

Обзорная статья

УДК 633.85:633.853.483:577.112.3

DOI: 10.25230/2412-608X-2021-3-187-78-90

**Общий химический
и аминокислотный состав семян
наиболее распространенных
масличных культур семейства
Brassicaceae (обзор)**

Юлия Юрьевна Поморова
Владислав Васильевич Пятковский
Дмитрий Валерьевич Бескоровайный
Юлия Михайловна Серова
Юлия Сергеевна Болховитина
Юлия Юрьевна Шемет

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
protein@vniimk.ru

Ключевые слова: капустные культуры, селекция, жирные кислоты, аминокислотный состав, масличность, незаменимые кислоты, шрот, комбикорма

Для цитирования: Поморова Ю.Ю., Пятковский В.В., Бескоровайный Д.В., Серова Ю.М., Болховитина Ю.С., Шемет Ю.Ю. Общий химический и аминокислотный состав семян наиболее распространенных масличных культур семейства *Brassicaceae* (обзор) // Масличные культуры. 2021. Вып. 3 (187). С. 78–90.

Аннотация. Выращивание масличных культур семейства *Brassicaceae* является важной частью сельскохозяйственного производства многих стран. В настоящее время интерес к капустным культурам обусловлен их высокой продуктивностью, разнообразным жирно-кислотным составом масла современных сортов и возможностью их многопланового использования. Получаемые из них растительные масла составляют, с одной стороны, основу рационального питания человека, с другой – это необходимое сырье для различных отраслей промышленности. Сбалансированность общего химического и аминокислотного состава белка позволяет использовать его в производстве комбикормов и продуктов питания на основе растительного белка, имеющих высокую пищевую ценность и полезные технологические характери-

стики (масличность, содержание белка и незаменимых аминокислот). Рассмотрены общий белковый, фракционный и аминокислотный состав семян и жмыхов масличных культур семейства капустных (*Brassicaceae*). Анализ отечественных и зарубежных литературных источников за последние четыре десятилетия подтвердил важность дальнейшего развития и исследования данного направления для выведения новых сортов с заданными свойствами и обеспечения отечественной пищевой промышленности качественной и безопасной продукцией.

UDC 633.85:633.853.483:577.112.3

General chemical and amino acid compositions of the most widespread oil crops of *Brassicaceae* family (review).

Yu.Yu. Pomorova, head of the lab., PhD in engineering
V.V. Pyatovsky, analyst
D.V. Beskorovayny, researcher
Yu.M. Serova, researcher
Yu.S. Bolkhovitina, analyst
Yu.Yu. Shemet, analyst

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
protein@vniimk.ru

Key words: Brassicaceae crops, breeding, fatty acids, amino acid composition, oil content, essential acids, cake, compound animal feed.

Abstract. Cultivation of oil crops of *Brassicaceae* family is an important part of agricultural production in many countries. Currently, interest to *Brassicaceae* crops is caused with their high productivity, diverse fatty-acid composition of oil of the modern cultivars, and a possibility to use them by various ways. Vegetable oils produced from *Brassicaceae* crops are, on the one hand, a basis of a rational human nutrition, on the other hand, this is a necessary raw material for the different industries. A balance between general chemical and amino acid compositions of protein allows using it in production of compound animal feeds and foods based on vegetable protein, having high nutritional value and useful technological characteristics (oil, protein, and essential amino acids contents). This paper presents a comparative description and principal features of the general chemical and amino acid composition of some oil crops of the *Brassicaceae* family. Analysis of the Russian and foreign literary sources proves the importance of further development and studying in this direction with the aim of breeding new cultivars with desired properties and providing domestic food industry with quality and safe products.

К масличным культурам относится большая группа растений, семена которых богаты маслом. Наряду с зерновыми масличные культуры были освоены человеком одними из первых. Культуры семейства капустные (рапс, горчица, сурепица, рыжик и др.) достаточно востребованы в нашей стране, что объясняется их большим разнообразием. В кормопроизводстве используют зеленую массу и приготовленный из нее силос, а также жмых и шрот в качестве высокоэнергетических добавок с высоким содержанием белка. Посевные площади под капустными культурами стабильно расширяются с каждым годом, что свидетельствует об активном их освоении и растущем спросе потребителей на продукцию растительного происхождения.

В 2020 г. мировая продукция семян рапса и жмыха составила 68,93 млн т и 39,33 млн т соответственно, уступая по этим показателям лишь семенам и жмыху сои. Мировое производство рапсового масла составило 27,83 млн т, заняв, таким образом, третье место после пальмового и соевого масла, и это на 8 млн т больше, чем производство подсолнечного масла (19,44 млн т) [1]. Лидером производства семян рапса является Канада – 19,0 млн т (табл. 1).

Таблица 1

Крупнейшие производители семян рапса в 2020 г., млн т (по данным USDA) [1]

| Страна-производитель | Семена | Масло | Жмых |
|----------------------|--------|-------|-------|
| Канада | 19,00 | 4,32 | 5,60 |
| Европейский союз | 12,28 | 9,36 | 12,77 |
| Китай | 13,20 | 6,05 | 9,15 |
| Индия | 7,65 | 2,66 | 4,05 |

Производство рапса в России также постоянно растет. Валовые сборы семян рапса с 2017 г. увеличились на 1 млн т, и в 2020 г., по данным института развития сельского хозяйства РФ, составили рекордные 2,70 млн т [2].

Увеличение посевных площадей масличных культур, в частности рапса, потребовало пропорционального расширения сортимента и увеличения объемов производства семян. С 2014 по 2020 г. доля семян рапса на российском рынке со-

ставляет 6,6–10,9 % от общего валового сбора семян масличных культур [3]. Выделяют две основные разновидности рапса – озимый и яровой. По данным Росстата, наиболее распространен яровой рапс, посевные площади которого с 2000 г. в России занимают от 65,2 до 90 %, и особенно его доля увеличилась в 2018–2020 гг. – от 88,0 до 84,6 % [4]. В 2020 г. в РФ собран рекордный урожай рапса (2,6 млн т) [5].

Наряду с ростом посевных площадей под рапсом наблюдается увеличение производства и других масличных крестоцветных культур.

Так, за 2016–2020 гг. производство горчицы в стране увеличилось на 14,5 % и достигло своего максимума (12,6 тыс. т) в 2018 г. [6].

Производство рыжика в России достигло своего максимума (155 тыс. т) в 2014 г. Затем посевные площади неуклонно сокращались, в 2018–2019 гг. валовые сборы семян рыжика составили всего 48 тыс. т [7].

Общий химический состав и биологически ценные свойства масличных капустных. Масличные капустные культуры характеризуются высокими кормовыми достоинствами. Так, по данным В.И. Брикмана и В.Д. Медведева, в 1 ц зеленой массы ярового рапса содержится 15,0–18,4 корм. ед. и 2,8–3,3 кг перевариваемого протеина, в состав которого входят основные незаменимые аминокислоты [8].

Проростки семян семейства капустные обладают антиоксидантным и антиканцерогенным эффектом и характеризуются большим содержанием различных биоактивных компонентов, а также фенолов, витаминов, минералов и каротиноидов [10; 11].

С агрономической точки зрения ценность горчицы заключается в ее фитомелиоративных и фитосанитарных свойствах. Она оказывает положительное влияние на почву, обогащая ее органическим веществом и улучшая качественные характеристики пашни, уменьшает развитие корневых гнилей у злаковых культур, снижает засоренность посевов, вследст-

вие чего она является хорошим предшественником для зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Рапс – одна из наиболее часто возделываемых масличных капустных культур. Его масло характеризуется большим количеством мононенасыщенных и умеренным количеством полиненасыщенных жирных кислот и значительным содержанием токоферолов, фитостеринов и жирных кислот омега-3 [12]. По содержанию насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот рапсовое масло современных сортов (тип «00») близко к оптимальным показателям. Например, содержание олеиновой кислоты у некоторых сортов рапса может составлять около 38,3–67,8 %, полиненасыщенных жирных кислот – 26,4–30,6 %, насыщенных – примерно 10,8–13,9 %, что подчеркивает его преимущества в сравнении с подсолнечным маслом линолевого типа [13; 14].

