

УДК 633.367.2:633.367.3:664

Характеристика перспективных сортов люпина Мичуринский и Белорозовый 144 для пищевого использования

¹ ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

Е. С. Тимошенко¹, М. И. Лукашевич¹, Г. Л. Яговенко¹, П. А. Агеева¹,
Н. М. Зайцева¹

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Тимошенко Елена Сергеевна

Адрес: 241524, Россия, Брянская об-
ласть, Брянский район,
пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2
E-mail: el.timo32@mail.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования
доступны по запросу
у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Тимошенко Е. С., Лукашевич М. И.,
Яговенко Г. Л., Агеева П. А., &
Зайцева Н. М. (2022). Характеристика
перспективных сортов люпина
Мичуринский и Белорозовый 144 для
пищевого использования. *Хранение
и переработка сельхозсырья*, (2), 188-
200. [https://doi.org/10.36107/10.36107/
spfp.2022.310](https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.310)

ПОСТУПИЛА: 06.04.2022

ПРИНЯТА: 25.06.2022

ОПУБЛИКОВАНА: 30.06.2022

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение. Перспективным источником белка в пищевой промышленности является люпин, зерно которого содержит все незаменимые аминокислоты. Для пищевых целей необходимо использовать малоалкалоидные сорта люпина без горького привкуса, которые хорошо адаптируются к климатическим условиям многих регионов Российской Федерации. В настоящее время создан ряд новых сортов люпина с низкой алкалоидностью, включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ, а именно, Белорозовый 144 и Мичуринский. Необходимо массовое внедрение в производство отечественных сортов люпина как Мичуринский и Белорозовый 144 для получения дешевого белка, уменьшения импорта дорогостоящей трансгенной сои.

Цель. Проанализировать химические характеристики и показатели безопасности зерна люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144 для дальнейшего использования в пищевом направлении.

Материалы и методы. Приводятся данные биохимических (среднее за 2018–2020 гг.) и санитарно-гигиенических показателей безопасности (2020 г.) зерна белого люпина сорта Мичуринский и узколистного люпина сорта Белорозовый 144. Исследования по таким показателям как содержание белка, жира, лизина, алкалоидов в зерне белого и узколистного люпина проводились с помощью оборудования ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса» по общепринятым методикам.

Результаты. Показано, что максимальное содержание белка в данных сортах составляло 36,8 % и 33,8 %, соответственно, с содержанием алкалоидов на уровне 0,04 %. Наблюдаемые различия в содержании белка, жира, лизина в зерне исследуемых сортов объясняется генетическими и физиологическими особенностями видов люпина. В ходе исследований установлено, что содержание особо опасных соединений в зерне люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144 значительно ниже допустимого уровня. Изучаемые сорта люпина в сравнении с лучшими сортами сои и гороха занимают первое место по урожайности зерна и сбору белка с гектара. Следовательно, зерно люпина можно рекомендовать для использования в пищевой промышленности с целью производства продукции, обогащенной растительным белком.

Выводы. Внедрение в производство таких отечественных районированных сортов люпина как Мичуринский и Белорозовый 144 даст возможность получать дешевый экологически чистый белок, уменьшить импорт дорогостоящей трансгенной сои, а получаемая пищевая продукция будет более конкурентоспособной на рынке из-за низкой себестоимости производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

белый и узколистный люпин, сорт, биохимические показатели, параметры безопасности, пищевое использование

Characteristics of Promising Varieties of Lupine Michurinsky and Belorozovy 144 For Food Use

¹ The All-Russian Research Institute of Lupine – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

Elena S. Timoshenko¹, Mihail I. Lukashevich¹, German L. Yagovenko¹, Praskov'ya A. Ageeva¹, Natal'ya .M. Zaitseva¹

CORRESPONDENCE:

Elena S. Timoshenko
2, Berezovaya st., Bryansk region,
Bryansk district, settlement Michurinsky,
241524, Russian Federation
E-mail: el.timo32@mail.ru

FOR CITATIONS:

Timoshenko E. S., Lukashevich M. I., Yagovenko G. L., Ageeva P. A., & Zaitseva N. M. (2022). Characteristics of promising varieties of Lupine Michurinsky and Belorozovy 144 for food use. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 188-200. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.310>

RECEIVED: 06.04.2022

ACCEPTED: 25.06.2022

PUBLISHED: 30.06.2022

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background. A promising source of protein in the food industry is lupine, the grain of which contains all the essential amino acids. For food purposes, it is necessary to use low alkaloid varieties of lupine without a bitter aftertaste, which are well adapted to the climatic conditions of many regions of the Russian Federation. Currently, a number of new varieties of lupine with low alkaloid content have been created, included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation, namely, Belorozovy 144 and Michurinsky.

Purpose. The conducted studies allow us to analyze the chemical characteristics and safety indicators of lupine grains of the Michurinsky and Belorozovy 144 varieties for further use in the food direction.

Materials and Methods. The data of biochemical (average for 2018–2020) and sanitary and hygienic safety indicators (2020) of grain of white lupine of the Michurinsky variety and narrow-leaved lupine of the Belorozovy 144 variety are provided. Studies on such indicators as the content of protein, fat, lysine, alkaloids in the grain of white and narrow-leaved lupine were carried out using the equipment of the All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Feed Production and Agroecology named after N.N. V.R. Williams" according to generally accepted methods

Results. It was shown that the maximum protein content in these varieties was 36.8 % and 33.8 %, respectively, with the content of alkaloids at the level of 0.04 %. The observed differences in the content of protein, fat, lysine in the grain of the studied varieties are explained by the genetic and physiological characteristics of lupine species. In the course of research, it was found that the content of especially dangerous compounds in the grain of lupine varieties Michurinsky and Belorozovy 144 is significantly below the permissible level. The studied varieties of lupine, in comparison with the best varieties of soybeans and peas, rank first in terms of grain yield and protein collection per hectare.

