

12. Morozova A. S., Kazakova L. A. Comprehensive technique for the development of solonets // Agriculture. 1986. № 9. Pp. 19-21.

13. Soloviev D. A. Robotic irrigation complex "Cascade" // Agricultural Scientific Journal. 2020. № 1. Pp. 74-78.

14. Nowak R. S., Ellsworth D. S., Smith S. D. Functional responses of plants to elevated atmospheric CO₂ - Do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? // New Phytologist. 2004. No 162. Pp. 253-280.

Информация об авторах

Майер Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (РФ, 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), тел: 89053378678, ORCID: 1000-0002-0065-8916, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Authors Information

Mayer Alexander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov» (Russia 127750 Moscow Bolshaya Akademicheskaya str. 44 building 2), tel: 89053378678, ORCID: 1000-0002-0065-8916, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-56

LUPINE ALKALOIDS AND METHODS FOR REDUCING THEIR CONTENT (Review)

V. I. Rutsкая, E. S. Timoshenko

*All-Russian Scientific Research Institute of Lupine – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V. R. Williams»
Bryansk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: el.timo32@mail.ru

Received 13.04.2023

Submitted 09.07.2023

Abstract

Lupin is a perspective source of plant, biological valuable protein which can become an alternative to soya. Lupin protein has minimal content of lipids and inhibitors of nutritive enzymes, stands out for oil content and takes the leading position among legumes crops also for the content of the most valuable amino acids, macro- and microelements. Alkaloids are a lupin anti-nutritional factor which hinder widely use of lupin. In the Russian Federation the numerous scientific researches are conducted for search of the low alkaloid lupin raw material and development of the methods for the decreasing of the alkaloid content in lupin processed foods. Biological, chemical and water technics for removal of bitterness can decrease the alkaloid content in lupin seeds with different results depending on conditions. However the process of decreasing of alkaloids' content based on lupin grain water soaking requires a lot of water and time and results in material losses which makes this method low-tech and costly for the purification of lupin grain from alkaloids. Use of chemicals for alkaloid removal is labor consuming and low-tech and is linked with high material costs and non-resolved problem of utilization of large value of spent chemicals used for purification process. Removal of bitterness from lupin seeds with high alkaloid content requires further tests especially in case of effectiveness, organoleptic indices and economic expediency. Developed and proposed methods for decrease of alkaloid content in lupin grain should aimed to increase its purification level and to minimize the environmental damages from waste production.

Key words: lupin, protein, alkaloids, food industry, grain soaking, chemical reagents, germination, economic expediency.

Citation. Rutsкая V. I., Timoshenko E. S. Lupine alkaloids and reduction methods for reducing their content. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 573-584 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-56.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 547.94:633.367

АЛКАЛОИДЫ ЛЮПИНА И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ИХ СОДЕРЖАНИЯ (ОБЗОР)

В. И. Руцкая, кандидат биологических наук

Е. С. Тимошенко, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, Российская Федерация

Актуальность. Люпин является перспективным источником растительного, биологически ценного белка, способного быть альтернативой сое. Белок люпина содержит минимальное количество липидов и ингибиторов пищеварительных ферментов, выделяется по содержанию жира, занимает лидирующее положение среди бобовых культур и по содержанию самых ценных аминокислот, макро- и микроэлементов. Антипитательным фактором люпина, препятствующим его широкому использованию, являются алкалоиды. В РФ проводятся многочисленные научные исследования по поиску малоалкалоидного люпинового сырья и разработке способов снижения содержания алкалоидов в продуктах переработки люпина. Биологические, химические и водные процессы удаления горечи могут снизить содержание алкалоидов в семенах люпина с разными результатами в зависимости от условий. Однако процесс снижения содержания алкалоидов на основе вымачивания зерна люпина в воде требует расхода большого количества воды и времени и приводит к материальным потерям, что делает данную технологию очистки зерна люпина от алкалоидов нетехнологичной и затратной. Использование с целью удаления алкалоидов химических реагентов трудоемко и не технологично и связано с большими материальными затратами и нерешенной проблемой утилизации больших объемов отработанных химических препаратов, используемых в процессе очистки. Удаление горечи из семян люпина с высоким содержанием алкалоидов требует дальнейших исследований, особенно в отношении эффективности, органолептических качеств и экономической целесообразности. Разрабатываемые и предлагаемые способы по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина должны быть направлены на повышение степени его очистки и сведения к минимуму ущерба, наносимого окружающей среде отходами производства.

Ключевые слова: люпин, источники пищевого белка, алкалоиды люпина, вымачивание зерна, химические реагенты, переработка люпина.

Цитирование: Руцкая В. И., Тимошенко Е. С. Алкалоиды люпина и способы снижения их содержания. (Обзор). *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 573-584. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-56.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Изыскание новых растительных источников пищевого белка является одной из актуальных задач улучшения структуры питания населения и повышения биологической ценности производимых продуктов. Химический состав производимой продукции является основой определения ее пищевой ценности и потребительских достоинств.

