

УДК 663.367.2:664

Характеристика приоритетных свойств узколистного люпина для использования в пищевой промышленности

ВНИИ люпина — филиал ВИК
им. В.Р. Вильямса,
пос. Мичуринский, Российская
Федерация

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Любовь Викторовна Коннова
E-mail: lykonnova@list.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:
данные текущего исследования
доступны по запросу
у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Коннова, Л., Агеева, П., & Трошина, Л. В.
(2023). Характеристика приоритетных
свойств узколистного люпина для
использования в пищевой промыш-
ленности. *Хранение и переработка
сельхозсырья*, (4), 135–144. [https://doi.
org/10.36107/spfp.2023.4.428](https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.428)

ПОСТУПИЛА: 23.05.2023

ПРИНЯТА: 15.12.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.12.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.



Л. В. Коннова, П. А. Агеева, Л. В. Трошина

АННОТАЦИЯ

Введение: В современном питании человека часто преобладают насыщенные жиры, простые углеводы и соль, в то время как наблюдается дефицит белка, пищевых волокон и полиненасыщенных жирных кислот. Баланс химического состава ежедневного рациона является ключом к здоровому питанию. В этом контексте люпин узколистный может быть эффективным растительным источником белка. Этот вид люпина менее требователен к условиям произрастания по сравнению с другими однолетними видами, выращиваемыми в стране. Его устойчивость к различным климатическим условиям делает его подходящим для широкого использования. Разработка и применение сортов узколистного люпина с такими характеристиками предоставит производителям пищевых продуктов доступный источник белка.

Цель: Изучить характеристики перспективных сортов и сортообразцов узколистного люпина по содержанию сырого протеина (СП), жира, лизина, алкалоидов, урожайности зерна и выходу белка с единицы площади для возможного применения в производстве пищевых продуктов.

Материалы и методы: Представлены биохимические показатели зерна сортов и сортообразцов узколистного люпина собственной селекции за два года (2020–2021 гг.). Исследования проводились с помощью оборудования лаборатории ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса» с опорой на методы биохимического исследования растений и количественное определение алкалоидов в люпине.

Результаты: Зафиксировано высокое содержание белка (35 % и выше) и малоалкалоидность (не более 0,04 %) у большинства изученных образцов. Сбор белка с единицы площади составил > 10 ц/га. Выявленные различия изученных показателей связаны с генетическими особенностями представленных сортов и сортообразцов узколистного люпина.

Выводы: Определены перспективные образцы узколистного люпина, которые могут быть использованы для дальнейшей селекции с целью создания новых сортов – источников недорогого белкового сырья для пищевого производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

узколистный люпин; сырой протеин; урожайность зерна; сбор белка; алкалоиды; пищевая промышленность

Characteristics of Priority Properties of Narrow-Leaf Lupine for Use in the Food Industry

The All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Michurinsky, Russian Federation

CORRESPONDENCE:

Lubov' V. Konnova

E-mail: lykonnova@list.ru

DATA AVAILABILITY:

Data from the current study are available upon request from the corresponding author.

FOR CITATIONS:

Konnova, L.V., Ageeva, P.A., & Troshina, L.V. (2023). Characteristics of priority properties of narrow-leaf lupine for use in the food industry. *Storage and Processing of Farm Products*, (4), 135–144. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.428>

RECEIVED: 23.05.2023

ACCEPTED: 15.12.2023

PUBLISHED: 30.12.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



Lubov' V. Konnova, Praskov'ya A. Ageeva, Larisa V. Troshina

ABSTRACT

Introduction: In modern human diet, saturated fats, simple carbohydrates, and salt often predominate, while there is a deficit in protein, dietary fiber, and polyunsaturated fatty acids. Balancing the chemical composition of the daily diet is key to healthy nutrition. In this context, narrow-leaf lupine can be an effective plant source of protein. This type of lupine is less demanding in terms of growing conditions compared to other annual species cultivated in the country. Its resilience to various climatic conditions makes it suitable for widespread use. The development and application of narrow-leaf lupine varieties with such characteristics will provide food manufacturers with an affordable protein source.

Purpose: To study the characteristics of promising varieties and breeding samples of narrow-leaf lupine in terms of raw protein (RP) content, fat, lysine, alkaloids, grain yield, and protein yield per unit area for possible use in food production.

Materials and Methods: Biochemical indicators of grain of varieties and breeding samples of narrow-leaf lupine of our own selection are presented for two years (2020–2021). Research was conducted using equipment of the VNIIL laboratory – a branch of the FGBNU “V.R. Williams FNC Feed Production and Agroecology” based on plant biochemical research methods and quantitative determination of alkaloids in lupine.