Conclusions. Lupine grain can be recommended for use in the food industry in order to produce products enriched with vegetable protein. The introduction into production of such domestic zoned varieties of lupine as Michurinsky and Belorozovy 144 will make it possible to obtain cheap environmentally friendly protein, reduce the import of expensive transgenic soybeans, and the resulting food products will be more competitive in the market due to the low cost of production.

KEYWORDS

white and narrow-leaved lupine, variety, biochemical parameters, safety parameters, food use

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется продуктам растительного происхождения, которые способны решить проблему дефицита белка в рационе питания человека. Люпин — зернобобовая культура, зерно которого можно рассматривать как конкурентоспособное и полноценное растительное сырье для производства поликомпонентных белковых продуктов питания. Многие страны мира, такие как Австралия (сосредоточено 80 % мирового производства люпина, из которых 90 % экспортируется по всему миру, включая Европу), США, Франция, Австрия, Германия, Чили, Эквадор, Перу с давних времен используют люпин в пищу и считают люпиновую муку перспективным сырьем для создания пищевых продуктов и свидетельствуют о ее высоких технологических свойствах (Sedláková et al., 2016).

Алкалоиды люпина: нормы для безопасного использования

Европейское управление по безопасности пищевых продуктов (EFSA) в настоящее время не делает заявлений о вреде для здоровья в отношении ингредиентов люпина. Если клинические испытания продемонстрируют профилактическую роль продуктов на основе люпина в отношении таких заболеваний, как диабет, сердечно-сосудистые заболевания, ожирение и другие, то эти свойства, способствующие укреплению здоровья, могут дать важное преимущество люпина перед другими белковыми культурами (Lucas et al., 2015).

Основным антипитательным веществом люпина являются хинолизидиновые алкалоиды. Многочисленные научные исследования направлены на поиск малоалкалоидного люпинового сырья, изучение его химического состава и разработку способов и технологий производства белковых люпиновых концентратов для использования их в продуктах питания (Курчаева и др., 2011). Согласно принятым в России производственным стандартам, содержание алкалоидов в семенах люпина, предназначенных для пищевых целей, не должно превышать 0,04 % (40 мг/100 г) от массы семян (Купцов & Такунов, 2006); в некоторых европейских странах и Австралии не более 0,02 % (20 мг/100 г) (Frick et al., 2017), а безопасная суточная

доза алкалоидов без негативных побочных действий на организм человека составляет 0,35 мг/кг/сутки (Уполномоченный орган Австралии и Новой Зеландии по продуктам питания (ANZFA); продовольствие и сельское хозяйство Организации Объединенных Наций (FAO)).

Хинолизидиновые алкалоиды представляют собой вторичные метаболиты, которые защищают растения от насекомых. Большой интерес представляет вопрос по поводу потребления человеком зерна люпина и продуктов на его основе, поскольку высокие уровни придают горький вкус и могут привести к острой токсичности, характеризующейся такими симптомами, как нечеткость зрения, головная боль, слабость и тошнота (Frick et al., 2017).

Вышесказанное послужило стимулом для одного из приоритетных направлений в селекции люпина — создание сортов с низким содержанием алкалоидов. В настоящее время создан ряд новых сортов люпина с низкой алкалоидностью, включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ¹, которые могут использоваться на пищевые цели.

Характеристика сортов люпина

Сорт белого люпина Мичуринский выведен методом многократного индивидуально-семейного отбора скороспелых, продуктивных форм из украинского сорта Олешка (к-2980). Сорт скороспелый (длина вегетационного периода в среднем 110 дней), низкорослый (высота растения 60–65 см), имеет щитковидный компактный морфотип. Растения созревают дружно, бобы формируются только на главном стебле и укороченных побегах первого-второго порядка, устойчивы к растрескиванию бобов и осыпанию семян на корню, не боятся перестоя после созревания (Лукашевич и др., 2021). Сорт Мичуринский устойчив к полеганию, засухе, фузариозу (поражение на жестком инфекционном фоне не превышает 20%). Внедряется в хозяйствах Центрального, Центрально-Черноземного, Севе-

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений. (2022). М.: Росинформгротех.

Таблица 1

Урожайность и сбор белка сортов зернобобовых культур в экологическом испытании Шатиловской СХОС, 2021 г.

Сорт	Учреждение оригинатор	Урожайность зерна, т/га	Сбор белка, т/га
<i>Люпин</i>			
Мичуринский	ВНИИ люпина	3,30	1,20
Белорозовый 144	ВНИИ люпина	2,60	0,86
<i>Соя</i>			
Свапа	ФНЦ ЗБК	3,00	1,17
Мезенка	ФНЦ ЗБК	2,80	1,09
<i>Горох</i>			
Велес	ТатНИИСХ	2,30	0,55
Ягуар	ФНЦ ЗБК	2,20	0,53

ро-Кавказского и Средневолжского регионов РФ как сорт универсального типа использования.

Люпин узколистый — ценная зернобобовая культура, адаптированная к широкому спектру климатических условий (может вызывать на семена в центральных и северных районах европейской части РФ) и имеющая очень непродолжительную историю domestikации (Вишнякова и др., 2020; Вишнякова и др., 2021). Сорт узколистного люпина Белорозовый 144 отличается интенсивным ростом. Растение имеет развитое боковое ветвление, поэтому в какой-то мере способен подавлять рост и развитие сорняков. Сорт устойчив к растрескиванию бобов и осыпанию семян на корню. Продолжительность вегетационного периода в зависимости от погодных условий варьирует от 88 до 103 дней.

Урожайность зерна белого люпина за три года конкурсного сортоиспытания варьировала от 3,49 до 5,13 т/га, зеленой массы от 45 до 80 т/га. Семена белые, крупные. Масса 1000 семян 250–300 грамм. За три года исследований в конкурсном сортоиспытании по сорту Белорозовый 144 получена средняя урожайность зерна 2,34 т/га. Масса 1000 семян 140–150 грамм.

