

УДК 664.69

Исследование алкалоидности семян люпина

Канд. техн. наук **И.А. Панкина**, pankina_ilona@front.ruканд. хим. наук **Л.М. Борисова**, lmborisova@yandex.ru*Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет
194021, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, д.50*

*В работе подчеркнута актуальность использования зернобобовых культур в качестве инновационных источников растительного белка. В этом аспекте рассматривается перспективность люпина узколистного (*L. angustifolius*), высокое содержание белка (от 35 до 53%) в котором позволяет этой культуре конкурировать с монопольной импортной соей, что особенно важно в связи с импортозамещающей экономикой. Белки люпина не уступают сое, служат источником незаменимых аминокислот (лизина, валина, триптофана, метионина и др.), а также ряда витаминов и минеральных веществ. Отсутствие глютена в белках люпина позволяет использовать его для создания аглютиновых диетических продуктов, необходимых для больных целиакией (глютеновой энтеропатией). Поэтому люпин является перспективным сырьем для создания пищевых продуктов не только функционального, но и лечебно-профилактического назначения.*

*Однако, присутствующие в семенах люпина биологически активные вещества – алкалоиды, являясь вторичными метаболитами, влияют на органолептические показатели и несколько сдерживают использование зерна люпина. Целью данной работы явилась методология определения и снижения алкалоидности семян люпина узколистного. В работе исследовано влияние различных способов тепловой обработки на количественное содержание алкалоидов в зерне люпина узколистного (*L. angustifolius*). Показано, что обработка зерна в поле токов СВЧ и автоклавирование снижают алкалоидность зерна. Выявлено, что наиболее существенное удаление алкалоидов достигается обработкой в СВЧ-печи.*

Ключевые слова: зернобобовые культуры; люпин; глютенная энтеропатия; алкалоиды; влаготепловая обработка.

Alkaloidness investigation of Lupin seeds

Ph.D. **Iona A. Pankina**, pankina_ilona@front.ruPh.D. **Lilia M. Borisova**, lmborisova@yandex.ru*St. Petersburg State University of Trade and Economics
194021, St. Petersburg, Novorossiyskaya St., 50*

*The article considers a necessity to use leguminous crops as a promising source of vegetable protein. On this aspect a promising culture is Lupin (*L. angustifolius*). The high protein content of lupins (from 35% to 53%) makes it possible to compete with monopoly of imported soybeans. This is especially important in connection with import-substituting economy.*

Proteins of Lupine are not inferior to soy as source of essential amino acids (lysine, valine, tryptophan, methionine and others) and a number of vitamins and minerals. The absence of gluten in the proteins of lupine can be used for creating gluten-free dietary products necessary for celiacs (gluten enteropathy). So lupine is a promising raw material for producing food products for functional and medicinal purposes. However, biologically active organic substances – alkaloids are present in the lupine seeds.

These secondary metabolites affect the sensory characteristics and this some constrain the use of lupine seed. The aim of our investigation is methodology of identifying and reducing alkaloidness of lupine seeds. In this article we investigated the effect of different methods of heat treatment on the quantitative content of alkaloids in lupine seeds. It's shown that treatment of seeds in the microwave and their autoclaving reduce alkaloidness of the seed. The most significant removal of alkaloids is achieved by treating the seeds in a microwave oven.

Keywords: legumes; lupine; gluten enteropathy; alkaloids; moisture-heattreatment.

Введение

В настоящее время актуальными являются поиск и исследование новых экологически безопасных нетрадиционных источников пищевого сырья, совершенствование традиционных и разработка новых инновационных технологий получения пищевых продуктов функционального и лечебно-профилактического назначения. Принятая правительством Российской Федерации Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы предусматривает продовольственное обеспечение населения России, связанное, прежде всего, с решением проблемы белкового питания. Для нормального обмена веществ человек должен получать с пищей около 1 г белков с оптимальным составом аминокислот на 1 кг веса тела в день. В связи с ухудшением в последние годы структуры питания населения и дефицитом белковой пищи необходимы научные поиски и исследования новых источников пищевого белка.

