Обзорные статьи

УДК 633.85:581.192.7

DOI: 10.25230/2412–608X–2019–4–180–161–169

Характеристика и методы выделения белковой фракции семян основных масличных культур (обзор)

Ю.Ю. Поморова,
кандидат технических наук
В.В. Пятковский,
аналитик
Д.В. Бескоровайный,
аналитик
Ю.С. Болховитина,
лаборант-исследователь

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
E-mail: vniimk@vniimk.ru

Для цитирования: Поморова Ю.Ю., Пятковский В.В., Бескоровайный Д.В., Болховитина Ю.С. Характеристика, методы выделения белковой фракции семян основных масличных культур (обзор) // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 161–169.

Ключевые слова: белковые продукты, растительные белки, фракционирование белков, аминокислотный состав, семена подсолнечника, сои, рапса.

Продукты переработки маслосемян – жмых и шрот являются ценным белковым продуктом, содержащим незаменимые аминокислоты, необходимые для животных и человека. Приводится обзор известных и принципиально новых методов выделения, разделения и идентификации растительных белков важнейших масличных культур, таких как подсолнечник, рапс, соя и др. В работе рассматриваются пути рационального использования белковых компонентов семян масличных культур. Для повышения ценности пищевой базы растительного белка необходим качественный анализ, что достигается использованием точных и высокопроизводительных методов. Обозначены зависимость биологической ценности сельскохозяйственной продукции от аминокислотного состава, возможности и перспективы повышения эффективности производства при внедрении новых технологий комплексного использования сырья, а также преимущество растительного белка в

производстве продуктов питания. Приведены данные по общему белковому и аминокислотному составу масличных культур. Показаны результаты исследования содержания белка и аминокислотного состава семян гибридов подсолнечника, полученные учеными Болгарского агроуниверситета, а также исследователями КубГТУ, Воронежского и Омского университетов.

UDC 633.85:581.192.7

Characterization and methods of isolation of the protein part of the seeds of the most important oil crops (review)

Yu.Yu. Pomorova, PhD in engineering
V.V. Pyatovsky, analyst
D.V. Beskorovayny, analyst
Yu.S. Bolkhovitina, laboratory assistant

V.S. Pustovoyt All-Russian Research Institute of Oil Crops
17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
E-mail: vniimk@vniimk.ru

Key words: protein products, vegetable proteins, protein displacement, amino acid composition, sunflower seeds, soybean seeds, rapeseed.

The products of oil seeds processing – meal cake and oil cake – are the valuable protein products containing essential amino acids so necessary for human and animals. There is presented a review of the well-known and principally new methods of selection, separation and identification of vegetable proteins in the most important oil crops, such as sunflower, rapeseed, soybean, etc. We considered the ways of a rational use of protein components in oil crop seeds. Usage of exact and highly efficient methods of protein quality control is obligatory to increase value of nutritive base of vegetable protein. We specified dependence between biological value of agricultural products and amino acid composition, possibilities and perspectives to increase industrial efficiency at introduction of new technologies of a complex raw materials usage, advantages of vegetable protein in food production. There are stated data on total protein and amino acids composition of oil crops. There are presented results of researches on protein content and amino acids composition in hybrid sunflower seeds which were obtained in the Bulgarian Agricultural University, Kuban State Technological University, Voronezh and Omsk universities.

В настоящее время активно ведутся работы по освоению и переработке важнейших масличных культур России (подсолнечника, сои, рапса) с целью выделения, фракционирования и исследования белковой части на аминокислотный состав, являющийся одним из главных показателей биологической ценности белковых продуктов. Немалая часть пере-

работанного растительного белка поступает на производство комбикормов, богатых белком [1].