Наши районированные сорта белого и узколистного люпина конкурентоспособны другим зернобобовым культурам. Так, в экологическом испытании на Шатиловской опытной станции Орловской об-

ласти, где проходит ежегодная Всероссийская ярмарка, сорта люпина (Мичуринский и Белорозовый 144) в сравнении с лучшими сортами сои и гороха занимают первое место по урожайности зерна и сбору белка с гектара (см. Таблицу 1).

Использование люпина в Российской Федерации для пищевых целей

Для полноценного использования люпина в пищевой промышленности необходим допуск к его использованию (включения в перечень зернобобовых культур Приложения 2 ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»²) и комплекс нормативных документов (ТУ «Люпин пищевой»; ГОСТ Р «Люпин пищевой. Технические условия»³). Их отсутствие сдерживает эффективное и рациональное использование отечественного люпина в выбранном направлении.

На сегодняшний день в Российской Федерации существует комплекс нормативных документов, рецептур, патентов на технологии, способы и методики производства люпинового концентрата, муки из зерна люпина и других продуктов

² ТР ТС 015/2011. (2011). О безопасности зерна. <https://docs.cntd.ru/document/902320395>

³ ГОСТ Р 54632-2011. (2020). Люпин кормовой. Технические условия. М: Стандартинформ.

его переработки. Отечественными институтами и предприятиями (СПбГГЭУ, ВНИИ жиров, ГосНИИ хлебопекарной промышленности, СПбГУНИПТ, ООО «Протеин плюс» и др.) было установлено, что белковые добавки из люпина можно использовать в рецептах продуктов кисломолочной ферментации, в мясных изделиях (Криштафович и др., 2012; Paska & Masliichuk, 2017; Сизенко и др., 2004), супах, майонезе (Красильников и др., 2015), йогуртах, сырах, кексовых и хлебобулочных изделий (Kuznetsova et al., 2015; Зайцева и др., 2020; Храпко & Сокол, 2012).

Наиболее важным компонентом в зерне люпина является белок, содержание которого варьирует по годам выращивания, что связано с реакцией сорта на климатические условия и агротехнику возделывания (Гатальская и др., 2021). По переваримости белок люпина находится в одном ряду с белком сои, кукурузы, гороха. Истинная его усвояемость составляет 78 % (усвояемость эталонных белков 82 %) (Никонович и др., 2017; Пашенко и др., 2010).

Использование люпина в качестве белковой добавки позволит получить сбалансированные по аминокислотному составу продукты питания и рационализировать их себестоимость за счет уменьшения содержания или полного исключения животного белка (Sedláková et al., 2016; Агафонова и др., 2019). Высокое содержание ценного белка в зерне люпина и адаптирование к различным почвенно-климатическим условиям делает его незаменимой пищевой культурой.

Жир и жироподобные вещества являются важным источником энергии. С пищевой точки зрения масло люпина очень полезно, соотношение 3 и 6-омега кислот колеблется от 1:1,7 до 1:10,8 (Вишнякова и др., 2021; Агафонова & Рыков, 2021).

В российских продуктах питания использование люпина носит поисковый характер. По вопросу использования данной культуры и продуктов его переработки на пищевые цели получен ряд патентов (хлеб повышенной пищевой ценности и способ его изготовления; производства пищевой добавки из дикорастущего растения люпина; получения молочно-растительного экстракта из плодов люпина; получения концентрата люпинового пастообразного; получения пищевого продукта из зернобобовых культур; производства белка из семян люпи-

на; получения белково-жирового концентрата из семян бобовых и масличных культур; получения полуфабриката из люпина для продуктов питания; производства белка из семян люпина; диетический пектинобелковый продукт «лювит»), где подробно описано введение в состав пищевых продуктов белковых обогатителей растительного происхождения, однако подобные продовольственные изделия не часто можно встретить в продаже.

В Россию ввозят импортное люпиносодержащее сырье для производства хлебобулочных, мясных, кондитерских изделий. Так, например, в ООО «Здоровый Хлеб» (г. Санкт-Петербург) используют австрийскую муку люпина в производстве натурального «Белково-полбяного» хлеба для функционального, лечебно-профилактического и специального назначения.

Характерным отличием предложенной рецептуры от традиционной является то, что в качестве основного ингредиента используется цельнозерновая мука из полбы в комбинации с мукой других растений, в том числе и из зерна люпина, завезенного из Австрии (Soja Austria). За счет добавления 15 % люпиновой муки происходит прирост лимитирующих в полбяной муке аминокислот — лизина, треонина и триптофана (Долгих, 2020). Характеристика муки из обрубленного зерна люпина Lupisan представлена в Таблице 2.

Российские производители столкнулись с проблемой — высокая стоимость и перебои в поставках импортного пищевого люпина. Данный факт связан с уменьшением площади возделывания люпина на пищевые цели в Европе (Lucas et al., 2015). Ряд производителей (ИП О.С. Харченко; ООО «Протеин Плюс»; ООО «Здоровый хлеб»; ИП Т.Н. Ботвинко) обратились в ВНИИ люпина выступить с инициативой законодательного регулирования по использованию люпина российского производства в пищевых целях.