Потенциальным ресурсом качественного растительного белка являются бобовые культуры. Среди них люпин является наиболее перспективным источником растительного, биологически ценного белка, который позволит частично или полностью заменить дорогостоящие белковые компоненты, получаемые из сои. В настоящее время все большее признание находит белый люпин, который отличается наиболее высоким потенциалом продуктивности и по качеству семян также близок к сое. Содержание белка в зерне люпина белого составляет 36,0–42,0%, жира – от 8 до 10%, алкалоидов – 0,03–0,07% [2, 10]. Биологическая полноценность и высокое содержание белка в люпине обуславливают и антимутагенное их действие на организм.

Люпин также занимает лидирующее положение среди бобовых культур и по содержанию самых ценных аминокислот – лизина, цистина, метионина, триптофана и др. [8]. В составе углеводов семян люпина 20–26% составляют пищевые волокна, которые обладают свойствами энтеросорбентов, снижают содержание холестерина в крови и необходимы в пище для профилактики целого ряда заболеваний.

Кроме того, белок люпина, в отличие от сои, содержит минимальное количество липидов и ингибиторов пищеварительных ферментов, в частности трипсина, что способствует его высокой переваримости. Люпин выделяется и 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 [1].

Тем не менее, несмотря на массу положительных характеристик люпина, наличие в нем хинолизидиновых алкалоидов, придающим горький вкус пищевым продуктам и в отдельных случаях вызывающих острую антихолинергическую токсичность, ограничивает его массовое применение как в качестве добавок в комбикорма для животных, так и для включения его в рецептуру продуктов питания [19].

Люпин и продукты его переработки ограничены в количестве его использования в соответствии с нормами предельно допустимых концентраций (ПДК) алкалоидов в пищевых продуктах. По международным нормам в ряде стран за рубежом содержание алкалоидов в люпиновом сырье может составлять не более 0,02% к массе семян [12], в России – не более 0,04% к массе семян [8], (ТУ-9716-004-00668502-2008). Поэтому в перерабатывающей промышленности при применении пищевых добавок в виде люпинового сырья используют малоалкалоидные сорта возделываемых видов люпина. Созданные в последние годы новые сорта белого и узколистного видов люпина, такие как Альый парус, Мичуринский, Пилигрим, Белорозовый 144 и др., расширяют возможности его использования, поскольку являются низкоалкалоидными, они богаты белком и незаменимыми аминокислотами [9, 10].

С другой стороны, алкалоиды являются частью защитной системы растения от патогенов. Алкалоиды представляют собой азотистые комбинации и относятся к числу наиболее токсичных растительных ингредиентов. По своей молекулярной структуре алкалоиды люпина относятся к хинолизидиновому образованию.

Каждый вид люпина имеет уникальный алкалоидный профиль. Обычно он состоит из 4–5 основных и нескольких второстепенных алкалоидов, которые различаются по своей токсичности. Например, лупанин, содержащийся в узколистном и белом видах люпина, – наиболее ядовитый алкалоид, оксилупанин примерно в 10 раз менее ядовит [23]. Кроме лупанина (50–80%) в белом люпине еще содержатся мультифлорин (3–10%), 13-гидроксилупанин (5–15%), альбин (5–15%) и др. В зерне узколистного люпина преобладающими алкалоидами являются лупанин (65–80%), ангустифолин (5–20%), 13-гидроксилупанин (10–20%), в желтом виде люпина – люпинин (40–70%), спартеин (30–50%) (Wink M. 1993).

Накопление алкалоидов в растениях люпина – это сложный процесс, который определяется как наследственными свойствами растения, так и другими факторами: условия произрастания растения, качество посевного материала, условия окружающей среды, такие как температура, время года, солнечный свет и даже присутствие отдельных патогенных микроорганизмов (Santana F., Fialho A. et. al. 1996).

На накопление алкалоидов большое влияние оказывает наличие и соотношение в почве элементов минерального питания, таких как фосфор и калий. Отмечено, что при совместном их внесении содержание алкалоидов в люпине снижается по мере снижения дозы фосфора по отношению к калию с преобладанием калия в полтора-два раза (Мироненко А. В., Заболотный А. И. 1974).

Также важным фактором, влияющим на накопление алкалоидов в зерне люпина, является репродукция семян. Исследования показали, что семена I и II репродукций менее алкалоидны, чем семена массовой репродукции [5]. Поэтому одним из условий, способствующих снижению содержания алкалоидов, является регулярное сортообновление.

Снижение содержания алкалоидов в зерне люпина и продуктах его переработки может достигаться путем селекции новых малоалкалоидных сортов, агротехническими приемами или путем технологической обработки. Возникает острая необходимость разработки и совершенствования способов и приемов переработки зерна люпина, позволяющих снизить содержание в нем антипитательных веществ до допустимого уровня.

Для снижения содержания алкалоидов в семенах люпина могут быть использованы различные методы: физико-механические, химические, биохимические, микробиологические, которые способны снижать алкалоидность с разными результатами в зависимости от условий.