Основную долю мирового фонда продовольственного белка составляют возобновимые ресурсы растительного происхождения, главным образом, белки злаковых культур. Перспективными источниками пополнения фонда растительного белка являются зернобобовые культуры семейства Fabaceae. Главная их ценность в большом количественном содержании белка в семенах (20–50%) за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями, активно усваивающими азот из атмосферы [1].

Однако сегодня для решения практических задач продовольственной проблемы потенциал зернобобовых культур недостаточно полно используется. Зернобобовые культуры, имея высокий уровень содержания белков, ненасыщенных жирных кислот, клетчатки, витаминов и других микроэлементов, представляют большой интерес в сфере производства продуктов питания, в том числе функциональных [2]. В этом аспекте перспективной культурой является люпин [3, 4]. В пищевой промышленности он может составить хорошую конкуренцию импортируемой сое, особенно в связи с импортозамещающей экономикой.

Содержание белка в различных видах люпина колеблется от 35% до 53,7 %, что не уступает сое и значительно превосходит злаковые культуры, даже самые ценные сорта пшеницы. В белке люпина повышенное содержание незаменимых аминокислот: лизина, валина, триптофана, метионина и др. [5]. Кроме того, его семена содержат жиры, минеральные вещества, витамины группы А, В1, В2, С, Д, Е, РР, поэтому являются ценными продовольственными и кормовыми культурами [6].

В настоящее время в большинстве стран изучение люпина связано с использованием его в пищу как функционального, диетического продукта, например, при безглютеновой диете [7]. Зерновые культуры (пшеница, рожь, полба, ячмень, гибридные сорта овса) содержат белок клейковины – глютен, продуктами неполного распада которого являются глиадин и глютеин, вызывающие иммунозависимое воспаление слизистой оболочки тонкой кишки и мальабсорбцию у людей с врожденной (генетической) чувствительностью к глютену. Это аутоиммунное заболевание, глютеную энтеропатию (целиакию), объясняют недостатком в слизистой оболочке людей специального фермента, расщепляющего глютен. Известно, что белки люпина характеризуются полным отсутствием глиадина и глютеина, что позволяет использовать зерно люпина для создания безглютеновых пищевых продуктов [8].

Однако, наряду с высоким содержанием белка в семенах люпина присутствуют вторичные метаболиты – алкалоиды, отрицательно влияющие на органолептические показатели, что несколько сдерживает применение люпина.

Согласно литературным данным, можно снизить количество антипитательных веществ предварительной обработкой семян: замачиванием при температуре 17–20°C, кипячением в растворе поваренной соли и др. [11, 12].

Алкалоиды – особая группа природных биологически активных органических веществ вторичного обмена преимущественно растительного происхождения, содержащих в своей структуре

азот. Как правило, содержание алкалоидов в растениях невелико. Алкалоиды обладают щелочными свойствами, соединяются с кислотами с образованием солей. В растениях присутствуют в виде солей минеральных кислот, а чаще карбоновых кислот (яблочной, щавелевой, уксусной, лимонной). Большинство алкалоидов имеют горький вкус. Основа строения алкалоидных молекул-гетероцикл ядра пирролидина, пиридина, имидазола, пурина и др. [9, 15].

Целью данной работы явилась методология определения и снижения алкалоидности семян люпина узколистного.

Объекты и методы исследования

Известно более 200 видов люпина, однако, для целей пищевой перерабатывающей промышленности используется только три однолетних вида люпина, среди которых люпин узколистный (*L. angustifolius*) [1]. Узколистный люпин среди крупносемянных видов самый скороспелый, что позволяет использовать его культуру в более северных районах нашей страны.

Нами для исследования были выбраны сорта люпина узколистного коллекции ВИР, районированные в ряде регионов России: Ладный, Денлад, Снежень, Надежда, Кристалл, Немчиновский, ТСХА-7, ТСХА-16.