В Липецкой области работает снабженческо-сбытовой перерабатывающий сельскохозяйственный потребительский кооператив «Виола» (ССПСПК «Виола»). Данная организация перерабатывает зерно белого люпина методом экструдирования и получает продукцию — экструдат, которую можно использовать на пищевые цели. Продукцию комбината протестировали российские производители и остались довольны качеством, поэтому готовы

Таблица 2

Характеристика муки из зерна люпина Lupisan. Изготовитель — Австрия (Soja Austria) (Soy Austria Produktions GmbH)

Наименование	Количество
Белок	38–40 %
Жир	6–8 %
Пищевые волокна	30–35 %
Влажность	5–8 %
Зола	4–6 %
Углеводы	11–14 %
Энергия	1412 кДж/338 ккал
Сахар	5,9 г/100 г
<i>Физические свойства:</i>	
Размер частиц	<150 мкм
Цвет	Желтый
Вкус	Ореховый
<i>Микробиология:</i>	
Общее количество бактерий в 1 г	Максимум 20.000
Дрожжи	< 100
Плесень	< 100
Кишечная палочка в 1 г	Отрицательные
Сальмонеллы в 25 г	Отрицательные

приобретать ее и использовать на пищевые цели. При этом российская люпиновая мука значительно дешевле импортной. Несмотря на агрохимические возможности по выращиванию и возделыванию люпина, производители пищевой продукции в Российской Федерации вынуждены покупать зерно люпина (пищевое) за границей.

Для использования люпина в пищевой промышленности необходим не только комплекс нормативных документов, но и подтверждающая информация о безопасности зерна белого и узколистного люпина. Необходимо массовое внедрение в российское производство отечественных сортов люпина как Мичуринский и Белорозовый 144 для получения дешевого белка, уменьшения импорта дорогостоящей трансгенной сои. Нами было поставлена цель — проанализировать химические характери-

стики и показатели безопасности зерна люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144 для дальнейшего использования в пищевом направлении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты

Объектами исследований служили образцы зерна белого люпина сорта Мичуринский и узколистного люпина сорта Белорозовый 144, выращенных в почвенно-климатических условиях Брянской области на опытных полях ВНИИ люпина в 2018–2020 гг.

Оборудование

Исследования по таким показателям как содержание белка, жира, лизина, алкалоидов в зерне белого и узколистного люпина проводились с помощью оборудования ВНИИ люпина — филиал ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса» по общепринятым методикам (Ермаков, 1987; Артюхов и др., 2012). Помол исходных образцов зерна люпина проводили на лабораторной мельнице ЛМТ-1.

Методы

Отбор проб осуществлен по ГОСТ 13586.3-2015 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб»⁴. Определение массы 1000 зерен проведены по ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян»⁵. Определение влажности зерна проведены по ГОСТ 13586.5-2015⁶ обезвоживанием навески дробленого зерна в сушильном шкафу при фиксированных параметрах температуры и продолжительности сушки и определением снижения ее массы. Определение массовой доли белка в зерне проведены по методу

⁴ ГОСТ 13586.3-2015. (2015). *Зерно. Правила приемки и методы отбора проб*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 10842-89. (2009). *Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян*. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 13586.5-2015. (2019). *Зерно. Метод определения влажности*. М.: Стандартинформ.

Кельдаля по ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка»⁷. Определение содержания сырого жира — по ГОСТ 29033-91⁸. Содержание лизина — по ГОСТ 33428-2015⁹. Определение содержания алкалоидов — методика измерения хинолизидиновых алкалоидов в семенах люпина. Фотоколориметрический метод по Терехову Ф.К. в модификации ВНИИ люпина (свидетельство об аттестации МВИ № 032-2004 г.). Переиздана в 2012 г.

Требования безопасности к зерну люпина как к сырью для кормопроизводства отличаются от требований, предъявляемых к сырью для пищевого использования. Оценка содержания токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов в зерне белого и узколистного люпина проводилась в соответствии Приложением 2 ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»¹⁰ в ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Брянской области» (по заказу ВНИИ люпина) по общепринятым методикам и ГОСТам: зараженность вредителями по ГОСТ 135866-93¹¹; загрязненность мертвыми насекомыми-вредителями по ГОСТ 34165-2017¹²; содержание свинца, мышьяка, кадмия, ртути по ГОСТ 33824-2016¹³, 31628-2012¹⁴, 33824-2016¹⁵, 56931-

2016¹⁶, соответственно; массовая доля ГХЦГ (сумма изомеров), ДДТ и его метаболиты, 2,4-Д кислоты, ртутьорганические пестициды по ГОСТ 13496.20-2014¹⁷, ГОСТ 13496.20-2014¹⁸, МУ 1541-76¹⁹, МУ 1218-75²⁰, соответственно; массовая концентрация афлатоксина В₁ по ГОСТ 30711-2001²¹; содержание цезия-137, стронция-90 по ГОСТ 32161-2013²² и 32163-2013²³, соответственно.

Процедура

Зерно люпина предварительно измельчали в мельнице для последующих исследований. На первом этапе исследований определяли количественные показатели исходных образцов зерна люпина. Определение физико-химических показателей проводили в течение трех лет. На втором этапе исследований определили содержание особо опасных соединений в зерне люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144. В статье представлены сведения о значении содержания токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов в зерне белого и узколистного люпина за один год исследований (2020 год).

⁷ ГОСТ 10846-91. (2009). *Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка*. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 29033-91. (2004). *Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира*. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 33428-2015. (2020). *Корма, премиксы. Определение содержания лизина, метионина и треонина*. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ТР ТС 015/2011. (2011). *О безопасности зерна*. <https://docs.cntd.ru/document/902320395>

¹¹ ГОСТ 13586.6-93. (2009). *Зерно. Методы определения зараженности вредителями*. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 34165-2017. (2018). *Зерновые, зернобобовые и продукты их переработки. Методы определения загрязненности насекомыми-вредителями*. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ 33824-2016. (2016). *Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)*. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 31628-2012. (2014). *Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка*. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 33824-2016. (2016). *Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)*. М.: Стандартинформ.

¹⁶ ГОСТ Р 56931-2016. (2016). *Продукты пищевые и продовольственное сырье. Вольтамперометрический метод определения содержания ртути*. М.: Стандартинформ.

¹⁷ ГОСТ 13496.20-2014. (2020). *Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов*. М.: Стандартинформ.

¹⁸ ГОСТ 13496.20-2014. (2020). *Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов*. М.: Стандартинформ.