Так, водные обработки могут снизить содержание алкалоидов в семенах люпина, даже в семенах с высоким содержанием алкалоидов. Для удаления горечи из целых семян, предназначенных для употребления в пищу человеком, обработка водой является единственным известным процессом, применяемым в промышленных масштабах. Водная обработка снижает содержание алкалоидов во всем семени без изменения его естественного вкуса. Это особенно важно, когда семена едят в качестве закуски [20].

Наилучший результат экстракции был достигнут при 100°C в течение 60 минут при соотношении 40:1 (вода: люпин). Было экстрагировано 77,4% от общего количества алкалоидов, присутствующих в зерне. При этих условиях вместе с алкалоидами были экстрагированы и другие компоненты, а именно около 8 г углеводов, 7 г белка и 4 г липидов из расчета на 100 г люпина [21].

В домашних условиях рекомендуется проводить процесс удаления горечи и очистку от примесей в следующей последовательности: замачивание в течение 1 дня, варка в воде в течение 1 часа, помещение в контейнеры и выдержка в проточной воде в течение 4-5 дней [22].

В литературе приводятся данные [5] по изучению приемов удаления алкалоидов из зерна люпина вымачиванием его в воде в разных условиях:

- зерно люпина 24 часа выдерживали в холодной воде, 1,5 часа обрабатывали паром и затем тщательно промывали 45 час. в холодной, затем 25 час. в проточной воде;
- зерно люпина 12 час вымачивали, 1,5 час. обрабатывали паром, затем обрабатывали 0,5% раствором соляной кислоты, после чего промывали, как описано выше;
- зерно люпина 2 час вымачивали в холодной воде, затем выщелачивали 2 час. водой при 60⁰ С, после чего промывали холодной водой и затем многократно обрабатывали 5% раствором поваренной соли, после чего промывали, как описано выше;
- зерно люпина вначале 2 час. вымачивали при 70°C, дважды обрабатывали 20% КОН, затем промывали, как описано выше.

После обработки вышеописанными способами количество алкалоидов в зерне люпина уменьшалось на 30-50%. Но данные способы обработки зерна с целью снижения содержания в нем алкалоидов не нашли широкого применения в практике по причине большой трудоемкости и значительных потерь питательных веществ в процессе обезгорчивания. Этот процесс требует расхода большого количества воды и времени, что делает прием очистки зерна люпина от алкалоидов на основании промывки их водой нетехнологичным.

При разработке приемов по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина следует учитывать, что алкалоиды устойчивы к температуре до 50°C. Дальнейшее повышение температуры вплоть до 150°C незначительно влияет на процесс разрушения алкалоидов. И лишь при экспозиции 150°C в течение 30 мин. разрушается до 30% алкалоидов от исходного уровня [15].

На протяжении нескольких лет, как в нашей стране, так и за рубежом проводится разработка и изучение эффективности разных технических и химических приемов обработки зерна люпина. Изучаются такие методы, как шелушение, экструзия, проращивание, замачивание с последующей промывкой, ферментация, термическая обработка и др., позволяющие снижать содержание алкалоидов в люпиновом сырье до предельно допустимых норм [4, 17, 18].

Так, по мнению ученых ФГБНУ ВНИИТиН, для снижения содержания алкалоидов в продуктах переработки люпина до безопасного уровня и повышения их питательной ценности следует использовать технологию предварительного замачивания шелушенного зерна люпина с последующей обработкой его ферментами Агроксил и Агроцел [4, 14]. Данный прием позволяет снизить содержание алкалоидов в обработанном зерне в 2,1-3 раза. При этом отмечается высокая сохранность сырого протеина.

Несколько способов и приемов по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина разработаны и защищены патентами РФ. Так, авторы патента «Способ уменьшения алкалоидов в зерне люпина» (Патент № 0002698899, 2019) предлагают для уменьшения алкалоидов использовать механическую и двухстадийную тепловую обработку зерна люпина. Вторую стадию тепловой обработки рекомендуется проводить при температуре 140-180°C в присутствии острого водяного пара при избыточном давлении 5-15 атм. с продолжительностью обработки в барокамере 20-180 сек, с последующим удалением влаги до 3-14%, затем измельчением, охлаждением и сортировкой крупы по размеру частиц до размера 1,5-4,0 мм. Таким образом, по данным авторов, абсолютное снижение алкалоидов после двух стадий тепловой обработки составляет с исходной 0,082% до 0,025% т.е. в 2,6-3,3 раза, что позволяет использовать обработанные предложенным способом семена люпина в пищевых целях.

Разработанный способ получения пищевого продукта из зернобобовых культур (Патент № 2 287 295 С2, 2004) относится к обработке пищевых продуктов растительного происхождения для удаления антипитательных веществ. Сущность способа заключается в проращивании замоченных семян в течение 24-26 часов. После этого семена обрабатываются раствором с мультиэнзимным комплексом ферментов в количестве 0,18-0,20% от массы сырья при соотношении семян и раствора от 1:1,5 до 1:8. После ферментации семена необходимо промыть водой с температурой 20-30°C с последующей сушкой и экструдированием. По мнению авторов, изобретение позволяет получить готовый продукт из зернобобовых культур с минимальным содержанием антипитательных веществ при обеспечении максимального сохранения общего содержания пищевого белка.

