

Низкомолекулярные соединения

УДК 581.192+582.736

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН РАСТЕНИЙ *LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L. И *LUPINUS ALBUS* L. КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© С.В. Агафонова*, А.И. Рыков

Калининградский государственный технический университет,
Советский пр., 1, Калининград, 236022 (Россия),
e-mail: svetlana,agafonova@klgtu.ru

Целью работы явилось исследование химического состава семян растений *Lupinus angustifolius* L., *Lupinus albus* L., произрастающих на территории Калининградской области. Люпин является перспективной культурой, благодаря высокому содержанию в его семенах биологически ценного белка, а также минеральных веществ, ненасыщенных жирных кислот, водо- и жирорастворимых биологически активных веществ. В работе рассмотрен аминокислотный, минеральный, жирнокислотный состав семян, представлены данные по содержанию в них водорастворимых витаминов, приведен компонентный состав хлороформных экстрактов семян.

В семенах узколистного и белого люпинов установлено общее количество аминокислот (47.72 ± 0.37 и $38.655 \pm 0.32\%$ соответственно), обнаружено высокое содержание глутаминовой кислоты и аспарагина. Исследован макроэлементный состав, в котором доминирующими являются калий, фосфор и кальций. Среди микроэлементов семян преобладают марганец, железо, цинк и кремний. Отмечено особенно высокое содержание марганца в семенах белого люпина (192.14 ± 1.67 мг в 100 г). Анализ жирнокислотного состава масел из семян люпинов показал высокую степень их ненасыщенности с большим содержанием олеиновой и линолевой кислот. В семенах люпинов обоих видов обнаружены тиамин, пиридоксин, ниацин, в семенах белого люпина – также пантотеновая и фолиевая кислоты. Хромато-масс-спектрометрический анализ фракции, выделенной хлороформом из семян, показал присутствие веществ класса терпенов (фарнезен, неопитадиен, γ -токоферол) и стероидных спиртов (кампестерол, β -ситостерол).

Ключевые слова: узколистный люпин, белый люпин, *Lupinus angustifolius* L., *Lupinus albus* L., аминокислоты, жирные кислоты, минеральные вещества, витамины, фитостерины, терпены.

Введение

Растения рода *Lupinus* относятся к семейству Бобовые (*Fabaceae*) и характеризуются широким видовым разнообразием. На сегодняшний день возделываются преимущественно 4 вида люпина – белый (*Lupinus albus* L.), желтый (*Lupinus luteus* L.), многолетний (*Lupinus polyphyllus* L.), узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) [1, 2]. Люпин имеет важное народнохозяйственное значение как сидеральная, кормовая и пищевая культура, относительно устойчив к болезням и вредителям. Урожайность некоторых видов люпина в 1.3–2.4 раза превышает урожайность других бобовых культур и является высокой даже в условиях холодного климата России [3, 4]. Высокое содержание легкоусвояемого белка в семенах в совокупности с неприхотливостью растения позволяют считать люпин перспективной альтернативой высокобелковой сое в России и странах Европы. Масштабное исследование позволило отнести люпин к восьми наиболее востребованных и перспективных для возделывания культур [5, 6]. Еще одним существенным преимуществом люпиновых семян перед соей и другими бобовыми является меньшее содержание в них ингибиторов протеолитических ферментов – 2–2.5 г инактивированного трипсина на 1 кг семян люпина в сравнении с 29–32 г на 1 кг сои [3].

Агафонова Светлана Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, ученый секретарь Центра по обеспечению деятельности отделения пищевых технологий и биотехнологии при ФУМО «Промышленная экология и биотехнологии», e-mail: svetlana,agafonova@klgtu.ru
Рыков Артем Игоревич – магистрант, e-mail: temuhal11@gmail.com

Семена разных сортов содержат от 28 до 48% протеина в сухом веществе. В состав белка входят все незаменимые аминокислоты, что обуславливает его высокую биологическую ценность. Протеин содержит большое количество лизина и небольшое количество серосодержащих аминокислот [6–9].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Содержание жира и его жирнокислотный состав колеблются в семенах люпина различных видов и сортов, зависят также от почвенно-климатических условий зоны возделывания, технологических приемов при выращивании культуры [10]. По разным данным семена люпина накапливают от 5 до 12–20% масла [2, 3]. Большую часть липидной фракции семян люпина оставляют триглицериды, в меньшем количестве содержатся фосфолипиды, свободные стерины, гликолипиды, восковые эфиры. Стерины представлены в первую очередь ситостеролом и кампестеролом, вторичными компонентами являются стигмастерол и авенастерол [6]. Содержание ненасыщенных жирных кислот в люпиновом масле достигает 90%, при этом от 32 до 67% приходится на олеиновую кислоту, от 17 до 47 – на линолевую и от 3 до 11% – на альфа-линоленовую [11, 12]. Исследователями отмечено, что люпиновое масло характеризуется благоприятным соотношением омега-6 : омега-3 жирных кислот для человека [13, 14].