¹⁹ МУ 1541-76. (1976). *Хроматографические методы определения остаточных количеств 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) в воде, почве, фураже, продуктах питания растительного и животного происхождения*. <https://base.garant.ru/71315096/>

²⁰ МУ 1218-75. (1975). *Методические указания по определению ртутьорганических пестицидов в овощах, продуктах животноводства, кормах и патматериале хроматографическими методами*. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293768/4293768103.htm>

²¹ ГОСТ 30711-2001. (2001). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В₁ и М₁*. М.: Стандартинформ.

²² ГОСТ 32161-2013. (2019). *Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137*. М.: Стандартинформ.

²³ ГОСТ 32163-2013. (2019). *Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90*. М.: Стандартинформ.

Анализ данных

Для достоверности результатов применяли статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определяли среднее значение искомой величины из 3 повторностей, с применением программного пакета Microsoft Office 2010 (World, Excel).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Цель данного исследования — проанализировать химические характеристики и показатели безопасности зерна люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144 для дальнейшего использования в пищевом направлении.

На основании поставленной цели были достигнуты результаты, которые представлены в виде двух подсекций: первая — средние значения за три года по содержанию белка, лизина, сырого жира, алкалоидов в зерне белого люпина сорта Мичуринский и узколистного люпина сорта Белорозовый 144; вторая — содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов, а также зараженность вредителями в зерне белого и узколистного видов люпина.

Химические показатели зерна люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144

Некоторые химические показатели зерна люпина двух исследуемых сортов приведены в Таблице 3.

Анализ изучаемых сортов показал, что содержание белка варьировало от 34,8 до 36,8% у белого люпина и от 28,6 до 33,8% у люпина узколистно-

го. Белок зерна люпина характеризуется высокой биологической ценностью и является источником важных для организма аминокислот, прежде всего лизина. Процентное содержание данной незаменимой аминокислоты в исследуемых сортах варьировало в пределах 1,97–2,19% и 1,09–1,26%, соответственно.

В зерне люпина белого содержание сырого жира варьировало от 7,8 до 10,6%. В зерне узколистного люпина данный показатель за период 2018–2020 гг. был более стабильным. Его количество зависело в первую очередь от генотипа сорта, а также от климатических условий вегетационного периода.

Селекция люпина, кроме повышения количества белка в зерне, ведется также и на низкое содержание алкалоидов, поскольку показателем пригодности зерна на пищевые цели служит значение этого показателя. Необходимо также отметить, что количество алкалоидов у люпина различается в зависимости от года исследований. Наиболее высокое содержание алкалоидов в зерне исследуемых сортов показал урожай 2019 года, что объясняется, стрессовыми погодными условиями.

При анализе таблицы 2 (Характеристика муки из зерна люпина *Lupisan*) видно, что отсутствует информация о содержании алкалоидов. Для использования люпина в качестве источника высококачественных и здоровых белков в пищу необходимо обращать особое внимание на данный показатель, на что указывают исследования Lucas et al., 2015. В разработанных и зарегистрированных технических условиях «Люпин пищевой» (2021г.) указано фиксированное допустимое содержание этих веществ в зерне белого и узколистного люпина и продуктах их переработки — 0,04 г/100 г. Кроме того, по органолептической оценке, неоднократно

Таблица 3

Химические показатели зерна узколистного люпина сорта Белорозовый 144 и белого люпина сорта Мичуринский 2018–2020 гг.)

Сорт	Содержание в зерне, % от сухого вещества			
	Белок	Лизин	Сырой жир	Алкалоиды
Мичуринский	35,70	2,10	9,10	0,04
Белорозовый 144	31,20	1,16	4,70	0,04

но проводимой во ВНИИ люпина, следует, что при алкалоидности семян до 0,04 % горечь в зерне люпина не определяется вкусовыми рецепторами человека.

По данным ВНИИ люпина в муке обрубленного зерна люпина (производитель Soja Austria), которая была заказана в онлайн-гипермаркете Wildberries, а также в наших исследуемых образцах содержание алкалоидов находилось на уровне 0,04 %.

Из таблицы 2 видно, что значения некоторых химических показателей австрийского сырья отличаются от наших результатов, это объясняется тем, что данные представлены для обрубленного зерна. Согласно исследованиям ученых (Равков & Малышкина, 2020) было установлено, что в обрубленном зерне содержание белка и жира характеризуется большими значениями, чем в нативном зерне. Следовательно, полученные нами результаты демонстрируют, что отечественное зерно люпина не уступает импортному сырью.

Зерно белого и узколистного люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144 по химическим показателям можно рекомендовать для пищевой про-

мышленности с целью производства безопасной продукции, что расширит сырьевую базу в данном направлении.

Содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов, а также зараженность вредителями в зерне белого и узколистного люпина

В настоящее время проблема качества и безопасности сырья и продуктов его переработки становится все более актуальной. К качеству люпина как к сырью для пищевой промышленности предъявляются высокие требования, поэтому очень важно учитывать и контролировать содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов в зерне белого и узколистного люпина, а также зараженность его вредителями.

Согласно протоколам исследований № 21081888 и № 21081889 от 07.09.2021 г. ФБУ «Брянский ЦСМ» содержание особо опасных соединений в зерне люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144 значительно ниже допустимого уровня (таблица 4).

Таблица 4

Содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов, а также зараженность вредителями в зерне белого и узколистного видов люпина, 2020 г.