Results: High protein content (35% and above) and low alkaloid content (no more than 0.04%) were recorded in most of the studied samples. Protein collection per unit area amounted to > 10 c/ha. The identified differences in the studied indicators are associated with the genetic characteristics of the presented varieties and breeding samples of narrow-leaf lupine.

Conclusion: Promising samples of narrow-leaf lupine have been identified, which can be used for further breeding to create new varieties – sources of inexpensive protein raw materials for the food industry.

KEYWORDS

narrow-leaf lupine; raw protein; grain yield; protein collection; alkaloids; food industry

ВВЕДЕНИЕ

Для функционирования всех жизненных процессов в пищевом рационе человека главенствующая роль отводится белкам. Белки — это дефицитный и дорогостоящий компонент питания. Соотношение белка животного и растительного происхождения должно составлять 50/50¹. Поскольку производство животного белка требует значительных затрат, встаёт вопрос поиска альтернативного белка, в качестве которого выступает растительный белок. Наибольший интерес в данном случае вызывают зернобобовые культуры. Поскольку наблюдается ужесточение требований к использованию генетически модифицированных продуктов, источником которых является широко используемая соя, возрастает интерес к такой культуре как люпин (Гапонов, 2020; Руцкая и др., 2021; Тимошенко и др., 2022).

В отличие от соевого, люпиновый белок является экологически чистым сырьём для использования в пищевых продуктах, что, несомненно, важно для сохранения здоровья человека. В семенах люпина наблюдается высокое содержание белка (от 32,0 до 56,0%), что не уступает сое и значительно превосходит злаковые культуры (Глотова и др., 2019). В белке люпина отмечена высокая доля незаменимых аминокислот (лизин, валин, метионин, триптофан, фенилаланин), необходимых для здоровья человека (Панкина и др., 2015; Агафонова и др., 2019). Кроме того, семена люпина содержат много жира — важного источника энергии — (от 5,0 до 12,6%), богатого ненасыщенными кислотами и жирорастворимыми витаминами. Это токоферолы, стеролы, каротиноиды. По содержанию витаминов группы В, а также аскорбиновой кислоты, зерна люпина значительно опережают зерновые источники белка (пшеница, рожь) (Тарасенко и др., 2017). Существенным дополнением к плюсам люпина служит то факт, что производство 1 т белка люпина по затратам энергии дешевле в 1,5–2,0 раза по сравнению с другими зернобобовыми культурами и в 3,5–4,0 раза дешевле по сравнению со злаковыми зернофуражными культурами (Агеева и др., 2020). Это означает, что и с экономической точки зрения именно люпин выходит на первый план как среди бобовых, так и среди злаковых культур.

Перечисленные качества увеличивают ценность люпина с точки зрения его использования в пищевом производстве. В западных странах Европы, а также в Канаде, США, Чили и Австралии, начиная с конца XX века, ингредиенты семян люпина широко внедрены в пищевую промышленность (Sedláková et al., 2016). Наиболее активно в пищевом производстве используют муку люпина. Она обогащена лизином, которого мало в пшеничной муке, и, следовательно, может выступать как дополнительный ингредиент (Долгих, 2020). Кроме того, люпиновая мука увеличивает функциональность продуктов. Добавление ее в количестве 10% в хлебобулочные и макаронные изделия улучшает их текстуру, цвет, запах и увеличивает срок годности что, несомненно, важно для производителей. (Pollard et al., 2002).

В России уже представлены технологии производства паст и фаршей из зерна люпина (Нициевская и др., 2011; Криштафович, 2012; Панкина и др., 2015). Исследуется российскими учеными и влияние пищевых волокон из оболочки люпина на процесс пищеварения, в данном случае узколистного. Его оболочка служит источником пищевых волокон, который по запасам сырья не уступает наиболее используемым пшеничным отрубям и может выступать в качестве функциональных ингредиентов в мясных изделиях, а именно в рубленых полуфабрикатах из мяса птицы (Лахмоткина, 2011; Никонович и др., 2017; Хлопов, 2022).

Краеугольным камнем на пути внедрения люпина в пищевое производство являются алкалоиды. Это вторичные метаболиты, которые содержат в своей структуре азот. В растениях они присутствуют в виде солей минеральных кислот (чаще это карбоновые кислоты (щавелевая, яблочная, уксусная, лимонная) ²(Панкина, 2015). Большинство алкалоидов имеет горький вкус, что отрицательно влияет на органолептические свойства и сдерживает применение люпина в производстве пищевых продуктов. К тому же алкалоиды весьма токсичны для человека и при достаточно высоких дозах могут навредить его здоровью (Frick et al., 2017). Поэтому вопрос выведения малоалкалоидных сортов люпина встает ещё острее.