Белки семян рапса делятся на водо-, соле- и щелочерастворимые фракции: альбумины, глобулины и глютелины. Наиболее объемная и ценная из них водорастворимая фракция – альбумины (от 43 до 62 %), являющаяся источником наибольшей концентрации незаменимых аминокислот и наиболее сбалансированная по аминокислотному составу. Доля солерастворимой фракции семян рапса составляет 23–32 %, щелочерастворимой – 10–25 % [13; 15; 18].

Современные желтосемянные сорта сурепицы дают высококачественное растительное масло без больших затрат на очистку и осветление, а шрот (жмых) из таких семян имеет высокую кормовую ценность. По содержанию самой ценной олеиновой кислоты сурепное масло приравнивают к оливковому [16]. Создание в последние годы новых, получивших обозначение «000» сортов позволяет рассматривать ее семена как перспективный источник не только масла, но и пищевого и кормового белка. Массовая доля суммарного белка колеблется от 20 до 26 %. Основными растворимыми белками суре-

пицы являются глобулины (48–51 %), альбумины (33–34 %), глютелины (13–17 %) [17]. Сурепный жмых содержит до 40 % полноценного белка и является, наряду с рапсовым, хорошим концентрированным кормом для животных, а шроты могут быть полноценным заменителем сои в их рационе [19].

Семена горчицы сарептской имеют большую ценность. Они содержат олигосахариды, принадлежащие к семейству раффинозы, аминокислоты, жирные кислоты, витамины, минералы (в основном железо), а также куркумин, благодаря которому оказывает антимикробное, антигрибковое и противовоспалительное действие [20]. Употребление семян *B. nigra* в пищу оказывает противодиабетическое, противосудорожное, антитромботическое, антиоксидантное, а также иммуномодулирующее действие [21]. Также доказано, что сульфорафан, входящий в состав семян *B. nigra* (10–20 мкг/г), обладает противораковой активностью [22]. Летучие фитонциды горчицы успешно используют для увеличения продолжительности хранения рыбы и других пищевых продуктов [23]. Семена горчицы служат источником высококачественного масла, которое может быть использовано как напрямую в пищу, так и в кондитерской, хлебопекарной, парфюмерной и других отраслях промышленности. Шрот горчицы идет на изготовление горчичного порошка для пищевых и медицинских целей. Белок побочных продуктов горчично-маслобойного производства в основном содержит растворимые фракции, в том числе: водорастворимую – 28,0–30,0 %, солерастворимую – 41,6–42,2 %, щелочерастворимую – 20,2–20,8 %, спирторастворимую – 4,3–6,1 %, нерастворимого остатка – 2,1–4,0 % [24]. Горчичный жмых – высокопротеиновый продукт, в нем содержится от 38 до 50 % сырого протеина, он близок по аминокислотному составу к подсолнечному и соевому жмыхам [25; 26].

Рыжик является хорошей альтернативой рапсу, т.к., в отличие от него, долго

не осыпается, гораздо меньше зависит от погодных условий, малотребователен к обработке почвы и борьбе с сорняками, дает стабильную урожайность и имеет низкую себестоимость: в три раза ниже подсолнечника [27]. Стебли этой культуры могут быть использованы в качестве сырья для производства волокнистой целлюлозы и модернизированных продуктов, таких как бумага, доски. Рыжиковое масло является источником ненасыщенных жирных кислот, в том числе олеиновой (15–19 %), линолевой и линоленовой, содержание которых достигает 20 и 40 % соответственно. Это позволяет использовать его в пищевых целях [28; 29]. Масло рыжика занимает важное место в рационе питания людей, ведущих здоровый образ жизни, оно обладает антиоксидантными свойствами и повышает чувствительность к инсулину, обладает противораковой активностью [30]. В рыжиковом жмыхе содержится большое количество незаменимых аминокислот, протеина, клетчатки, фосфора, кальция, натрия, поэтому он является высокопитательной добавкой в корм животных.

Ранее было установлено, что масло рыжика из семян сорта Исилькулец, выращенного в Томской области, содержит до 90 % ненасыщенных жирных кислот, из которых 58 % – полиненасыщенные [31]. Это делает возможным его применение в технических целях, например, в качестве сырья для производства экологически чистых полимеров, лаков, красок, смазочных материалов. Биотопливо на основе рыжикового масла обладает низкой в сравнении с другими растительными маслами кинематической (14,03 сСТ) и динамической вязкостью (0,03 Pa×s) при T = 40 °C [32; 33; 34]. Масло рыжика имеет более высокое йодное число (125–162 г/100 г), чем масло рапса, а также более высокую температуру застывания (8–12 °C) [35]. Фракция альбумина у семян рыжика составляет 30,3 % от общего белка, глобулина – 60,0 %,

глютелина – 9,7 % [36]. Данные по химическому составу семян масличных капустных представлены в таблице 2 [12; 28; 32; 37–56].

Таблица 2

Химический состав семян рапса, сурепицы, горчицы и рыжика

| Показатель | Рапс (<i>Brassica napus</i>) | Горчица (<i>Brassica juncea</i>) | Сурепица (<i>Brassica campestris</i>) | Рыжик (<i>Camelina sativa</i>) |
|----------------------|--------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|
| Масличность, % | 40,0–52,0 | 37,0–51,8 | 21,6–51,8 | 30,0–47,3 |
| Белок, % | 18,5–34,5 | 20,6–32,0 | 20,0–28,5 | 17,6–30,1 |
| Целлюлоза, % | 5,8–15,0 | 7,2–10,0 | 8,0–16,0 | 7,4–11,1 |
| Зола, % | 3,3–7,7 | 4,2–5,7 | 3,6–7,8 | 3,7–6,6 |
| Содержание кислот, % | | | | |
| Пальмитиновая (16:0) | 0,4–6,2 | 3,0–3,3 | 0,01–9,1 | 4,2–17,7 |
| Олеиновая (18:1) | 6,0–79,8 | 16,4–66,7 | 9,3–64,9 | 10,7–19,4 |
| Линолевая (18:2) | 0,9–49,0 | 13,8–36,1 | 5,9–34,5 | 1,5–24,0 |
| Линоленовая (18:3) | 1,2–40,5 | 9,9–13,5 | 5,2–20,8 | 1,5–45,1 |
| Эйкозеновая (20:1) | 0,01–14,5 | 0,7–12,0 | 1,0–13,7 | 1,7–32,8 |
| Эруковая (22:1) | 0,004–85,5 | 0,7–52,0 | 0,07–59,9 | 0,6–4,0 |

Дикорастущий рапс содержал высокую концентрацию эруковой кислоты (22–60 %) и глюкозинолатов (80 мкмоль/г), которые токсичны при употреблении в больших количествах с течением времени [57]. Канадскими селекционерами была начата работа с использованием традиционных методов селекции растений для удаления антипитательных компонентов из семян, чтобы гарантировать его безопасность для употребления в пищу людьми и животными (рис. 1) [58].



Рисунок 1 – Направление селекции на улучшение биохимических показателей [58]

В 1974 г. в Канаде был впервые выведен сорт ярового рапса Tower [59] (рис. 2), содержащий незначительное количество эруковой кислоты и тиогликозидов. Чтобы отличить его от обычного рапса, эта культура получила название «канола». Название является аббревиатурой, означающей (англ. **Canadian Oil, Low Acid**, канадское масло пониженной кислотности) – пищевое растительное масло с низким содержанием эруковой кислоты [60].



