

УДК 633.367.3

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144

Е.В. Зубова, ✉
Т.В. Залетова,
Г.И. Капитанова,
О.Б. Терехова,
Н.В. Родыгина

Нижегородская государственная
сельскохозяйственная академия, Нижний
Новгород, Россия

✉ zelena111@ya.ru

Поступила в редакцию:
26.01.2023

Одобрена после рецензирования:
15.02.2023

Принята к публикации:
15.03.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144

Elena V. Zubova, ✉
Tatyuna V. Zaletova,
Galina I. Kapitanova,
Oksana B. Terekhova,
Nadezhda V. Rodygina

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy,
Nizhny Novgorod, Russia

✉ zelena111@ya.ru

Received by the editorial office:
26.01.2023

Accepted in revised:
15.02.2023

Accepted for publication:
15.03.2023

Пищевая ценность белого люпина и перспективы его использования в производстве продуктов питания из растительного сырья

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Бобовые считаются замечательным пищевым источником биологически ценных компонентов, которые могут положительно влиять на многие физиологические и метаболические процессы. Люпиновая мука содержит ценный белок, каротиноиды, витамин Е, макро- и микроэлементы, богата магнием, калием, железом. Отличительной чертой муки люпина является полное отсутствие в ее составе глиадины и глютена, что особенно важно для людей с нарушениями процесса пищеварения.

Методы. Изучены материалы научных исследований в области производства люпина, биохимического состава его семян, целесообразности применения продуктов переработки люпина в производстве продуктов питания из растительного сырья.

Результаты. Бобовые играют важную роль в питании человека и являются частью традиционного рациона многих регионов по всему миру. Бобовые, в том числе и белый люпин, содержат значительное количество белка, клетчатки, микроэлементов и многих ценных фитохимикатов. В составе ежедневного рациона могут оказывать благотворное физиологическое действие и, таким образом, помочь в контроле и профилактике заболеваний цивилизации, таких как сахарный диабет, ишемическая болезнь сердца, атеросклероз. Давней проблемой, связанной с бобовыми, является довольно высокое содержание антипитательных факторов, которые могут ограничить их биологическую ценность. Согласно текущим исследованиям, эти соединения могут быть легко удалены или уменьшены при изменении условий обработки. Некоторые из этих веществ могут также оказывать положительное влияние на здоровье человека. Люпиновая мука, белковые концентраты являются прекрасными функциональными ингредиентами и могут быть использованы для производства продуктов лечебно-профилактического и диетического назначения.

Ключевые слова: люпин белый, бобовые, белок, антипитательные факторы, люпиновая мука, функциональные продукты, лечебно-профилактическое питание

Для цитирования: Зубова Е.В., Залетова Т.В., Капитанова Г.И., Терехова О.Б., Родыгина Н.В. Пищевая ценность белого люпина и перспективы его использования в производстве продуктов питания из растительного сырья. *Аграрная наука.* 2023; 369(4): 137–144. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144>

© Зубова Е.В., Залетова Т.В., Капитанова Г.И., Терехова О.Б., Родыгина Н.В.

Nutritional value of white lupin and prospects of its use in the production of food from vegetable raw materials

ABSTRACT

Relevance. Legumes are considered a wonderful food source of biologically valuable components that can positively affect many physiological and metabolic processes. Lupine flour contains valuable protein, carotenoids, vitamin E, macro- and microelements, is rich in magnesium, potassium, iron. A distinctive feature of lupin flour is the complete absence of gliadin and gluten in its composition, which is especially important for people with digestive disorders, white lupin seed processing products can serve as excellent components to increase the nutritional value of food, primarily such as bakery and flour confectionery.

Methods. The materials of scientific research in the field of lupin production, the biochemical composition of its seeds, the feasibility of using lupin processing products in the production of food from plant raw materials have been studied.

Results. Legumes play an important role in human nutrition and are part of the traditional diet of many regions around the world. Legumes, including white lupin, contain a significant amount of protein, fiber, trace elements and many valuable phytochemicals. As part of the daily diet, they can have a beneficial physiological effect and, thus, can help in the control and prevention of diseases of civilization, such as diabetes mellitus, coronary heart disease, atherosclerosis. A long-standing problem associated with legumes is a rather high content of anti-nutritional factors that can limit their biological value. According to current research, these compounds can be easily removed or reduced when processing conditions change; some of these substances may also have a positive effect on human health.

Key words: white lupin, legumes, protein, anti-nutritional factors, lupin flour, functional products, therapeutic and preventive nutrition

For citation: Zubova E.V., Zaletova T.V., Kapitanova G.I., Terekhova O.B., Rodygina N.V. Nutritional value of white lupin and prospects of its use in the production of food from vegetable raw materials. *Agrarian science.* 2023; 369(4): 137–144. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144> (In Russian).

© Zubova E.V., Zaletova T.V., Kapitanova G.I., Terekhova O.B., Rodygina N.V.

Введение / Introduction

Люпин белый (*Lupinus albus* L.) является старейшим известным бобовым в истории. В настоящее время интерес производителей продуктов питания к белому люпину снова возрос. Он выделяется среди других видов люпина высокой семенной и белковой продуктивностью, способностью формировать урожай практически без внесения азотных удобрений.

Люпины считаются замечательным пищевым источником биологически ценных компонентов, которые могут положительно влиять на многие физиологические и метаболические процессы. Фенольные соединения, присутствующие в семенах бобовых, представлены фенольными кислотами, флавоноидами и конденсированными дубильными веществами. Существует ряд исследований, направленных на изучение содержания отдельных фенольных кислот (4-гидроксибензойной, кофейной, транс-*p*-кумаровой, транс-феруловой кислот, мирицитина), которое было определено в семенах всех исследованных сортов белого люпина [1, 2].

Бобовые играют важную роль в питании человека и являются частью традиционного рациона многих регионов по всему миру. Их выращивают в основном из-за съедобных семян, они занимают большие посевные площади по всему миру. Бобовые имеют невысокое содержание жира, но, с другой стороны, содержат значительное количество белка, клетчатки, микроэлементов и многих ценных фитохимикатов [3]. Бобовые в составе ежедневного рациона могут оказывать благотворное физиологическое действие и, таким образом, помочь в контроле и профилактике заболеваний цивилизации, таких как сахарный диабет, ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, ожирение [4].