На сегодняшний день существует много методов выделения и фракционирования белков растительного сырья. Как правило, процедура выделения начинается переводением белка ткани в растворимую форму в мягких условиях (при температуре не выше 5 °С, без участия химических реагентов) во избежание изменения структуры, физико-химических свойств и биологической активности белковой составляющей. Классическая схема выделения белкового изолята включает в себя экстракцию сырья, последующее добавление кислоты для перевода белковой части в осадок, центрифугирование, промывание раствора от загрязняющих соединений и высушивание [2].

Для гомогенизации тканей растения при проведении выделения белка применяются специальные приборы и оборудование: валковые, шаровые мельницы, гомогенизаторы, действующие по принципу многократного продавливания, растирания и измельчения поступающего растительного сырья. Также широко используются методы попеременного замораживания и оттаивания и «азотной бомбы». Суть первого метода заключается в образовании при заморозке кристалликов льда, которые разрывают стенки клеток с извлечением содержимого, а второго – в насыщении суспендированных клеток жидким или газообразным азотом под высоким давлением. При сбрасывании давления выделяющийся в виде газа азот «взрывает» стенки клеток [2].

Следующий важный этап – экстракция биоматериала, осуществляемая, как правило, одновременно с измельчением. Для этого используют 8–10 % растворы нейтральных солей вместе с буферными смесями, так как на растворение белков сильно влияет изменение pH и ионной силы. Широко известны следующие буферные смеси:

- трис-(оксиметил)-аминометан – $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$ и его соль с соляной кислотой (трис-буфер);

- 5,5 диэтилбарбитуровая кислота и ее натриевая соль (веронал-мединаловый буфер);

- N, N-Бис (2-гидроксиэтил)-глицин.

Экстракцию альбуминов в основном проводят дистиллированной водой, однако данный метод может повлечь за собой некоторые неточности, т.к. вода экстрагирует из раствора также соли и свободные аминокислоты, образуя слабосолевой раствор. Вследствие этого в раствор переходит и часть глобулинов, которые затем могут быть отделены от альбуминов диализом против дистиллированной воды [3].

При экстракции часто добавляется глицерин как антиденатурационное средство, а также различные детергенты, роль которых заключается в ослаблении белок-белковых и белок-липидных взаимодействий и извлечении необходимого белкового материала. Наиболее известны додецилсульфат натрия, тритон-X-100 и дезоксихолат натрия (рисунок).

Рисунок – Детергенты, применяемые для извлечения белкового материала из раствора [3]

Перечисленные выше методы могут быть использованы как при извлечении и экстракции белков животного происхождения, так и для растительного сырья. Выделение белков из растительного сырья осуществить труднее в связи с более прочными клеточными стенками расти-

тельной ткани и, как следствие, высокой вероятности денатурации белка при их разрушении. Это приводит к необходимости применения более специфических методов извлечения белкового материала, например, обработке тканей анализируемого сырья водно-эфирной смесью, резко повышающей проницаемость оболочки растительной клетки (метод Чибнелла), экстракции белков смесью фенола, уксусной кислоты и воды (метод Синджа) и др. [4].

Установлено, что денатурационные изменения затрагивают белки при водной экстракции масел, но данный способ существенно осложняется образованием белково-липидной эмульсии и необходимостью дальнейшего отделения белковой части от небелковых компонентов. Эти проблемы решаются путем создания соответствующего оборудования – высокоскоростных и высокопроизводительных центрифуг и сепараторов. Преимущество данного направления заключается в том, что непрерывно развиваются новые способы получения и очистки отделяемых масел – продукта, имеющего высокую биологическую эффективность вследствие отсутствия теплового и других нежелательных видов воздействия [4].

Современные технологии в пищевой промышленности позволяют выделять из растительного сырья муку, белковые концентраты (содержание белка 60–65 %) и белковые изоляты (содержание белка не менее 90 %). Концентраты и изоляты являются экономически более целесообразными в качестве белковых продуктов, что дает возможность их использования в больших дозировках. Так, на базе кафедры биохимии и технической микробиологии КубГТУ ранее была разработана и запатентована технология безреагентного («сухого») фракционного концентрирования обезжиренной муки из ядра семян подсолнечника, выращенного на опытных полях ВНИИМК (т.н. «лабораторный шрот») с целью производства высокобелковых фракций. Она включает в себя стадии измельчения семян без повреждения

алейроновых зерен, обезжиривания гексаном и высушивания полученного концентрата с последующим разделением на несколько фракций, отличающихся по размерам гранул и физико-химическому составу [5].

