

УДК 66.664.6:664.72

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧУМИЗЫ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЦЕЛЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Л. В. Рукшан¹, Ж. В. Кошак², Е. Е. Рыбкина¹, Н. Н. Гандлевская²

¹*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь*

²*РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси, Республика Беларусь*

АННОТАЦИЯ

Введение. Цель исследования – развитие сырьевой базы зерноперерабатывающей промышленности для получения продуктов здорового питания массового производства. Проведен сравнительный анализ качества зерна чумизы, проса и пшеницы. Отмечено, что зерно чумизы является перспективным сырьем для зерноперерабатывающей промышленности. Однако, отсутствуют сведения о химическом составе зерна чумизы белорусской селекции, что определило научную задачу исследования.

Материалы и методы. Зерно чумизы белорусской селекции (сорта – Золушка, Красуня, Стрела 189, Красная стрела; сортообразцы – Si 6782, Si 57/123, Si 57/131). При оценке качества зерна использованы стандартные методы и методики.

Результаты. Установлены пределы вариации комплекса химических показателей. На определяемые показатели зерна оказывает влияние сорт чумизы. Создана товароведная база данных по химическому составу разных сортов зерна чумизы белорусской селекции.

Выводы. Все исследуемые сорта чумизы могут использоваться в качестве источников белка и других питательных веществ при производстве мучных изделий и комбикормов, расширяя их ассортимент и питательную ценность. Наилучшим в этом плане является зерно сортов Стрела 189, Красная стрела, Красуня, Золушка и сортообразцов Si 57/131 и Si 6782.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: чумиза; сорт; химический состав; аминокислоты; макро- и микроэлементы; жирные кислоты, витамины.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рукшан, Л. В. Исследование химического состава чумизы белорусской селекции в целях использования в зерноперерабатывающей промышленности / Л. В. Рукшан [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 1(32). – С.42–52.

STUDIES ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF GREEN FOXTAIL OF BELARUSIAN SELECTION USED IN GRAIN PROCESSING INDUSTRY

L. V. Rukshan¹, Zh. V. Koshak², E. E. Rybkina¹, N. N. Gandlevskaya²

¹*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus*

²*RUE «Institute for Fish Industry» NAN of Belarus, Republic of Belarus*

ABSTRACT

Introduction. The purpose of the study is to develop the raw material base of the grain processing industry for obtaining mass-produced healthy food products. A comparative analysis of the quality of green foxtail, wheat and millet grains has been carried out. Green foxtail grain is found to be a promising raw material source for the grain processing industry. However, information about the chemical composition of green foxtail grain of Belarusian selection is not available.

Materials and methods. Green foxtail (*Setariaviridis*) grain of Belarusian selection (varieties – Zolushka, Krasunya, Strela 189, KrasnayaStrela; species – Si 6782, Si 57/123, Si 57/131). Standard methods and techniques were used in assessing grain quality.

Results. The limits of variation of a number of chemical parameters have been determined. The quality indicators under study are influenced by the variety of green foxtail. A commodity database has been created in terms of the chemical composition of different varieties of green foxtail of the Belarusian selection.

Conclusions. All the varieties of green foxtail under study can be used as sources of proteins and other nutrients for the production of flour products and compound feeds, thus expanding their range and nutritional value. The grain of the varieties Strela 189, Krasnaya Strela, Krasunya, Zolushka and Si 57/131 and Si 6782 species is found to be the best.

KEY WORDS: *green foxtail; variety; chemical composition; amino acids; macro- and micronutrients; fatty acids; vitamins.*

FOR CITATION: Rukshan, L. V. Studies on the chemical composition of green foxtail of Belarusian selection used in grain processing industry / L. V. Rukshan [et al.] // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2022. – № 1(32). – P. 42–52 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Чумиза – одно из древнейших хлебных растений, издавна возделываемых в Восточной Азии. Полезные нутриенты чумизы положительно влияют на здоровье человека, укрепляя сердечную мышцу, снижая риск развития атеросклероза до минимально возможного, приводя в норму уровень артериального давления и т.п. Продукты из зерна чумизы (мука, крупа, комбикорма) способны очищать организм от шлаков, токсинов и тяжелых металлов. Попытка привлечь чумизу в отечественное земледелие предпринималась еще в пятидесятые годы прошлого столетия. Однако ввиду отсутствия достаточного сортимента и наличия семян эта культура не получила широкого распространения [1–10].

С целью использования зерна чумизы в зерноперерабатывающей промышленности важно знать его химический состав. Однако на данный момент сведения о химическом составе чумизы неоднозначны, единичны и отсутствуют исследования, оценивающие зерно комплексно. Например, по данным авторов [3, 4, 8] в зерне чумизы независимо от сорта содержание сырого протеина, сырого жира, клетчатки, золы, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) соответственно находится в следующих пределах: 12,7–13,3; 4–5,1; 1,9–8,1; 2–4,8 и 57,9–72,6 %. Рядом авторов отмечается влияние разных сортов на химический состав зерна чумизы.