Давней проблемой, связанной с бобовыми, является довольно высокое содержание антипитательных факторов, которые могут ограничить их биологическую ценность. Согласно текущим исследованиям, эти соединения могут быть легко удалены или уменьшены при изменении условий обработки; некоторые из этих веществ могут также оказывать положительное влияние на здоровье человека. Физические и химические методы, применяемые для уменьшения или удаления антипитательных факторов, — замачивание, проращивание, селективная экстракция, облучение, ферментативная обработка [5]. Благодаря известному положительному эффекту потребления бобовых их производство увеличивается во всем мире. Сообщается о более высоком потреблении бобовых (8–23 г на душу населения в день) в странах Средиземноморья, в Северной Европе — менее 5 г [6].

Цель работы — раскрыть и проанализировать доступную информацию о технологических особенностях белого люпина как продовольственной культуры, питательной ценности его семян, в том числе в разрезе сравнительной характеристики с семенами сои, о возможностях и подходах использования семян люпина в производстве продуктов питания

Материалы и методы / Materials and methods

Изучены материалы научных исследований в области производства люпина, биохимического состава его семян, целесообразности применения продуктов переработки люпина в производстве продуктов питания из растительного сырья. Поиск источников данных осуществляли в научных электронных библиотеках и поисковых системах: eLIBRARY.RU, cyberleninka.ru, reestr.gosortrf.ru, базе данных PubMed. Поискные за-

просы выполняли по следующим ключевым словам (на русском и английском языках): люпин белый, бобовые, белок, антипитательные факторы, люпиновая мука, функциональные продукты, лечебно-профилактическое питание.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

1. *Предпосылки производства белого люпина.* *Lupinus* — очень разнообразный, широко распространенный род семейства *Fabaceae* с многочисленными видами. Он встречается в широком диапазоне климатических условий — от субарктического региона до полупустынного и субтропического климата, а также от уровня моря до высокогорных экосистем (высота 4000 м). Виды рода можно разделить на две группы: (а) — виды «Старого Света», Средиземноморье, Северная и Восточная Африка, (б) — виды «Нового Света», Северная и Южная Америка [7]. Группа «Старый Свет» состоит всего из 12 однолетних видов и подразделяется на: (а) *Malacospermae*, гладкосемянные виды *L. angustifolius*, *L. albus*, *L. luteus*, *L. hispanicus* и *L. micranthus* с числом хромосом от $2n = 40–52$; (б) *Scabrispermae*, виды с грубым посевом *L. pilosus*, *L. cosentinii*, *L. digitalis*, *L. prinei*, *L. palaestinus*, *L. atlanticus* и *L. somaliensis* с числом хромосом от $2n = 32–42$ [8].

С другой стороны, группа «Новый Свет» состоит из гораздо большего количества видов, которые являются однолетними и травянистыми многолетниками, некоторые из них — кустарники [9]. Предполагаемое количество видов «Нового Света» составляет приблизительно 280, но они плохо определены таксономически [10]. Однако среди многочисленных видов рода культивируются только *L. angustifolius* (голубой люпин или люпин узколистный), *L. albus* (белый люпин), *L. luteus* (желтый люпин) из группы «Старый Свет» и *L. mutabilis* (андский люпин) из группы «Новый Свет». В сельскохозяйственном производстве России используют три однолетних вида люпина: белый (*Lupinus albus*), узколистный (*L. angustifolius*), желтый (*L. luteus*) [11].

Люпины, как и все бобовые культуры, фиксируют атмосферный азот, способствуя повышению плодородия почвы, а также урожайности последующих культур в системах севооборота. Обладая способностью фиксировать атмосферный азот до 300 кг/га, имея мощную стержневую корневую систему, проникающую в почву на глубину до 2 м, усваивая и перекачивая вверх фосфор, калий и другие элементы, люпин служит ценной сидеральной культурой [12]. Благодаря этому его можно использовать не только для улучшения плодородия почвы, но и для реабилитации деградированных земель.

Люпины относительно более устойчивы к нескольким абиотическим стрессам, чем другие бобовые, и обладают доказанным потенциалом для восстановления бедных и загрязненных почв. Благодаря корневым выделениям люпин разлагает труднодоступные для других растений фосфаты почвы, что позволяет обеспечивать свои потребности в фосфорном питании и улучшать фосфатный режим почвы [13].

Люпин, как типичный представитель бобовых культур, имеет приоритет и перспективу для развития органического земледелия и сопряженного с ним органического животноводства в связи с биологическими особенностями аккумуляции азота и естественного формирования почвенного плодородия при отсутствии ограничений в отношении почвы или климата. Семена люпина имеют приблизительно на 25% меньшую массу,

чем семена сои — очень популярной бобовой культуры [14]. Отмечается, что для континентального климата России больше подходит именно люпин, стратегически он так же важен, как соевые бобы для США и Бразилии. Единственной альтернативной культурой сое, в зерне которой содержатся более 40% протеина и полный набор незаменимых аминокислот, является люпин («северная соя», как его еще называют) [15].

Производство люпина и посевные площади по всему миру на 2017 год оцениваются примерно в 1 610 969 т и 930 717 га соответственно. Крупнейшим производителем является Океания, на долю которой приходится 64% и 55% мирового производства и посевных площадей соответственно, в то время как Европа занимает второе место. Доля мирового производства, приходящаяся на Европу, заметно увеличилась с 17,6% в 2013 году до 29% в 2017-м [16].

Выращивание люпина в Европе ограничено из-за малого числа целевых селекционных программ, что является решающим фактором низкой продуктивности и низкого расширения выращивания люпина в регионе [17]. Ожидается, что идентификация зародышевой плазмы с устойчивостью к ряду абиотических стрессов (известковые почвы, засуха, случайные заморозки и т.д.) расширит выращивание люпина в более широком диапазоне агроклиматических условий. Это может увеличить производство зерна или биомассы.

Другой ключевой проблемой является разработка адаптивных штаммов *Bradyrhizobium*, которые способствуют образованию клубеньков при различных стрессах и приводят к лучшему росту растений и повышению урожайности [18]. Кроме того, низкая урожайность из-за сезонной изменчивости [19], низкая цена на зерно люпина и политика ЕС, которая благоприятствовала импорту соевых бобов, способствовали снижению производства люпина в Европе, особенно во второй половине XX века [20]. Согласно Lucas и др. [16], люпин может быть основным видом выращивания в различных агроклиматических зонах и на маргинальных землях Европы.

Среди российских агрохолдингов и крестьянских фермерских хозяйств наблюдается тенденция экспоненциального роста посевных площадей под люпином с 2011 по 2016 год с 18 тыс. га до 140 тыс. га. Для отечественных сельхозпроизводителей люпин является более привлекательной культурой, чем соя, в связи с отсутствием ограничений в отношении особенностей почвы или климата. Важным конкурентным преимуществом люпина для России (по сравнению с соей) является его высокий адаптационный потенциал к почвенно-климатическим условиям в большинстве регионов страны [14]. Многие исследователи говорят о необходимости увеличения посевных площадей под люпин, считая, что это внесет ощутимый вклад в развитие агропромышленного комплекса страны [15, 21, 22].