Авторы патента: «Получение гранулированных продуктов для пищевых и кормовых целей ...» (Патент № 2 505 079 С2, 2014) рекомендуют использовать влажную стадию удаления алкалоидов из зерна люпина. Проведенные авторами исследования

показали, что оптимальной средой для обезгорчивания люпина является сырная или творожная сыворотка. Согласно технологии зерно люпина помещается в накопительный бункер, промывается водой и транспортером подается в ванну для проращивания и обезгорчивания. Затем в ванную с зерном подается молочная сыворотка с заданными параметрами, в которой содержится зерно в течение 4-6 часов при температуре 40-50°C и pH 4,5-6,5. Затем сыворотка сливается, а зерно во влажном состоянии выдерживается еще 22-24 часа для его прорастания и удаления антипитательных веществ. Используя данный метод исследователям удалось снизить алкалоидность семян до 0,031 – 0,012%.

Предложенное Костюченко В.И. изобретение (Патент № 2 110 930, 1998) относится к физико-химическим способам и может применяться в перерабатывающей промышленности для удаления алкалоидов (горечи) из сельскохозяйственного сырья. Очищаемый материал, например зерно люпина, с высоким содержанием алкалоидов рекомендуется настаивать в водопроводной воде в течение 5 ч для набухания, затем переместить в камеру для электроэлюции. Камеру с набухшим зерном заполняют водопроводной водой и пропускают через продукт постоянный электрический ток с напряжением 5-20 В/см. При достижении в камере температуры 80-85°C нагревшаяся вода из камеры удаляется и заменяется на холодную чистую водопроводную воду, через которую продолжается пропуск электрического тока до достижения температуры продукта 80-85°C. Таких циклов проводится несколько и до тех пор, пока не будет достигнута требуемая степень очистки продукта от алкалоидов.

Сотрудники УО «Белорусская ГСА» также считают, что наиболее эффективным приемом для снижения содержания алкалоидов в зерне люпина является их обработка в поле токов СВЧ [11].

Головченко В. И. с соавторами (Патент № 2059388 С1, 1996) разработали способ получения полуфабриката для продуктов питания из люпина белого низкоалкалоидных сортов, включающий очистку семян люпина от примесей, обработку инфракрасным излучением с температурой 400 – 500°C в течение 35-40 с, освобождение от оболочки с последующим размолотом. Для обработки инфракрасными лучами использовали микронизатор, в котором семена перемещались на сетчатом транспортере, удаленном от инфракрасных ламп на расстояние 50 см. Температура семян на выходе не превышала 150°C. При использовании данных условий, кроме детоксикации, происходит частичное расщепление высокомолекулярных протеинов на низкомолекулярные растворимые протеины и аминокислоты, что делает семена более ценными в использовании для питания, особенно для детей.

Изобретение Бабкова Н. И. с соавторами (Патент № 2035162, 1992) относится к технологии получения белка из растительного сырья и может быть использовано в пищевой промышленности. Авторы предлагают способ получения белка из измельченных семян люпина с первоначальным экстрагированием алкалоидов из них сатурированной водой при давлении выше атмосферного – до -1,1 МПа, при периодическом сбросе его до атмосферного. По мнению авторов данный способ позволяет полностью удалить алкалоиды, которые в кислой среде переходят в форму солей, свободно растворяющихся в воде. Полученный экстракт сливают самотеком и сбрасывают давление до атмосферного, что приводит к разложению угольной кислоты на двуокись углерода и воду. Затем сырье экстрагируют водным раствором щелочи для извлечения белка, подкисляя экстракт для осаждения его в изoeлектрической точке. Полученный таким образом очищенный от алкалоидов белок из семян люпина после промывки водой можно использовать как ингредиент пищевых продуктов.

Положительную роль кислой среды при очистке семян люпина от алкалоидов отмечают и другие авторы [18]. Для проведения более эффективной процедуры очистки ими были использованы различные промывочные растворы – 0,5% и 1% NaCl и ли-

монная кислота, с подключением ультразвука. Обработка ультразвуком не ускоряла процесс очищения, в то время как хлорид натрия и растворы лимонной кислоты позволяли значительно сократить время очистки, уменьшали потребление воды и снижали содержание алкалоидов до коммерческих значений – 0,31 г / кг сухого вещества. Исследователи считают, что предлагаемый прием с использованием лимонной кислоты или хлорида натрия может быть использован в производстве для сокращения времени проведения процедур по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина и улучшения качества очистки.

Ряд исследователей считают, что существенно снизить содержание алкалоидов в зерне люпина – до 50-60% от исходной величины, можно только вымачиванием в среде раствора минеральных кислот или специальных растворителей (Федышин Б. Н., Федышина М. Н., 1992; Шершунов В. А. и др., 1999). Для экстракции алкалоидов из зерна люпина в качестве реагентов были использованы растворы уксусной, серной и соляной кислот. По результатам исследований было установлено, что наиболее перспективным растворителем является соляная кислота с концентрацией 1-2 моль/л при температуре 75°C и с размером обрабатываемых частиц зерна 0,5-1,0 мм, так как при ее использовании степень экстракции алкалоидов выше по сравнению с другими вариантами. При использовании соляной кислоты с концентрацией 1,5 моль/л методом многоступенчатой противоточной экстракции при температуре 40°C в течение 1 часа содержание алкалоидов в зерне люпина снижалось с 1,5 до 0,3%.