Рисунок 2 – Селекция рапса с XX в. по настоящее время [58]

Во ВНИИМК селекция капустных культур активно ведётся с 1983 года. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве используются сорта ярового рапса (тип «00») Викинг-ВНИИМК, Таврион, Амулет, Руян, озимого рапса – Элвис, Лорис, Сармат селекции ЦЭБ ВНИИМК. Кроме того, сельскохозяйственному производству предлагаются сорта сурепицы (тип «000») Любава, Гордея (озимые), Золотистая (яровая) [61]. Селекционерами института выведены низкоэруковые сорта горчицы сарептской Ника, Юнона, Горлинка [62], а также сидеративные сорта белой горчицы (*Sinapis alba*) Радуга, Колла, Руслана. Селекционные достижения последних лет Сибирской опытной станции ВНИИМК отмечены созданием сортов ярового рапса («00») (Гранит, 55 регион) и яровой сурепицы (Искра, Новинка, Лучистая, Победа) («000») и двумя сортами ярового рыжика (Омич и Исилькулец). Селекцио-

неры в последние годы работают над выведением желтосемянных («000») сортов рапса с более тонкой оболочкой семян, меньшим уровнем клетчатки, повышенным содержанием жира. Основное отличие семян новых сортов заключается в содержании глюкозинолатов, которое может быть снижено до 12,8–17,5 мкмоль/г, что не превышает установленный безопасный уровень (18–20 мкмоль/г) [13]. В жмыхе и шроте, полученных из рапса таких сортов, будет больше белка.

Аминокислотный состав семян масличных капустных. Данные по аминокислотному составу белка семян рапса и сурепицы указывают на возможность производства из них комбикормов на основе растительного белка. По данным Russo, белок семян рапса обладает наиболее сбалансированным аминокислотным составом, биологическая ценность которого практически равна идеальному белку [13; 36]. Показатели рапса по сумме незаменимых аминокислот (36,4–53,2 г/100 г) превышают другие масличные культуры (табл. 3) [63].

Таблица 3

Содержание незаменимых аминокислот в протеине семян основных масличных культур, г/100 г протеина

| Аминокислота | Подсолнечник | Соя | Рапс | Горчица сарептская |
|---------------|--------------|-----------|-----------|--------------------|
| Лизин | 3,3–3,5 | 5,8–6,7 | 4,6–7,8 | 6,0–6,1 |
| Аргинин | 8,0–8,9 | 6,4–7,3 | 6,5–9,8 | 9,2–9,3 |
| Валин | 4,4–4,6 | 3,4–5,0 | 4,1–5,6 | 5,0–5,3 |
| Лейцин | 5,9–6,2 | 6,4–7,5 | 6,6–9,4 | 7,0–7,1 |
| Изолейцин | 3,4–3,8 | 2,9–4,7 | 3,3–4,6 | 4,0–4,2 |
| Треонин | 3,3–3,7 | 3,8–4,5 | 3,9–5,3 | 3,4–3,6 |
| Метионин | 1,9–2,0 | 1,3–1,4 | 0,7–1,7 | 1,7–1,9 |
| Фенилаланин | 4,4–4,7 | 4,1–4,5 | 4,1–4,9 | 4,7–4,8 |
| Гистидин | 2,5–2,8 | 2,4–2,9 | 2,6–4,1 | 3,2–3,3 |
| ∑ аминокислот | 31,0–43,2 | 36,5–44,5 | 36,4–53,2 | 44,2–45,6 |

В белковом профиле семян подсолнечника и рыжика лимитирующей аминокислотой выступает лизин, предельной аминокислотой соевого белка является метионин. Как видно из таблицы 4, белки семян капустных содержат все незаменимые

аминокислоты, преобладающими из них являются глутаминовая (11,7–22,2 г/100 г), аспарагиновая (5,2–10,3 г/100 г) и аргинин (3,7–9,8 г/100 г) [21; 36; 37; 43; 54; 55; 57; 63–68].

Таблица 4

Аминокислотный состав белка семян семейства капустные, г/100 г протеина

| Аминокислота | <i>Brassica napus</i> | <i>Brassica juncea</i> | <i>Brassica campestris</i> | <i>Camelina sativa</i> |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| Цистеин | 1,4–3,3 | 2,4–5,3 | 0,1–2,5 | 1,9–2,1 |
| Аспарагиновая кислота | 5,2–8,9 | 5,4–11,6 | 8,5–10,3 | 7,8–10,3 |
| Треонин | 2,6–5,9 | 3,1–4,5 | 3,8–5,7 | 2,9–3,6 |
| Серин | 2,6–5,9 | 3,9–5,5 | 4,0–4,9 | 3,0–6,0 |
| Глутаминовая кислота | 11,7–20,8 | 17,8–22,2 | 14,3–22,1 | 15,0–20,1 |
| Глицин | 3,3–5,7 | 4,6–7,5 | 5,5–5,8 | 4,7–6,1 |
| Аланин | 2,2–5,4 | 3,9–5,6 | 2,1–5,5 | 3,1–6,0 |
| Валин | 3,3–6,0 | 5,0–6,3 | 4,5–8,5 | 4,8–6,3 |
| Метионин | 0,7–2,7 | 2,2–5,2 | 0,5–1,6 | 1,7–2,5 |
| Изолейцин | 2,8–4,6 | 3,4–5,6 | 2,8–5,2 | 3,8–4,6 |
| Лейцин | 4,5–9,4 | 6,6–10,4 | 5,7–9,0 | 6,3–6,9 |
| Тирозин | 2,4–5,0 | 2,4–2,9 | 1,9–4,8 | 3,0–3,6 |
| Фенилаланин | 3,5–4,9 | 3,6–5,5 | 4,0–5,1 | 4,2–5,2 |
| Гистидин | 1,7–4,1 | 2,3–4,5 | 1,9–4,1 | 2,1–4,2 |
| Лизин | 3,1–7,8 | 3,9–6,1 | 3,2–8,3 | 2,9–5,3 |
| Аргинин | 4,4–9,8 | 7,0–9,8 | 5,3–7,3 | 3,7–9,2 |
| Триптофан | 1,1–1,6 | 1,9 | 2,0–2,2 | 1,2–1,3 |
| Пролин | 5,1–8,0 | 5,6–8,9 | 2,0–5,0 | 5,1–6,2 |

Жмыхи капустных культур содержат от 29 до 45,3 % чистого белка. Аминокислотный состав рапсового шрота сопоставим с аминокислотным составом соевого шрота по содержанию лизина, отмечено преобладание по метионину и цистеину рапсового шрота по сравнению с соевым [69]. Белковые изоляты рапса и рыжика имеют полный набор незаменимых аминокислот, что говорит об их высокой пищевой ценности. Хорошая сбалансированность по аминокислотному составу белков семян некоторых сортов озимого рыжика делает их ценными компонентами пищевых рационов животных. Использование жмыхов масличных культур способствует повышению скорости роста и снижению затрат на производство прироста живой массы [54].

В таблице 5 представлены данные по аминокислотному составу в жмыхах сортов яровых рапса, сурепицы и рыжика

селекции Сибирской опытной станции ВНИИМК [70; 71].

Таблица 5

Аминокислотный состав жмыхов рапса, сурепицы и рыжика, %

СОС ВНИИМК, 2008 г.

| Показатель | Жмых | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | рапсовый | сурепный | рыжиковый |
| Незаменимые аминокислоты | | | |
| Лизин | 14,2–24,1 | 12,2–15,1 | 17,6–21,3 |
| Метионин | 6,5–7,5 | 1,1–3,1 | 6,3–6,5 |
| Метионин + цистеин | 13,6–21,4 | 7,7–9,2 | 13,9–14,3 |
| Триптофан | 3,5–7,0 | 4,0–4,5 | 3,3–3,5 |
| Валин | 17,3–21,9 | 18,4–21,2 | 19,2–23,8 |
| Треонин | 12,1–18,0 | 7,8–8,1 | 14,0–14,2 |
| Лейцин | 19,8–24,0 | 18,2–20,3 | 21,9–23,2 |
| Изолейцин | 10,8–13,8 | 6,4–11,6 | 9,9–14,3 |
| Гистидин | 7,7–14,5 | 8,8–14,2 | 16,4–17,3 |
| Фенилаланин | 11,8–18,8 | 10,4–16,1 | 13,7–17,8 |
| Глицин | 22,3–31,3 | 13,5–15,0 | 15,4–15,7 |
| Заменимые аминокислоты | | | |
| Аспарагиновая кислота | 28,7–38,3 | 12,1–13,5 | 12,5–15,5 |
| Глутаминовая кислота | 47,0–90,4 | 41,1–42,3 | 45,5–50,4 |
| Серин | 7,7–17,5 | 5,9–7,0 | 6,5–11,0 |
| Пролин | 37,9–43,9 | 35,3–38,8 | 29,7–39,8 |
| Аланин | 7,9–23,0 | 12,8–25,0 | 15,0–15,5 |
| Тирозин | 4,4–12,8 | 6,7–7,7 | 6,6–6,8 |

Как свидетельствуют данные таблицы 5, рапсовый жмых имеет наибольшие показатели по лизину (24,1 %), цистеину (21,4 %) и глицину (31,3 %). Жмых сурепицы отличается довольно высоким содержанием валина (21,2 %) и лейцина (20,3 %). В рыжиковом жмыхе установлено наибольшее содержание лизина (21,3 %), гистидина (17,3 %) и валина (23,8 %), также он богат метионином и лейцином.