Масло люпина обладает антиоксидантной активностью за счет высокого содержания токоферола (2.3–4.6 мг/кг для белого люпина), а также биологически активных веществ терпеновой природы [15, 16]. В составе гексановых извлечений семян люпинов обнаружены биологически активные вещества, обладающие противовоспалительным, противогрибковым, антиоксидантным действием – неофитадиен, стигмастерол, эргостерол [16]. Антиоксидантное, гипохолестеринемическое действие данных компонентов наряду с ненасыщенными жирными кислотами в составе позволяет отнести люпиновое масло к средствам профилактики сердечно-сосудистых заболеваний [17].

Помимо белка и липофильных биологически активных веществ семена люпина богаты водорастворимыми витаминами, макро- и микроэлементами. Как и все бобовые, семена люпина отличаются высоким содержанием витаминов группы В [3], среди водорастворимых витаминов также обнаружена аскорбиновая кислота [8]. Семена люпина богаты минеральными веществами, в особенности калием, фосфором, кальцием, магнием, железом, цинком, марганцем, медью [18–20]. Люпин обладает очень большой способностью поглощать марганец из почвы, поэтому содержание данного микроэлемента в нем особенно высоко [13, 21]. Среди различных сортов люпина наибольшее содержание марганца характерно для белого люпина, его среднее количество в семенах было установлено на уровне 1065 мг/кг [21, 22].

Экспериментальная часть

Объектом исследования явились семена узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) и белого (*Lupinus albus* L.) люпинов, произрастающих в Калининградской области. Семена были предоставлены Калининградским НИИ сельского хозяйства – филиалом ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Семена для исследований освобождали от оболочки и измельчали в муку. Обрушенные семена узколистного и белого люпинов содержат воды – 10.30 и 8.25%, белка – 39.31 и 37.79%, жира – 6.97 и 11.32%, золы – 3.24 и 3.87% соответственно [9].

Аминокислотный состав белка семян люпинов исследовали с помощью системы капиллярного электрофореза со спектрофотометрическим детектором и автосемплером «КАПЕЛЬ-105». Пробоподготовку и определение отдельных аминокислот осуществляли по методике, разработанной специалистами фирмы «Люмекс» (Россия) [23]. При определении содержания аспарагиновой, глутаминовой кислот и их амидов, а также цистина (в форме цистеиновой кислоты) подготовка включала окисление пробы с дальнейшим кислотным гидролизом. Для установления содержания остальных аминокислот предварительное окисление не проводилось. После кислотного гидролиза получали фенилизотиокарбамильные производные аминокислот и разделяли их электрофоретически с использованием фосфатного буферного раствора. При определении содержания триптофана осуществляли щелочной гидролиз пробы и после получения фенилизотиокарбамильного производного разделение проводили с помощью боратного буферного раствора. Детектирование во всех случаях осуществляли в ультрафиолетовой области при длине волны 254 нм.

Массовые доли минеральных веществ определяли методом рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа [24] на спектрометре фирмы Shimadzu серии EDX-800P.

Пробоподготовку и исследование жирнокислотного состава проводили по ГОСТ 31665-2012 «Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот» и ГОСТ 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот». Жировую фракцию из сырья экстрагировали диэтиловым эфиром, после испарения растворителя получали метиловые эфиры жирных кислот. Жирнокислотный состав определяли на газовом хроматографе TRACE GC 2000 Ultra FINNIGAN с пламенно-ионизационным детектором. Разделение проводили на кварцевой капиллярной колонке SPTM 2560 (100000×0.25 мм). Температура инжектора

составляла 260 °С, начальная и конечная температуры термостата колонки – 100 и 240 °С соответственно. Объем вводимой пробы составлял 1 мкл. Пики были идентифицированы путем сравнения времени их удерживания с таковыми для аутентичных эталонных соединений (Sigma-Aldrich, Сент-Луис, Миссури, США).