Проводились также исследования по изучению возможности получения низкоалкалоидного люпинового продукта с использованием таких экстрагентов, как ацетатный буфер и соляная кислота с разной экспозицией и температурой экстракции и разным помолом исследуемого материала [3]. В результате эксперимента было выявлено, что для снижения содержания алкалоидов до необходимых 0,02% и ниже необходимо провести двукратную отмывку исследуемого материала ацетатным буфером при температуре 45°C в течение 6 часов с размолотым люпиновым материалом до 3,0 мм.

Однако, несмотря на то, что описанные выше химические обработки позволяют значительно снижать содержание алкалоидов в люпине, исследователям следует учитывать, что использование химических реагентов трудоемко и не технологично и по-прежнему существует неопределенность в отношении безопасности химически обработанного сырья. Кроме того, химическая обработка вызывает около 13% потерь материала и может повлиять на вкус получаемого продукта [20]. Применение способов, основанных на использовании химических реагентах, связано с большими материальными затратами, требует дополнительного оборудования и средств для проведения безопасной эксплуатации и утилизации отходов.

Исследователи Германии утверждают, что при использовании технологии под названием МИТТЕКС возможно практически полное извлечение алкалоидов – до 0,02 – 0,002%, из обрабатываемой люпиновой массы (Мацнев А. В., Мацнева Н. И., 1986). Рекомендуемая технология позволяет работать с зерном с оболочкой и включает 2 этапа. На первом этапе из измельченного зерна люпина извлекают жир, затем холодной водой вымывают алкалоиды. На втором этапе промытую массу высушивают, используя струю воздуха с температурой 20-40°C, с последующим ее гранулированием.

Также для снижения содержания алкалоидов в зерне люпина ученые изучали прием термообработки и гранулирования. Термообработку зерна проводили при температуре 130-150°C на сушилке барабанного типа, гранулирование на аппарате ОПК-2. Данный прием позволил снизить содержание алкалоидов в зерне люпина на 32-41% (Кадыров Ф. Г., Кадырова Н. В., 2000).

С целью снижения содержания алкалоидов в зерне люпина изучали различные способы его обработки: шелушение, гранулирование, плющение, экструдирование (взрыв зерна). При использовании этих методов снижение алкалоидом было незначительным и составило в зависимости от варианта 24-34 % от исходного уровня (Лекарев В., Кандуаров С., 1999).

По мнению ученых, проращивание – еще один из подходов к снижению содержания алкалоидов в зерне люпина. Результаты исследований показали, что в процессе прорастания семян снижается содержание алкалоидов с 0,72 до 0,16 г/кг, что эквивалентно снижению на 78% через шесть дней их замачивания [20].

По данным других исследователей [16], проводивших научно-исследовательскую работу по изучению накопления и перераспределения алкалоидов в семенах люпина в процессе их прорастания следует, что на самых ранних этапах прорастания семян происходит распад содержащихся в семенах алкалоидов, в результате чего содержание последних уменьшается в 1,8 – 1,9 раза. Авторы предполагают, что уменьшение данного показателя, скорее всего, связано с биологическим разбавлением, а также превращением алкалоидов в другие азотистые вещества.

Также, и по мнению Кадырова Ф. Г. и др. [6] проращивание способствует снижению содержания алкалоидов в зерне люпина. По данным их исследований в пророщенном зерне с всхожестью не менее 75% алкалоидность снижается с 0,1% до 0,07%.

Фицев А. И. с соавторами [17] считают, что для практики с целью снижения содержания алкалоидов наиболее доступными способами обработки зерна высокоалкалоидных сортов люпина являются тепловая, влаготепловая и воздействие 1%-ной HCl. Так, по данным исследователей термообработка зерна люпина при 150 °С способна снизить содержание алкалоидов на 10–43 %, в частности лупанина, на 25–46 %, промывка 1% раствором HCl – на 20 %, а содержание лупанина снижается в 4 раза. Влаготепловая обработка способствовала снижению алкалоидности на 16 %, причем количество лупанина уменьшалось в 1,6 раза.

В современных промышленных технологиях используются способы переработки зерна, которые способны улучшать качество пищевого сырья и функциональные свойства получаемых продуктов, в частности метод ультразвукового воздействия (УЗВ). Под действием высокоинтенсивного низкочастотного ультразвука происходит инактивация патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и снижение уровня искусственного загрязнения. В ФГБНУ ВО Орловский ГАУ разработана методика обезгорчивания зерна люпина, основанная на удалении веществ, придающих горький вкус, путем последовательной экстракции щелочными и подкисленными растворами в УЗ поле [13]. По результатам органолептической оценки лучшим оказался вариант с последовательной экстракцией 10% раствором гидрокарбоната натрия, затем 10% раствором лимонной кислоты с последующим центрифугированием в УЗ поле в течение 30 сек.