Так, в зерне чумизы сортов Стачуми-3 сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки содержится в количестве 10,0–10,94; 2,5–3,5 и 6,8–8,81 % соответственно; Стрела – 10,9–14,41; 2,2–2,28 и 13,5–13,86 % соответственно; Оля – 11,09; 2,2 и 13,5 %; Днепроvская – 13,9; 5,2 и 7,0 % [5]. Авторами [11] изучены сортообразцы чумизы разной селекции (Россия, Китай, Украина) и установлены следующие пределы варьирования показателей качества зерна: протеин – 11,02–15,36 %; жир – 3,26–6,46 %; клетчатка – 4,77–9,09 %; зола – 1,85–3,26 %; БЭВ – 68,83–74,30 %.

При анализе данных [6, 9, 12] авторами выявлено влияние почвенно-климатических условий произрастания зерна. Так, пределы изменения содержания сырого протеина и сырого жира в чумизе сортов Стачуми, Стрела, Стачуми-3, Рубиновая и Янтарная, выращенной в условиях юга Нечерноземной зоны РФ соответственно равны 13,4–15,3 и 4,7–6,8 % [6].

По данным [9] в чумизе сортов Стачуми 3 содержится 8–9 % протеина, 2,5 % жира, 6,8 % клетчатки, 65 % БЭВ; Янтарная – 13,6; 5,3; 7,3; 2,7 и 71,1 % исследуемых показателей соответственно [12]. При этом следует отметить, что цель исследований вышеперечисленных авторов заключалась в выявлении влияния минеральных удобрений на продуктивность зерна чумизы.

Одно из важнейших преимуществ чумизы – высокое содержание углеводов (около 70 %) [2, 6, 12, 13]. Данные авторов [5, 6, 10–12] свидетельствуют о влиянии сорта на содержание крахмала. Так, в чумизе сортов Стачуми 1, Стачуми-3, Стрела и Рубиновая содержание крахмала

изменялось от 61,5 до 63,8 %; Янтарная – от 54,3 до 57,1 % и Днепровская от 60 до 65 %.

Известно, что недостаток или отсутствие одной из аминокислот ведет к нарушению обменных процессов в любом организме. Зерно чумизы богато незаменимыми аминокислотами и полиненасыщенными жирными кислотами. Считается, что в зерне чумизы больше серосодержащих аминокислот, чем в зерне проса [1]. По данным авторов [3] в чумизе количество лизина и метионина соответственно равно 0,25 и 0,23 %; авторов [10] – в зерне сорта Стачуми 3,0–0,24 и 0,32 %; в зерне сорта Стрела – 0,35 и 0,32 % [1]. Авторы [14] считают, что на данный момент чумиза сорта Янтарная, имеющая высокий аминокислотный скор по таким аминокислотам, как лейцин + изолейцин, аланин, гистидин и фенилаланин + тирозин, метионин, валин, который, соответственно, равен 175, 174, 150, 135, 100, 104, даже при дефиците лизина, является более перспективной по сравнению с другими сортами.

Несомненным достоинством зерна чумизы является высокое содержание (до 64 %) таких незаменимых жирных аминокислот, как арахисовая, линолевая и линоленовая, определяющих содержание в продуктах витамина F. Данный витамин рассматривают как средство повышения устойчивости как человека, так и животных к стрессам и болезням инфекционной этиологии.

Кроме того, витамин F придает продуктам свойства стимулятора обмена протеина и жира, позволяющего улучшить усвоение других жирорастворимых витаминов [3, 7, 8, 15, 16]. Ценность пищевых продуктов определяется соотношением насыщенных и ненасыщенных жирных кислот [16, 17].

По данным авторов [6] в зерне чумизы сорта Стрела содержание таких жирных кислот, как миристиновая, пальмитолеиновая, стеариновая, линолевая, линоленовая, арахисовая и витамина F соответственно равно 0,2 % от суммы, 19,9; 2,0; 20,7; 55,02; 2,14 и 57,16 % от суммы. Пальмитиновая и арахисовая жирные кислоты в зерне чумизы отсутствуют. Соотношение суммы ненасыщенных ЖК к сумме насыщенных ЖК в зерне чумизы сорта Стрела равно 3,52.

В зерне чумизы содержатся витамины В₁, В₂, В₃, В₄, В₅, В₆ в количестве 11,6; 1,35; 11,3; 33,1 и 3,9 мг/кг соответственно [3, 12]. Зерно чумизы содержит витамина В₁ почти в три раза больше, чем пшеничная мука, а витамина В₂ в два раза больше, чем рис [6]. По содержанию витаминов группы В степень удовлетворения суточной потребности человека в них 87–100 % [12].