Содержание тиамина гидрохлорида, пиридоксина гидрохлорида, пантотеновой кислоты кальциевой соли, никотиновой кислоты, фолиевой кислоты определяли в варианте капиллярного зонного электрофореза с помощью системы «КАПЕЛЬ-105» [23]. Детектирование проводили по их собственному поглощению при длинах волн 200 и 267 нм. При построении калибровочной зависимости в качестве буферного раствора использовали смесь растворов тетрабората натрия и борной кислоты. При пробоподготовке для извлечения витаминов использовали рабочие растворы борной кислоты, двуводной щавелевой кислоты, пиридин и этиловый спирт. Регистрировали по одной электрофореграмме для каждой подготовленной пробы. При обнаружении анализируемых компонентов определяли их массовые концентрации с использованием градуировочной характеристики.

Анализ компонентного состава хлороформных экстрактов семян люпинов проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии [25] на хроматографе Agilent Technologies модели 6850 с селективным масс-спектрометрическим детектором Agilent Technologies модели 5975С. Компоненты разделяли на капиллярной колонке HP-5MS (30000×0.25 мм). Температура инжектора составляла 280 °С, начальная и конечная температуры термостата колонки – 60 и 275 °С соответственно. Объем вводимой пробы составил 1 мкл, пробу вводили с делением потока в пропорции 1 : 10; масс-селективный детектор работал в режиме электронного удара (70 эВ). Идентификацию компонентов проводили в режиме регистрации по полному ионному току, полученные масс-спектры сравнивали с библиотечными масс-спектрами.

Математическую обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Excel.

Обсуждение результатов

Аминокислоты, идентифицированные в семенах люпинов, и их количественное содержание представлены в таблице 1.

В семенах узколистного люпина обнаружено 17 аминокислот, в семенах белого люпина – 16, суммарное содержание аминокислот составило 47.72 ± 0.37 и $38.655 \pm 0.32\%$ соответственно. В семенах обоих видов преобладающими являются глутаминовая кислота и аспарагин. Семена характеризуются невысоким содержанием триптофана и серосодержащих аминокислот цистина и метионина, в семенах белого люпина метионин не обнаружен. Стоит отметить, что семена содержат все незаменимые аминокислоты (валин, сумма изолейцина и лейцина, лизин, сумма метионина и цистина, триптофан, треонин, фенилаланин), которые обуславливают биологическую ценность пищевого белка [26].

В результате исследования минерального состава семян были получены следующие данные (табл. 2).

В семенах узколистного люпина установлено содержание 16 элементов, в семенах белого люпина – 14. Среди макроэлементов семян обоих видов преобладающими являются калий, фосфор и кальций, что согласуется с данными, полученными А.Р. Цыгановым и соавторами [19]. Особенно высоким содержанием калия (2528.35 ± 42.12) отличаются семена белого люпина. Микроэлементы семян представлены в большинстве марганцем, железом, цинком и медью. Установлено высокое содержание марганца в семенах белого люпина – 192.14 ± 1.67 мг в 100 г, также отмеченное С.В. Лукиным [21] и Д.В. Жуйковым с соавторами [22]. В семенах не обнаружены токсичные элементы (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), количество которых ограничивается в бобовых, предназначенных для употребления в пищу.

Жирнокислотный состав масел, выделенных из семян обоих видов, представлен в таблице 3.

Масла семян узколистного и белого люпинов характеризуются высокой степенью ненасыщенности – содержание ненасыщенных жирных кислот составляет 75.85 и 86.83% соответственно. Преобладающими жирными кислотами насыщенной, мононенасыщенной и полиненасыщенной фракций являются пальмитиновая, олеиновая и линолевая кислоты соответственно. При оценке биологической ценности жиров наибольшее внимание уделяется количеству полиненасыщенных жирных кислот и соотношению омега-6 и омега-3 жирных кислот, рекомендуемое значение которого не должно превышать 5. Высокое содержание биологически значимых линолевой и α -линоленовой кислот отмечается в масле, выделенном из семян узколистного люпина, – 37.15% суммарно. Соотношение омега-6 и омега-3 полиненасыщенных жирных кислот наиболее благоприятно в масле белого люпина (2.24).

В обрубленных семенах узколистного люпина методом капиллярного зонного электрофореза были идентифицированы тиамин, пиридоксин, ниацин, в семенах белого люпина – тиамин, пиридоксин, ниацин, пантотеновая и фолиевая кислота (табл. 4).