К настоящему времени разработан ряд методов качественного и количественного определения алкалоидов [10, 11]. Качественные реакции открытия алкалоидов люпина основаны на характерных реакциях их взаимодействия с тяжелыми металлами, с тетраэдовисмутатом калия – $K[BiCl_4]$ (реактивом Драгендорфа), а также с комплексными соединениями кремневольфрамовой, фосфорновольфрамовой, фосфорномолибденовой кислот. В основе некоторых количественных методов лежат реакции осаждения алкалоидов в форме малорастворимых соединений, а также физико-химические измерения (мутность или интенсивность окраски алкалоидсодержащих растворов).

Нами были изучены методики количественного определения алкалоидов в семенах люпина, из которых был выбран объемный йодометрический микро-метод Е.В. Бойко, основанный на реакции поглощения йода алкалоидами в нейтральном или слабокислом растворе [12]. Избыток йода оттитровывали раствором тиосульфата натрия, количество алкалоидов определяли по эквивалентному количеству поглощенного ими йода.

Анализ литературных источников показал, что для снижения алкалоидности семян используют различные режимы обработки, из которых нами были выбраны автоклавирование, варка при атмосферном давлении и обработка в поле токов СВЧ. Эффективность обработки оценивали по степени снижения количественного содержания алкалоидов.

При работе в автоклаве использовались следующие режимы: давление пара 0,1 МПа и температура $121 \pm 2^\circ\text{C}$. Зерно люпина замачивали в течение 15 часов при температуре 20°C , воду сливали. Перед термообработкой зерно заливали трехкратным объемом холодной воды и помещали в автоклав. Продолжительность обработки – 150 минут. Изъятые из автоклава семена через каждые 15 минут исследовали на алкалоидность.

При обработке в бытовой СВЧ-печи зерно, подготовленное таким же способом, как в случае автоклавирования, заливали в стеклянной емкости дистиллированной водой в соотношении зерно: вода = 1:3. В процессе проведения эксперимента периодически пробы анализировались на содержание алкалоидов.

Результаты и их обсуждение

Были изучены алкалоиды зерна люпина узколистного (*L. angustifolius*), их химические характеристики и строение.

По распространению и количественному содержанию алкалоидов в растениях люпина основными являются люпинин ($C_{10}H_{19}ON$), люпанин ($C_{15}H_{24}ON_2$), спартеин ($C_{15}H_{26}N_2$), ангустифолин ($C_{14}H_{22}ON_2$) и гидроксилупанин ($C_{15}H_{20}O_2N_2$).

Некоторые алкалоиды, содержащиеся в люпине, встречаются в растениях других ботанических родов семейства бобовых, а отдельные алкалоиды обнаружены в растениях, принадлежащих к другим ботаническим семействам. Согласно классификации Орехова, алкалоиды люпина относятся к группе алкалоидов, являющихся производными пиперидина [13].

Все алкалоиды люпина имеют горький вкус. Чем больше алкалоидов в растениях, тем больше в них горечи. Как и другие, алкалоиды люпина проявляют свойства оснований, что обусловлено атомами азота, входящими в состав их молекулы. Как основания, алкалоиды люпина хорошо растворимы во многих органических растворителях, например, в хлороформе и эфире, с кислотами образуют соли. Соли алкалоидов растворяются в воде и плохо растворяются в органических растворителях. Поэтому при выборе методов извлечения алкалоидов из растительного сырья учитывают эти особенности.

Алкалоиды люпина ядовиты для человека и животных. Незначительные их количества не оказывают вредного действия на организм, большие же дозы вызывают заболевания и даже смерть. В связи с этим необходимо проверять содержание алкалоидов в семенах люпина, используемых в технологии получения пищевого белка.

Некоторые из алкалоидов, например, правовращающая форма спартеина – пахикарпин, термопсин, гексалупин и др., а также различные производные люпинина – *n*-аминобензоиллюпинин, называемый люпикаином, йодистоводородная соль спартеина и др., обладают фармакологическими свойствами и применяются в лечебных целях.