По данным авторов [3, 4, 10, 12] содержание золы в чумизе изменяется от 2 до 4,8 %. В состав золы зерна чумизы входят кальций, фосфор и общий фосфор соответственно в количестве 0,15; 0,31 и 0,06 % [18].

Чумиза является природным сорбентом и хорошо поглощает радионуклиды цезия и стронция [6]. Авторами [12, 19–21] рассматривалась перспективность применения муки из зерна чумизы сорта Янтарная при изготовлении хлеба, мучных кондитерских изделий и выявлено, что при вводе чумизной муки в количестве 20–30 % в рецептуры этих продуктов получают изделия с высокими органолептическими и физико-химическими показателями.

Во многих странах мира чумизу используют для приготовления крупы, так как зерно отличается более легким шелушением и для его получения достаточно одного-двух проходов, обеспечивая при этом снижение энергоемкости процесса на 30 % [16, 22].

Возрастающие цены на основные зернофуражные культуры – кукурузу, пшеницу, ячмень и др. – подталкивают производителей и потребителей на включение в рационы животных и птицы других видов зерна, которые могли бы частично заменять в комбикормах более дорогостоящие компоненты, при этом, не уступая им по биологической ценности. Зерно чумизы является ценным кормом для сельскохозяйственных животных и птицы [4, 6, 9]. Из-за сравнительно низкого содержания клетчатки в зерне чумизы и более высокого содержания переваримого протеина ее кормовые свойства высокие. Питательные вещества чумизы лучше усваиваются организмом животных, чем питательные вещества других компонентов кормов. Чумиза отличается от других зерновых злаковых культур способностью обеспечивать организм животных качественной легкодоступной энергией. Так, обменной энергии в 1 кг зерна этой культуры для крупного рога-

того скота содержится 10,8 МДж, свиней – 13,1 МДж и птицы – 12,7 МДж [3, 8, 23].

Авторы [1], включая в комбикорма для бройлеров чумизу сорта Стачуми-3 в количестве 10–30 %, выявили высокую сохранность птицы и превышение ее живой массы уровня контрольной группы на 5,5–6,9 %. Зерно чумизы имеет тонкую оболочку, легко поддается обрушиванию и поэтому может быть использовано даже в кормлении цыплят.

Необрушенное зерно чумизы используется в качестве сырья для спиртовой промышленности, производства пива и других продуктов. Кроме этого, в России изучается вопрос извлечения масла из зерна чумизы.

Анализ литературных данных показывает, что, к сожалению, чумиза мало распространена и в большинстве случаев ее используют как кормовую культуру. При этом большинство авторов, единодушных во мнении о необходимости расширения сортового ассортимента чумизы, направляют свои исследования только на изучение влияния ряда агрономических приемов на морфологические свойства зерна разных сортов чумизы.

Нами отмечено, что зерно чумизы белорусской селекции изучено, главным образом, с точки зрения агротехники и семеноводства, а такая важная их особенность, как химический состав, являющийся базовым для зерноперерабатывающей промышленности, практически не исследован.

Цель исследований – исследование химического состава чумизы белорусской селекции в целях использования в зерноперерабатывающей промышленности.

Научная задача – создание базы данных по химическому составу зерна чумизы белорусской селекции для зерноперерабатывающей промышленности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились разные сорта (Золушка, Красуня, Стрела 189, Красная стрела) и сортообразцы (Si 6782, Si 57/123, Si57/131) зерна чумизы белорусской селекции, выращенные в одной почвенно-климатической зоне республики в 2018–2020 гг. Предел вариации влажности у исследуемых образцов составил $(10,5 \pm 0,9)$ %. Все исследуемые сорта включены в Государственный реестр сортов как сорта сельскохозяйственных растений, допущенные для производства, реализации и использования их семян на территории Республики Беларусь [24, 25].

При оценке химического состава зерна чумизы использовали стандартные методы и методики. Так, содержание влаги определяли по ГОСТ 13586.5, белка – по ГОСТ 13496.4, жира – по ГОСТ 13496.15, крахмала – по ГОСТ 10845, клетчатки – по ГОСТ 13496.2, золы – по ГОСТ 10847, кальция – по ГОСТ 26570, фосфора – по ГОСТ 26657, магния – по ГОСТ 30502, калия – по ГОСТ 30504, натрия – по ГОСТ 30503, железа – по ГОСТ 30692, меди – по ГОСТ 30692, цинка – по ГОСТ 30692.

Аминокислотный состав белков и жирно-кислотный состав жиров определяли в РУП «Институт рыбного хозяйства»: аминокислотный состав – на автоматическом анализаторе аминокислот «Aminoacid Analyzer T 339 M» согласно МВИ МН 1363-2000, жирно-кислотный состав жиров – по ГОСТ 31665-2012 и ГОСТ 31663-2012.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В работе обобщены результаты исследований по изучению химического состава различных сортов и сортообразцов чумизы белорусской селекции [26–30]. Сравнительный анализ проводили с продовольственным и фуражным зерном проса и пшеницы [31, 32].