По сравнению с соей белый люпин обладает большей азотфиксирующей активностью [23]. Обогащая почву симбиотическим азотом и органическим веществом, люпин не истощает почву, а, наоборот, повышает уровень плодородия и улучшает ее физическое, химическое и фитосанитарное состояние. Основное направление селекции возделываемых видов люпина — это селекция на улучшение качества продукции: пониженное содержание клетчатки и алкалоидов в зерне, повышенное содержание белка, лизина и жира [24]. В настоящее время в России выведен ряд сортов белого люпина с низким содержанием алкалоидов в зерне — малоалкалоидные сорта Дега, Гамма, Деснянский, Мичуринский, Алый па-

рус [25], что делает люпин перспективной культурой для производства и хорошей альтернативой сое.

2. *Биохимический состав и питательная ценность семян белого люпина.* Люпины используются в качестве сидеральных, кормовых и продовольственных культур, некоторые виды также используются в декоративных целях. Они традиционно являются частью рациона человека, главным образом, в Средиземноморском регионе и на Андском нагорье Южной Америки [26].

Более 3000 лет семена белого люпина использовались не только в качестве пищевого компонента, но и в терапевтических целях, хотя из-за высокого содержания алкалоидов его потребление в качестве пищевого компонента не считалось безопасным [27]. Интерес исследователей в последние годы особенно сосредоточен на селекции и производстве сортов люпина с высоким содержанием белка, низким содержанием алкалоидов и коротким вегетационным периодом [28]. Среди семян бобовых растений люпин является одним из самых богатых источников белка [21, 22, 24, 29].

Белок люпина потенциально может быть воспалительным агентом с положительным влиянием на метаболизм, усвоение питательных веществ и иммунитет [30]. Семена белого люпина содержат от 33 до 47% белка, 16,2% клетчатки, 5,95% масла, 5,82% сахара и, в отличие от злаков, низкое содержание крахмала (5–12%), богаты тиамин (3,9 мг/кг), рибофлавином (2,3 мг/кг) и ниацином (39 мг/кг) [31]. Люпин выделяется по содержанию минеральных веществ, ненасыщенных жирных кислот, водо- и жирорастворимых биологически активных веществ. В составе макроэлементов преобладают калий, фосфор и кальций, в составе микроэлементов — марганец, железо, цинк и медь. В зерне люпина не обнаружены токсичные элементы (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), количество которых ограничивается и в других зернобобовых культурах, предназначенных для употребления в пищу [32]. Согласно [33], семена белого люпина имеют низкое содержание натрия (0,17 г/кг), с другой стороны, они являются хорошим источником макроэлементов *K, P, Ca* и *Mg* (11,0, 5,2, 2,4 и 1,3 г/кг соответственно) и микроэлементов *Mn, Fe, Zn* и *Cu* (252, 39, 43 и 8 мг/кг соответственно). Витаминный состав семян люпина представлен пантотеновой кислотой, рибофлавином, тиамин, ниацином, β-каротином [34].

Важным компонентом семян люпина является масло (5–20%). Растительные масла обладают ценными пищевыми и биологическими свойствами, что обуславливает их разнонаправленное использование, в том числе в медицинских целях. Это объясняет интерес к получению новых видов растительных масел и изучению их свойств. Значительная доля в составе масла люпина приходится на полиненасыщенные жирные кислоты: линолевою, олеиновую и линоленовую. Масло семян люпина — уникальный продукт, богатый полиненасыщенными жирными кислотами, не уступающий по качеству растительным маслам высокого класса, таким как льняное и оливковое [35].

Несколько доклинических исследований показали, что семена *Lupinus albus L.* обладают антимицробной, антиоксидантной, противоглистной, гипополипидемической, гипогликемической, противосудорожной и антиатеросклеротической активностью [36–38]. Mazumder и др. [39] исследовали экстракты трихлоруксусной кислоты из оболочек семян и обнаружили индукцию апоптоза при раке поджелудочной железы человека. Содержание алкалоидов хинолизидина было на уровне ниже токсичности для человека, но с потенциальной пользой

для здоровья пациентов с диабетом. Авторы рассматривали люпин как потенциально нутрицевтический и функциональный продукт питания.

Как уже отмечалось, семена белого люпина являются прекрасной альтернативой семенам сои, не уступая ей в количественном и качественном содержании белка [15, 21, 29, 40]. По данным [41], в сое больше содержится сырого жира (табл. 1), что более важно для кормления животных и птицы. Для питания человека это, наоборот, может быть преимуществом, так продукт переработки бобов люпина будет менее калорийным.

Алкалоиды являются основными антипитательными веществами, присутствующими в семенах люпина и отличающимися его от других бобовых культур. Алкалоиды — часть структурно разнообразной группы из более 21 тыс. циклических азотсодержащих вторичных метаболитов, которые встречаются у 20% видов растений. *Lupinus albus* содержит алкалоид хинолизидин (QA). Идентификация основных генов, участвующих в биосинтезе QA, позволит точно селекционировать белый люпин с низким содержанием алкалоидов и высоким содержанием питательных веществ [42]. Кроме алкалоидов, к антипитательным веществам люпина также относятся ингибиторы пищеварительных ферментов, сапонины, фитаты (рис. 1). Однако подобные вещества найдены и в семенах сои, и других бобовых, причем количество ингибиторов трипсина в зерне люпина содержится в 100 раз меньше, чем в зерне сои [43].

По сути, антипитательные вещества являются естественными компонентами пищи, уменьшая их биологическую ценность за счет снижения усвоения соответствующих пищевых веществ, и содержатся практически во всех продуктах и сырье. С другой стороны, многие антипитательные факторы могут быть полезны для организма человека. Так, олигосахариды семейства раффинозы (RFOS) вызывают метеоризм у людей и животных. Метеоризм является единственным наиболее важным фактором, который сдерживает потребление и использование бобовых в рационе человека и животных. У людей RFOS оказывают благотворное воздействие на толстую кишку и продемонстрировали пребиотический потенциал, способствуя росту полезных бактерий, снижающих количество патогенов и гнилостных бактерий, присутствующих в толстой кишке. В дополнение к их пребиотическому потенциалу RFOS обладают многими другими биологическими функциями, такими как противоаллергические, против ожирения и диабета, профилактика неалкогольной жировой болезни печени [44]. По-видимому, должно пройти еще немало исследований, доказывающих пользу или вред наличия конкретных антипитательных факторов, их количественного содержания на организм человека и животных.