Эффективность использования кормового белка в значительной мере зависит от доступности аминокислот. Доступность – это способность аминокислот освободиться из белковой молекулы под действием пищеварительных ферментов [72]. Известно, что качество белка, его переваримость и, как следствие, усвояемость снижаются при неудовлетворительных условиях заготовки, переработки и тепловой обработки кормов [73]. Наиболее нестабилен в таких условиях лизин, являющийся предельной аминокислотой

в большинстве рационов кормления. Исследования Alireza-Sadeghi et al. [43] и Larbier et al. [74] показывают, что усвояемость лизина из цельного рапсового и горчичного шрота для цыплят составляет 72,8 %, лущение улучшает этот показатель на 7 %. Использование в рационах сурепного жмыха и масла способствует ускоренному росту цыплят-бройлеров. Скармливание жмыхов масличных культур (рапсового, рыжикового и сурепного) в составе концентрированных кормов является перспективным приемом повышения прироста живой массы сельскохозяйственных животных [75; 76].

Семена рапса, сурепицы и других представителей семейства капустные являются источником масла и одновременно кормового белка, они занимают важное место в решении проблем протеинового питания животных. Особенно повысилась значимость этих культур после создания современных безэруковых и низкогликозинолатных сортов. Стабильное расширение посевных площадей масличных капустных создает благоприятные условия для развития перерабатывающей промышленности нашей страны. Серьезный вклад в эту отрасль вносят работы отечественных селекционеров, направленные на выведение новых сортов и гибридов с высокой пищевой ценностью и заданными технологическими характеристиками. Современные технологические возможности, в свою очередь, позволяют производить на основе последних селекционных разработок высокобелковые корма и продукты питания высокого класса. Сорты масличных капустных культур селекции ВНИИМК характеризуются различным жирно-кислотным составом и сбалансированным аминокислотным профилем. Они могут послужить основой совершенствования селекции на качество жирно-кислотного состава масла, аминокислотного состава белка в целях удовлетворения растущих требований перерабатывающей промышленности и сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Сайт USDA (U.S. Department of Agriculture) Oilseeds: World Markets and Trade. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/tx31qh68h/hq37wg66q/q237jm44p/oilseeds.pdf> (дата обращения: 04.03.2021).
2. Борисов Н. Рапс – возможности и перспективы // АгроФорум. – 2020. – № 7. – С. 26–31.
3. Выгоды потепления: почему в России растёт производство масличных культур?: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sber.pro/publication/vygody-potepleniia-pochemu-v-rossiras-tet-proizvodstvo-maslichnykh-kultur> (дата обращения: 03.06.2021).
4. Рынок рапса: ключевые технологии и прогнозы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/oilseeds/rynok-rap-sa-klyuchevye-tendentsii-i-prognozy.html> (дата обращения: 11.03.2021).
5. Итоги 2020 г.: масличные: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/oilseeds/itogi-2020-g-maslichnye.html> (дата обращения: 03.06.2021).
6. За 2016–2020 гг. выпуск горчицы в России вырос на 14,5 % – до 11,8 тыс. т. В стране растут посевные площади и урожайность горчицы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/articles/12176/> (дата обращения: 04.06.2021).
7. Рыжик: площади, сборы и урожайность в 2001–2019 гг.: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/ryzhik-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg> (дата обращения: 04.06.2021).
8. Брикман В.И., Медведев В.Д. Рапс в Восточной Сибири. – Красноярск: кн. изд-во, 1975. – 31 с.
9. Зудилин С.Н. Влияние рапса и сурепицы яровых на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие обыкновенных черноземов в лесостепи Заволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сергей Николаевич Зудилин. – Кинель, 1994. – 28 с.
10. Иванова М.И., Кашлева А.И. Проростки – функциональная органическая продукция // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 19–22.
11. Поморова Ю.Ю. Биохимическая характеристика желтосемянной формы рапса и продуктов его переработки: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Юлия Юрьевна Поморова. – Кубанский гос. технол. ун-т, Краснодар, 2005. – 24 с.
12. Егорова Т.А., Ленкова Т.Н. Рапс (*Brassica napus* L.) и перспективы его использования в кормлении птицы // Сельхозбиология. – 2015. – № 2. – С. 172–182.
13. Мхитарьянц Л.А., Мхитарьянц Г.А., Марашева А.Н., Тимофеев Т.И. Особенности хи-

мического состава семян рапса современных селекционных сортов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – № 4. – С. 33–36.

14. *Верхотурова Е.В., Верхотуров В.В.* Исследование жирно-кислотного состава масел, полученных из семян капустных культур (Brassicaceae), выращенных на территории Иркутской области // Мат-лы: «Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины», материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, г. Иркутск. – 2017. – С. 12–17.

15. *Шульвинская И.В.* Применение белков семян семейства капустных для обогащения пищевых продуктов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 1. – С. 83–84.

16. *Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С.* Продуктивность и жирно-кислотный состав масла рапса и сурепицы в условиях Западной Сибири // Научное обеспечение и управление агропромышленным комплексом. – 2017. – С. 43–44.

17. *Шульвинская И.В.* Биохимические и функциональные особенности модифицированных белков семян рапса и сурепицы: дис. ... канд. тех. наук / Инга Владимировна Шульвинская. – Краснодар, 2005. – 168 с.

18. *Колесникова Е.А., Минакова А.Д., Суруханова И.В.* Химический состав и функциональные свойства белково-липидных фракций, полученных из семян рапса // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2014. – С. 19–21.

19. *Суворова Ю.Н.* Изменчивость важнейших хозяйственно ценных показателей семян яровой сурепицы при репродукции и ее использование в селекционно-семеноводческом процессе: дис. ... канд. с.-х. наук / Юлия Николаевна Суворова. – Омск, 2006. – 124 с.

20. *Русакова Г.Г.* Горчица: монография. – Волгоград: Волгоградская ВГСХА, 2012. – 600 с.

21. *De Zoysa H. K. S., Waisundara V. Y.* Mustard (*Brassica nigra*) Seed. Ch. 8 // In: Oilseed: Healths Attributes and Food Applications / B. Tanwar, A. Goyal (eds.). – 2021. – P. 191–206. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_2.

22. *Augustine R., Bisht N.* Biofortification of oilseed *Brassica juncea* with the anti-cancer compound glucoraphanin by suppressing *GSL-ALK* gene family // *Sci Rep.* – 2016. – Vol. 5. – 18005. <https://doi.org/10.1038/srep18005>.

23. *Благонравова М.В., Запороцкий И.В.* Обоснование целесообразности использования пряных смесей при поселе горбуши низкотемпературным способом // Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование». – 2019. – С. 158–162.

24. *Бойко Л.Я.* Определение возможности ввода в комбикорма концентрата белкового кормово-

го из натурального растительного сырья: Отчет о НИР. – Воронеж: ВНИИКП, 1993. – 25 с.

25. *Бойко Л.Я.* Исследование кормовой оценки горчичного белка: Отчет о НИР. – Воронеж: ВНИИКП, 2005. – 39 с.