На концентрацию алкалоидов влияют сезонные колебания, неблагоприятные воздействия на урожайность способствуют увеличению алкалоидности. Количество алкалоидов неодинаково в разных частях органов растения, например, во внутренней части семядоли содержание алкалоидов меньше, чем в наружной.

В результате селекции сортов люпина и строгого контроля содержания алкалоидов в растениях люпина были выведены сорта, содержащие менее 0,02% этих веществ. Согласно данным Всероссийского научно-исследовательского института люпина (2001), различные сорта в зависимости от содержания алкалоидов в семенах имеют различное назначение, указанное в таблице 1 [14].

Таблица 1 – Назначение зерна люпина в зависимости от содержания алкалоидов

Группа	Содержание алкалоидов в семенах (% на сухое вещество)	Назначение
1	Очень низкое <0,025	Пищевые сладкие
2	Низкое 0,025÷0,099	Малоалкалоидные
3	Среднее 0,100÷0,299	Кормовые среднеалкалоидные
4	Высокое 0,300÷1,000	Сидеральные горькие
5	Очень высокое 1,001÷3,500	Дикорастущие

Вид и сорт в значительной степени влияют на алкалоидность люпина. Анализ литературных данных показывает, что в семенах люпина желтого количество алкалоидов изменяется в пределах от 0,005 до 1,7%; узколистного – от 0,05 до 2,5%; у белого люпина – от 0,1 до 3,5%.

Если раньше пригодным в пищу считался люпин, содержащий в зерне не более 0,1% алкалоидов, то в настоящее время физиологически допустимым является содержание алкалоидов в зерне 0,04% , так как согласно техническим условиям на люпин продовольственный (ТУ 9716-002-00668502-2004), содержание алкалоидов в зерне не должно превышать 0,04%. Это пищевые сладкие и малоалкалоидные сорта.

Результаты определения алкалоидов по методу Е.В. Бойко в различных сортах люпина узколистного представлены в таблицах 2 и 3. Наименьшее их количество обнаружено в сортах люпина Кристалл, Денлад, Немчиновский и ТСХА-16 (таблица 2).

Таблица 2 – Минимальное содержание алкалоидов в зерне люпина исследуемых сортов

Сорт	Фактическое содержание, % (на с.в.)
Кристалл	0,017 ± 0,001
Денлад	0,017 ± 0,001
Немчиновский	0,025 ± 0,001
ТСХА-16	0,025 ± 0,001

В остальных исследуемых сортах люпина содержание алкалоидов также не превышает допустимую норму (таблица 3).

Таблица 3 – Максимальное содержание алкалоидов в зерне люпина исследуемых сортов

Сорт	Фактическое содержание, % (на с.в.)
Снежень	0,038 ± 0,001
Надежда	0,033 ± 0,001
ТСХА-7	0,038 ± 0,001
Ладный	0,038 ± 0,001

Таким образом, содержание алкалоидов в зерне люпина всех исследуемых сортов варьируется от 0,017 до 0,038% (на с. в), что меньше допустимой концентрации (0,04%).

Для исследования влияния продолжительности влаготепловой обработки семян люпина был выбран сорт Снежень.

График зависимости содержания алкалоидов в зерне люпина от времени при различных способах обработки представлен на рисунке 1.

Полученные результаты показывают, что с увеличением продолжительности тепловой обработки во всех случаях наблюдается четкая тенденция снижения алкалоидов. Наиболее значительные изменения в содержании алкалоидов при всех видах обработки наблюдались в первые 30 минут эксперимента. За этот период количественное содержание алкалоидов в зерне люпина уменьшилось на 11,8% от их исходного содержания при варке, на 23,5% – при автоклавировании, на 47,1% – при СВЧ-обработке. В последующие 60 минут наблюдалось менее выраженное снижение содержания алкалоидов для всех видов тепловой обработки. Оптимальной продолжительностью обработки можно считать 90 минут от начала эксперимента. После этого периода количественное содержание алкалоидов для всех случаев изменялось незначительно. В процессе предварительного замачивания зерна при подготовке его к исследованию также теряется около 8% алкалоидов. В результате алкалоидность зерна при варке традиционным способом уменьшилась на 31,6%, а при автоклавировании и СВЧ-обработке уменьшилась на 42,1% и 60,5% соответственно.