Для теоретического обоснования процесса удаления алкалоидов из зерна люпина с использованием УЗВ авторами сформулированы основные положения гипотезы удаления алкалоидов, включающие использование молочной сыворотки в качестве жидкой среды с использованием ультразвукового воздействия [7]. Под действием ультразвука увеличивается глубина и скорость проникновения ферментных комплексов в капиллярные каналы, что повышает эффективность процесса ферментации мультимимным комплексом.

Chajuss D (1989) предложил промышленный способ экстракции алкалоидов и жира, а также производства белковых концентратов и промежуточных продуктов из *L. mutabilis* и *L. albus* в больших объемах. Этот процесс включает шелушение с последу-

ющей обработкой гексаном для извлечения липидов. Нежирную фракцию обрабатывают теплым водно-спиртовым раствором, а затем промывают для отделения белкового концентрата и растворимого экстракта (мелассы). В этом исследовании были выделены белковый концентрат, люпиновое масло, меласса, лузга и в отдельную фракцию были выделены алкалоиды.

Выводы. Возникает острая необходимость разработки и совершенствования способов и приемов переработки зерна люпина, позволяющих снизить содержание в нем антипитательных веществ до допустимого уровня. Биологические, химические и водные способы удаления горечи могут снизить содержание алкалоидов в семенах люпина с разными результатами в зависимости от условий. Прием, основанный на промывке в большом количестве воды, длительный и приводит к материальным потерям. Использование химических реагентов трудоемко и не технологично. Разрабатываемые и предлагаемые способы и приемы по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина должны быть направлены на повышение степени очистки люпина и продуктов его переработки, на снижение экономических затрат и сведение к минимуму ущерба, наносимого окружающей среде отходами производства. Учитывая, что имеющиеся на данный момент технологические методы снижения уровня алкалоидов нерациональны, а сорта люпина с допустимой алкалоидностью практически отсутствуют, приемлемым способом нормирования содержания алкалоидов в рецептуре продуктов пока остается регламентирование дозировки люпиновых добавок. Необходимо продолжить исследования по выявлению и разработке технологичных, экономичных, безвредных для окружающей среды способов и приемов по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина, основанных на механических или физических действиях.

Conclusions. There is an urgent need to develop and improving of methods and techniques for lupine grain processing which allow decreasing its anti-nutritional substances to an acceptable level. Biological, chemical methods including abluion used for the debittering have different results in decreasing of alkaloid content in lupine seeds depending on conditions. A method based on the washing in the large amount of water takes time and results in material losses. Use of chemicals is laborious and not technological. Developed and proposed methods for alkaloid decrease in lupine seeds should be aimed to increase the purification degree of lupine and its processed products, to decrease the economic costs and to minimize the damage for the environment because of production waste. Taking in account that the available techniques for decrease of alkaloid level are irrational and that lupine varieties with permissible alkaloid content are in practice not available so the dosage of lupine additives is an adoptable method for rationing of alkaloid content in products formulation. It's necessary to continue the study for search and development of technological, no labor-intensive, environmentally friendly methods and techniques to reduce alkaloid content in lupine grain based on mechanical or physical processes.

Библиографический список

1. Агафонова С. В., Рыков А. И. Химический состав семян растения *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus albus* L. Калининградской области // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 135-142.
2. Афолина Е. В., Яговенко Т. В. Перспективы люпина как пищевого продукта // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы Межд. науч.- практ. конф. молодых ученых и специалистов. Воронеж, 2014. С. 241-247.
3. Афолина Е. В., Костюченко В. И. Изменение содержания алкалоидов в крупе люпина после экстракции // Кормопроизводство. 2012. № 5. С. 77-78.
4. Влияние экструдирования и ферментной обработки семян люпина на изменение содержания в них протеина и хинолизидиновых алкалоидов / Н. А. Вотановская, Г. М. Шулаев, Р. К. Милушев, А. М. Пучнин // Вестник ТГУ. 2017. Т. 22. Вып. 2. С. 426-428.
5. Горох, люпин, вика, бобы: оценки и использование в кормлении сельскохозяйственных животных / В. М. Косолапов, И. А. Фицев, А. П. Гаганов, В. М. Мамаев. М.: ООО «Угрешская типография», 2009. 373с.