Химический состав белорусской чумизы (2020 г.) представлен в табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что сорт чумизы влияет на ее химический состав. Так, наибольшее содержание сырого протеина содержится в зерне сорта Si57/131, а наименьшее – в зерне сорта Стрела 189. Наименьшим содержанием крахмала характеризуется зерно сорта

Si57/131, а наибольшим – Стрела 189. Менее варьируемыми показателями химических свойств чумизы являются сырая клетчатка, зола, нерастворимая в HCl, и сахара. Наибольшее содержание сырой клетчатки содержится в зерне сорта Si 682, а наименьшее – в зерне сорта Красуня. Шаг варьирования золы, нерастворимой в HCl, и сахаров для всех исследуемых сортов чумизы изменяется от 0,02 до 0,13 %. Содержание безазотистых экстрактивных веществ и энергетическая ценность изменяются незначительно, и пределы их вариации соответственно равны (63,2±0,5) % и (318±4) ккал.

Табл. 1. Химический состав чумизы белорусской селекции

Table 1. Chemical composition of green foxtail of Belarusian selection

Наименование веществ	Содержание, %							Предел вариации
	Золушка	Красуня	Стрела 189	Красная стрела	Si			
					6782	57/123	57/131	
Протеин	12,12	12,49	11,00	11,64	12,88	12,08	13,18	12,09±1,09
Жир	3,62	3,78	4,12	4,16	3,98	4,32	4,08	3,97±0,35
Углеводы:	65,59	64,58	67,90	66,42	66,12	65,32	64,43	66,17±1,74
- крахмал	56,38	56,08	58,00	57,72	56,40	56,20	55,80	56,90±1,10
- клетчатка	7,50	6,70	8,00	7,02	8,05	7,34	6,98	7,38±0,16
- сахара	1,71	1,80	1,90	1,68	1,67	1,78	1,65	1,78±0,13
Зола	2,55	2,52	2,72	2,37	2,70	2,67	2,65	2,55±0,18

Сравнительный анализ химического состава чумизы разных селекций показал, что в чумизе белорусской селекции в 1,2 и 2 раза меньше крахмала и жира, соответственно, чем в чумизе селекций России и Украины. Так, например, в зерне чумизы российской селекциисортов Стачуми 3 и Днепровская содержится 8–9 и 13,9 % протеина, 2,5 и 5,2 % жира, 6,8 и 7,0 % клетчатки, 65 и 57,9 % безазотистых экстрактивных веществ, 2 % золы, а предел изменения содержания сырого протеина в зерне сорта Янтарная равен 13,6–15,5 %.

Отмечено также, что содержание протеина и жира в зерне всех исследуемых сортов и сортообразцов чумизы белорусской селекции соответственно больше в 1,06/1,14 и 1,03/1,11 раза, чем в зерне продовольственного/фуражного проса, и в 1,03/1,06 и 1,82 раза, чем в зерне продовольственной/фуражной пшеницы. Содержание сырой клетчатки в зерне чумизы в 0,53/0,82 раза меньше, чем в зерне продовольственного/фуражного проса, и в 0,68/2,73 раза больше, чем в зерне продовольственной/фуражной пшеницы, соответственно.

Содержание макро- и микроэлементов в зерне исследуемых сортов и сортообразцов чумизы урожая 2020 г. представлено в табл. 2.

Как видно из табл. 2, наибольшее содержание всех минеральных веществ находится в чумизе сортов Si6782, Красуня и Золушка. Пределы вариации кальция, натрия, калия, железа, цинка и марганца в зерне чумизы белорусской селекции независимо от сорта соответственно равны 8,65±0,64; 9,82±0,84; 17,66±0,97; 2,44±0,04; 2,22±0,30 и (0,77±0,02) мг/100 г. Различия в макро- и микроэлементном составе зерна чумизы, фуражного зерна проса и пшеницы незначительные. Продовольственное зерно проса и пшеницы по содержанию микроэлементов несколько уступает зерну чумизы.

Повышение содержания белков и увеличение доли в них аминокислот в результате селекционной работы или технологий возделывания является очень важным фактором увеличения их питательной ценности. Изучение аминокислотного состава зерна различных сортов и сортообразцов чумизы белорусской селекции в аспекте селекции вызывает особый интерес. Пределы вариации содержания аминокислот в белке в исследуемых сортах и сортообразцах зерна чумизы представлены в табл. 3.