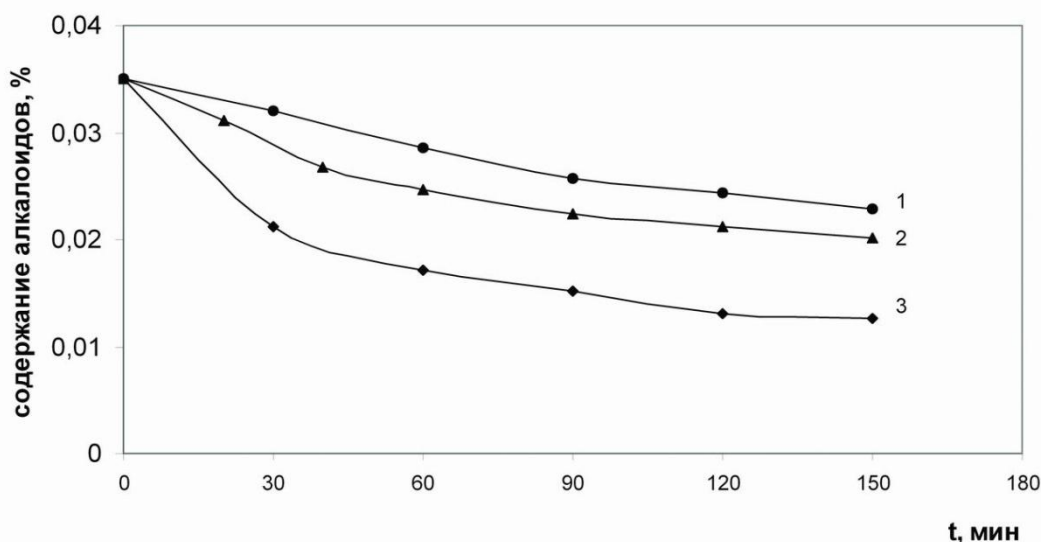


Рисунок 1 – Изменение количественного содержания алкалоидов в зерне люпина в зависимости от времени при различных способах обработки: 1 – варка при атмосферном давлении; 2 – автоклавирование; 3 – обработка в поле токов СВЧ.

Выводы

Таким образом, наиболее эффективной для снижения содержания алкалоидов можно считать обработку в поле токов СВЧ. Такая обработка в целом позволила уменьшить содержание алкалоидов на 66%. Важно отметить, что тепловая обработка с целью снижения алкалоидности целесообразна только в тех случаях, когда уровень содержания этих вторичных веществ в зерне выше физиологически допустимой нормы. В нашем случае исходное содержание алкалоидов в зерне сорта Снежень на 5% ниже допустимого уровня. Вместе с тем все исследуемые режимы замачивания и тепловой обработки не позволяют довести зерно до состояния кулинарной готовности [3]. Это дает возможность сделать вывод, что для зерна малоалкалоидных и пищевых сладких сортов люпина не обязательно использование технологических приемов, направленных только на снижение алкалоидности. Поэтому для приготовления белкового полуфабриката из зерна люпина сорта Снежень нетрадиционные виды тепловой обработки можно исключить.

Литература

1. Вишнякова М.А. Хозяйственный и селекционный потенциал зерновых бобовых культур // Материалы I Международного конгресса «Зерно и хлеб России» (Санкт-Петербург, 23–25 ноября 2005 г.). СПб., 2005. С. 106.
2. Панкина И.А., Борисова Л.М., Белокурова Е.С. Исследование физических и технологических свойств семян зернобобовых культур // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 34–37.
3. Борисова Л.М., Панкина И.А. Использование зерна люпина для создания продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения // Материалы Международной научно-практической интернет-конференции «Инновационные технологии: приоритетные направления развития» (Белгород, 12 апреля 2011 г.). Белгород, 2011. С. 161–165.
4. Панкина И.А., Борисова Л.М., Белокурова Е.С. Современные аспекты использования нетрадиционных источников растительного сырья с целью создания аглютиновых продуктов питания // Материалы X Международной научно-практической конференции «Динамика научных исследований-2014» (Польша, 07–15 июля 2014 года). Польша, 2014. Т. 7. С. 93–96.
5. Панкина И.А., Борисова Л.М. Перспективные направления использования люпина узколистного и исследование реологических свойств белковой пасты на ее основе // Материалы III Международной научно-практической конференции «Потребительский рынок Евразии: современное состояние, теория