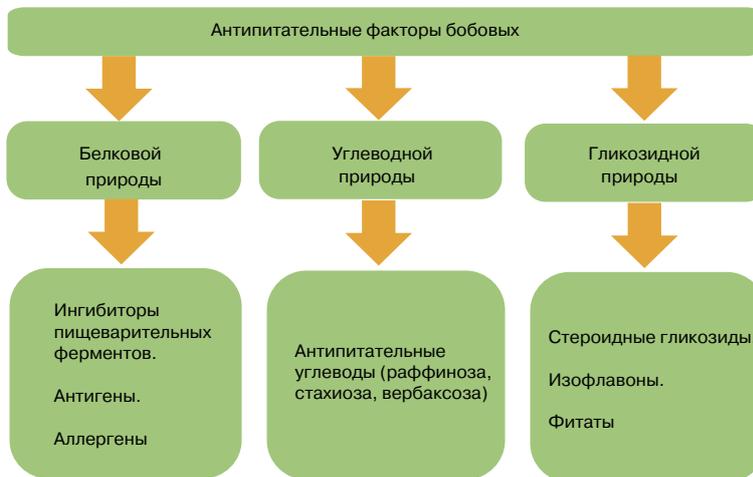
Таблица 1. Сравнительная характеристика состава семян сои и белого люпина (по данным авторов [41])

Table 1. Comparative characteristics of the composition of soybean seeds and white lupine (according to the authors [41])

Показатели	Соя (min-max)	Белый люпин (min-max)
Сырой протеин, %	34–38	34–40
Белок, %	32–38	32–37
Сырой жир, %	16–19	8–11
Сырая клетчатка, %	5–8	9–11
Углеводы без клетчатки, %	26–33	27–37
в том числе крахмал, %	2–3	16–19
сахар, %	6–9,5	3–4
пектины, %	1–3	8–14

Рис. 1. Примеры антипитательных веществ бобовых культур

Fig. 1. Examples of anti-nutritional substances of legumes



Снижение антипитательных факторов или предотвращение их накопления открывает возможности для увеличения потребления бобовых в рационе, помимо увеличения биодоступности питательных микроэлементов. Методы комплексной селекции обычно используются для использования имеющейся генетической изменчивости по питательным микроэлементам с помощью современных «омических» технологий, таких как геномика, транскриптомика, иономика и метаболомика, для получения биофортифицированных зерновых бобовых [45]. Снижению количества антипитательных веществ в бобовых способствует и различная обработка семян: влаготепловая, гидромеханическая и т. д. Так, термообработка способна снижать количество алкалоидов на 30–50%. В исследованиях [46] предварительная обработка, включающая ферментацию с использованием молочнокислых бактерий и дрожжей, используется для улучшения питательных и вкусовых свойств продуктов из бобовых, что повышает их приемлемость для потребителей.

Стоит также заметить, что соевый белок по причине трансгенности становится всё более непривлекательным, выбор остается за люпином в качестве основной экологически чистой негенномодифицированной белковой добавки в пищевых продуктах.

3. *Использование люпина в производстве продуктов питания.* В последние годы наука о функциональном пи-

тании приобрела большой интерес в связи с изменением состояния здоровья населения в развитых странах. Основными целями населения являются здоровье и высокое качество жизни. Продукты переработки люпина, такие как люпиновая мука и белковые концентраты, используются в качестве компонентов в хлебобулочных изделиях, бисквитах, макаронах, тортах, сухих завтраках и т. п. Эти продукты без глютена подходят также для людей с целиакией [47]. Продукты с добавлением люпина могут не только способствовать рациональному питанию и чувству сытости потребителей, но и помогают в профилактике заболеваний, улучшении липидного обмена и лечении артериального давления [48].

Разработка новых продуктов на основе белого люпина, вероятно, должна быть сосредоточена в первую очередь на замене продуктов животного происхождения (мясные альтернативы, вегетарианские спреды, десертные кремы, мороженое и овощные напитки). Другие цели включают высокобелковые пищевые продукты с отличными вкусовыми свойствами (колбасы, закуски и напитки) [16]. Многие компоненты семян белого люпина являются очень ценным сырьем для производства функциональных продуктов питания. Белковые гидролизаты с высоким содержанием биоактивных пептидов подходят для разработки функциональных продуктов питания и нутрицевтиков. Кроме того, большое количество пищевых волокон потенциально может быть использовано в производстве функциональных продуктов питания [49].

Отмечается, что внесение муки из люпина взамен части пшеничной муки приводит к существенным изменениям реологических характеристик теста, таких как водопоглощательная способность, показатель качества фаринографа, время образования теста. Изменяются также устойчивость теста к замесу и степень разжижения теста. Вносить рекомендуется до 10% люпиновой муки [50]. Даже при такой не слишком высокой дозе происходит увеличение содержания таких незаменимых аминокислот, как треонин, валин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин. Среди заменимых аминокислот наибольший прирост был отмечен для аргинина — с 350 до 600 мг / 100 г [51].

Люпиновая мука может быть использована и для производства мучных кондитерских изделий, например вафель. Исследования [52] подтверждают целесообразность внесения люпиновой муки взамен пшеничной в

количестве 20%. Полученные изделия характеризовались приятными вкусом и запахом, имели более насыщенный цвет.

Люпиновая мука в некоторой степени может быть использована как заменитель яицпродуктов. Это важно в том случае, когда у человека имеется аллергическая реакция на куриный белок или желток. Была предложена рецептура галет с полной заменой меланжа куриных яиц и 20% пшеничной муки на люпиновую. Готовые изделия имели ярко-желтую окраску, повышенное содержание белка, пищевых волокон, калия, фосфора, магния, железа [53].

Важным моментом является применение люпиновой муки в производстве продуктов питания для людей, больных целиакией. Для них токсичны не все, а лишь некоторые белки клейковины — проламины: глиадины пшеницы, секалины ржи и гордеины ячменя. Нетоксичны проламины кукурузы (зеин) и риса (оризенин), а также белки гречихи, сорго, люпина и амаранта. Сырьем для производства безглютеновых кондитерских изделий может служить мука люпина. При внесении 5–10% люпиновой муки не только коррелируются технологические свойства кулинарных изделий, но и повышается пищевая и биологическая ценность продукта, однако при дозировке более 15% готовые изделия характеризуются легким привкусом горечи [54].