26. *Русакова Г.Г., Парахневич Е.Д., Парахневич Д.В., Русакова М.М.* Химический состав семян горчицы и продуктов их переработки // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 4 (36). – С. 168–171.

27. *Sushil K.S., Rajpurohit B., Poonam S.* Camelina (*Camelina sativa*) Seed. Ch. 18 // In: Oilseed: Healths Attributes and Food Applications / B. Tanwar, A. Goyal (eds.). – 2021. – P. 455–468. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_2.

28. *Поморова Ю.Ю., Горлова Л.А., Кривошлыков К.М.* Перспективы использования растительного сырья семейства Капустные // Агрэкологический вестник. Научно-практическая конференция к 25-летию кафедры агроэкологии ВГАУ им. Петра 1. – 2016. – Вып. 7. – С. 159–168.

29. *Прахова Т.Я.* Биохимический состав масел семян рыжика ярового при хранении // Молодой ученый. – 2012. – № 2 (37). – С. 365–366.

30. *Dharavath R.N., Singh, S., Chaturvedi, S., Luqman., S.* Camelina sativa (L.) Crantz – A mercantile crop with speckled pharmacological activities // *Ann. Phytomedicine.* – 2016. – Vol. 5. – Is. 2. – P. 6–26.

31. *Сизова Н.В., Пикелева И.В.* Жирно-кислотный состав масла *Camelina sativa* (L.) Crantz и выбор оптимального антиоксиданта // *Химия растительного сырья.* – 2003. – № 2. – С. 27–31.

32. *Bamerni F.* Plant-based (*Camelina sativa*) biodiesel manufacturing using the technology of instant controlled pressure drop (DIC): process performance and biofuel quality. Chemical and Process Engineering: PhD thesis. – Université de La Rochelle, 2018. – 170 p.

33. *Patil P.D., Gude V.G., Deng S.* Biodiesel production from jatropha curcas, waste cooking, and camelina sativa oils // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2009. – Vol. 48. – No 24. – P. 10850–10856.

34. *Zaleckas E., Makarevičienė V., Sendpikienė E.* Possibilities of using Camelina sativa oil for producing biodiesel fuel // *Transport.* – 2012. – No 27. – P. 60–66.

35. *Нагорнов С.А., Романцова С.В., Гаврилова В.А., Конькова Н.Г.* Использование масла рыжика для производства биодизельного топлива // *Наука в центральной России.* – 2014. – № 4. – С. 34–40.

36. *Russo R.* Biochemical characterization of flour from seeds of *Camelina sativa* L. (Crantz) after chemical extraction of oil: PhD thesis. – 2013. – 81 p.

37. *Lajolo F.M., Ursula M., Tullia M.C., Filisetti-Cozzi T.M.C.C., McGregor D.I.* Chemical composition and toxic compounds in rapeseed (*Brassica napus* L.)

cultivars grown in Brazil // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1991. – Vol. 39. – Is.11. – P. 1933–1937.

38. Колесникова Е.А., Минакова А.Д., Суруханова И.В. Химический состав и функциональные свойства белково-липидных фракций, полученных из семян рапса // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2014. – № 5–6. – С. 19–21.

39. Гольцов А.А., Ковальчук А.М., Абрамов В.Ф., Милащенко Н.З. Рапс, сурепица. – М.: Колос, 1983. – 192 с.

40. Amosova A.V., Zoshchuk S.A., Volovik V.T. [et al.]. Phenotypic, biochemical and genomic variability in generations of the rapeseed (*Brassica napus* L.) mutant lines obtained via chemical mutagenesis // PLoS One. – 2019. – Vol. 14. – Is. 8. – P. 8–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0221699>.

41. Wijesundera C., Ceccato C., Fagan P. [et al.]. Canola quality indian mustard oil (*Brassica juncea*) is more stable to oxidation than conventional canola oil (*Brassica napus*) // J. Am. Oil Chem. Soc. – 2008. – Vol. 85. – P. 693–699.

42. Gingera Gregory R. Gillespie James B. Brassica juncea lines with a canola fatty acid profile. – Patent for Pioneer hi-bred international, inc. PCT/US2008/083237. Is. 22.05.2009.

43. Alireza-Sadeghi M., Rao A. G. A. and Bhagya S. Evaluation of mustard (*Brassica juncea*) protein isolate prepared by steam injection heating for reduction of antinutritional factors // LWT Food Sci. Technol. – 2006. – Vol. 39. – P. 911–917.

44. Буряков Ю.П. Рапс озимый и яровой: практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания. – М., 1988. – 45 с.

45. Kiczorowska B., Samolińska W., Andrejko D. [et al.]. Comparative analysis of selected bioactive components (fatty acids, tocopherols, xanthophyll, lycopene, phenols) and basic nutrients in raw and thermally processed camelina, sunflower, and flax seeds (*Camelina sativa* L. Crantz, *Helianthus annuus* L., and *Linum* L.) // J. Food Sci. Technol. – 2019. – Vol. 56. – P. 4296–4310.

46. Рахметов Д.Б., Блюм Я.Б., Сметь, Ю.М. [и др.]. *Camelina sativa* (L.) Grantz – цінна олійна рослина // Інтродукція рослин. – 2014. – № 2. – С. 50–58.

47. Budin J.T., Breene W.M. & Putnam D.H. Some compositional properties of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) seeds and oils // J. Am. Oil Chem. Soc. – 1995. – Vol. 72. – P. 309–315.

48. Chantsalnyam B., Otgonbayar C., Enkhtungalag O., Odonmajig P. Physical and chemical characteristics and fatty acids composition of seeds oil isolated from *Camelina sativa* (L.) cultivated in Mongolia // Mongolian J. Chem. – 2013. – Vol. 14. – P. 80–83.

49. Shaukat S.R., Khan F.U., Khalil J.A. Genetic variation and heritability estimates of quality traits in

Brassica napus L. // J. of Biol., Agr. & Health. – 2014. – Vol. 4. – Is. 20. – P. 1–5.

50. Ahuja K.L., Batta S.K., Raheja R.K., Labana K.S., Gupta M.L. Oil content and fatty acid composition of promising Indian *Brassica campestris* L. (Toria) genotypes // Plant Foods for Human Nutrition. – 1989. – Vol. 39 (2). – P. 155–160.

51. Cartea E., De Haro-Bailón A., Padilla G., Obregón-Cano S., Del Rio-Celestino M., Ordás A. Seed oil quality of *Brassica napus* and *Brassica rapa* germplasm from Northwestern Spain // Foods (Basel, Switzerland). – 2019. – Vol. 8 (8). – P. 292.

52. Солонникова Н.В., Ксандопуло С.Ю., Бочкарева Э.Б. Технологические свойства семян сурепицы новых сортов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – № 2–3. – С. 42–44.

53. Осик Н.С., Шведов И.В., Шишников Г.З., Каленов П.А. Особенности химического состава семян и масла горчицы сарептской // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2000. – № 4. – С. 20–23.

54. Прахова Т.Я., Зеленина О.Н. Качественная характеристика маслосемян озимого рыжика // Нива Поволжья. – 2009. – Вып. 3. – С. 86–87.

55. Zubr J. Dietary fatty acids and amino acids of *Camelina sativa* seed // Nutrition and Food Science. – 2003. – Vol. 26. – P. 451–462.

56. Зеленина О.Н., Прахова Т.Я. Жирнокислотный состав маслосемян озимого рыжика Пензяк // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 2 (141). – С. 119–122.

57. Goyal A., Tanwar B., Sihag K., Sharma K.V., Soni S. Rapeseed/Canola (*Brassica napus*) Seed. Ch. 2 // In: Oilseed: Healths Attributes and Food Applications / B. Tanwar, A. Goyal (eds.). – 2021. – P. 47–65. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_2.

58. Beszterda M. and Nogala-Kalucka M. Current research developments on the processing and improvement of the nutritional quality of rape seed (*Brassica napus* L.) // Eur. J. Lipid Sci. Technol. – 2019. – Vol. 121. – Is. 5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201800045>.