Показатели	Допустимые уровни, мг/кг (для радионуклидов – Бк/кг), не более	Значения	
		Зерно белого люпина сорт «Мичуринский»	Зерно узколистного люпина сорт «Белорозовый 144»
Содержание токсичных элементов			
Свинец	0,5	0.081	0,088
Мышьяк	0,3	<0,02	<0,02
Кадмий	0,1	0,02	0,031
Ртуть	0,02	<0,01	<0,01
Массовая доля пестицидов			
ГХЦГ (сумма изомеров)	0,5	<0,02	<0,02
ДДТ и его метаболиты	0,05	<0,02	<0,02
Ртутьорганические	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено
2,4 Д – кислота, ее соли, эфиры	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено

Окончание таблицы 4

Показатели	Допустимые уровни, мг/кг (для радионуклидов – Бк/кг), не более	Значения	
		Зерно белого люпина сорт «Мичуринский»	Зерно узколистного люпина сорт «Белорозовый 144»
Микотоксины			
Афлатоксин В1	0,005	<0,003	<0,003
Радионуклиды			
Цезий-137	60	<3	<3
Стронций-90	11	2,34	3,08
Зараженность вредителями (насеко- мые-вредители и хлебные клещи)	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено
Заражённость мертвыми насекомы- ми-вредителями	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено

Таким образом, зерно люпина по основным критериям безопасности соответствует требованиям для использования на пищевые цели, указанным в ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»²⁴. Допустимые уровни показателей взяты как для зернобобовых культур.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для изучения люпина как белкового компонента в продуктах питания были проанализированы химические характеристики и показатели безопасности зерна люпина сортов Мичуринский и Белорозовый 144 для дальнейшего использования в пищевом направлении. Полученные результаты по химическим показателям (за исключением белка) соответствуют литературным данным (Яговенко & Афонина, 2018). Результаты исследований (Lucas et al., 2015), в которых указано высокое содержание белка в зерне люпина (до 44%), несколько противоречат нашим данным. Вероятно, содержание белковых веществ в зерне люпина обусловлено как биологическими особенностями, так и условиями произрастания. По мнению И.П. Такунова (1996), наименьшее количество белка в зерне накапливается в годы с дождливым и холодным летом, особенно в период цветения-образования бобов.

Все исследуемые образцы по показателям зараженности вредителями и мертвыми насекомыми-вредителями относятся к категории «чистое». Наши результаты по содержанию особо опасных соединений соответствуют исследованиям С.В. Агафонова (2021), установившим, что в зерне белого и узколистного люпина не обнаружены токсичные для человека элементы.

В настоящее время Российские производители столкнулись с отсутствием отечественного поставщика пищевого люпина; высокой стоимостью и перебоями в поставках импортного пищевого люпина; отсутствием информации о безопасности импортного сырья.

Люпин является наиболее перспективным источником биологически ценного растительного белка, необходимого в производстве продуктов питания. По данным научных исследований люпин может использоваться в приготовлении хлебобулочных изделий, вермишелей, печенья, бисквитов, люпиновых эмульсий, кондитерских изделий, кисломолочной продукции и др. Однако в РФ использование люпина в пищевом направлении носит поисковый научный характер, так как на данный момент люпин в нашей стране не включен в перечень зернобобовых культур Приложения 2 ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»²⁵, разрешенных

²⁴ ТР ТС 015/2011. (2011). О безопасности зерна. <https://docs.cntd.ru/document/902320395>

²⁵ ТР ТС 015/2011. (2011). О безопасности зерна. <https://docs.cntd.ru/document/902320395>

к применению в пищевом направлении. Включение люпина в список культур, разрешенных для использования в пищевой промышленности, позволит решить проблему импортозамещения дорогой трансгенной сои. Ученые и производители продуктов питания заявляют о необходимости разработки и утверждения ГОСТ Р «Люпин пищевой»²⁶, определяющего люпин как пищевой продукт и разрешающего его применение в производстве продуктов питания.

ВЫВОДЫ

Анализ основных биохимических показателей зерна белого и узколистного люпина показал, что, являясь высокобелковым и безопасным продуктом,

люпин может стать эффективной составляющей в пищевой промышленности. Проанализированное зерно белого и узколистного люпина по содержанию особо опасных веществ соответствует требованиям ТР ТС 015/2011. Внедрение в производство таких отечественных районированных сортов люпина как Мичуринский и Белорозовый 144 даст возможность получать дешевый экологически чистый белок, уменьшить импорт дорогостоящей трансгенной сои, а получаемая пищевая продукция будет более конкурентоспособной на рынке из-за низкой себестоимости производства. Важным моментам является разработка пакета нормативно-правовой документации, определяющей люпин как пищевой продукт и разрешающей его применение в производстве продуктов питания. Этот вопрос необходимо решать поэтапно.

ЛИТЕРАТУРА

- Агафонова, С. В., & Рыков, А. И. (2021). Химический состав семян растения *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus albus* L. Калининградской области. *Химия растительного сырья*, 3, 135–142. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021038358>
- Агафонова, С. В., Рыков, А. И., & Мезенова, О. Я. (2019). Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности. *Вестник Международной академии холода*, 2, 79–85. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2019-18-2-79-85>
- Артюхов, А. И., Яговенко, Т. В., Афонина, Е. В., & Трошина, Л. В. (2012). Количественное определение алкалоидов в люпине. Брянск: Читай-город.
- Вишнякова, М. А., Власова, Е. В., & Егорова, Г. П. (2021). Генетические ресурсы люпина узколистного (*Lupinus Angustifolius* L.) и их роль в доместикации и селекции культуры. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 25(6), 620–630. <https://doi.org/10.18699/VJ21.070>
- Вишнякова, М. А., Кушнарева, А. В., Шеленга, Т. В., & Егорова, Г. П. (2020). Алкалоиды люпина узколистного как фактор, определяющий альтернативные пути использования и селекции культуры. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 24(6), 625–635. <https://doi.org/10.18699/VJ20.656>
- Гатальская, Д. В., Малышкина, Ю. С., & Равков, Е. В. (2021). Качественный состав зерна желтого люпина в конкурсном сортоиспытании. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*, 2, 55–58.
- Долгих, В. В. (2020). Применение полбяной цельнозерновой муки в комбинации с мукой из люпина, льна и топинамбура для производства функциональных белково-полбяных хлебов. *Хлебопродукты*, 8, 41–45. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-8-41-45>
- Ермаков, А. И. (1987). Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат.
- Зайцева, Л. В., Юдина, Т. А., Рубан, Н. В., Бессонов, В. В., & Мехтеев, В. С. (2020). Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий. *Вопросы питания*, 89(1), 77–85. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10009>
- Красильников, В. Н., Мехтиев, В. С., Маркина, В. Ю., & Тимошенко Ю. А. (2015). Люпин: Создание продуктов питания функционального назначения, вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 8, 43–49.
- Криштафович, В. И., Лахмоткина, Г. Н., & Горбатов, С. А. (2012). Использование муки продовольственного люпина при производстве мясных продуктов. *Мясная индустрия*, 12, 24–27.
- Купцов, Н. С., & Такунов, И. П. (2006). Люпин — генетика, селекция, гетерогенные посевы. Клинцы: КГТ.
- Курчаева, Е. Е., Тертычная, Т. Н., Максимов, И. В., & Манжесов, И. В. (2011). Использование люпиновой муки для производства функциональных продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 10, 63–64.
- Лукашевич, М. И., Агеева, П. А., & Захарова, М. В. (2021). Характеристика районированных сортов белого и узколистного люпина селекции Всероссийского НИИ люпина. Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси. Достижения науки — производству: Материалы научно-практической конференции (с. 218–222). Минск: ИВЦ Минфина.