Выводы / Conclusion

Продукты переработки люпина уже используются в технологиях пищевых продуктов во многих странах мира, но гораздо реже, чем ингредиенты соевых бобов, несмотря на их полезные свойства. Мука, белковые изоляты и концентраты люпина в основном используются в хлебобулочных и безглютеновых изделиях, хотя и в качестве второстепенных компонентов. Тем не менее каждый год на рынок поступают новые продукты, содержащие компоненты люпина. Несомненно, белый люпин заслуживает пристального внимания и изучения как культура, не уступающая сое (и даже превосходящая ее по многим полезным признакам). Для полноценного использования люпина в пищевой промышленности необходимо утвердить комплекс нормативных документов, таких как Технические условия, ГОСТ, отсутствие которых сдерживает эффективное и рациональное использование сортов отечественного белого люпина в выбранном направлении.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Magalhães S.C.Q., Taveira M., Cabrita A.R.J., Fonseca A.J.M., Valentão P., Andrade P.B. European marketable grain legume seeds: Further insight into phenolic compounds profiles. *Food Chemistry*. 2017; 215(15): 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.152>
- Sinkovič L., Pipan B., Šibul F., Nemeš I., Tepič Horecki A., Meglič V. Nutrients, Phytic Acid and Bioactive Compounds in Marketable Pulses. *Plants*. 2023; 12(1): 170. <https://doi.org/10.3390/plants12010170>
- Messina M.J. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999; 70(3): 439S–450S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.439s>
- Марков П., Марков Д., Воденичарова А. Полезные и диетические характеристики зернобобовых на основе медицинских доказательств. *Наука. Мысль*. 2016; (12): 24–30. eLIBRARY ID: 29043254

REFERENCES

- Magalhães S.C.Q., Taveira M., Cabrita A.R.J., Fonseca A.J.M., Valentão P., Andrade P.B. European marketable grain legume seeds: Further insight into phenolic compounds profiles. *Food Chemistry*. 2017; 215(15): 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.152>
- Sinkovič L., Pipan B., Šibul F., Nemeš I., Tepič Horecki A., Meglič V. Nutrients, Phytic Acid and Bioactive Compounds in Marketable Pulses. *Plants*. 2023; 12(1): 170. <https://doi.org/10.3390/plants12010170>
- Messina M.J. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999; 70(3): 439S–450S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.439s>
- Markov P., Markov D., Vodenicharova A. Healthy and dietary characteristics of grains on the basis of medical evidence. *Science. Thought*. 2016; (12): 24–30. (In Russian) eLIBRARY ID: 29043254