Стоит отметить достаточно высокое содержание витаминов группы В в семенах. Так, в 100 г семян узколистного люпина содержится 58.67% от рекомендованного взрослому человеку суточного количества тиамина (МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации), 29.00% – пиридоксина, 23.13% – ниацина. Семена белого люпина характеризуются высоким содержанием, прежде всего, пиридоксина – 31.75% от рекомендуемой суточной потребности и пантотеновой кислоты – 57.74%. Семена белого люпина содержат также достаточно большое количество фолиевой кислоты – 188.8±12.55 мкг/100 г, что характерно для многих бобовых.

В результате хромато-масс-спектрометрического анализа хлороформных экстрактов семян узколистного и белого люпинов были идентифицированы 9 и 8 компонентов соответственно (табл. 5).

Помимо производных жирных кислот, характерных для жировой составляющей, извлекаемой хлороформом, идентифицированы вещества класса терпенов и стероидных спиртов. В экстрактах из обоих видов семян среди этих веществ преобладают фитостерины кампестерол и β-ситостерол. В хлороформных экстрактах семян содержится ациклический дитерпен неофитадиен, количество которого существенно больше в экстракте из семян узколистного люпина. Небольшое количество фарнезена, относящегося к классу ациклических сесквитерпенов, обнаружено в экстракте семян узколистного люпина. γ-токоферол, являющийся одной из форм витамина Е, представлен в экстрактах обоих видов.

Таблица 1. Аминокислотный состав семян люпинов

Аминокислота	Содержание, г в 100 г семян	
	узколистного люпина	белого люпина
Аланин (Ala)	0.61±0.10	0.535±0.16
Аргинин (Arg)	2.62±0.33	2.37±0.31
Аспарагин (Asn)	10.69±1.22	8.69±0.81
Валин (Val)	0.78±0.22	0.665±0.11
Глицин (Gly)	0.68±0.25	0.52±0.12
Глутаминовая кислота (Glu)	26.31±2.20	20.37±2.12
Лейцин+изолейцин (Lue+Ile)	0.99±0.28	0.89±0.22
Лизин (Lys)	0.69±0.21	0.70±0.25
Метионин (Met)	0.12±0.04	–
Цистин (Cys)	0.44±0.11	0.31±0.07
Пролин (Pro)	0.78±0.20	0.665±0.18
Серин (Ser)	0.95±0.23	0.90±0.29
Тирозин (Tyr)	0.57±0.10	0.66±0.11
Треонин (Thr)	0.69±0.18	0.66±0.15
Триптофан (Trp)	0.10±0.05	0.12±0.05
Фенилаланин (Phe)	0.70±0.20	0.60±0.14
Сумма аминокислот	47.72±0.37	38.655±0.32

Таблица 2. Содержание минеральных веществ в семенах люпинов

Элемент	Содержание, мг в 100 г семян:	
	узколистного люпина	белого люпина
Железо (Fe)	41.05±0.85	21.21±0.43
Калий (K)	1399.62±35.70	2528.35±42.12
Кальций (Ca)	971.58±6.78	529.03±5.25
Кремний (Si)	30.81±0.45	17.64±0.31
Магний (Mg)	34.67±0.48	25.97±0.39
Марганец (Mn)	32.11±0.34	192.14±1.67
Медь (Cu)	5.35±0.03	3.21±0.03
Натрий (Na)	–	25.58±0.32
Никель (Ni)	0.97±0.01	–
Рубидий (Rb)	4.12±0.03	8.24±0.05
Сера (S)	33.05±0.50	90.09±1.08
Стронций (Sr)	4.34±0.04	1.08±0.01
Титан (Ti)	4.38±0.03	–
Фосфор (P)	531.17±5.50	328.99±3.09
Хлор (Cl)	94.97±0.88	110.26±1.10
Хром (Cr)	2.98±0.01	–
Цинк (Zn)	23.85±0.34	13.73±0.16