¹ Скрипучин, И.М. и др. (2002). *Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник*. М.: ДеЛипринт.

² Коваленко, Л.В. (2012) *Биохимические основы химии биологически активных веществ: Учебное пособие*, М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.

Количество антипитательных веществ, к которым относятся алкалоиды, можно снизить предварительной обработкой семян. Например, это замачивание при температуре 17–20°C, кипячение в растворе поваренной соли (Мироненко, 1966). Однако это требует дополнительных затрат для производителей тех же пищевых производств. Выгоднее использовать малоалкалоидные сорта. В настоящее время проводятся многочисленные научные исследования, направленные на выведение таких сортов люпина, чтобы использовать их без вреда в производстве белковых люпиновых концентратов, применяемых в продуктах питания (Курчаева и др., 2011).

Российскими учеными уже разработаны технологии концентратов из зерна люпина, имеются рецептуры продуктов, обогащенных ими. С использованием белковых добавок производят обогащенные молочные и кисломолочные продукты, макаронные и мучные кондитерские изделия, белковые пасты (Тарасенко и др., 2017; Забодалова и др., 2012; Панкина и др., 2015). Однако, до сих пор люпин в нашей стране не получил должного внимания в промышленных масштабах в качестве источника белкового сырья для переработки на пищевые цели, поскольку до сих пор в России отсутствует пищевой ГОСТ на люпин. Производители пищевой продукции в Российской Федерации вынуждены для использования покупать зерно люпина за границей. Над решением этой проблемы активно работают сотрудники ВНИИ люпина Брянской области. Во внедрении люпина в пищевую промышленность заинтересованы как работники аграрного сектора, так и пищевого производства по всей России. Это существенно выгоднее, чем использование дорогостоящей модифицированной сои.

Алкалоидность люпина ВНИИ люпина также тщательно изучает. Были созданы высокопродуктивные, низкоалкалоидные сорта узколистного люпина: Снежень, Белорозовый 110, Надежда, Кристалл. Содержание алкалоидов в зерне данных сортов не превышает 0,04% (40 мг/100 г). Как известно, именно такие нормы предусмотрены для нашей страны в случае использования люпина, как источника сырья для пищевых целей. К тому же известно, что содержание алкалоидов в зерне узколистного люпина превышает допустимые нормы только при выращивании его в очень жарком климате (Купцов, & Такунов, 2006). Тогда, как

например, Брянская область не относится к таким регионам. Большинство регионов России также не отличаются высокими температурными значениями в вегетационный период. Доподлинно установлено, что именно узколистный люпин адаптирован к широкому спектру климатических условий и способен произрастать и вызревать как в центральных и северных районах Европейской части РФ, так и на Урале, и в Сибири (Вишнякова и др., 2020; Вишнякова и др., 2021). Именно этот люпин самый скороспелый, что также позволяет выращивать его в северных районах нашей страны. В зависимости от сорта продолжительность вегетационного периода колеблется от 75 до 100 дней. Суточная температура в период формирования вегетативных и генеративных органов составляет 17–20°C. Оптимальная сумма активных температур для созревания семян 1600–1650°C. Привлекательность узколистного люпина для использования в производстве связана с тем, что он отличается относительной устойчивостью к антракнозу.

Однако следует отметить, что сведений о пищевых свойствах семян данной культуры недостаточно, что и послужило причиной концентрации нашего внимания на этом вопросе.

Цель исследования — изучить характеристики перспективных сортов и сортообразцов узколистного люпина для возможного применения в производстве пищевых продуктов.

Исследовательские вопросы: В процессе исследования нас интересовали характеристики узколистного люпина, превращающие его как культуру пригодную для использования в качестве обогащения продуктов питания необходимыми свойствами, позволяющими сбалансировать рацион питания человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

В качестве объектов исследования выступали сорта и сортообразцы узколистного люпина собственной селекции ВНИИ люпина урожая 2020 и 2021 годов. Учеты и наблюдения проводили по общепринятым в селекционной работе методикам, описанным Доспеховым (1985). Почва опытных участков дер-

ново-подзолистая, среднесуглинистая. pH почвы 5,5–5,6. Метеорологические условия в исследуемый период в целом были схожими и имели неблагоприятное влияние на реализацию потенциала продуктивности основных показателей данной культуры. Наблюдались повышенные температуры и недостаток влаги, особенно в 2021 году, что сократило вегетационный период и отрицательно сказалось на формировании репродуктивных органов.