5. Ахангаран М., Афанасьев Д.А., Чернуха И.М., Машентцева Н.Г., Гаравири М. Биоактивные пептиды и антипитательные вещества нута: характеристика и свойства (обзор). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022; 183(1): 214–223. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-214-223>
6. Bouchenak M., Lamri-Senhadji M. Nutritional Quality of Legumes, and Their Role in Cardiometabolic Risk Prevention: A Review. *Journal of Medicinal Food*. 2013; 16(3): 185–198. <https://doi.org/10.1089/jmf.2011.0238>
7. Gladstones J.S. Distribution, origin, taxonomy, history and importance. Gladstones J.S., Atkins C.A., Hamblin J. (eds.) *Lupins as Crop Plants: Biology, Production, and Utilization*. Wallingford, UK: CABI. 1998; 1–39.
8. Naganowska B., Wolko B., Śliwińska E., Kaczmarek Z. Nuclear DNA content variation and species relationships in the genus *Lupinus* (Fabaceae). *Annals of Botany*. 2003; 92(3): 349–355. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg145>
9. Ainouche A.K., Bayer R.J. Phylogenetic relationships in *Lupinus* (Fabaceae: Papilionoideae) based on internal transcribed spacer sequences (its) of nuclear ribosomal DNA. *American Journal of Botany*. 1999; 86(4): 590–607.
10. Eastwood R.J., Drummond K.S., Shifino-Wittman M.T., Hughes S.E. Diversity and evolutionary history of lupines – conclusions from new phylogenies. Palta J.A., Berger J.B. (eds.) *Lupins for Health and Wealth*. Proceedings of the 12th International Lupin Conference, 14–18 Sept. 2008. Fremantle, Western Australia. Canterbury, New Zealand: *International Lupine Association*. 2008; 346–354.
11. Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Захарова М.В. Достижения и перспективы селекции люпина. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(2): 29–32. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10207>
12. Тамонов А.М. Сидеральный пар под картофель. *Владимирский земледелец*. 2016; (2): 27–29. eLIBRARY ID: 26453533
13. Коннова Л.В., Агеева П.А. Люпин как главный биологический потенциал юго-западного Нечерноземья. *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2022; 99(1): 51–58. eLIBRARY ID: 49909337
14. Глотова И.А., Рязанцева А.О., Галочкина Н.А., Куцова А.Е. Семена люпина – альтернатива сое в формировании потребительских свойств продовольственных товаров. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2019; (2): 69–79. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-2-69-79>
15. Артюхов А.И., Подобедов А.В. Люпин – важная составляющая часть стратегии самообеспечения России комбикормом. *Кормопроизводство*. 2012; (5): 3–4. eLIBRARY ID: 17748331
16. Lucas M.M. *et al.* The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science*. 2015; 6: 705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
17. Berger D.D., Buirchell B.J., Luckett D.J., Nelson M.N. Domestication bottlenecks limit genetic diversity and limit adaptation of the narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2012; 124(4): 637–652. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1736-z>
18. Annicchiarico P., Thami Alami I. Improving the adaptation of white lupine (*Lupinus albus* L.) to calcareous soils by selecting lime-resistant germplasm of plants and *Bradyrhizobium* strains. *Plant and Soil*. 2012; 350: 131–144.
19. Cherney S., Ben-Ari T., Peltzer E., Maynard J.-M., Makovsky D. Estimation of variability in the yield of grain legumes in Europe and America. *Scientific Reports*. 2015; 5: 11171. <https://doi.org/10.1038/srep11171>
20. Preysel S., Reckling M., Slake N., Zander P. The magnitude and economic value of the advantages of pre-sowing processing of grain legumes in Europe: an overview. *Field Culture Edition*. 2015; 175: 64–79.
21. Федорова З.Н. Белковые концентраты на основе люпина в рационе дойных коров в условиях Калининградской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020; (4): 170–174. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11221>
22. Гапонов Н. Люпин – наилучшая бобовая культура для создания высокопротеиновых концентратов. *Комбикорма*. 2019; (6): 40–42. <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2019-06-3-072>
23. Васильчиков А.Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур. *Земледелие*. 2014; (4): 8–11. eLIBRARY ID: 21685584
24. Ягovenko Г.Л., Мисникова Н.В. Роль Всероссийского научно-исследовательского института люпина в развитии люпиносеяния в России. *Кормопроизводство*. 2022; (6): 8–13. eLIBRARY ID: 49572138
5. Ahangaran M., Afanasev D.A., Chernukha I.M., Mashentseva N.G., Gharaviri M. Bioactive peptides and antinutrients in chickpea: description and properties (a review). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022; 183(1): 214–223. (In Russian) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-214-223>
6. Bouchenak M., Lamri-Senhadji M. Nutritional Quality of Legumes, and Their Role in Cardiometabolic Risk Prevention: A Review. *Journal of Medicinal Food*. 2013; 16(3): 185–198. <https://doi.org/10.1089/jmf.2011.0238>
7. Gladstones J.S. Distribution, origin, taxonomy, history and importance. Gladstones J.S., Atkins C.A., Hamblin J. (eds.) *Lupins as Crop Plants: Biology, Production, and Utilization*. Wallingford, UK: CABI. 1998; 1–39.
8. Naganowska B., Wolko B., Śliwińska E., Kaczmarek Z. Nuclear DNA content variation and species relationships in the genus *Lupinus* (Fabaceae). *Annals of Botany*. 2003; 92(3): 349–355. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg145>
9. Ainouche A.K., Bayer R.J. Phylogenetic relationships in *Lupinus* (Fabaceae: Papilionoideae) based on internal transcribed spacer sequences (its) of nuclear ribosomal DNA. *American Journal of Botany*. 1999; 86(4): 590–607.
10. Eastwood R.J., Drummond K.S., Shifino-Wittman M.T., Hughes S.E. Diversity and evolutionary history of lupines – conclusions from new phylogenies. Palta J.A., Berger J.B. (eds.) *Lupins for Health and Wealth*. Proceedings of the 12th International Lupin Conference, 14–18 Sept. 2008. Fremantle, Western Australia. Canterbury, New Zealand: *International Lupine Association*. 2008; 346–354.
11. Lukashevich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V., Zakharova M.V. Achievements and Prospects of Lupine Breeding. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018; 32(2): 29–32. (In Russian) <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10207>
12. Tamonov A.M. Sideral steam for potatoes. *Vladimir agriculturalist*. 2016; (2): 27–29. (In Russian) eLIBRARY ID: 26453533
13. Konnova L.V., Ageeva P.A. Lupin as an important biological potential of the South-West Non-Chernozem. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*. 2022; 99(1): 51–58. (In Russian) eLIBRARY ID: 49909337
14. Glotova I.A., Ryazantseva A.O., Galochkina N.A., Kutsova A.E. 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 Russian) <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-2-69-79>
15. Artyukhov A.I., Podobedov A.V. Lupine is the important part of strategy for Russia's self-provision with complementary protein. *Fodder Production*. 2012; (5): 3–4. (In Russian) eLIBRARY ID: 17748331
16. Lucas M.M. *et al.* The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science*. 2015; 6: 705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
17. Berger D.D., Buirchell B.J., Luckett D.J., Nelson M.N. Domestication bottlenecks limit genetic diversity and limit adaptation of the narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2012; 124(4): 637–652. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1736-z>
18. Annicchiarico P., Thami Alami I. Improving the adaptation of white lupine (*Lupinus albus* L.) to calcareous soils by selecting lime-resistant germplasm of plants and *Bradyrhizobium* strains. *Plant and Soil*. 2012; 350: 131–144.
19. Cherney S., Ben-Ari T., Peltzer E., Maynard J.-M., Makovsky D. Estimation of variability in the yield of grain legumes in Europe and America. *Scientific Reports*. 2015; 5: 11171. <https://doi.org/10.1038/srep11171>
20. Preysel S., Reckling M., Slake N., Zander P. The magnitude and economic value of the advantages of pre-sowing processing of grain legumes in Europe: an overview. *Field Culture Edition*. 2015; 175: 64–79.
21. Fedorova Z.N. Protein concentrates based on lupine in the diet of dairy cows in the conditions of the Kaliningrad region. *Legumes and groat crops*. 2020; (4): 170–174. (In Russian) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11221>
22. Gaponov N. Lupin – the best legume culture for creating high-protein concentrates. *Комбикорма*. 2019; (6): 40–42. (In Russian) <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2019-06-3-072>
23. Vasil'chikov A.G. Comparative quantitative evaluation of symbiotic nitrogen fixation of leguminous crops. *Zemledelie*. 2014; (4): 8–11. (In Russian) eLIBRARY ID: 21685584
24. Yagovenko G.L., Misnikova N.V. Role of the All-Russian Research Institute of Lupine in lupine cultivation in Russia. *Fodder Production*. 2022; (6): 8–13. (In Russian) eLIBRARY ID: 49572138