²⁶ ГОСТ Р 54632-2011. (2020). Люпин кормовой. Технические условия. М: Стандартинформ.

- Никонович, Ю. Н., Тарасенко, Н. А., & Болгова, Д. Ю. (2017). Использование продуктов переработки семян люпина в пищевой промышленности. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 1, 9–12.
- Пашенко, Л. П., Ильина, Т. Ф., & Пашенко, В. Л. (2010). Новые изделия с добавлением продуктов переработки бобовых культур. *Хлебопродукты*, 10, 50–51.
- Равков, Е. В., & Малышкина, Ю. С. (2020). Качественный состав зерна перспективных сортообразцов белого люпина. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*, 4, 99–102.
- Сизенко, Е. И., Лисицын, А. Б., Кудряшов, Л. С., & Растяпина, А. В. (2004). Пищевая ценность люпина и направления использования продуктов его переработки. *Всё о мясе*, 4, 34–40.
- Такунов, И. П. (1996). *Люпин в земледелии России*. Брянск: Придесенье.
- Храпко, О. П., & Сокол, Н. В. (2012). Качество и безопасность сортов хлебобулочных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья. *Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности: Материалы I Международной научно-практической конференции* (с. 669–673). Краснодар: КубГТУ.
- Яговенко, Т. В., & Афолина, Е. В. (2018). Биохимические свойства зерна белого люпина. *Комбикорма*, 3, 66–68.
- Kuznetsova, L., Zabodalova, L., & Domoroshchenkova, M. (2015). Study of functional and technological characteristics of protein concentrates from lupin seeds. *Agronomy Research*, 13(4), 979–991.
- Frick, K. M., Kamphuis, L. G., Siddique, K. H., Karen M., Singh, K. B., & Foley, R. C. (2017). Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 87. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00087>
- Lucas, M. M., Stoddard, F. L., Annicchiarico, P., Frías, J., Martínez-Villaluenga, C., Sussmann, D., Duranti, M., Seger, A., Zander, P. M., & Pueyo, J. J. (2015). The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science*, 6, Article 705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
- Paska, M., & Masliichuk, O. (2017). Microstructural studies of improved meat chopped semi-finished products. *Technology Audit and Production Reserves*, 3(3), 39–44. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.105501>
- Sedláková, K., Straková, E., Suchý P., Krejcarová, J., & Herzig, I. (2016). Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition — a review. *Acta Veterinaria Brno*, 8References

REFERENCES

- Agafonova, S. V., & Rykov, A. I. (2021). Khimicheskii sostav semyan rasteniya *Lupinus angustifolius* L. i *Lupinus albus* L. Kaliningradskoi oblasti [The chemical composition of the seeds of the plant *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. Kaliningrad region]. *Khimiya rastitel'no-go syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials], 3, 135–142. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021038358>
- Agafonova, S. V., Rykov, A. I., & Mezenova, O. Ya. (2019). Otsenka biologicheskoi tsennosti belkov lyupina i perspektiv ego ispol'zovaniya v pishchevoi promyshlennosti [Evaluation of the biological value of lupine proteins and the prospects for its use in the food industry]. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda* [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2, 79–85. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2019-18-2-79-85>
- Artyukhov, A. I., Yagovenko, T. V., Afonina, E. V., & Troshina, L. V. (2012). Kolichestvennoe opredelenie alkaloidov v lyupine [Quantification of Alkaloids in Lupine]. Bryansk: Chitai-gorod.
- Vishnyakova, M. A., Vlasova, E. V., & Egorova, G. P. (2021). Geneticheskie resursy lyupina uzkolistnogo (*Lupinus Angustifolius* L.) i ikh rol' v domestikatsii i selektsii kul'tury [Genetic resources of narrow-leaved lupine (*Lupinus Angustifolius* L.) and their role in crop domestication and breeding]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 25(6), 620–630. <https://doi.org/10.18699/VJ21.070>
- Vishnyakova, M. A., Kushnareva, A. V., Shelenga, T. V., & Egorova, G. P. (2020). Alkaloidy lyupina uzkolistnogo kak faktor, opredelyayushchii al'ternativnye puti ispol'zovaniya i selektsii kul'tury [Alkaloids of narrow-leaved lupine as a factor determining alternative ways of using and breeding crops]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 24(6), 625–635. <https://doi.org/10.18699/VJ20.656>
- Gatal'skaya, D. V., Malysheva, Yu. S., & Ravkov, E. V. (2021). Kachestvennyi sostav zerna zheltogo lyupina v konkursnom sortoispytanii [Qualitative composition of yellow lupine grain in competitive variety testing]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Belarusian State Agricultural Academy], 2, 55–58.
- Dolgikh, V. V. (2020). Primenenie polbyanoi tsel'noznovoi muki v kombinatsii s mukoi iz lyupina, l'na i topinambura dlya proizvodstva funktsional'nykh belkovo-polbyanykh khlebov [The use of spelled whole-grain flour in combination with flour from lupine, flax and Jerusalem artichoke for the production of functional protein spelled breads]. *Khleboprodukty* [Bakery Products], 8, 41–45. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-8-41-45>
- Ermakov, A. I. (1987). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad: Agropromizdat.
- Zaitseva, L. V., Yudina, T. A., Ruban, N. V., Bessonov, V. V., & Mekhteev, V. S. (2020). Sovremennye podkhody k razrabotke retseptur bezglyutenovykh khlebobulochnykh izdelii [Modern approaches to the development of recipes for gluten-free bakery products]. *Voprosy pitaniya* [Nutri-