Оборудование и инструменты

Исследования изученных показателей (содержание белка, алкалоидов, жира и лизина) в зерне сортов и сортообразцов узколистного люпина определяли с помощью оборудования на базе собственной лаборатории ВНИИ люпина по общепринятым методикам, описанным Ермаковым (1987), Артюховым и др. (2012). Помол образцов зерна люпина проводили на лабораторной мельнице ЛМТ-1.

Методы

Опыты закладывались по методике государственного сортоиспытания. В качестве стандарта использовали сорт Витязь. Отбор проб осуществлен по ГОСТ 13586.3–2015 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб». Содержание сырого протеина определяли методом инфракрасной ИК — спектроскопии по ГОСТ 30131–96 «Жмыхи и шроты». Содержание жира — по массе обезжиренного остатка методом Ружковского (Ермаков, 1987) и методом ИК-спектроскопии по ГОСТ 30131–96 «Жмыхи и шроты». Содержание лизина — методом Мусейко А.С. и Сысоева А.Ф. 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. Определение содержания сырого жира — по ГОСТ 29033–91.

Процедура исследования

Для исследований зерно люпина предварительно измельчали в мельнице. Количественные и физико-химические показатели образцов зерна люпина проводили в течение двух лет. Первым этапом

проводили закладку опытов. Далее отбирали пробы для проведения биохимического анализа. Для исследований зерно люпина предварительно измельчали в мельнице. Количественные и физико-химические показатели образцов зерна люпина проводили в течение двух лет.

Анализ данных

Для получения достоверных результатов применялся статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определялось среднее значение искомой величины из 3 повторностей. Программный пакет MicrosoftOffice 2010 (World, Excel).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе исследования нас интересовали характеристики узколистного люпина, которые трактуют данную культуру, как пригодную для использования в пищевых целях.

Количество алкалоидов в зерне люпина является приоритетным показателем. Их повышенное содержание придает горький вкус, что отрицательно сказывается на органолептических свойствах при использовании люпина в производстве пищевых продуктов. Во ВНИИ люпина неоднократно проводились исследования по данному направлению. Было установлено, что при алкалоидности до 0,04% в зерне люпина горечь не определяется вкусовыми рецепторами человека. Но главным свойством алкалоидов является тот факт, что они весьма токсичны для человека. В разработанных и зарегистрированных технических условиях «Люпин пищевой» (2021) указано фиксированное допустимое содержание этих веществ в зерне узколистного и белого люпина и продуктах их переработки — 0,04 г/100 г.

Количество алкалоидов сорта Витязь (стандарт) незначительно превышало показатель 0,04 лишь в 2020 году (0,043%). Тогда как в 2021 году данный показатель не имел высокую величину и составил 0,035%. В среднем же алкалоидность сорта Витязь была в пределах нормы (Таблица 1). У сортообразца

СН 39–20 также алкалоидность была повышенной в 2021 году (0,045 %). Однако уровень данного показателя в 2020 году имел минимальное значение и составил 0,010 %. Нестабильность в содержании алкалоидов связана с индивидуальной ответной реакцией на климатические особенности данного периода. В среднем же содержание алкалоидов за время исследований у всех образцов было невысоким и варьировалось от 0,020 % у Гибрида 1246 до 0,039 % у стандарта Витязя.

Продолжительность вегетационного периода у представленных образцов люпина была небольшой и колебалась в среднем за два года от 82 дней у СБС 59–20 до 94 дней у Гибрида 1314. Это говорит о скороспелости исследуемых сортообразцов (Таблица 1).

Содержание протеина в зерне люпина характеризует его высокую биологическую ценность.

Нами были изучены и проанализированы такие показатели для узколистного люпина, как содержание сырого протеина, урожайность зерна и сбор белка с единицы площади (Рисунок 1).

На графике отображены средние значения за 2020–2021 гг.

Согласно данным графика, в сравнении со стандартом, который имел невысокие значения по изученным показателям (протеин — 32,1 %; урожайность 17,0 ц/га; сбор белка 5,45 ц/га), у трех образцов наблюдается сочетаемость и отмечены высокие значения по всем трем исследуемым параметрам.