25. Описание сортов белого люпина. Официальный сайт Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9610203/> [дата обращения 17.01.2023]
26. Peterson D.S. Composition and nutritional use of lupins. Gladstones J.S., Atkins C.A., Hamblin J. (eds.) *Lupins as Crop Plants: Biology, Production, and Utilization*. Wallingford, UK: CABI. 1998; 353–384.
27. 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. <https://doi.org/10.17221/114/2016-CJFS>
28. Тимошенко Е.С., Лукашевич М.И., Яговенко Г.Л., Агеева П.А., Зайцева Н.М. Характеристика перспективных сортов люпина Мичуринский и Белорозовый 144 для пищевого использования. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2022; (2): 188–200. eLIBRARY ID: 49741289
29. Хрулев А.А., Бесчетникова Н.А. Белок из люпина: технологии, применение, перспективы. *Пищевая промышленность*. 2015; (12): 63–65. eLIBRARY ID: 25668779
30. Walsh C.J., Guinane C.M., O'Toole P.W., Cotter P.D., Beneficial modulation of the gut microbiota. *FEBS Letters*. 2014; 588(22): 4120–4130. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2014.03.035>
31. Erbaş M., Certel M., Uslu M.K. Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*. 2014; 89(3): 341–345. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.040>
32. Тимошенко Е.С., Рудкая В.И., Яговенко Г.Л. К вопросу о возможности использования люпина в производстве продуктов питания. *Известия нижегородского агроуниверситетского комплекса*. 2022; (2): 71–81. eLIBRARY ID: 49222400
33. Grela E.R., Samolińska W., Kiczorowska B., Klebaniuk R., Kiczorowski P. Content of minerals and fatty acids and their correlation with phytochemical compounds and antioxidant activity of leguminous seeds. *Biological Trace Element Research*. 2017; 180(2): 338–348. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1005-3>
34. Сорокин А.Е., Афонина Е.В. Использование люпина в питании. *Современная наука и инновации*. 2019; (4): 100–109. eLIBRARY ID: 44155638
35. Егорова Г.П., Шеленга Т.В., Проскурякова Г.И. Биохимическая характеристика семян люпина (*Lupinus* L.) из коллекции ВИР. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019; (3): 79–87. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11118>
36. Romeo F.V., Fabroni S., Ballistreri G., Muccilli S., Spina A., Rapisarda P. Characterization and Antimicrobial Activity of Alkaloid Extracts from Seeds of Different Genotypes of *Lupinus* spp. *Sustainability*. 2018; 10(3): 788. <https://doi.org/10.3390/su10030788>
37. Dubois O. *et al.* Lupin (*Lupinus* spp.) seeds exert anthelmintic activity associated with their alkaloid content. *Scientific Reports*. 2019; 9: 9070. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45654-6>
38. Bouchoucha R. *et al.* Anti-hyperglycemic and anti-hyperlipidemic effects of *Lupinus albus* in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind, placebo-controlled clinical trial. *International Journal of Pharmacology*. 2016; 12(8): 830–837. <https://doi.org/10.3923/ijp.2016.830.837>
39. Mazumder K., Chinkwo K., Farahnaky A., Kerr P. The potential of lupin as a functional food for the prevention of diabetes and pancreatic cancer. *Proceedings of the Abstract from 68th Australasian Grain Science Conference*. Wagga Wagga, Australia. 2018; 68.
40. Нициевская К.Н. Исследование семян сои и люпина пищевых сортов. Молодежь и наука. *Сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края*. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2014. Режим доступа: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/18633> [дата обращения 15.01.2023]
41. Подобед Л.И., Подобедов А.В., Полтинин А.П. Эффективно ли зерно белого люпина в составе комбикормов для животных и птицы без тепловой обработки? Персональный сайт доктора сельскохозяйственных наук Подобед Л.И. Режим доступа: http://podobed.org/effektivno_li_zerno_belogo_lyupina_v_sostave_kombikormov_dlya_zhivotnyh_i_ptitsy_bez_teplovooy_obrabo.html [дата обращения 17.01.2023]
42. Osorio C.E., Till B.J. A Bitter-Sweet Story: Unraveling the Genes Involved in Quinolizidine Alkaloid Synthesis in *Lupinus albus*. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 12: 795091. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.795091>
43. Нициевская К.Н., Мотовилов О.К. Антипитательные свойства семейств бобовых. *Перспектив Свободной-2016. Сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2016; 50–53. eLIBRARY ID: 39218161
25. Description of varieties of white lupine. Official website of the State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements. Available from: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9610203/> [accessed 17 January, 2023] (In Russian)
26. Peterson D.S. Composition and nutritional use of lupins. Gladstones J.S., Atkins C.A., Hamblin J. (eds.) *Lupins as Crop Plants: Biology, Production, and Utilization*. Wallingford, UK: CABI. 1998; 353–384.
27. 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. <https://doi.org/10.17221/114/2016-CJFS>
28. Timoshenko E.S., Lukashovich M.I., Yagovenko G.L., Ageeva P.A., Zaitseva N.M. Characteristics of Promising Varieties of Lupine Michurinsky and Belorozovy 144 For Food Use. *Storage and Processing of Farm Products*. 2022; (2): 188–200. (In Russian) eLIBRARY ID: 49741289
29. Chrulyov A.A., Beschetskova N.A. Lupine protein: technology, application, prospect. *Food Industry*. 2015; (12): 63–65. (In Russian) eLIBRARY ID: 25668779
30. Walsh C.J., Guinane C.M., O'Toole P.W., Cotter P.D., Beneficial modulation of the gut microbiota. *FEBS Letters*. 2014; 588(22): 4120–4130. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2014.03.035>
31. Erbaş M., Certel M., Uslu M.K. Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*. 2014; 89(3): 341–345. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.040>
32. Timoshenko E.S., Rutskaia V.I., Yagovenko G.L. About the possibility of use of "lupinus" in food production. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022; (2): 71–81. (In Russian) eLIBRARY ID: 49222400
33. Grela E.R., Samolińska W., Kiczorowska B., Klebaniuk R., Kiczorowski P. Content of minerals and fatty acids and their correlation with phytochemical compounds and antioxidant activity of leguminous seeds. *Biological Trace Element Research*. 2017; 180(2): 338–348. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1005-3>
34. Sorokin A.E., Afonina E.V. Lupin use in food. *Modern Science and Innovations*. 2019; (4): 100–109. (In Russian) eLIBRARY ID: 44155638
35. Egorova G.P., Shelenga T.V., Proskuryakova G.I. Biochemical characteristics of seeds of lupin (*Lupinus* L.) from VIR collection. *Legumes and grain crops*. 2019; (3): 79–87. (In Russian) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11118>
36. Romeo F.V., Fabroni S., Ballistreri G., Muccilli S., Spina A., Rapisarda P. Characterization and Antimicrobial Activity of Alkaloid Extracts from Seeds of Different Genotypes of *Lupinus* spp. *Sustainability*. 2018; 10(3): 788. <https://doi.org/10.3390/su10030788>
37. Dubois O. *et al.* Lupin (*Lupinus* spp.) seeds exert anthelmintic activity associated with their alkaloid content. *Scientific Reports*. 2019; 9: 9070. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45654-6>
38. Bouchoucha R. *et al.* Anti-hyperglycemic and anti-hyperlipidemic effects of *Lupinus albus* in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind, placebo-controlled clinical trial. *International Journal of Pharmacology*. 2016; 12(8): 830–837. <https://doi.org/10.3923/ijp.2016.830.837>
39. Mazumder K., Chinkwo K., Farahnaky A., Kerr P. The potential of lupin as a functional food for the prevention of diabetes and pancreatic cancer. *Proceedings of the Abstract from 68th Australasian Grain Science Conference*, Wagga Wagga, Australia. 2018; 68.
40. Nitiyevskaya K.N. Research of soybean and lupine seeds of food varieties. Youth and science. *A collection of proceedings of the X Anniversary All-Russian Scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, dedicated to the 80th anniversary of the formation of the Krasnoyarsk Territory*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University. 2014. Available from: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/18633> [accessed 15 January, 2023] (In Russian)
41. Podobed L.I., Podobedov A.V., Poltinin A.P. Is white lupine grain effective as part of animal and poultry feed without heat treatment? Personal website of Doctor of Agricultural Sciences Podobeda L.I. Available from: http://podobed.org/effektivno_li_zerno_belogo_lyupina_v_sostave_kombikormov_dlya_zhivotnyh_i_ptitsy_bez_teplovooy_obrabo.html [accessed 17 January, 2023] (In Russian)
42. Osorio C.E., Till B.J. A Bitter-Sweet Story: Unraveling the Genes Involved in Quinolizidine Alkaloid Synthesis in *Lupinus albus*. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 12: 795091. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.795091>
43. Nitiyevskaya K.N., Motovilov O.K. Anti-nutritional properties of the legume family. *Prospect Svobodny-2016. Collection of proceedings of the International Conference of students, postgraduates and young scientists*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University. 2016. 50–53. (In Russian) eLIBRARY ID: 39218161

