, Public Catering Technology and Commodity Science, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Marina Nikolaevna Shkolnikova³, Professor at the Department of Food Technology, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Evgeny Dmitrievich Rozhnov⁴, Professor at the Department of Biotechnology and Engineering, Doctor of Technical Sciences