Таблица 3. Жирнокислотный состав масел из семян люпинов

Жирные кислоты	Массовая доля, % от суммы жирных кислот, в семенах:	
	узколистного люпина	белого люпина
Насыщенные, в том числе:	23.665±0.26	11.25±0.23
миристиновая (C14:0)	0.175±0.03	–
пальмитиновая (C16:0)	12.17±1.10	6.49±0.51
стеариновая (C18:0)	8.37±0.49	1.58±0.14
арахиновая (C20:0)	0.98±0.07	0.77±0.05
генэйкоциловая (C21:0)	0.06±0.001	–
бегеновая (C22:0)	1.85±0.14	2.41±0.22
трикоциловая (C23:0)	0.06±0.001	–
Мононенасыщенные, в том числе:	38.67±0.91	59.51±1.55
пальмитолеиновая (C16:1)	0.06±0.001	–
олеиновая (C18:1n9)	38.42±2.70	55.63±4.30
гадолеиновая (C20:1)	0.19±0.03	3.29±0.31
эруковая (C22:1n9)	–	0.59±0.05
Полиненасыщенные, в том числе:	37.18±0.94	27.32±1.025
линолевая (C18:2n6)	32.42±2.50	18.90±1.5
α-линоленовая (C18:3n3)	4.73±0.33	8.42±0.55
эйкозодиеновая (C20:2)	0.03±0.001	–

Таблица 4. Содержание некоторых водорастворимых витаминов в семенах люпинов

Витамин	Содержание, мг в 100 г семян:	
	узколистного люпина	белого люпина
Тиамин (В ₁)	0.880±0.05	0.283±0.03
Пиридоксин (В ₆)	0.580±0.03	0.635±0.04
Ниацин (В ₃)	4.627±0.03	1.081±0.09
Пантотеновая кислота (В ₅)	–	2.887±0.25
Фолиевая кислота (В ₉), мкг/100 г	–	188.8±12.55

Таблица 5. Компоненты хлороформных экстрактов семян люпинов

t _R , мин	Соединение	Экстракт семян узколистного люпина		Экстракт семян белого люпина	
		Степень соответствия библиотечному масс-спектру, %	Относительная площадь пика, %	Степень соответствия библиотечному масс-спектру, %	Относительная площадь пика, %
16.24	Неофитадиен	94	4.83	91	0.54
17.09	β-фарнезен	80	0.56	–	–
19.19	Виниловый эфир пальмитиновой кислоты	95	1.50	–	–
19.20	Моноэтаноламид лауриновой кислоты	–	–	97	1.46
20.57	Дециловый эфир циклогексанкарбоновой кислоты	80	1.94	81	0.88
21.69	Линолеоил хлорид	94	11.71	96	7.36
22.25	Глицидил олеат	80	2.10	81	1.85
27.05	γ-токоферол	95	2.41	95	5.09
29.63	Кампестерол	97	12.76	99	9.41
31.16	β-ситостерол	99	27.95	99	17.40

Выводы

Общее содержание аминокислот в семенах узколистного люпина составляет 47.72±0.37%, в семенах белого люпина – 38.655±0.32%, при этом идентифицировано 17 и 16 аминокислот соответственно. Большая часть аминокислот приходится на глутаминовую кислоту и аспарагин.

Минеральный состав семян узколистного люпина представлен 16 элементами, белого люпина – 14. В составе макроэлементов преобладают калий, фосфор и кальций, в составе микроэлементов – марганец, железо, цинк и медь. В семенах не обнаружены токсичные для человека элементы.

В составе жирных кислот масел, выделенных из семян узколистного и белого люпина, содержится соответственно 75.85 и 86.83% ненасыщенных жирных кислот, из которых большая часть – олеиновая и линолевая кислоты.

Среди водорастворимых витаминов группы В в семенах узколистного люпина обнаружены тиамин, пиридоксин и ниацин, в семенах белого люпина – тиамин, пиридоксин, ниацин, пантотеновая и фолиевая кислоты.

В составе хлороформных экстрактов семян узколистного и белого люпинов идентифицированы 9 и 8 веществ соответственно, среди которых к биологически активным веществам относятся неофитадиен, фарнезен, кампестерол, β -ситостерол, γ -токоферол.