6. Кадыров Ф. Г., Кадырова Н. В. Зерно люпина в кормлении крупного рогатого скота и молодняка свиней // Кормопроизводство. 2001. № 1. С. 26-28.
7. Король В. Ф., Лахмоткина Г. Н. Использование ультразвука при выделении антиалиментарных веществ из зерна люпина // Южно-сибирский научный вестник. 2018. № 1. С. 27-34.
8. Купцов Н. С., Такунов И. П. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы. Брянск, Клинцы: ГУП «КГТ», 2006. 576 с.
9. Лукашевич М. И., Агеева П. А., Захарова М. В. Характеристика районированных сортов белого и узколистного люпина селекции Всероссийского НИИ люпина // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси: материалы науч.-практ. конф. Жодино, 2021. С. 218-222.
10. Люпин – селекция и адаптация в агроландшафты России / А. И. Артюхов, М. И. Лукашевич, П. А. Агеева, Н. В. Новик // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (59). С. 51-60.
11. Методы снижения алкалоидности семян люпина узколистного / А. В. Канькова, А. С. Колодич, В. Р. Скудика, О. В. Поддубная // Химия и жизнь: материалы XXI Межд. науч.-практ. студ. конф. Новосибирск, 2022. С. 102-105.
12. Никонович Ю. Н., Тарасенко Н. А., Болгова Д. Ю. Использование продуктов переработки семян люпина в пищевой промышленности // Известия вузов. Пищевая технология. 2017. № 1. С. 9-11.
13. Потаракина О. В. Ультразвук в технологии переработки люпина кормового // Научный журнал молодых ученых. 2022. № 1. С. 18-23.
14. Разные способы технологической обработки люпина для повышения его кормовой ценности / Г. М. Шулаев, Р. К. Милушев, В. Ф. Энгватов, А. Н. Бетин // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 3 (31). С. 152-154.
15. Такунов И. П. Люпин в земледелии России. Брянск: «Придесенье», 1996. 372 с.
16. Трошина Л. В., Яговенко Т. В. Динамика накопления и перераспределения алкалоидов у люпина узколистного // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научных тр. М., 2019. Т. 21. С. 26-31.
17. Фицев А. И., Воронкова Ф. В., Мамаева М. В. Способы снижения алкалоидности люпина // Актуальные проблемы заготовки, хранения и рационального использования кормов: материалы Межд. н-пр. конф. 2009. С. 194-204.
18. Alkaloid content and taste profile assessed by electronic tongue of *Lupinus albus* seeds debittered by different methods // L. Estivi [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2022. Vol. 114. Article 104810.
19. Khan M. K., Karnpanit W., Nasar-Abbas S. M. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review // Food Sci Technol. 2015. No 50. Pp. 2004–2012.
20. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering / F. E. Carvajal-Larenas [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56. No 9. P. 1454-1487.
21. Marques C. I. C. A green approach to the debittering of *Lupinus albus* L.: dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Chemical and Biochemical Engineering. 2020. 48 p.
22. Severe lupin bean intoxication: an anticholinergic toxidrome / P. Y. Ozkaya [et al.] // Pediatric Emergency Medicine Journal. 2021. No 8 (2). Pp. 108-111.
23. Wink M. A summary of 30 years of research in lupins and lupin alkaloids. Lupin crops: an opportunity for today a promise for the future // Proc. 13th Int. Lupin Conf. Poznan, 2011. Pp. 225–228.

References

1. Agafonova S. V., Rykov A. I. Chemical composition of seeds of the plant *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. of the Kaliningrad region // Chemistry of plant raw materials. 2021. № 3. Pp. 135-142.
2. Afonina E. V., Yagovenko T. V. Prospects of lupin as a food product // Innovative technologies and technical means for the agro-industrial complex: materials Intl. scientific conf. young scientists and specialists. Voronezh, 2014. Pp. 241-247.