- и практика в условиях Евразийского экономического союза и ВТО» (Екатеринбург, 30–31 марта 2015). Екатеринбург, 2015. С. 123–127.
6. Красильников В.Н., Панкина И.А. Исследование химического состава и технологических свойств семян люпина узколистного с целью создания комбинированных продуктов питания // Материалы Международной конференции «Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления» (Минск, 13–15 июля 2006 г.). Минск: Белорусская наука, 2006. С. 119–122.
 7. Парфенов А.И. Глютенчувствительная целиакия – от диагноза к лечению // Русский медицинский журнал. 2007, №6. С. 458–464.
 8. Доморощенкова М.Л. Современные тенденции развития технологий и рынка пищевых соевых белков // Материалы III Международного конгресса «Зерно и хлеб России» (Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2007 г). СПб., 2007. С. 101.
 9. Филицова Г.Г., Смолич И.И. Основы биохимии растений: курс лекций. Минск: БГУ, 2004. 136 с.
 10. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. М.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
 11. Мироненко А.В. Методы определения алкалоидов. Минск: Наука и техника, 1966. 188 с.
 12. Бойко Е.В. Иодометрический микрометод определения количества алкалоидов в люпине // Биохимия. 1950. Т. 15. Вып. 6. С. 548–551.
 13. Орехов А.П. Химия алкалоидов. М.: ОНТИ, 1938. 238 с.
 14. Вовнянко Е.К., Красильников В.Н., Фролова Н.Н., Янчевский В.К. Семена люпина – новый перспективный источник пищевого белка. М.: АгроНИИТЭИПП, 1991. С. 1–32.
 15. Коваленко Л.В. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 229 с.

References

1. Vishnyakova M.A. Khozyaistvennyi i selektsionnyi potentsial zernovykh bobovykh kul'tur [Economic and selection potential of grain bean crops]. *Materialy I Mezhdunarodnogo kongressa «Zerno i khleb Rossii» (Sankt-Peterburg, 23–25 noyabrya 2005 g.)* [Proceedings of the 2nd International Congress "Grain and Bread of Russia" (St. Petersburg, 23–25 November 2005)]. St. Petersburg, 2005. p. 106.
2. Pankina I.A., Borisova L.M., Belokurova E.S. Issledovanie fizicheskikh i tekhnologicheskikh svoistv semyan zernobobovykh kul'tur [Research of physical and technological properties of seeds of leguminous cultures]. *Grain economy of Russia*. 2015, no. 2, pp. 34–37.
3. Borisova L.M., Pankina I.A. Ispol'zovanie zerna lyupina dlya sozdaniya produktov pitaniya funktsional'nogo i lechebno-profilakticheskogo naznacheniy [Use of lupine grain to create functional foods and therapeutic and prophylactic purposes]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii «Innovatsionnye tekhnologii: prioritetye napravleniya razvitiya» (Belgorod, 12 aprelya 2011 g.)* [Proceedings of the International scientific and practical Internet-conference "Innovative technologies: development priorities" (Belgorod, 12 April 2011)]. Belgorod, 2011. pp. 161–165.
4. Pankina I.A., Borisova L.M., Belokurova E.S. Sovremennye aspekty ispol'zovaniya netraditsionnykh istochnikov rastitel'nogo syr'ya s tsel'yu sozdaniya aglyutenovykh produktov pitaniya [Modern aspects of alternative sources of vegetable raw materials to create gluten-free foods]. *Materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Dinamika nauchnykh issledovanij-2014» (Pol'sha, 07–15 ijulja 2014 g.)* [Proceeding 10th International scientific-practical conference "Dynamics Research 2014" (Poland, 07–15 July 2014)]. Poland, 2014, V. 7, pp. 93–96.
5. Pankina I.A., Borisova L.M. Perspektivnye napravleniya ispol'zovaniya lyupina uzkolistnogo i issledovanie reologicheskikh svoistv belkovoii pasty na ee osnove [Perspective directions for use of Lupin angustifolius and investigation of rheological properties of protein paste based on it]. *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Potrebitel'skii rynek Evrazii: sovremennoe sostoyanie, teoriya i praktika v usloviyakh Evraziiskogo ekon omicheskogo soyuza i VTO» (Ekaterinburg, 30 – 31 marta 2015)* [Proceedings of the 3th International scientific-practical conference "The consumer market of Eurasia: the current state of theory and practice in the conditions of the Eurasian Economic Union and the WTO" (Ekaterinburg, 30–31 March 2015)]. Ekaterinburg, 2015. pp. 123–127.
6. Krasil'nikov V.N., Pankina I.A. Issledovanie khimicheskogo sostava i tekhnologicheskikh svoistv semyan lyupina uzkolistnogo s tsel'yu sozdaniya kombinirovannykh produktov pitaniya [Investigation of chemical composition and technological properties of lupine seeds for the purpose of creating combined food]. *Materialy*