Сегодня разработано много способов фракционирования растительных белков, основанных на различии их физико-химических свойств. Наиболее используются осаждение белков в изoeлектрической точке, высаливание растворами нейтральных солей, электрофоретическое разделение, а также хроматографические методы, включающие ионообменную, распределительную, аффинную хроматографию и гель-фильтрацию [6].

Высаливание – классический метод выделения белка, основанный на свойстве каждого отдельного белка в смеси коагулировать и осаждаться при определенной концентрации соли (наиболее часто используют сульфат аммония). Так, глобулины, вследствие меньшей молекулярной массы, выпадают в осадок при 50%-ном насыщении раствором сульфата аммония, в то время как альбумины – при 100 %. Электрофорезное разделение заключается в движении молекул белка определенных зарядов в электрическом поле с разными скоростями при определенном pH и ионной силе. В последнее время распространен метод зонального электрофореза белков на различных носителях, в качестве которых выступают бумага, крахмал, полиакриламидный гель. Данный способ позволяет получить до 50 фракций белков, т.е. имеет довольно высокую разрешающую способность [7].

Особенность хроматографического разделения белков на фракции состоит в пропускании через колонку с закрепленной неподвижной фазой, состоящей из природного или синтетического материала с фиксированными катионными или анионными группами белкового гидролизата в буферном растворе, способного селективно взаимодействовать с неподвижной фазой.

Аффинная хроматография, или хроматография по сродству, также основана на избирательном взаимодействии белков с неподвижной фазой, представляющей собой иммобилизированные лиганды. В качестве лиганда может быть использован субстрат или кофермент, если выделяют какой-либо фермент, антигены для выделения антител и т.д. Белок, адсорбированный на колонке, снимают, промыв колонку раствором с измененным рН или ионной силой. Данный метод отличается высокой избирательностью (степень очистки белка до 1000 раз) [8].

Метод гель-фильтрации характеризуется высокой производительностью и эффективностью при разделении высокомолекулярных соединений и основан на различном распределении белков между подвижной и неподвижной фазами. При проведении разделения используется хроматографическая колонка, заполненная гранулами пористого вещества, через которые проходят вода и низкомолекулярные белки. Неподвижной фазой служит жидкость внутри гранул, выполняющая фильтрующую функцию. В зависимости от условий и видов разделяемого белка, размеры пор варьируют [9].

Также существуют технологии, применение которых в пищевой промышленности позволяет выделять высококонцентрированный белок (чистота до 80 %) из шрота масличных культур, разработанные европейской фирмой «Альфа Лаваль». Достоинство данного метода заключается в последующей полной утилизации шрота и использовании оборотной воды в процессе. Работы по усовершенствованию процессов эффективного выделения и фракционирования растительного белка с учетом воздействия температуры, рН и ионной силы растворов активно ведутся в настоящее время [10].

Из зарубежных эффективных технологий фракционирования растительных белков заслуживает упоминания методика, запатентованная в Канаде, основным

преимуществом которой является непрерывное экстрагирование белков раствором соли при температуре 5 °С [11]. Ее основное преимущество – отсутствие агрессивных реагентов, способных повлиять на физико-химические свойства разделяемых белков, а также отсутствие необходимости в многократной промывке экстрагента водой.

В настоящее время наиболее прогрессивным методом определения аминокислотного состава семян растений является хроматографирование на автоматических аминокислотных анализаторах. Метод был разработан в 1956 г. учеными С. Мур, У. Стейн, за что оба были удостоены Нобелевской премии в области химии. Метод ионообменной хроматографии с использованием нингидрина в последствии претерпел много изменений и сейчас является наиболее эффективным при определении аминокислотного состава.