Таблица 1

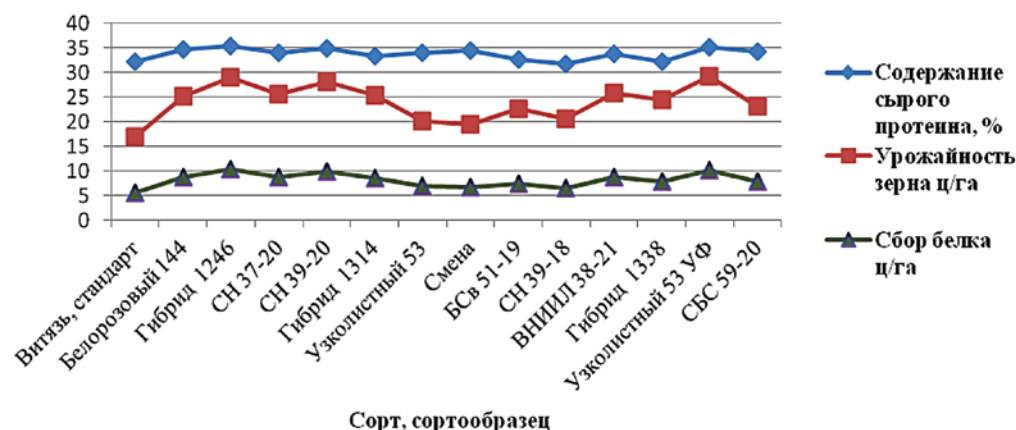
Содержание алкалоидов (%) и продолжительность вегетационного периода в 2020–2021 гг.

Сорт, сортообразец	Содержание алкалоидов в зерне, %			Вегетац. период (дн.)
	2020	2021	среднее	среднее
Витязь, стандарт	0,043	0,035	0,039	83
Белорозовый 144	0,034	0,041	0,037	91
Гибрид 1246	0,010	0,029	0,020	85
СН 37-20	0,037	0,034	0,035	88
СН 39-20	0,010	0,045	0,028	87
Гибрид 1314	0,039	0,028	0,034	94
Узколистный 53	0,033	0,027	0,030	88
Смена	0,038	0,029	0,034	86
БСв 51-19	0,045	0,032	0,038	87
СН 39-18	0,025	0,022	0,024	87
ВНИИЛ 38-21	0,023	0,024	0,024	85
Гибрид 1338	0,035	0,033	0,034	85
Узколистный 53 УФ	0,030	0,036	0,033	89
СБС 59–20	0,021	0,038	0,030	82

Это Гибрид 1246 (протеин 35,3 %; урожайность зерна 29,0 ц/га, сбор белка 10,23 ц/га), Узколистный 53 УФ (протеин 35,1 %; урожайность зерна 29,1 ц/га; сбор белка 10,09 ц/га) и сортообразец СН 39-20 (протеин 34,9 %; урожайность 28,0 ц/га; сбор белка 9,77 ц/га). Выявлено превышение в сравнении со стандартом по протеину в 1,1 раза, по урожайности зерна в 1,6–1,7 раза, по сбору белка с единицы площади превышение составило в 1,8 раза. Отме-

Рисунок 1

Основные показатели сортов и сортообразцов узколистного люпина



чен довольно высокий процент протеина в исследуемых образцах 34–35 %.

Содержание жира определяет энергетический потенциал и соответственно ценность зерна. За период исследования процент жира в зернах люпина узколистного колебался в пределах от 4,66 (СН 39-18) до 5,95 (Узколистный 53 УФ) (Рисунок 2).

У большинства образцов показания превышали 5 %, что говорит о достаточно высоком содержании жира в семенах изученных сортов и сортообразцов.

Что касается лизина, то он относится к незаменимым аминокислотам, входящим в состав белка и влияющим на процессы роста, производства ан-

тител, ферментов и гормонов. Это подчеркивает важность и необходимость изучения его содержания в зерне люпина. В период исследований процентное содержание данной аминокислоты колебалось в пределах от 0,81 % (Гибрид 1314) до 1,23 % (Гибрид 1246) (Рисунок 3).

Средний показатель лизина в зерне изученных образцов составил 1,09 %. Уровень его содержания объясняется, прежде всего, особенностями генотипов данных сортов и сортообразцов, а также, по-видимому, влиянием погодных условий в период исследований.