59. Stefansson B.R., Kondra Z.P. Tower summer rape // Canadian Journal of Plant Science. – 1975. – Vol. 55. – No 1. – P. 343–344.

60. Пристач Н.В., Пристач Л.Н. Использование рапсового жмыха в кормлении животных // Молодежь и наука. – 2017. – С. 3–4.

61. Солонникова Н. В., Ксандопуло С. Ю., Бочкарева Э. Б. Технологические свойства семян сурепицы новых сортов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – № 2–3. – С. 42–44.

62. Горлова Л.А., Трубина В.С., Сердюк О.А. Результаты экологического испытания перспективных сортообразцов горчицы сарептской в различных условиях Российской Федерации //

Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2019. – Вып. 1 (177). – С. 24–25.

63. *Бородулина А.А., Харченко Л.Н., Мальшева А.Г.* Биохимическая характеристика семян производственных и перспективных сортов масличных культур: Сб. науч. трудов ВНИИМК. – Краснодар: ВНИИМК, 1981. – 124 с.

64. *MacKenzie S.L., Blakely J.A.* Purification and characterization of seed globulins from *Brassica juncea*, *B. nigra*, and *B. hirta* // Canadian Journal of Botany. – 1972. – Vol. 50 (9). – P. 1825–1834. doi:10.1139/b72-229

65. *Рензьева Т.В.* Белковые продукты из жмыхов рапса и рыжика: получение, качество, биологическая ценность // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 70–72.

66. *Ratanapariyanuch K., Tyler R.T., Shim Y.Y., Reaney M.J.* Biorefinery process for protein extraction from oriental mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern.) using ethanol stillage // AMB Express. – 2012, Jan. – Vol. 12. – P. 2–5.

67. *Пиллюк Я.Э., Домаш В.И.* Биологическая и биохимическая ценность белка новых сортов рапса // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. – 2006. – Вып. 42. – С. 215–216.

68. *Alanís-Guzmán M.G., Wesche-Ebeling P., Maiti R.* Chemical, nutritional and functional characterization of proteins extracted from wild mustard (*Brassica campestris*, *Brassicaceae*) seeds from Nuevo Leon, Mexico // Econ Bot. – 1995. – Vol. 49. – P. 260–268. doi.org/10.1007/bf02862345.

69. *Fenwick G.R.* The assessment of a new protein source – rapeseed // Proc. Nutr. Soc. – 1982. – Vol. 41. – Is. 3. – P. 277–278.

70. *Шмаков П.Ф., Чаунина Е.А., Литвиненко Н.Л., Мезенцева Е.И., Лошкомоиных И.А.* Состав и питательность рапсового и сурепного жмыхов, полученных из семян сортов Сибирской селекции // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2008. – Вып. 6. – С. 55–59.

71. *Шмаков П.Ф., Чаунина Е.А., Шабашева Е.И., Коваленко И.Б., Лошкомоиных И.А.* Состав и питательность подсолнечного, льняного и рыжикового жмыхов, полученных из семян сортов сибирской селекции // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2008. – № 7. – С. 66–72.

72. *Рядчиков В.Г.* Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие. – Краснодар, 2012. – 328 с.

73. *Головкин Е.Н., Рядчиков В.Г., Забаица Н.Н.* Доступность аминокислот в белковом питании моногастрических животных: монография. – Краснодар, 2014. – 300 с.

74. *Larbier Z.M., Chagneau A., Lessire M.* Bioavailability of lysine in rapeseed and soyabean meals determined by digestibility trial in cockerels and chick growth assay // Animal Feed Science and Technology. – 1991. – Vol. 35. – P. 237–246.

75. *Поверинова Е.М., Лошкомоиных И.А., Бурлакова Л.В., Кошелев С.Н.* Эффективность использования жмыхов льна, подсолнечника, рыжика, рапса и сурепицы при откорме бычков // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2006. – Вып. 2 (135). – С. 156–158.

76. *Зелкин А.Ф., Зелкин Д.А., Попова И.А.* Эффективность использования в рационах цыплят-бройлеров продуктов переработки семян сурепицы обогащенных ферментным препаратом ЦеллоЛюкс-Ф // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2013. – № 2 (30). – С. 106–110.

References

1. Sayt USDA (U.S. Department of Agriculture) Oilseeds: World Markets and Trade. – [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/tx31qh68h/hq37wg66q/q237jm44p/oilseeds.pdf> (data obrashcheniya: 04.03.2021).

2. Borisov N. Raps – vozmozhnosti i perspektivy // AgroForum. – 2020. – № 7. – S. 26–31.

3. Vygody potepeniya: pochemu v Rossii rastet proizvodstvo maslichnykh kul'tur?: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://sber.pro/publication/vygody-potepeniia-pochemu-v-rossiras-tet-proizvodstvo-maslichnykh-kultur> (data obrashcheniya: 03.06.2021).

4. Rynok rapsa: klyuchevye tekhnologii i prognozy: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agrovesti.net/lib/industries/oilseeds/rynok-rapsa-klyuchevye-tendentsii-i-prognozy.html> (data obrashcheniya: 11.03.2021).

5. Itogi 2020 g.: maslichnye: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agrovesti.net/lib/industries/oilseeds/itogi-2020-g-maslichnye.html> (data obrashcheniya: 03.06.2021).

6. Za 2016–2020 gg. vypusk gorchitsy v Rossii vyros na 14,5 % – do 11,8 tys. t. V strane rastut posevnye ploshchadi i urozhaynost' gorchitsy: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://marketing.rbc.ru/articles/12176/> (data obrashcheniya: 04.06.2021).

7. Ryzhik: ploshchadi, sbory i urozhaynost' v 2001–2019 gg.: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ab-centre.ru/news/ryzhik-ploshchadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg> (data obrashcheniya: 04.06.2021).

8. Brikman V.I., Medvedev V.D. Raps v Vostochnoy Sibiri. – Krasnoyarsk: kn. izd-vo, 1975. – 31 s.

9. Zudilin S.N. Vliyanie rapsa i surepitsy yarovykh na urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i plodorodie obyknovennykh chernozemov v lesostepi Zavolzh'ya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk / Sergey Nikolaevich Zudilin. – Kinel', 1994. – 28 s.