На сегодняшний день производство продукции растительного и животного происхождения занимает одну из ведущих ролей в промышленности России и за рубежом. В связи с ежегодным увеличением потребностей населения в выпуске экологически безопасной, экономически доступной и конкурентоспособной продукции перед растениеводством и животноводством встает одна из ключевых задач – разработка новых технологий на основе рационального использования белка [12].

Один из крупнейших источников белка – растительное сырье. Большое количество растительного белка и относительно невысокие затраты на его производство дают возможность восполнить дефицит животного белка в питании.

В таблице 1 приведены данные о содержании масла и белка в семенах масличных культур (подсолнечник, соя, горчица, лен).

Белки, извлекаемые из семян масличных культур, являются запасными и выполняют уникальную функцию источника свободных аминокислот, которые используются

проростком для построения ферментов и белков. В зрелых семенах запасные белки сосредоточены в особых дискретных образованиях, так называемых алейроновых зернах. На долю белка в составе сухой массы алейроновых зерен приходится 60–80 % общего белка семени [11].

Таблица 1

Содержание масла и белка в семенах масличных культур (в % на абсолютно сухую массу) [11]

Культура	Масло, %	Белок N × 6,25	Сумма масла и белка	Белок в обезжиренном остатке
Подсолнечник	53,6±0,91	16,4±0,29	70,0±0,74	35,3±0,72
Соя	22,5±0,56	40,1±0,43	62,6±0,73	51,7±0,69
Горчица сарептская	45,7±1,38	23,5±0,71	69,2±1,54	43,2±1,71
Лен	46,5±1,56	23,0±0,67	69,5±1,34	42,9±0,96

Содержание белков в семенах масличных культур составляет 14–37 % на сухое вещество. В семенах подсолнечника белка содержится 15 %, в ядре – 16–19 %, в семенах арахиса – 20–37 %, конопли – 20–22 %, рапса – 25–26 %, в ядрах клещевины – 18–20 %, в ядрах хлопчатника – 34–37 %. В белках семян масличных культур содержится 10–30 % альбуминов и до 90 % глобулинов. Белки алейроновых зерен (алеирины) представлены в основном глобулинами (80–97 %) и незначительным количеством альбуминов и глютенинов (1–2 %). Проламины в алейроновых зернах практически отсутствуют. Кристаллоид масличных культур представляет собой также глобулины с молекулярной массой от 15 до 300 кД и выше. В небольших количествах в нем присутствуют минорные компоненты с молекулярной массой около 600 кД. Глобулины, как и альбумины, представляют смесь индивидуальных белков. 7S фракция глобулинов масличных семян, как и у бобовых, называется вицилином, 11S – легумином [11].

Особенность химического состава запасных белков заключается в несбалансированности по аминокислотному

составу, которая выражается в низком содержании незаменимых аминокислот, таких как лизин, треонин и триптофан. Еще одной особенностью запасных белков является присутствие в них в большом количестве глютаминовой кислоты. В глобулинах одно- и двудольных растений глютаминовая кислота присутствует в меньшем количестве, однако ее содержание может значительно варьировать в зависимости от вида растения. Особенно высока доля этой кислоты в глобулинах семян, богатых жиром и белком, где она составляет 20 и более процентов от общей массы белка. В целом можно считать, что содержание глютаминовой кислоты в глобулинах колеблется от 15 до 25 % при расчете на белок. Что касается альбуминов семян, то они характеризуются несколько пониженным, по сравнению с глобулинами, количеством глютаминовой кислоты [13].