В рассматриваемый нами период были проанализированы приоритетные характеристики сортов

Рисунок 2

Содержание жира в зерне люпина (%)

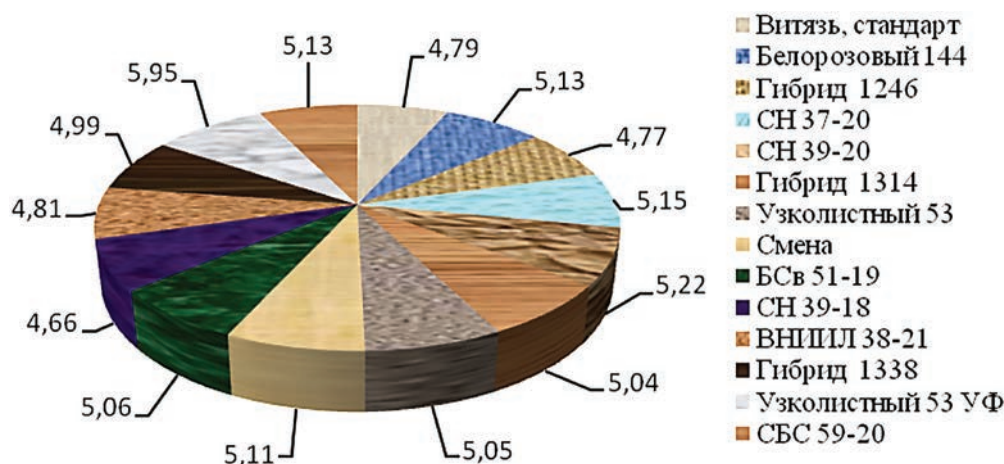
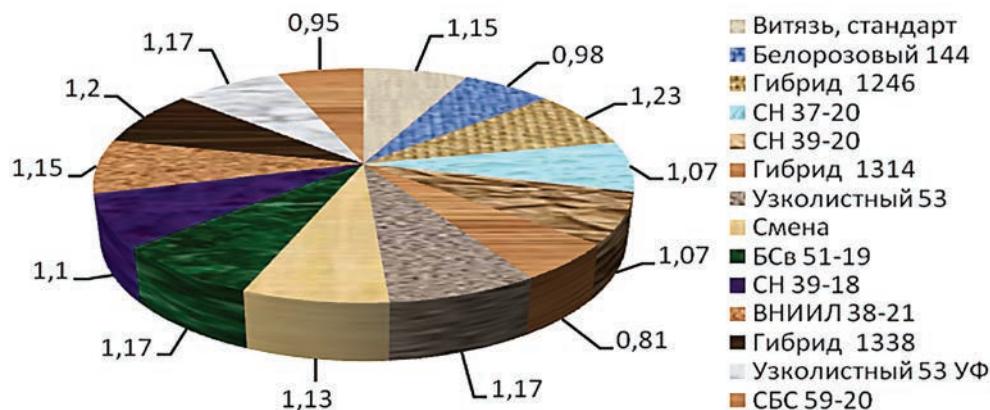


Рисунок 3

Содержание лизина в зерне люпина (%)



и сортообразцов узколистного люпина, которые необходимы для оценки его использования в качестве сырья в пищевом производстве. Исследования данных показателей проводились ранее на сортах люпина белого (сорт Мичуринский) и люпина узколистного (сорт Белорозовый 144) (Тимошенко и др, 2022). В ходе нашего анализа были выбраны сорта и сортообразцы узколистного люпина собственной селекции.

По содержанию алкалоидов исследованные нами образцы данной культуры имели невысокие значения и находились в пределах нормы, установленной для использования люпина при производстве продуктов питания. Были отмечены сортообразцы с алкалоидностью 0,020 %. Уровень сырого протеина имел достаточно высокое значение и у отдельных образцов он достигал более 35,0 %, что превышает показатель, полученный по сорту Белорозовый 144, исследованный ранее.

Следует отметить, что в некоторых литературных данных отмечен высокий уровень содержания белка в зерне люпина (до 44 %) (Lucaset., al., 2015). Однако, в данном случае речь идет о зерне белого люпина. Тогда, как содержание белка в зернах узколистного люпина в большинстве случаев не превышает 35 % (Рущкая и др, 2021), что не противоречит нашим результатам.

Немаловажным является тот факт, что для анализируемых сортов и сортообразцов нашей селекции был отмечен короткий вегетационный период, что очень важно, поскольку это позволяет выращивать узколистный люпин в регионах России, где

периодически наблюдаются годы с неблагоприятными погодными условиями. Например, зоны Нечерноземья России.

ВЫВОДЫ

В результате полученных биохимических характеристик сортообразцов узколистного люпина нами были выявлены наиболее перспективные его образцы. Это Гибрид 1246, СН 39–20, Узколистный 53 УФ. Данные сорта и сортообразцы могут быть использованы для дальнейшего изучения и создания отечественных районированных сортов с максимально полезными свойствами, которые необходимы в производстве продуктов питания. Создание таких сортов собственной селекции позволит обеспечить российских производителей пищевого производства недорогим белковым сырьем.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Любовь Викторовна Коннова: концептуализация; методология; создание черновика рукописи; создание рукописи и ее редактирование.