44. Elango D. *et al.* Raffinose Family Oligosaccharides: Friend or Foe for Human and Plant Health? *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 829118. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829118>
45. Jha R. *et al.* Integrated breeding approaches to enhance the nutritional quality of food legumes. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 984700. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.984700>
46. Clemente A., Jimenez-Lopez J.C. Introduction to the Special Issue: Legumes as Food Ingredient: Characterization, Processing, and Applications. *Foods*. 2020; 9(11): 1525. <https://doi.org/10.3390/foods9111525>
47. Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В., Матюнина А.В., Малахова А.С. Обогащенные безглютеновые хлебобулочные изделия. *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*. 2021; 16: 79–93. eLIBRARY ID: 47739476
48. 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): 9–12. eLIBRARY ID: 28843462
49. Курчаева Е.Е., Тertychnaya Т.Н., Максимов И.В., Манжесов В.И. Использование люпиновой муки для производства функциональных продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2011; (10): 63–64. eLIBRARY ID: 17350729
50. Анисимова Л.В., Серебренникова Е.С., Бондаренко В.Е., Басов В.Ю. Реологические свойства теста из смеси пшеничной и люпиновой муки. *Ползуновский вестник*. 2018; (4): 40–44. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.04.008>
51. Рыжкова Т.А., Третьяков М.Ю., Чулков А.Н. Влияние добавок муки из люпина на биологическую ценность и структурно-механические свойства пшеничного теста. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2015; (1): 67–70. eLIBRARY ID: 23058242
52. Рыков А.И., Агафонова С.В. Перспективы использования муки из семян люпина для обогащения мучных кондитерских изделий. *Вестник молодежной науки*. 2018; (5): 10. eLIBRARY ID: 36769218
53. Ткач М.В. Специализированные галеты для лиц с аллергией на куриный белок, в том числе для геродиетического питания. *Проблемы идентификации, качества и конкурентоспособности потребительских товаров. Сборник статей V Международной конференции в области товароведения и экспертизы товаров. Курск: Университетская книга*. 2017; 309–311. eLIBRARY ID: 32387273
54. Матвеева И., Нестеренко В. Перспективные виды сырья для производства безглютеновых изделий. *Хлебопродукты*. 2011; (8): 42–44. eLIBRARY ID: 16568479

ОБ АВТОРАХ:

Елена Владимировна Зубова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, Нижний Новгород, 603107, Россия zelena111@ya.ru <https://orcid.org/0000-0003-3141-1761>

Татьяна Владимировна Залетова, кандидат сельскохозяйственных наук, декан, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, Нижний Новгород, 603107, Россия tanya.zaletova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6037-6892>

Галина Ивановна Капитанова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, Нижний Новгород, 603107, Россия kptngi@mail.ru

Оксана Борисовна Терехова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, Нижний Новгород, 603107, Россия opoluyanova@list.ru

Надежда Васильевна Родыгина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, Нижний Новгород, 603107, Россия rodygina1962@mail.ru

44. Elango D. *et al.* Raffinose Family Oligosaccharides: Friend or Foe for Human and Plant Health? *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 829118. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829118>
45. Jha R. *et al.* Integrated breeding approaches to enhance the nutritional quality of food legumes. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 984700. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.984700>
46. Clemente A., Jimenez-Lopez J.C. Introduction to the Special Issue: Legumes as Food Ingredient: Characterization, Processing, and Applications. *Foods*. 2020; 9(11): 1525. <https://doi.org/10.3390/foods9111525>
47. Zaytseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V., Matyunina A.V., Malakhova A.S. Fortified gluten-free bakery products. *Innovative technologies of production and storage of material values for state needs*. 2021; 16: 79–93. (In Russian) eLIBRARY ID: 47739476
48. Nikonovich Yu.N., Tarasenko N.A., Bolgova D.Yu. Use of processing products of lupine seeds in the food industry. *News of universities. Food Technology*. 2017; (1): 9–12. (In Russian) eLIBRARY ID: 28843462
49. Kurchaeva E.E., Tertychnaya T.N., Maksimov I.V., Manzhosov V.I. Perspectives of lupine flour usage in production technology of functional products. *Storage and Processing of Farm Products*. 2011; (10): 63–64. (In Russian) eLIBRARY ID: 17350729
50. Anisimova L.V., Serebrennikova E.S., Bondarenko V.E., Basov V.Yu. Rheological properties of dough from the mixture of wheat flour and lupin flour. *Polzunovskiy vestnik*. 2018; (4): 40–44. (In Russian) <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.04.008>
51. Ryzhkova T.A., Tretyakov M.Yu., Chulkov A.N. Influence lupinus flour additives on biological value and structural-mechanical properties of the wheat dough. *Legumes and groat crops*. 2015; (1): 67–70. (In Russian) eLIBRARY ID: 23058242
52. Rykov A., Agafonova S. Prospects of the use of flour of lupin for enriching the flour confectionery products. *Bulletin of Youth Science*. 2018; 5(17): 10. (In Russian) eLIBRARY ID: 36769218
53. Tkach M.V. Specialized gallets for persons with allergy on chicken white, including herodietic nutrition. *Problems of identification, quality and competitiveness of consumer goods. Collection of articles of the V International Conference in the field of Commodity science and examination of goods. Kursk: Universitetskaya kniga*. 2017; 309–311. (In Russian) eLIBRARY ID: 32387273
54. Matveeva I., Nesterenko V. Promising types of raw materials for the production of gluten-free products. *Khleboproducty*. 2011; (8): 42–44. (In Russian) eLIBRARY ID: 16568479

ABOUT THE AUTHORS:

Elena Vladimirovna Zubova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia zelena111@ya.ru <https://orcid.org/0000-0003-3141-1761>

Tatiana Vladimirovna Zaletova, Candidate of Agricultural Sciences, Dean, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia tanya.zaletova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6037-6892>

Galina Ivanovna Kapitanova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia kptngi@mail.ru

Oksana Borisovna Terekhova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia opoluyanova@list.ru

Nadezhda Vasilyevna Rodygina, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia rodygina1962@mail.ru