Наиболее перспективными регионами для растениеводства являются Приволжский и Центральный, а также Ростовская область, Краснодарский край и весь южный регион в силу наибольших посевных площадей, урожайности и валового сбора зерновых, зернобобовых и масличных культур [12]. Основные масличные культуры, которые можно использовать в качестве источников белка, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная оценка источников растительного белка [12]

Параметры	Подсолнечник	Соя	Рапс
Урожайность, т/га	1,02	1,8–2,0	1,04–1,56
Содержание белка, %	24–41	33–41,0	21–33

По данным национальной ассоциации подсолнечника (NSA) за 2018–2019 гг., Россия занимает 2-е место по производству семян, что составляет около 12 млн т [22]. При производстве растительного масла из семян подсолнечника в большом количестве образуются жмыхи и шроты, идущие на корм скоту. Данные продукты

являются ценными источниками белка и некоторых незаменимых аминокислот. Основные группы белковой части семян подсолнечника представляют водорастворимые альбумины, солерастворимые глобулины и глютелины, растворимые в щелочи. Данные большинства исследователей о фракционном содержании семян подсолнечника различны, что объясняется зависимостью от конкретного сорта и условий роста и возделывания. Анализ фракционного состава семян разных сортов подсолнечника с опытного поля ВНИИМК, проведенный исследователями КубГТУ, показывает, что содержание глобулинов и глютелинов у всех сортов выше, в то время как количество альбуминов незначительно [13].

Таблица 3

Фракционный состав белка в семенах разных сортов подсолнечника ВНИИМК [13]

Сорт	Фракционный состав белков, % на сухое вещество		
	альбумины	глобулины	глютелины
СУР	1,87	18,80	8,77
Мастер	1,55	23,80	5,08
Лакомка	1,67	27,73	7,50
Круиз	2,51	24,01	11,66
Бородинский	2,05	23,90	8,06
Фаворит	1,70	20,05	9,42

В таблице 4 представлены результаты исследования содержания белка и аминокислотного состава семян гибридов *Helianthus annuus* (линия 2607), *Helianthus resinosus* и *Helianthus annuus* (линия 2607), *Helianthus salicifolius*, полученные учеными Болгарского агроуниверситета (г. Добруджа, 2012) [14].

Данные таблицы 4 отображают высокое содержание белка во всех линиях, из незаменимых аминокислот наблюдалось довольно большое количество валина (от 5,81 до 6,14 %) и фенилаланина (от 3,91 до 4,15 %), что выше, чем по данным анализа родительских линий. Содержание серосодержащих аминокислот (цистеин и метионин) является типично низким для подсолнечника.

Таблица 4

Анализ белка и аминокислотного состава обезжиренного ядра семян гибридов подсолнечника различных линий [14]

	Линия						
	L60	L70	L80	L14	L15	2607	<i>H. resinosus</i>
Белок, % от абсолютно сухого в-ва	56,5	61,8	53,4	54,6	58,0	52,4	35,3
Аминокислоты, мол %							
Лизин	3,39	3,34	3,39	3,82	3,64	3,39	3,25
Треонин	4,63	4,57	4,63	4,71	4,69	4,45	4,10
Цистеин	0,08	0,07	-	-	-	0,77	0,29
Валин	5,81	5,82	6,14	6,09	6,0	5,27	5,18
Метионин	0,08	0,79	0,86	0,15	0,16	1,80	0,83
Изолейцин	4,84	4,80	4,77	4,84	4,83	4,25	4,60
Лейцин	7,46	7,32	7,38	7,48	7,40	7,36	6,92
Тирозин	0,73	0,60	0,40	0,30	0,35	7,86	1,56
Фенилаланин	4,14	4,15	4,09	4,13	4,11	3,98	3,91
Сумма незаменимых аминокислот, % мол. м.	31,16	31,46	31,66	31,52	31,18	33,13	30,64

В таблице 5 отражены данные по аминокислотному составу семян подсолнечника, полученные различными исследователями за последние десятилетия.