Прасковья Алексеевна Агеева: концептуализация; верификация данных; создание черновика рукописи; создание рукописи и ее редактирование.

Лариса Владимировна Трошина: проведение исследования; создание рукописи и её редактирование; визуализация.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCE

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>

Agafonova, S. V., Rykov, A. I., & Mezenova, O. Ya. (2019). Evaluation of the biological value of lupin proteins and the prospects for their use in the food industry. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*, (2), 79–85. (In Russ.) <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2019-18-2-79-85>

Агеева, П.А., Почутина, Н.А., & Матюхина, М.В. (2020). Люпин узколистный — источник ценных питательных веществ для использования

в кормопроизводстве. *Кормопроизводство*, (10), 29–33. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.211-220>

Ageeva, P.A., Pochutina, N.A., & Matyukhina, M.V. (2020). Narrow-leaved lupine — a source of valuable nutrients for use in feed production. *Feed Production*, (10), 29–33. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.211-220>

Артюхов, А.И., Яговенко, Т.В., Афонина, Е.В., & Трошина, Л.В. (2012). *Количественное определение алкалоидов в люпине*. Брянск: Читай-город.

Artyukhov, A.I., Yagovenko, T.V., Afonina, E.V., & Troshina, L.V. (2012). *Quantitative determination of alkaloids in lupine*. Bryansk: Chitay-gorod. (In Russ.)

- 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>
- Vishnyakova, M. A., Vlasova, E. V., & Egorova, G. P. (2021). Genetic resources of narrow-leaved lupine (*Lupinus Angustifolius* L.) and their role in domestication and breeding of the culture. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 25(6), 620–630. (In Russ.) <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>
- Vishnyakova, M. A., Kushnareva, A. V., Shelenga, T. V., & Egorova, G. P. (2020). Alkaloids of narrow-leaved lupine as a factor determining alternative ways of use and selection of the culture. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 24(6), 625–635. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ20.656>
- Глотова, И.А., Рязанцева, А.О., Галочкина, Н.А., Куцова, А.Е. (2019). Семена люпина — альтернатива сое в формировании потребительских свойств продовольственных товаров. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, (2), 69–79. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-269-79>
- Glotova, I.A., Ryazantseva, A.O., Galochkina, N.A., Kutsova, A.E. (2019). Lupine seeds — an alternative to soy in forming consumer properties of food products. *Scientific Journal of ITMO University. Series “Processes and Equipment of Food Production”*, (2), 69–79. (In Russ.) <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-269-79>
- Гапонов, Н.В. (2020). Значение люпина в продовольственной безопасности страны. Инновации и продовольственная безопасность, 4(30), 101–107.
- Gaponov, N.V. (2020). The significance of lupine in the country's food security. *Innovations and Food Security*, 4(30), 101–107. (In Russ.)
- 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.
- Dolgikh, V. V. (2020). The use of spelt whole grain flour in combination with flour from lupine, flax, and Jerusalem artichoke for the production of functional protein-spelt breads. *Bread Products*, 8, 41–45. (In Russ.)
- Ермаков, А.И. (1987). *Методы биохимического исследования растений*. Ленинград: Агропромиздат.
- Yermakov, A.I. (1987). *Methods of biochemical research of plants*. Leningrad: Agropromizdat. (In Russ.)
- Забодалова, Л.А., Доморошченкова, М.Л., Демьяненко, Т.Ф., & Кузнецова, Л.М. (2012). Применение комплекса гидролитических ферментов при получении концентрата белков люпина. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, 1, 1–8.
- Zabodalova, L.A., Domoroshchenkova, M.L., Demyanenko, T.F., & Kuznetsova, L.M. (2012). The use of a complex of hydrolytic enzymes in obtaining lupine protein concentrate. *Scientific Journal of ITMO University. Series “Processes and Equipment of Food Production”*, 1, 1–8. (In Russ.)
- Красильников, В.Н., Мехтиев, В.С., Доморошченкова, М.Л., Демьяненко, Т.Ф., Гаврилюк, И.П., & Кузнецова, Л.И. (2010). Перспективы использования белков из семян люпина узколистного. *Пищевая промышленность*, 2, 40–43.
- Krasilnikov, V.N., Mekhtiev, V.S., Domoroshchenkova, M.L., Demyanenko, T.F., Gavriluk, I.P., & Kuznetsova, L.I. (2010). Prospects for the use of proteins from the seeds of narrow-leaved lupine. *Food Industry*, 2, 40–43. (In Russ.)
- Криштафович, В. И., Лахмоткина, Г. Н., & Горбатов, С. А. (2012). Использование муки продовольственного люпина при производстве мясных продуктов. *Мясная индустрия*, 12, 24–27.
- Krishtafovich, V. I., Lakhmotkina, G. N., & Gorbato, S. A. (2012). The use of edible lupine flour in meat product production. *Meat Industry*, 12, 24–27. (In Russ.)
- Купцов, Н.С., & Такунов, И.П. (2006). *Люпин — генетика, селекция, гетерогенные посевы*. Клинцы: КГТ.
- Kuptsov, N.S., & Takunov, I.P. (2006). *Lupin — genetics, selection, heterogeneous sowings*. Klintsy: KGT. (In Russ.)
- 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. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.310>
- Kurchaeva, E. E., Tertychnaya, T. N., Maximov, I. V., & Manzhosov, I. V. (2011). The use of lupine flour for the production of functional products. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, (10), 63–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.310>
- Лахмоткина, Г.Н. (2011). Пищевые волокна люпина как ингредиент продуктов функционального питания. *Пищевая промышленность*, 11, 29–31.
- Lakhmotkina, G.N. (2011). Lupine dietary fibers as an ingredient in functional food products. *Food Industry*, 11, 29–31. (In Russ.)
- Мироненко, А.В. (1966). Методы определения алкалоидов. Минск: Наука и техника.
- Mironenko, A.V. (1966). *Methods of determining alkaloids*. Minsk: Science and Technology. (In Russ.)
- 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.
- Nikonovich, Yu.N., Tarasenko, N.A., & Bolgova, D.Yu. (2017). The use of processed lupine seed products in the food industry. *News of Higher Educational Institutions. Food Technology*, 1, 9–12. (In Russ.)
- Нициевская, К.Н., Мотовилов, О.К., & Грушина, О.С. (2011). Использование растительных пастообразных концентратов в производстве мясных рубленых полуфабрикатов. *Вестник КРАСГАУ*, 11(62), 208–212.