Табл. 2. Содержание макро- и микроэлементов в исследуемых образцах чумизы

Table 2. Content of macro- and microelements in the samples of green foxtail under study

Наименование элементов	Содержание. %						
	Золушка	Красуня	Стрела 189	Красная стрела	Si		
					6782	57/123	57/131
<i>Макроэлементы</i>							
Натрий	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03
Кальций	0,06	0,07	0,07	0,05	0,08	0,07	0,06
Магний	0,09	0,10	0,08	0,09	0,11	0,08	0,09
Калий	0,44	0,43	0,41	0,42	0,44	0,42	0,43
Итого:	0,63	0,63	0,59	0,58	0,67	0,61	0,61
<i>Микроэлементы</i>							
Марганец	0,014	0,013	0,013	0,012	0,014	0,013	0,014
Медь	0,017	0,016	0,017	0,016	0,017	0,015	0,017
Цинк	0,026	0,027	0,025	0,027	0,025	0,027	0,026
Железо	0,028	0,031	0,028	0,041	0,03	0,031	0,027
Итого:	0,085	0,087	0,083	0,096	0,086	0,086	0,084
Всего:	0,715	0,717	0,673	0,676	0,756	0,696	0,694

Табл. 3. Пределы вариации содержания аминокислот в исследуемых сортах зерна чумизы

Table 3. Limits of variation of amino acid content in the samples of green foxtail under study

Наименование аминокислоты	Массовая доля, мг/100 г	
	предел вариации	среднее значение
<i>Заменимые аминокислоты</i>		
Аспарагиновая кислота	303±107	249
Глютаминовая кислота	7442±5403	4367
Пролин	1720±369	1641
Аланин	1083±116	1039
Серин	526±106	489
Глицин	485±51	478
Аргинин	341±155	270
Тирозин	310±155	253
Гистидин	155±146	105
Цистеин	–	9
Итого:	12485±6495	8899
<i>Незаменимые аминокислоты</i>		
Лейцин	1912±467	1803
Фенилаланин	811±158	756
Валин	794±159	742
Изолейцин	810±217	742
Лизин	636±232	506
Треонин	350±116	328
Метионин	–	9
Итого:	5409±1236	4886
Всего:	18028±7597	13785

Следует отметить, что наибольшим количеством аминокислот характеризуется зерно чумизы сорта Красная стрела (25625 мг/100 г) за счет большего количества глютаминовой кислоты, гистидина, пролина и наличия практически всех незаменимых аминокислот. Количе-

ство незаменимых аминокислот, содержащихся в белках зерна чумизы, от общего количества аминокислот составляет 25,9 % (сорт Красная стрела) – 42,2 % (сорт Стрела 189), а в продовольственном зерне проса и пшеницы их соответственно равно 34,4 и 28,7 %. Повышенным количеством лизина и треонина среди исследуемых сортов и сортообразцов чумизы характеризуется сорт Красная стрела.

Сравнительный анализ показал, что в зерне чумизы по сравнению с продовольственным зерном проса/пшеницы общая сумма аминокислот, сумма незаменимых и заменимых аминокислот соответственно больше в 1,25/1,14 раза, 1,29/1,4 раза и 1,23/1,03 раза. При этом больше в 1,84/1,41 раза глютаминовой кислоты, в 2,56/1,4 раза пролина, в 1,54/2,15 раза лейцина и в 1,01/2,42 раза аланина. По сравнению с фуражным зерном проса и пшеницы эти различия увеличиваются еще в среднем в 1,1–1,5 раза. В зерне исследуемых образцов чумизы мало метионина и цистеина (менее 10 мг/100 г). В зерне продовольственного/фуражного проса и пшеницы метионина в 24/19 раза больше, пшеницы – в 20 раз больше. Во всех случаях лимитирующими аминокислотами являются лизин и треонин, хотя в зерне чумизы, например, лизина в 1,87 и 1,49 раз соответственно больше, чем в продовольственном зерне проса и пшеницы.

Таким образом, анализ аминокислотного состава чумизы показывает, что она при разработке новых пищевых и кормовых продуктов успешно может заменять продовольственное и фуражное зерно проса и пшеницы при производстве муки, крупы и кормов. Лучшими являются сорта Стрела 189 и Красная стрела. Сорта чумизы Золушка и Красуня по аминокислотному составу находятся на среднем уровне.

На последующем этапе исследований изучен жирно-кислотный состав масла исследуемых сортов и сортообразцов зерна чумизы. Пределы вариации и среднее содержание жирных кислот в исследуемых сортах и сортообразцах зерна чумизы представлены в табл.4.