- tion Issues], 89(1), 77–85. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10009>
- Krasil'nikov, V. N., Mekhtiev, V. S., Markina, V. Yu., & Timoshenko Yu. A. (2015). Lyupin: Sozdanie produktov pitaniya funktsional'nogo naznacheniya, vklad v obespechenie prodovol'stvennoi bezopasnosti strany [Lupine: The creation of functional food products, a contribution to ensuring the country's food security]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 8, 43–49.
- Krishtafovich, V. I., Lakhmotkina, G. N., & Gorbatov, S. A. (2012). Ispol'zovanie muki prodovol'stvennogo lyupina pri proizvodstve myasnykh produktov [The use of food lupine flour in the production of meat products]. *Myasnaya industriya* [Meat Industry], 12, 24–27.
- Kuptsov, N. S., & Takunov, I. P. (2006). *Lyupin — genetika, selektsiya, geterogennyye posevy* [Lupine — genetics, breeding, heterogeneous crops]. Klinty: KGT.
- Kurchaeva, E. E., Tertychnaya, T. N., Maksimov, I. V., & Manzhosov, I. V. (2011). Ispol'zovanie lyupinoy muki dlya proizvodstva funktsional'nykh produktov [The use of lupine flour for the production of functional foods]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 10, 63–64.
- Lukashevich, M. I., Ageeva, P. A., & Zakharova, M. V. (2021). Kharakteristika raionirovannykh sortov belogo i uzakolistnogo lyupina selektsii Vserossiiskogo NII lyupina. Strategiya i priority razvitiya zemledeliya i selektsii v Belarusi [Characteristics of zoned varieties of white and narrow-leaved lupine bred by the All-Russian Research Institute of Lupine]. *Dostizheniya nauki — proizvodstvu: Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Strategy and priorities for the development of agriculture and breeding in Belarus. Achievements of science — production: Materials of the scientific-practical conference] (pp. 218–222). Minsk: IVTs Minfina.
- Nikonovich, Yu. N., Tarasenko, N. A., & Bolgova, D. Yu. (2017). Ispol'zovanie produktov pererabotki semyan lyupina v pishchevoi promyshlennosti [The use of lupine seed processing products in the food industry]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya* [News of Higher Educational Institutions. Food Technology], 1, 9–12.
- Pashchenko, L. P., Il'ina, T. F., & Pashchenko, V. L. (2010). Novye izdeliya s dobavleniem produktov pererabotki bobovykh kul'tur [New products with the addition of processed legumes]. *Khleboprodukty* [Bakery Products], 10, 50–51.
- Ravkov, E. V., & Malyshkina, Yu. S. (2020). Kachestvennyi sostav zerna perspektivnykh sortobraztsov belogo lyupina [Qualitative grain composition of promising varieties of white lupine]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 4, 99–102.
- Sizenko, E. I., Lisitsyn, A. B., Kudryashov, L. S., & Rastyapina, A. V. (2004). Pishchevaya tsennost' lyupina i napravleniya ispol'zovaniya produktov ego pererabotki [The nutritional value of lupine and the directions for using its processed products]. *Vse o myase* [All about Meat], 4, 34–40.
- Takunov, I. P. (1996). *Lyupin v zemledelii Rossii* [Lupine in Russian agriculture]. Bryansk: Pridesen'e.
- Khrapko, O. P., & Sokol, N. V. (2012). Kachestvo i bezopasnost' sortov khlebobulochnykh izdelii s ispol'zovaniem netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya [Quality and safety of varieties of bakery products using non-traditional vegetable raw materials]. *Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti: Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Innovative technologies in the food and processing industry: Proceedings of the 1st International scientific and practical conference] (pp. 669–673). Krasnodar: KubGTU.
- Yagovenko, T. V., & Afonina, E. V. (2018). Biokhimicheskie svoystva zerna belogo lyupina [Biochemical properties of white lupine grain]. *Kombikorma* [Compound Feed], 3, 66–68.
- Kuznetsova, L., Zabodalova, L., & Domoroshchenkova, M. (2015). Study of functional and technological characteristics of protein concentrates from lupin seeds. *Agronomy Research*, 13(4), 979–991.
- Frick, K. M., Kamphuis, L. G., Siddique, K. H., Karen M., Singh, K. B., & Foley, R. C. (2017). Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 87. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00087>
- Lucas, M. M., Stoddard, F. L., Annicchiarico, P., Frías, J., Martínez-Villaluenga, C., Sussmann, D., Duranti, M., Seger, A., Zander, P. M., & Pueyo, J. J. (2015). The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science*, 6, Article 705. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
- Paska, M., & Masliichuk, O. (2017). Microstructural studies of improved meat chopped semi-finished products. *Technology Audit and Production Reserves*, 3(3), 39–44. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.105501>
- Sedláková, K., Straková, E., Suchý P., Krejcarová, J., & Herzig, I. (2016). Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition — a review. *Acta Veterinaria Brno*, 85(2), 165175. <https://doi.org/10.2754/avb201685020165>