- Mezhdunarodnoi konferentsii «Problemy defitsita rastitel'nogo belka i puti ego preodoleniya» (Minsk, 13–15 iyulya 2006 g.)* [Proceedings of the International Conference "Problems of shortage of vegetable protein, and ways to overcome it" (Minsk, 13–15 July 2006)]. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2006, pp. 119–122.
7. Parfenov A.I. Glyutenchuvstvitel'naya tseliakiya – ot diagnoza k lecheniyu [Gluten sensitivity celiac disease – from diagnosis to treatment]. *Russian Medical Journal*. 2007, no. 6, pp. 458–464.
 8. Domoroshchenkova M.L. Sovremennye tendentsii razvitiya tekhnologii i rynka pishchevykh soevykh belkov.[Modern trends of technology development and market of dietary soy protein]. *Materialy III Mezhdunarodnogo kongressa «Zerno i khleb Rossii» (Sankt-Peterburg, 13–15 noyabrya 2007 g)* [Proceedings of the 3th International Congress "Grain and Bread of Russia" (St. Petersburg, 13–15 November 2007)]. St. Petersburg, 2007, p. 101.
 9. Filiptsova G.G., Smolich I.I. *Osnovy biokhimii rastenii: kurs leksii* [Fundamentals of biochemistry of plants: course of lectures]. Minsk, BGU Publ., 2004, 136 p.
 10. Ermakov A.I. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii* [Methods of biochemical research of plants]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987, 430 p.
 11. Mironenko A.V. *Metody opredeleniya alkaloidov* [Methods for the determination of alkaloids]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1966, 188 p.
 12. Boiko E.V. Iodometricheskii mikrometod opredeleniya kolichestva alkaloidov v lyupine [The iodometric micromethod for determining the amount of alkaloids in lupine]. *Biochemistry*. 1950, V. 15, no. 6, pp. 548–551.
 13. *Orekhov A.P. Khimiya alkaloidov*. [Chemistry of alkaloids]. Moscow, ONTI Publ., 1938, 238 p.
 14. Vovnyanko E.K., Krasil'nikov V.N., Frolova N.N., Yanchevskii V.K. *Semena lyupina – novyi perspektivnyi istochnik pishchevogo belka* [Lupin seeds is a new promising source of dietary protein]. Moscow, Agro NIITEIPP Publ., 1991, pp. 1–32.
 15. Kovalenko L.V. *Biokhimicheskie osnovy khimii biologicheskii aktivnykh veshchestv* [Biochemical fundamentals of chemistry of biologically active substances]. Textbook. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2012, 229 p.

Статья поступила в редакцию 02.11.15