Таблица 5

Результаты многолетних исследований семян подсолнечника по аминокислотному составу (в % от абсолютно сухого вещества) [15]

Аминокислота	Р. Блок, Д. Боллинг [15]	А.Э. Шартеак, А.С. Самородова [15]	А.Ф. Хохленко [15]	Н.И. Зайцева и др [15]	F. R. Earle, C. H. Vanetten, T. F. Clark [16]	А.А. Бородулина, Л.В. Супрунова [18]	Nuria Canibe, Mercedes Martin Pedrosa, [19]	Бердина А.Н., Н.В. Ильчишина [20]	Nenova, N., Drumeva [21]
Лизин	3,80	2,86	2,46	3,16–3,81	3,77	3,40	3,78	-	3,39
Метионин	3,40	-	1,12	2,19–5,39	1,91	2,00	2,39	9,55	0,08
Валин	5,30	-	5,80	4,70–5,20	4,76	4,80	5,23	3,52	5,81
Изолейцин	5,70	-	-	4,50–5,20	3,97	3,60	4,48	-	4,84
Лейцин	6,70	-	10,52	5,95–6,20	6,13	6,20	6,24	8,06	7,46
Треонин	4,00	-	5,88	-	3,18	3,50	-	15,62	4,63

Аминокислотный состав соевого белка наиболее близок к животным белкам, а также содержит 8 незаменимых аминокислот. Использование сои в пищевой промышленности России и ведущих

стран мира растет каждый год примерно на 5–8 %, что связано с ее уникальным химическим составом и полезными функциональными свойствами. Так, по содержанию белка, жира, фосфатидов и других питательных веществ соя значительно превосходит многие масличные и злаковые культуры. Для аминокислотного состава ее семян характерно отсутствие проламинов или их небольшое количество. Основными запасными белками сои являются полноценные фракции: альбумины, глобулины и глутелины, содержание которых достигает 95 %, при этом с повышением белковости сои наблюдается снижение количества лизина. Из негативного свойства сои – содержание природных токсинов (антипитательных веществ), блокирующих действие трипсина и, следовательно, полноценное переваривание пищи [22]. В качестве альтернативы соевому белку на сегодняшний день могут выступать растительные белки злаковых, бобовых, зерновых и масличных культур, богатых белками и незаменимыми аминокислотами (семена конопли, льна, гороха, рапса и др.) [23].

Также значение для сельского хозяйства и пищевой промышленности имеет рапс, производителями семян которого являются Канада, Китай, Индия, Германия, Франция и ряд других европейских стран. В процессе переработки семян рапса получают такие важные компоненты, как растительное масло и белковый продукт – жмых или шрот, имеющий сбалансированный аминокислотный состав. По сумме незаменимых аминокислот семена рапса превосходят подсолнечные и уступают лишь соевым (табл. 6) [23].

Таблица 6

Аминокислотный состав белков рапса и сои [23]

Аминокислота	Содержание г/100 г для изолятов	
	рапсового	соевого
Валин	5,32	4,8
Изолейцин	3,74	4,9
Лейцин	7,68	7,8
Лизин	7,60	6,4
Метионин	1,35	1,3
Треонин	2,93	3,6
Триптофан	1,54	1,4
Фенилаланин	6,53	5,4
Всего:	36,69	35,6

В таблице 7 и 8 представлены обобщенные данные по аминокислотному и общему химическому составу бобовых и масличных культур, полученные исследователями Воронежского государственного университета инженерных технологий и Омского государственного аграрного технологического университета им. П.А. Столыпина (2013) [12].

Таблица 7

Химический состав растительных источников белка [12]

Растение	Содержание, в % к массе сухого вещества				
	влаги	белка	липидов	углеводов	зола
Шрот подсолнечника	8,0	46,5	8,0	34,6	2,9
Рапсовый шрот	10,0	37,0	8,0	43,5	1,5
Соя	12,0	34,9	17,3	17,3	5,0
Чечевица	14,0	24,0	1,5	46,3	2,7
Нут	14,0	20,1	4,3	46,4	3,0
Шрот амаранта	6,89	22,16	8,87	57,47	4,61
Горох	14,0	20,5	2,0	53,3	2,8

Шрот подсолнечника составил 46,5 % к массе сухого вещества, соевый – 34,9 и рапсовый – 37,0 %. Шрот бобовых варьировал от 20,1 до 24 %.