- Nitsievskaya, K.N., Motovilov, O.K., & Grushina, O.S. (2011). Use of plant paste concentrates in the production of minced meat semi-finished products. *Bulletin of KRASGAU*, 11(62), 208–212. (In Russ.)
- Панкина, И. А., & Борисова, Л.М. (2015). Исследование алкалоидности семян люпина. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, (4), 80–87.
- Pankina, I.A., & Borisova, L.M. (2015). Study of the alkaloid content of lupine seeds. *Scientific Journal of ITMO University. Series “Processes and Apparatuses of Food Production”*, (4), 80–87. (In Russ.)
- Рущая, В.И., & Гапонов, Н.В. (2021). Опыт использования люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности (обзор). *Зернобобовые и крупяные культуры*, 1(37), 83–89.
- Rutskaia, V.I., & Gaponov, N.V. (2021). Experience of using lupine and its processed products in the food industry (review). *Legumes and Cereal Crops*, 1(37), 83–89. (In Russ.)
- Тарасенко, Н.А., Никонович, Ю.Н., & Михайленко, М.В. (2017). Порошок из семян люпина — перспективный белковый обогатитель. *Научный журнал КубГАУ*, 129(05), 236–247. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-129-020>
- Tarasenko, N.A., Nikonovich, Yu.N., & Mikhaylenko, M.V. (2017). Lupin seed powder — a promising protein enricher. *Scientific Journal of KubSAU*, 129(05), 236–247. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1990-4665-129-020>
- 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), 219–232. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.310>
- Timoshenko, E.S., Lukashevich, M.I., Yagovenko, G.L., Ageeva, P.A., & Zaitseva, N.M. (2022). Characteristics of promising lupine varieties Michurinsky and Belorozovy 144 for food use. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, (2), 219–232. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.310>
- Frick, K. M., Kamphuis, L. G., Siddique, K. H., Karen M., Singh, K.B., & Foley, R. C. (2017). Quinolizidinealkaloidbiosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement. *Frontiers in Plant Science*, 8(87), 112. <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, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00705>
- Pollard, N.J., Stoddard, F.L., Popineau, Y., Wrigley, C.W., & MacRitchie, F. (2002). Lupin flours as additives: Dough mixing, breadmaking, emulsifying and foaming. *Cereal Chemistry*, 79, 662–669. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.5.662>
- 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, 165–175. <https://doi.org/10.2754/avb201685020165>