Табл. 4. Пределы вариации содержания жирных кислот в разных сортах зерна чумизы

Table 4. Limits of variation of fatty acid content in different varieties of green foxtail grain

Наименование жирной кислоты	Содержание, % от суммы жирных кислот	
	предел вариации	среднее значение
<i>Насыщенные жирные кислоты</i>		
Арахидовая C 20:0 (±25%)	0,25±0,25	0,28
Бегеновая C 22:0 (±30%)	0,35±0,05	0,32
Гептадекановая C 17:0 (±30%)	0,05±0,05	0,06
Миристиновая C 14:0 (±25%)	0,05±0,05	0,02
Пальмитиновая C 16:0 (±12%)	6,55±0,15	6,52
Стеариновая C 18:0 (±25%)	1,30±0,10	1,28
Эйкозеновая C 20:1 (±25%)	0,30±0,20	0,30
Итого:	8,80±0,50	8,78
<i>Ненасыщенные жирные кислоты</i>		
Арахидоновая C 20:4 (±30%)	0,05±0,05	0,02
Эйкозатрисновая C 20:3n3 (±30%)	0,05±0,05	0,04
Пальмитолеиновая C 16:1 (±25%)	0,10±0,10	0,12
α-Линоленовая C 18:3 (±25%)	2,15±0,15	2,18
Линолевая C 18:2 (±12%)	71,65±0,85	71,70
Олеиновая C 18:1 (±12%)	16,85±0,65	16,64
Итого:	90,65±0,55	90,70
Всего:	99,45±0,35	99,48

Как видно из табл. 4, ненасыщенных жирных кислот в среднем в 10 раз больше, чем насыщенных. При этом шаг варьирования значений ненасыщенных ($\pm 0,55$ %) и насыщенных жирных кислот ($\pm 0,50$ %) отличается незначительно. Соотношение сумм ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в зерне чумизы исследуемых сортов в среднем равно 10,35 (предел вариации – $10,36 \pm 0,63$ %), в то время как в продовольственном зерне проса и пшеницы это соотношение соответственно равно 2,26 и 1,05. Зерно чумизы белорусской селекции богато мононенасыщенной олеиновой жирной кислотой (максимальное значение у сорта Золушка – 17,5 %, минимальное – у сортов Стрела 189, Красная стрела и Si6782 – 16,2 %), полиненасыщенными кислотами – линолевой (максимальное значение у сорта Si6782 – 72,5 %, минимальное – у сорта Золушка – 70,8 %) и α -линоленовой (в среднем – 2,18 %). В продовольственном зерне проса и пшеницы содержание этих жирных кислот незначительное. Общая сумма жирных кислот в зерне чумизы сортов Красуня и Золушка соответственно равна 99,6 и 99,8 %. Количество витамина F в зерне исследуемых сортов и сортообразцов чумизы равно ($73,9 \pm 0,9$ %) от суммы жирных кислот. Сорт чумизы Красуня содержит также такие полиненасыщенные жирные кислоты, как арахидоновая и докозагексаеновая (0,1–0,3 %), относящихся соответственно к классам Омега-6 и Омега-3, и являющихся наиболее ценными для здоровья человека и животных.

Недостаток витаминов неизбежно ведет к сбою обменных процессов любого живого организма. Исследовав витаминный состав чумизы, установлено, что чумиза богата витаминами E, B₁, B₂ и B₆. Результаты исследований представлены в табл. 5.

Табл. 5. Содержание витаминов в зерне чумизы

Table 5. Content of vitamins in green foxtail grain

Витамины	Содержание, мг/100 г				
	Золушка	Красуня	Стрела 189	Красная стрела	Si 6782
Витамин E ($\pm 20,0\%$)	3,00	4,00	3,40	2,10	2,70
Витамин B ₁ ($\pm 21,5\%$)	0,14	0,19	0,20	0,20	0,21
Витамин B ₂ ($\pm 14,8\%$)	0,04	0,05	0,06	0,08	0,05
Витамин B ₆ ($\pm 29,0\%$)	0,24	0,51	0,14	0,16	0,12

Предел вариации суммы определенных в исследуемых образцах зерна чумизы витаминов равен ($3,65 \pm 1,11$) мг/100 г. Как видно из табл. 5, в зерне чумизы независимо от сорта больше витамина E. В продовольственном зерне проса и пшеницы больше витамина E и B₆, а в фуражном зерне проса и пшеницы больше витамина E и B₁. Содержание витаминов E, B₆ и суммарное количество всех определенных витаминов больше по сравнению с остальными исследуемыми сортами и сортообразцами в зерне чумизы сорта Красуня.

Анализ экспериментальных результатов определения химического, аминокислотного, жирно-кислотного и витаминного состава зерна чумизы белорусской селекции свидетельствует о том, что его можно использовать при производстве муки, крупы, хлеба, мучных изделий, комбикормов взамен зерна проса и пшеницы, повышая при этом питательную ценность получаемых продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования в рамках сравнительной оценки зерна чумизы белорусской селекции по комплексу химических показателей.

Установлено, что на определяемые показатели зерна чумизы оказывает влияние сорт. Определено, что сорта чумизы могут быть использованы в качестве источника биологически ценного растительного белка и других питательных веществ при производстве мучных изделий и комбикормов, что позволит расширить ассортимент продукции повышенной пищевой,

кормовой и биологической ценности. Наилучшим в этом плане является зерно сортов Стрела 189, Красная стрела, Красуня, Золушка и сортообразцов Si 57/131 и Si 6782.