10. Ivanova M.I., Kashleva A.I. Prorostki – funktsional'naya organicheskaya produktsiya // Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki». – 2016. – T. 2. – № 3. – S. 19–22.
11. Pomorova Yu.Yu. Biokhimicheskaya kharakteristika zheltosemyannoy formy rapsa i produktov ego pererabotki: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / Yuliya Yur'evna Pomorova. – Kubanskiy gos. tekhnol. un-t, Krasnodar, 2005. – 24 s.
12. Egorova T.A., Lenkova T.N. Raps (Brassica napus L.) i perspektivy ego ispol'zovaniya v kormlenii ptitsy // Sel'khozbiologiya. – 2015. – № 2. – S. 172–182.
13. Mkhitar'yants L.A., Mkhitar'yants G.A., Marasheva A.N., Timofeenko T.I. Osobennosti khimicheskogo sostava semyan rapsa sovremennykh selektsionnykh sortov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya. – 2012. – № 4. – S. 33–36.
14. Verkhoturva E.V., Verkhuturov V.V. Issledovanie zhirno-kislotnogo sostava masel, poluchennykh iz semyan kapustnykh kul'tur (Brassicaceae), vyrashchennykh na territorii Irkutskoy oblasti // Mat-ly: «Aktual'nye problemy biotekhnologii i veterinarney meditsiny», materialy mezhdunar. nauch-prak. konf. molodykh uchenykh, g. Irkutsk. – 2017. – S. 12–17.
15. Shul'vinskaya I.V. Primenenie belkov semyan semeystva kapustnykh dlya obogashcheniya pishchevykh produktov // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2003. – № 1. – S. 83–84.
16. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S. Produktivnost' i zhirno-kislotnyy sostav masla rapsa i surepitsy v usloviyakh Zapadnoy Sibiri // Nauchnoe obespechenie i upravlenie agropromyshlennym kompleksom. – 2017. – S. 43–44.
17. Shul'vinskaya I.V. Biokhimicheskie i funktsional'nye osobennosti modifitsirovannykh belkov semyan rapsa i surepitsy: dis. ... kand. tekhn. nauk / Inga Vladimirovna Shul'vinskaya. – Krasnodar, 2005. – 168 s.
18. Kolesnikova E.A., Minakova A.D., Surukhanova I.V. Khimicheskyy sostav i funktsional'nye svoystva belkovo-lipidnykh fraktsiy, poluchennykh iz semyan rapsa // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya. – 2014. – S. 19–21.
19. Suvorova Yu.N. Izmenchivost' vazhneyshikh khozyaystvenno tsennykh pokazateley semyan yarovoy surepitsy pri reproduktivnoy i ee ispol'zovanie v selektsionno-semenovodcheskom protsesse: dis. ... kand. s.-kh. nauk / Yuliya Nikolaevna Suvorova. – Omsk, 2006. – 124 s.
20. Rusakova G.G. Gorchitsa: monografiya. – Volgograd: Volgogradskaya VGSKhA, 2012. – 600 s.
21. De Zoysa H. K. S., Waisundara V. Y. Mustard (Brassica nigra) Seed. Ch. 8 // In: Oilseed: Healths Attributes and Food Applications / B. Tanwar, A. Goyal (eds.). – 2021. – P. 191–206. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_2.
22. Augustine R., Bisht N. Biofortification of oilseed Brassica juncea with the anti-cancer compound glucoraphanin by suppressing GSL-ALK gene family // Sci Rep. – 2016. – Vol. 5. – 18005. <https://doi.org/10.1038/srep18005>.
23. Blagonravova M.V., Zaporotskiy I.V. Obosnovanie tselesoobraznosti ispol'zovaniya pryanykh smesey pri posole gorbushi nizkotemperaturnym sposobom // Natsional'naya (vserossiyskaya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie». – 2019. – C. 158–162.
24. Boyko L.Ya. Opredelenie vozmozhnosti vvoda v kombikorma kontsentrata belkovogo kormovogo iz natural'nogo rastitel'nogo syr'ya: Otchet o NIR. – Voronezh: VNIKP, 1993. – 25 s.
25. Boyko L.Ya. Issledovanie kormovoy otsenki gorchichnogo belka: Otchet o NIR. – Voronezh: VNIKP, 2005. – 39 s.
26. Rusakova G.G., Parakhnevich E.D., Parakhnevich D.V., Rusakova M.M. Khimicheskyy sostav semyan gorchitsy i produktov ikh pererabotki // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2014. – № 4 (36). – S. 168–171.
27. Sushil K.S., Rajpurohit B., Poonam S. Camelina (Camelina sativa) Seed. Ch. 18 // In: Oilseed: Healths Attributes and Food Applications / B. Tanwar, A. Goyal (eds.). – 2021. – P. 455–468. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_2.
28. Pomorova Yu.Yu., Gorlova L.A., Krivoshlykov K.M. Perspektivy ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya semeystva Kapustnye // Agroekologicheskyy vestnik. Nauchno-prakticheskaya konferentsiya k 25-letiyu kafedry agroekologii VGU im. Petra 1. – 2016. – Vyp. 7. – S. 159–168.
29. Prakhova T.Ya. Biokhimicheskyy sostav maslosemyan ryzhika yarovogo pri khranении // Molodoy uchenyy. – 2012. – № 2 (37). – S. 365–366.
30. Dharavath R.N., Singh, S., Chaturvedi, S., Luqman., S. Camelina sativa (L.) Crantz – A mercantile crop with speckled pharmacological activities // Ann. Phytomedicine. – 2016. – Vol. 5. – Is. 2. – P. 6–26.
31. Cizova N.V., Pikuleva I.V. Zhirno-kislotnyy sostav masla Camelina sativa (L.) Crantz i vybor optimal'nogo antioksidanta // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. – 2003. – № 2. – S. 27–31.
32. Bamerni F. Plant-based (Camelina sativa) biodiesel manufacturing using the technology of instant controlled pressure drop (DIC): process performance and biofuel quality. Chemical and Process Engineering: PhD thesis. – Université de La Rochelle, 2018. – 170 p.

33. Patil P.D., Gude V.G., Deng S. Biodiesel production from jatropha curcas, waste cooking, and camelina sativa oils // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2009. – Vol. 48. – No 24. – P. 10850–10856.
34. Zaleckas E., Makarevičienė V., Sendpikienė E. Possibilities of using Camelina sativa oil for producing biodiesel fuel // *Transport.* – 2012. – No 27. – P. 60–66.
35. Nagornov S.A., Romantsova S.V., Gavrilova V.A., Kon'kova N.G. Ispol'zovanie masla ryzhika dlya proizvodstva biodizel'nogo topliva // *Nauka v tsentral'noy Rossii.* – 2014. – № 4. – S. 34–40.
36. Russo R. Biochemical characterization of flour from seeds of Camelina sativa L. (Crantz) after chemical extraction of oil: PhD thesis. – 2013. – 81 p.
37. Lajolo F.M., Ursula M., Tullia M.C., Filisetti-Cozzi T.M.C.C., McGregor D.I. Chemical composition and toxic compounds in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars grown in Brazil // *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* – 1991. – Vol. 39. – Is.11. – P. 1933–1937.
38. Kolesnikova E.A., Minakova A.D., Surukhanova I.V. Khimicheskiy sostav i funktsional'nye svoystva belkovo-lipidnykh fraktsiy, poluchennykh iz semyan rapsa // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya.* – 2014. – № 5–6. – S. 19–21.
39. Gol'tsov A.A., Koval'chuk A.M., Abramov V.F., Milashchenko N.Z. Raps, surepitsa. – M.: Koloc, 1983. – 192 s.
40. Amosova A.V., Zoshchuk S.A., Volovik V.T. [et al.]. Phenotypic, biochemical and genomic variability in generations of the rapeseed (*Brassica napus* L.) mutant lines obtained via chemical mutagenesis // *PLoS One.* – 2019. – Vol. 14. – Is. 8. – P. 8–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0221699>.
41. Wijesundera C., Ceccato C., Fagan P. [et al.]. Canola quality indian mustard oil (*Brassica juncea*) is more stable to oxidation than conventional canola oil (*Brassica napus*) // *J. Am. Oil Chem. Soc.* – 2008. – Vol. 85. – P. 693–699.
42. Ginger Gregory R. Gillespie James B. Brassica juncea lines with a canola fatty acid profile. – Patent for Pioneer hi-bred international, inc. PCT/US2008/083237. Is. 22.05.2009.
43. Alireza-Sadeghi M., Rao A. G. A. and Bhagya S. Evaluation of mustard (*Brassica juncea*) protein isolate prepared by steam injection heating for reduction of antinutritional factors // *LWT Food Sci. Technol.* – 2006. – Vol. 39. – P. 911–917.
44. Buryakov Yu.P. Raps ozimyy i yarovoy: prakticheskoe rukovodstvo po osvoeniyu intensivnoy tekhnologii vozdeleyvaniya. – M., 1988. – 45 s.
45. Kiczorowska B., Samolińska W., Andrejko D. [et al.]. Comparative analysis of selected bioactive components (fatty acids, tocopherols, xanthophyll, lycopene, phenols) and basic nutrients in raw and thermally processed camelina, sunflower, and flax seeds (*Camelina sativa* L. Crantz, *Helianthus annuus* L., and *Linum L.*) // *J. Food Sci. Technol.* – 2019. – Vol. 56. – P. 4296–4310.
46. Rakhmetov D.B., Blyum Ya.B., Emets', Yu.M. [i dr.]. Camelina sativa (L.) Grantz – tsinna oliyna roslina // *Introduktsiya roslin.* – 2014. – № 2. – S. 50–58.
47. Budin J.T., Breene W.M. & Putnam D.H. Some compositional properties of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) seeds and oils // *J. Am. Oil Chem. Soc.* – 1995. – Vol. 72. – P. 309–315.
48. Chantsalnyam B., Otgonbayar C., Enkhtungalag O., Odonmajig P. Physical and chemical characteristics and fatty acids composition of seeds oil isolated from *Camelina sativa* (L.) cultivated in Mongolia // *Mongolian J. Chem.* – 2013. – Vol. 14. – P. 80–83.
49. Shaukat S.R., Khan F.U., Khalil J.A. Genetic variation and heritability estimates of quality traits in *Brassica napus* L. // *J. of Biol., Agr. & Health.* – 2014. – Vol. 4. – Is. 20. – P. 1–5.
50. Ahuja K.L., Batta S.K., Raheja R.K., Labana K.S., Gupta M.L. Oil content and fatty acid composition of promising Indian *Brassica campestris* L. (Toria) genotypes // *Plant Foods for Human Nutrition.* – 1989. – Vol. 39 (2). – P. 155–160.
51. Cartea E., De Haro-Bailón A., Padilla G., Obregón-Cano S., Del Río-Celestino M., Ordás A. Seed oil quality of *Brassica napus* and *Brassica rapa* germplasm from Northwestern Spain // *Foods (Basel, Switzerland).* – 2019. – Vol. 8 (8). – P. 292.
52. Solonnikova N.V., Ksandopulo S.Yu., Bochkareva E.B. Tekhnologicheskie svoystva semyan surepitsy novykh sortov // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya.* – 2005. – № 2–3. – S. 42–44.
53. Osik N.S., Shvedov I.V., Shishkov G.Z., Kalenov P.A. Osobennosti khimicheskogo sostava semyan i masla gorchitsy sareptskey // *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya.* – 2000. – № 4. – S. 20–23.
54. Prakhova T.Ya., Zelenina O.N. Kachestvennaya kharakteristika maslosemyan ozimogo ryzhika // *Niva Povolzh'ya.* – 2009. – Vyp. 3. – S. 86–87.
55. Zubr J. Dietary fatty acids and amino acids of *Camelina sativa* seed // *Nutrition and Food Science.* – 2003. – Vol. 26. – P. 451–462.
56. Zelenina O.N., Prakhova T.Ya. Zhirno-kislotnyy sostav maslosemyan ozimogo ryzhika Penzyak // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK.* – 2009. – Vyp. 2 (141). – S. 119–122.
57. Goyal A., Tanwar B., Sihag K., Sharma K.V., Soni S. Rapeseed/Canola (*Brassica napus*) Seed. Ch. 2 // In: *Oilseed: Health Attributes and Food Applications* / B. Tanwar, A. Goyal (eds.). – 2021. – P. 47–65. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_2.
58. Beszterda M. and Nogala-Kalucka M. Current research developments on the processing and improvement of the nutritional quality of rape seed