Список литературы

1. Буянкин Н.И., Красноперов А.Г., Федорова З.Н. Люпин на корм и сидерат в Калининградской области: монография. Калининград, 2018. 148 с.
2. Карасева А.Н., Карлин В.В., Миронов В.Ф., Соснина Н.А., Коновалов А.И., Грязнов П.И., Ефремов Ю.Я., Шарафутдинова Д.Р., Кононов А.С., Такунов И.П. Перспективы использования растений рода *Lupinus* для получения растительных масел // Химия растительного сырья. 2001. №4. С. 83–86.
3. Tarasenko N.A., Butina E.A., Gerasimenko E.O., Nikonovich Y.N. Investigation into chemical composition of powdered lupine seeds // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017. Vol. 9(6). Pp. 1002–1006.
4. Подобедов А.В. Производство композиционного белково-энергетического концентрата «Термобоб» на основе отечественного люпина и сои. Создание комплекса региональных бобово-перерабатывающих предприятий // Люпин – его возможности и перспективы: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию со дня основания Всероссийского научно-исследовательского института люпина. Брянск, 2012. С. 256–261.
5. Dijkstra D.S., Linnemann A.R., Van Boekel T.A.J.S. Towards sustainable production of protein-rich foods: Appraisal of eight crops for Western Europe. Part II. Analysis of the technological aspects of the production chain // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2003. Vol. 43. Pp. 481–506. DOI: 10.1080/10408690390246332.
6. Zraly Z., Pisarikova B., Trckova M., Herzig I., Juzl M., Simeonovova J. The effect of white lupine on the performance, health, carcass characteristics and meat quality of market pigs // Veterinarni Medicina. 2007. Vol. 52(1). Pp. 29–41. DOI: 10.17221/2008-VETMED.
7. Dervas G., Doxastakis G., Hadjisavva-Zinoviadi S., Triantafyllakos N. Lupin flour addition to wheat flour doughs and effect on rheological properties // Food Chemistry. 1999. Vol. 1. Pp. 67–73. DOI: 10.1016/S0308-8146(98)00234-9.
8. Kohajdova Z., Karovicova J., Schmidt S. Lupin composition and possible use in Bakery – A Review // Czech J. Food Sci. 2011. Vol. 29. N3. Pp. 203–211.
9. Агафонова С.В., Рыков А.И., Мезенова О.Я. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности // Вестник Международной академии холода. 2019. №2. С. 79–85.
10. Такунов И.П. Люпин в земледелии России: монография. Брянск, 1996. 371 с.
11. Namama A.A., Bhardwaj H.L. Phytosterols, triterpene alcohols, and phospholipids in seed oil from white lupin // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2004. Vol. 81. Pp. 1039–1044. DOI: 10.1007/s11746-004-1019-z.
12. Rybinski W., Swiecicki W., Bocianowski J., Borner A., Starzycka-Korbas E., Starzycki M. Variability of fat content and fatty acids profiles in seeds of a Polish white lupin (*Lupinus albus* L.) collection // Genet. Resour. Crop. Evol. 2018. Vol. 65. Pp. 417–431. DOI: 10.1007/s10722-017-0542-0.
13. Sedlakova K., Strakova E., Suchy P., Krejcarova J., Herzig I. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – a review // Acta vet. Brno. 2016. Vol. 85. Pp. 165–175. DOI: 10.2754/avb201685020165.
14. Mierlita D., Simeanu D., Pop I.M., Criste F., Pop C., Simeanu C., Lup F. Chemical composition and nutritional Evaluation of the lupine seeds (*Lupinus albus* L.) from Low-Alkaloid varieties // Rev. Chim. (Bucharest). 2018. Vol. 69. N2. Pp. 453–458.
15. Aarthy C.J. A study on the processing of the lupin seeds and making various products out of it in comparison to soyabean // Conference: Good Governance and Sustainable Development. 2012. Vol. 1.
16. Confortin T.C., Todero I., Luft L., Soares J.F., Mazutti M.A., Zobot G.L., Tres M.V. Importance of *Lupinus albus* in agricultural and food-related areas: A review // 3 Biotech. 2018. Vol. 8(10). P. 448. DOI: 10.1007/s13205-018-1474-x.
17. Rumiyati J.V., James A.P. Total phenolic and phytosterol compounds and the radical scavenging activity of germinated australian sweet lupin flour // Plant Foods Hum Nutr. 2013. Vol. 68. Pp. 352–357. DOI: 10.1007/s11130-013-0377-6.
18. Bartkiene E., Bartkevics V., Starkute V., Krungleviciute V., Cizeikiene D., Zadike D., Juodeikiene G., Maknickiene Z. Chemical composition and nutritional value of seeds of *Lupinus luteus* L., *L. angustifolius* L. and new hybrid lines of *L. angustifolius* L. // Zemdirbyste-Agriculture. 2016. Vol. 103. N1. Pp. 107–114. DOI: 10.13080/z-a.2016.103.014.
19. Цыганов А.Р., Персикова Т.Ф., Какшинцев А.В., Филиппек Т., Лабуда С. Минеральный и аминокислотный состав зерна люпина узколистного // Известия академии Аграрных наук Республики Беларусь. 2001. №2. С. 21–23.
20. The Biology of *Lupinus* L. (lupin or lupine). Australian Government. Department of Health and Ageing. Office of the Gene Technology Regulation. Version 1: April 2013. URL: [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/\\$FILE/biologylupin2013-2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/$FILE/biologylupin2013-2.pdf)