В результате исследований получены новые данные о химическом составе разных сортов зерна чумизы белорусской селекции и установлены пределы их вариации.

Практическая значимость исследований заключается в создании базы данных по химическому составу разных сортов зерна чумизы белорусской селекции и выделении наиболее перспективных сортов для зерноперерабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гулюшин, С. Ю. Питательные свойства зерна чумизы и его использование в комбикормах для цыплят-бройлеров / автореферат дис. ... канд. биологических наук по спец: 06.02.02 – Кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов // С.Ю. Гулюшин, науч. рук. Т.И. Ленкова; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. – Боровск, 2002. – 26 с.
- 2 Кадыров, Р. М. Чумиза в Беларуси: опыт и перспективы использования / Р. М. Кадыров, Т. А. Анохина, С. В. Кравцов // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 11(91). – С. 55–56.
- 3 Подобед, Л. И. Рациональная, достаточная и экологически сбалансированная система кормопроизводства / Л. И. Подобед. – Одесса: «Печатный дом», 2009. – 216 с.
- 4 Летучий, С. В. Приемы адаптивной технологии выращивания чумизы в одновидовых и подвидовых посевах в сухостепной зоне Поволжья / дис. ... канд. сельскохоз. наук по спец: 06.01.09 – Растениеводство / С. В. Летучий; науч. рук. Л. П. Шевцова; ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». – Саратов, 2009. – 188 с.
- 5 Жужукин, В. И. Исходный материал в Нижнем Поволжье / В. И. Жужукин, М. Ф. Шор // Кормопроизводство, 2009. – №10. – С. 26–27.
- 6 Кулемина, Т. В. Биохимические показатели качества зерна просовидных культур в условиях юга нечерноземной зоны РФ / Т. В. Кулемина [и др.] // Аграрная Россия, 2010. – № 1. – С. 19–23. DOI:10.30906/1999-5636-2010-1-19-23.
- 7 Корзун, О. С. Возделывание просовидных культур в Республике Беларусь: монография / О. С. Корзун [и др.]. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 189 с. – ISBN 978-985-6784-90-6.
- 8 Корзун, О. С. Результаты изучения чумизы в экологическом сортоиспытании / О. С. Корзун // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Сб. науч. тр. УО «ГГАУ»; редкол.: В.К. Пестис [и др.]. – Т. 1. – Гродно: Изд-во УО «ГГАУ», 2011. – С. 35–37.
- 9 Жукова, М. П. Биологические особенности и агротехнические приемы возделывания и использования чумизы / М. П. Жукова [и др.] // Научный журнал КубГАУ, 2012. – № 7(03). – С.87–98. <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/87.pdf>.
- 10 Бекузарова, С. А. Биологические основы возделывания однолетних злаковых культур на корм и семена / С. А. Бекузарова, Г. В. Лущенко, В. И. Гасиев. – Владикавказ, 2013. – 47 с.
- 11 Жужукин, В. И. Изучение сортообразцов чумизы (*Setaria italica* Subsp. *italica* (L.) P. Beauv) с целью использования в кормопроизводстве Нижневолжского региона / В. И. Жужукин [и др.] // Аграрный журнал, 2020. – № 12. – С. 11–13. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp11-13.
- 12 Туралиева, А. Б. Влияние муки из зерна чумизы на качество крекера / А. Б. Туралиева, М. Г. Садыгова, М. В. Белова // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2020. – С. 97–101.
- 13 Кузнецова, Л. И. Технологические решения при производстве хлебобулочных изделий с применением продуктов переработки чумизы / Л. И. Кузнецова [и др.] // Вестник КрасГАУ, 2018. – № 3. – С. 176–181.
- 14 Кузнецова, Л. И. Технологические решения переработки зерна чумизы: расширение ресурсного потенциала и ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности: авт. дисс. на соис. ученой степ. кандидата сельскохоз. наук. – Мичуринск: Изд.-полигр. центр МГАУ, 2021. – 24 с.
- 15 Жаркова, И. М. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами / И. М. Жаркова [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2017. – № 6 (том 15). – С. 59–65.
- 16 Анохина, Т. А. Проблемы возделывания чумизы в Беларуси / Т. А. Анохина, Н. Н. Вербило // Селекция и генетика: инновации и перспективы: сборник статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры селекции и генетики. – Горки: БГСХА, 2020. – 262 с. – С. 20–22.
- 17 Нечаев, А. П. Липиды зерна / А. П. Нечаев, Ж. Я. Сандлер. – М.: 1975. – 159 с.
- 18 Корзун, О. С. Роль минеральных удобрений в технологии возделывания чумизы и могоара на зерно / О. С. Корзун // Таврійський науковий вісник. Науковий журнал. – Вип. 71. – Частина 2. – Херсон: Айлант, 2010. – С. 244–250.
- 19 Туралиева, А. Б. Перспективы использования муки из зерна чумизы в технологии хлебобулочных изделий /