(Brassica napus L.) // Eur. J. Lipid Sci. Technol. – 2019. – Vol. 121. – Is. 5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201800045>.

59. Stefansson B.R., Kondra Z.P. Tower summer rape // Canadian Journal of Plant Science. – 1975. – Vol. 55. – No 1. – P. 343–344.

60. Pristach N.V., Pristach L.N. Ispol'zovanie rapsovogo zhmykha v kormlenii zhivotnykh // Molodezh' i nauka. – 2017. – S. 3–4.

61. Solonnikova N. V., Ksandopulo S. Yu., Bochkareva E. B. Tekhnologicheskie svoystva semyan surepitsy novykh sortov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya. – 2005. – № 2–3. – S. 42–44.

62. Gorlova L.A., Trubina V.S., Serdyuk O.A. Rezul'taty ekologicheskogo ispytaniya perspektivnykh sortobraztsov gorchtsy sareptskey v razlichnykh usloviyakh Rossiyskoy Federatsii // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2019. – Vyp. 1 (177). – S. 24–25.

63. Borodulina A.A., Kharchenko L.H., Malysheva A.G. Biokhimicheskaya kharakteristika semyan proizvodstvennykh i perspektivnykh sortov maslichnykh kul'tur: Sb. nauch. trudov VNIIMK. – Krasnodar: VNIIMK, 1981. – 124 s.

64. MacKenzie S.L., Blakely J.A. Purification and characterization of seed globulins from Brassica juncea, B. nigra, and B. hirta // Canadian Journal of Botany. – 1972. – Vol. 50 (9). – P. 1825–1834. doi:10.1139/b72-229

65. Renzyaeva T.V. Belkovye produkty iz zhmykhov rapsa i ryzhika: poluchenie, kachestvo, biologicheskaya tsennost' // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2009. – № 4. – C. 70–72.

66. Ratanapariyanuch K., Tyler R.T., Shim Y.Y., Reaney M.J. Biorefinery process for protein extraction from oriental mustard (Brassica juncea (L.) Czern.) using ethanol stillage // AMB Express. – 2012, Jan. – Vol. 12. – P. 2–5.

67. Pilyuk Ya.E., Domash V.I. Biologicheskaya i biokhimicheskaya tsennost' belka novykh sortov rapsa // Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sb. nauch. tr. – 2006. – Vyp. 42. – S. 215–216.

68. Alanís-Guzmán M.G., Wesche-Ebeling P., Maiti R. Chemical, nutritional and functional characterization of proteins extracted from wild mustard (Brassica campestris, Brassicaceae) seeds from Nuevo Leon, Mexico // Econ Bot. – 1995. – Vol. 49. – P. 260–268. doi:10.1007/bf02862345.

69. Fenwick G.R. The assesment of a new protein source – rapeseed // Proc. Nutr. Soc. – 1982. – Vol. 41. – Is. 3. – P. 277–278.

70. Shmakov P.F., Chaunina E.A., Litvinenko N.L., Mezentseva E.I., Loshkomoynikov I.A. Sostav i pitatel'nost' rapsovogo i surepnogo zhmykhov, poluchennykh iz semyan sortov Sibirskoy selektsii // Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. – 2008. – Vyp. 6. – S. 55–59.

71. Shmakov P.F., Chaunina E.A., Shabasheva E.I., Kovalenko I.B., Loshkomoynikov I.A. Sostav i pitatel'nost' podsolnechnogo, l'nyanogo i ryzhikovogo zhmykhov, poluchennykh iz semyan sortov sibirskoy selektsii // Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. – 2008. – № 7. – S. 66–72.

72. Ryadchikov V.G. Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: uchebno-prakticheskoe posobie. – Krasnodar, 2012. – 328 s.

73. Golovko E.N., Ryadchikov V.G., Zabashta N.N. Dostupnost' aminokislot v belkovom pitanii monogastrichnykh zhivotnykh: monografiya. – Krasnodar, 2014. – 300 s.

74. Larbier Z.M., Chagneau A., Lessire M. Bioavailability of lysine in rapeseed and soyabean meals determined by digestibility trial in cockerels and chick growth assay // Animal Feed Science and Technology. – 1991. – Vol. 35. – P. 237–246.

75. Poverinova E.M., Loshkomoynikov I.A., Burlakova L.V., Koshelev S.N. Effektivnost' ispol'zovaniya zhmykhov l'na, podsolnechnika, ryzhika, rapsa i surepitsy pri otkorme bychkov // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2006. – Vyp. 2 (135). – C. 156–158.

76. Zlepkin A.F., Zlepkin D.A., Popova I.A. Effektivnost' ispol'zovaniya v ratsionakh tsyplyat-broylerov produktov pererabotki semyan surepitsy obogashchennykh fermentnym preparatom TselloLyuks-F // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2013. – № 2 (30). – S. 106–110.

Сведения об авторах:

Ю.Ю. Поморова, зав. лаб. белка, вед. науч. сотр., канд. тех. наук

В.В. Пятовский, аналитик

Д.В. Бескорвайный, мл. науч. сотрудник

Ю.М. Серова, науч. сотрудник

Ю.С. Болховитина, аналитик

Ю.Ю. Шемет, аналитик

Получено/Received

18.03.2021

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

02.04.2021

Получено после доработки/Manuscript revised

13.09.2021

Принято/Accepted

15.10.2021

Manuscript on-line