21. Лукин С.В. Агроэкологическая оценка макро- и микроэлементного состава растений белого люпина // Земледелие. 2017. №8. С. 42–44.
22. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания марганца в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. №3. С. 19–22. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10304.
23. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб., 2006. 212 с.
24. Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов: монография. Новосибирск, 1994. 263 с.
25. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений: монография. Новосибирск, 2008. 969 с.
26. Consultation FE. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper, 2013. Pp. 1–66.

Поступила в редакцию 1 сентября 2020 г.

После переработки 13 ноября 2020 г.

Принята к публикации 26 февраля 2021 г.

Для цитирования: Агафонова С.В., Рыков А.И. Химический состав семян растений *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus albus* L. Калининградской области // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 135–142. DOI: 10.14258/jcrpm.2021038358.

*Agafonova S.V.**, *Rykov A.I.* CHEMICAL COMPOSITION OF SEEDS OF PLANTS *LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L. AND *LUPINUS ALBUS* L. OF THE KALININGRAD REGION

*Kaliningrad State Technical University, Sovetsky pr., 1, Kaliningrad, 236022 (Russia),
e-mail: svetlana, agafonova@klgtu.ru*

The aim of the work was to study the chemical composition of seeds of plants *Lupinus albus* L., *Lupinus angustifolius* L., growing in the Kaliningrad region. Lupin is a promising crop due to the high content of biologically valuable protein in its seeds, as well as minerals, unsaturated fatty acids, water- and fat-soluble biologically active substances. The paper considers the amino acid, mineral, and fatty acid composition of seeds, presents data on the content of water-soluble vitamins in them, and shows the component composition of chloroform extracts of seeds.

The total number of amino acids (47.72 ± 0.37 and $38.655 \pm 0.32\%$, respectively) was found in the seeds of narrow-leaved and white lupine, and a high content of glutamic acid and asparagine was found. The macronutrient composition, which is dominated by potassium, phosphorus and calcium, was studied. Among the microelements of seeds, manganese, iron, zinc and silicon predominate. A particularly high content of manganese in white lupin seeds (192.14 ± 1.67 mg per 100 g) was noted. Analysis of the fatty acid composition of lupin seed oils showed a high degree of unsaturation with a high content of oleic and linoleic acids. Both types of lupine contain thiamine, pyridoxine, and niacin, while white lupine seeds also contain Pantothenic and folic acids. Chromatography-mass spectrometry analysis of the fraction isolated by chloroform from lupine seeds showed the presence of substances of the terpenes class (farnesene, neofitadiene, γ -tocopherol) and steroidal alcohols (campesterol, β -sitosterol).

Keywords: narrow-leaved lupin, white lupin, *Lupinus albus* L., *Lupinus angustifolius* L., amino acids, fatty acids, minerals, vitamins, phytosterols, terpenes.

* Corresponding author.