- А. Б. Туралиева, Л. И. Кузнецова/ Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы Международной научно-практической конференции. – Кинель: РИО СГСХА, 2018. – С. 419–421.
- 20 Туралиева, А. Б. Влияние муки из зерна чумизы на пищевую ценность мучных изделий / А. Б. Туралиева [и др.] // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. статей по итогам международной научно-практической конференции. – Саратов: Амирит. – 2019. – С. 348–352.
- 21 Кузнецова, Л. И. Перспективы применения муки из зерна чумизы в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Л. И. Кузнецова, М. К. Садыгова, А. Б. Туралиева // Международная научная конференция, посвященная 175-летию К. А. Тимирязева 06–08 декабря 2018: сб. докладов ТСХА. – М.: РГАУ Росийский государственный аграрный университет, 2019. – С. 587–590.
- 22 Сидун, К. А. Крупа из чумизы / К. А. Сидун // Хранение и переработка зерна, 2003. – № 6(48). – С. 5–7.
- 23 Подобед, Л. И. Оценка кормовых достоинств зерна чумизы / Л. И. Подобед // Эффективное птахівництво та тваринництво, 2004. – № 7(19). – С. 10–12.
- 24 Привалов, Ф. И. Каталог генетических ресурсов зерновых, зернобобовых, крупяных, масличных и кормовых культур 2016–2020гг. / Ф. И. Привалов [и др.] // РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 548 с.
- 25 Бейня, В. А. Государственный реестр сортов / В. А. Бейня. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2021. – 279 с.
- 26 Рукшан, Л. В. Макро- и микроэлементный состав чумизы / Л. В. Рукшан, А. Ю. Агурков // Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазовой и пищевой промышленности: сб. трудов междунар. научно-техн. конф., посв. 30-летию Ташкентского химико-технологического института, 25–26 мая 2021 г. – Ташкент: ТХТИ, 2021. – С. 332–333.
- 27 Рыбкина, Е. Е. Исследование возможности использования зерна отечественных сортов чумизы при получении комбикормов для прудовых рыб / Е. Е. Рыбкина, С. В. Равусова, Л. В. Рукшан // Проблеми формування здорового способу життя у молоді: Збірник матеріалів XIV Всеукраїнської науково-практ. конф. молодих учених та студентів з міжнародною участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді», 7–9 октября 2021 г., г. Одесса. – Одеса: ОНАХТ, 2021. – С. 159–160.
- 28 Агурков, А. Ю. Возможность использования отечественной чумизы в качестве сырья в комбикормах для карпа / А. Ю. Агурков, Л. В. Рукшан // 87 International scientific conference of young scientist and students «Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution», April 15–16, 2021. Book of abstract. Part 1. NUFT, Kyiv, 2021. – С. 161–162.
- 29 Равусова, С. В. Зерно чумизы – новый источник питательных веществ при производстве комбикормов для рыб / С. В. Равусова, А. Ю. Агурков, Л. В. Рукшан // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 22–23 апреля 2021 г., Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2021. – 421 с. – С. 97.
- 30 Кошак, Ж. В. Чумиза – перспективная культура в кормах для карпа / Ж. В. Кошак, А. Г. Кохович // Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку: збірник матеріалів Четвертаї Міжнарод. науково-практ. конф., 21–22 жовтня 2021, Україна, Херсон. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – С. 364–367.
- 31 Скурихин, И. М. Химический состав российских продуктов питания: справочник / под ред. член-корр. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельян. – М.: ДеЛипринт, 2002. – 236 с. ISBN 5-94343-028-8.
- 32 Классификатор сырья и продукции комбикормового производства Республики Беларусь. – Минск: ПЧУП «Бизнесофсет», 2010. – 192 с.

Поступила в редакцию 18.04.2022 г.

ОБ АВТОРАХ:

Людмила Викторовна Рукшан, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: rukshanl@bgut.by.

Жанна Викторовна Кошак, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси, e-mail: koshak.zn@gmail.com.

Евгения Евгеньевна Рыбкина, магистрант кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: labkormov@gmail.com.

Наталья Николаевна Гадлевская, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси, e-mail: labkormov@gmail.com.

ABOUT AUTHORS:

Lyudmila V. Rukshan, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Grain Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: rukshanl@bgut.by.

Zhanna V. Koshak, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Feeds of RUE «Fish Industry Institute» NAN of Belarus, e-mail: koshak.zn@gmail.com.

Evgenija E. Rybkina, Master's Degree student of the Department of Grain Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: labkormov@gmail.com.

Natalia N. Gandlevskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Feeds of RUE «Institute for Fish Industry» NAN of Belarus, Minsk, Republic of Belarus, e-mail: labkormov@gmail.com.