3. Afonina E. V., Kostyuchenko V. I. Change in the content of alkaloids in lupine ce-real after extraction // Feed production. 2012. № 5. Pp. 77-78.
4. The effect of extrusion and enzyme treatment of lupin seeds on the change in the content of protein and quinolizidine alkaloids in them / N. A. Votankovskaya, G. M. Shulaev, R. K. Milushev, A. M. Puchnin // Bulletin of TSU. 2017. V. 22. No. 2. Pp. 426-428.
5. Peas, lupin, vika, beans: assessments and use in feeding farm animals / V. M. Kosolapov, I. A. Fitzev, A. P. Gaganov, V. M. Mamaev. M.: Ugreshskaya Printing House LLC, 2009. 373 p.
6. Kadyrov F. G., Kadyrova N. V. Lupin grain in feeding cattle and young pigs // Feed production. 2001. № 1. Pp. 26-28.
7. Korol V. F., Lakhmotkina G. N. The use of ultrasound in the isolation of antialimentary substances from lupine grain // South Siberian Scientific Bulletin. 2018. № 1. Pp. 27-34.
8. Kuptsov N. S., Takunov I. P. Lyupin - genetics, selection, heterogeneous crops. Bryansk, Klinty: State Unitary Enterprise "KGT," 2006. 576 p.
9. Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Zakharova M. V. Characteristics of zoned varieties of white and narrow-leaved lupine selection of the All-Russian Research Institute of Lupin // Strategy and priorities for the development of agriculture and selection in Belarus: materials of scientific practice. conf. Zhodino, 2021. Pp. 218-222.
10. Lyupin - selection and adaptation into agroland shafts of Russia / A. I. Artyukhov, M. I. Lukashevich, P. A. Ageev, N. V. Novik // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 2 (59). Pp. 51-60.
11. Methods of reducing the alkaloidness of narrow-leaved lupine seeds / A. V. Kankova, A. S. Kolodich, V. R. Skudika, O. V. Poddubnaya // Chemistry and Life: Materials XXI Intl. scientific stud. conf. Novosibirsk, 2022. Pp. 102-105.
12. Nikonovich Yu. N., Tarasenko N. A., Bolgova D. Yu. Use of lupin seed processing products in the food industry // Izvestia of universities. Food technology. 2017. № 1. Pp. 9-11.
13. Potarakina O. V. Ultrasound in the technology of processing fodder lupine // Scientific Journal of Young Scientists. 2022. № 1. Pp. 18-23.
14. Different methods of processing lupine to increase its fodder value / G. M. Shulaev, R. K. Milushev, V. F. Engovatov, A. N. Betin // VNIIMZH Bulletin. 2018. № 3 (31). Pp. 152-154.
15. Takunov I. P. Lyupin in agriculture in Russia. Bryansk: "Pride," 1996. 372 p.
16. Troshina L. V., Yagovenko T. V. Dynamics of accumulation and redistribution of alkaloids in narrow-leaved lupine // Multifunctional adaptive feed production: sat. scientific tr. M., 2019. V. 21. Pp. 26-31.
17. Fitzev A. I., Voronkova F. V., Mamaeva M. V. Ways to reduce the alkaloidness of lupin // Actual problems of harvesting, storage and rational use of feed: materials Intl. n-pr. conf. 2009. P. 194-204.
18. Alkaloid content and taste profile assessed by electronic tongue of *Lupinus albus* seeds debittered by different methods // L. Estivi [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2022. Vol. 114. Article 104810.
19. Khan M. K., Karnpanit W., Nasar-Abbas S. M. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review // Food Sci Technol. 2015. No 50. Pp. 2004–2012.
20. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering / F. E. Carvajal-Larenas [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56. No 9. Pp. 1454-1487.
21. Marques C. I. C. A green approach to the debittering of *Lupinus albus* L.: dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Chemical and Biochemical Engineering. 2020. 48 p.
22. Severe lupin bean intoxication: an anticholinergic toxidrome / P. Y. Ozkaya [et al.] // Pediatric Emergency Medicine Journal. 2021. No 8 (2). Pp. 108-111.
23. Wink M. A summary of 30 years of research in lupins and lupin alkaloids. Lupin crops: an opportunity for today a promise for the future // Proc. 13th Int. Lupin Conf. Poznan, 2011. Pp. 225–228.

Информация об авторах

Рущая Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научного направления переработки и пищевого использования люпина, ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3934-206X>, e-mail: rvi15@mail.ru

Тимошенко Елена Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы переработки и пищевого использования люпина, ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Ми-
чуринский, ул. Березовая, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0002-0283-8785>, e-mail: el.timo32@mail.ru

Authors Information

Rutskaya Valentina Ivanovna, senior researcher in the scientific direction of processing and food use of lupine, All-Russian Scientific Research Institute of Lupine – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams» (241524, Bryansk region, Michurinsky Settlement, Berezovaya Str., 2) Candidate of biological sciences. ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3934-206X>. E-mail: rvi15@mail.ru

Timoshenko Elena Sergeevna, head of the group for processing and food use of lupine, , All-Russian Scientific Research Institute of Lupine – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams» (241524, Bryansk region, Michurinsky Settlement, Berezovaya Str., 2) Candidate of agricultural sciences, leading researcher. ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0002-0283-8785>. E-mail: el.timo32@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-57

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR FRUIT AND BERRY DESSERT IN THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF THE VOLGOGRAD REGION

N. A. Filimonova, I. A. Bochkova, L. V. Andreenko, L. A. Minchenko

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nata555552007@yandex.ru

Received 06.03.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

This article is devoted to the creation of jam technology with increased nutritional value and a balanced composition of biologically active substances. Thanks to the special chemical composition used when mixing the components, an increase in nutritional value and a balance of biologically active substances in the target product is achieved, which prevents a shortage of nutrients in the food of residents of the Volgograd region.

Abstract

Introduction. One of the current directions of the food industry in the field of healthy nutrition of the population is the creation of safe and high-quality food products that, in addition to meeting the needs of the human body in nutrients and energy, will contribute to the prevention of various diseases and the expansion of the assortment of jam. Since the Russian jam market is still too small, but the traditions of consumption of this delicacy have been known for a long time, it is assumed that in the coming years the picture will change, and the share of products from Russian manufacturers will grow. Therefore, this article is devoted to the creation of jam technology with increased nutritional value, high organoleptic parameters and a balanced composition of biologically active substances to prevent nutrient deficiencies in food products of residents of the Volgograd region. **Object.** The object of research was a jam consisting of black nightshade of the Sunberry variety and pear fruits of the Duchess variety with pine nut kernels. The scientific novelty of the proposed jam technology is the simultaneous use of berries from black nightshade, pear fruit pulp and pine nuts in the recipe. **Materials and methods.** Studies and observations were conducted according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** The research results presented in the article indicate the specificity of the chemical composition of the components used for mixing, which makes it possible to increase the nutritional value of the final product. The antioxidant activity of the studied jam was also noted. It has been established that water extracts have a high antioxidant activity, which contain a significant amount of phenolic compounds, in particular flavonoids and phenolic carboxylic ac-