References

1. Buyankin N.I., Krasnoperov A.G., Fedorova Z.N. *Lyupin na korm i siderat v Kaliningradskoy oblasti: monografiya* [Lupine on the forage and siderat in the Kaliningrad region: monograph]. Kaliningrad, 2018, 148 p. (in Russ.).
2. Karaseva A.N., Karlin V.V., Mironov V.F., Sosnina N.A., Kononov A.I., Gryaznov P.I., Efremov Y.Y., Sharafutdinova D.R., Kononov A.S., Takunov I.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2001, no. 4, pp. 83–86. (in Russ.).
3. Tarasenko N.A., Butina E.A., Gerasimenko E.O., Nikonovich Y.N. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, vol. 9(6), pp. 1002–1006.
4. Podobedov A.V. *Lyupin – ego vozmozhnosti i perspektivy: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu so dnya osnovaniya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lyupina* [Lupin – its opportunities and prospects: collection of materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 25th anniversary of the all-Russian lupin research Institute]. Bryansk, 2012, pp. 256–261. (in Russ.).
5. Dijkstra D.S., Linnemann A.R., Van Boekel T.A.J.S. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2003, vol. 43, pp. 481–506. DOI: 10.1080/10408690390246332.
6. Zraly Z., Pisarikova B., Trckova M., Herzig I., Juzl M., Simeonovova J. *Veterinari Medicina*, 2007, vol. 52(1), pp. 29–41. DOI: 10.17221/2008-VETMED.
7. Kohajdova Z., Karovicova J., Schmidt S. *Czech J. Food Sci.*, 2011, vol. 29, no. 3, pp. 203–211.
8. Dervas G., Doxastakis G., Hadjisavva-Zinoviadi S., Triantafillakos N. *Food Chemistry*, 1999, vol. 1, pp. 67–73. DOI: 10.1016/S0308-8146(98)00234-9.
9. Agafonova S.V., Rykov A.I., Mezenova O.Y. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*, 2019, no. 2, pp. 79–85. (in Russ.).
10. Takunov I.P. *Lyupin v zemledelii Rossii: monografiya* [Lupin in Russian agriculture: monograph]. Bryansk, 1996, 371 p. (in Russ.).
11. Hamama A.A., Bhardwaj H.L. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2004, vol. 81, pp. 1039–1044. DOI: 10.1007/s11746-004-1019-z.
12. Rybinski W., Swiecicki W., Bocianowski J., Borner A., Starzycka-Korbas E., Starzycki M. *Genet. Resour. Crop. Evol.*, 2018, vol. 65, pp. 417–431. DOI: 10.1007/s10722-017-0542-0.
13. Sedlakova K., Strakova E., Suchy P., Krejcarova J., Herzig I. *Acta vet. Brno*, 2016, vol. 85, pp. 165–175. DOI: 10.2754/avb201685020165.
14. Mierlita D., Simeanu D., Pop I.M., Criste F., Pop C., Simeanu C., Lup F. *Rev. Chim. (Bucharest)*, 2018, vol. 69, no. 2, pp. 453–458.
15. Aarthy C.J. *Conference: Good Governance and Sustainable Development*, 2012, vol. 1.
16. Confortin T.C., Toderio I., Luft L., Soares J.F., Mazutti M.A., Zabot G.L., Tres M.V. *3 Biotech*, 2018, vol. 8(10), p. 448. DOI: 10.1007/s13205-018-1474-x.
17. Rumiya J.V., James A.P. *Plant Foods Hum Nutr.* 2013, vol. 68, pp. 352–357. DOI: 10.1007/s11130-013-0377-6.
18. Bartkiene E., Bartkevics V., Starkute V., Krungleviciute V., Cizeikiene D., Zadike D., Juodeikiene G., Maknickiene Z. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2016, vol. 103, no. 1, pp. 107–114. DOI: 10.13080/z-a.2016.103.014.
19. Tsyganov A.R., Persikova T.F., Kakshintsev A.V., Filipek T., Labuda S. *Izvestiya akademii Agrarnykh nauk Respubliki Belarus'*, 2001, no. 2, pp. 21–23. (in Russ.).
20. *The Biology of Lupinus L. (lupin or lupine)*. Australian Government. Department of Health and Ageing. Office of the Gene Technology Regulation. Version 1: April 2013. URL: [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/\\$FILE/biologylupin2013-2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/$FILE/biologylupin2013-2.pdf)
21. Lukin S.V. *Zemledeliye*, 2017, no. 8, pp. 42–44. (in Russ.).
22. Zhuikov D.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, vol. 33, no. 3, pp. 19–22. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10304. (in Russ.).
23. Komarova N.V., Kamencev Y.S. *Prakticheskoe rukovodstvo po ispol'zovaniyu sistem kapillarnogo jelektroforeza «Kapel'»* [Practical guidance on the use of capillary electrophoresis systems "Kapel'"]. Saint Petersburg, 2006, 212 p. (in Russ.).
24. Revenko A.G. *Rentgenospektral'nyy fluorescentnyy analiz prirodnykh materialov: monografiya* [X-ray spectral fluorescence analysis of natural materials: monograph]. Novosibirsk, 1994, 263 p. (in Russ.).
25. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshstv rasteniy: monografiya* [Investigation of volatile substances of plants: monograph]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
26. Consultation FE. *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. FAO Food and Nutrition Paper, 2013, pp. 1–66.

Received September 1, 2020

Revised November 13, 2020

Accepted February 26, 2021

For citing: Agafonova S.V., Rykov A.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 135–142. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021038358.