Можно отметить, что многочисленными исследователями установлено, что в результате селекции существенно изменился химический состав масличных семян.

Таблица 8

Аминокислотный состав растительных источников белка [12]

Аминокислота, мг/100 г	Шрот				Чечевица
	соевый	амаранта	подсолнечника	рапса	
Валин	5500	4893	3341	5400	1270
Изолейцин	5100	3480	1572	4000	1020
Лейцин	7900	5875	2752	7600	1890
Лизин	6600	4010	1278	4450	1720
Метионин	2900	3240	1376	4150	510
Треонин	4050	3860	1622	4300	960
Триптофан	1300	1000	786	-	220
Фенилаланин+ тирозин	8080	9600	2801	6050	2030

Анализ аминокислотного состава, определенного на аминокислотном анализаторе ААА 881 в соответствии с инструкцией к прибору, указывает на наличие в исследуемых масличных культурах полного набора незаменимых аминокислот. Одна-

ко содержание отдельных аминокислот различно, что следует учитывать при производстве высокобелковых препаратов и кормов для животноводства.

Выводы. Ресурсы растительной базы России обладают огромным потенциалом для развития пищевой промышленности и производства качественных продуктов и кормов, богатых растительным белком. Правильное соотношение незаменимых аминокислот и протеина является основным условием для оптимизации прироста живой массы, конверсии корма и высокой прибыли. Семена подсолнечника, рапса, сои и других масличных культур содержат весь необходимый набор незаменимых аминокислот и большое количество свободного белка. Для составления рецептов и норм кормления необходим точный анализ используемых в комбикормах культур. За последние десятилетия разработано множество методов исследования аминокислотного состава растительного сырья. Используемые в настоящее время для этих целей методы и технологии выделения и фракционирования белков растительного сырья в высокой степени соответствуют принципам эффективности, экономичности и экологической безвредности, а отечественный опыт успешно дополняется современными зарубежными высокотехнологичными разработками и исследованиями.

Список литературы

1. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 328 с.
2. Хисматуллина З.Н. Методы фракционирования смеси белков на индивидуальные белки // Вестник Казанского технологического университета. – Казань, 2013. – С. 2–4.
3. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Агар, 1999. – 512 с.
4. Овсянникова О.В., Ксёэнз М.В. Основание возможности получения пищевых белковых продуктов из семян подсолнечника. – Краснодар: КубГТУ, 2012. – 30 с.
5. Ширококорядова О.В. Разработка технологии получения белковых продуктов из семян подсолнечника: дис. ... канд. тех. наук / Ольга Владимировна Ширококорядова. – Краснодар: КубГТУ, 2009.
6. Компанцев Д.В., Попов А.В. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 1. – С. 48–49.
7. Ибрагимов А.Н., Бикмуллин А.Г. Хроматографические методы очистки белков. Учебно-методическое пособие. – Казань: ФГАОУ ВПО КФУ, 2013. – С. 26–29.
8. Сова В.В., Кусайкин М.И. Выделение и очистка белков: методическое пособие. – Владивосток: изд-во Дальневост. ун-та, 2006. – С. 42.
9. Щеколдина Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – Вып. 109. – С. 12–13.
10. Минкин М.Л. Технологии производства белковых продуктов от компании «Альфа Лаваль» // Пищевая промышленность. – 2007. – № 11. – С. 1–3.
11. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е. Пищевая химия. – СПб.: ГИОРД, 2003. – С. 346–348.
12. Антипова Л.В., Мартмянова Л.Е. Оценка потенциала источников растительных белков для производства продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2013. – Вып. 8. – С. 10–12.
13. Стрыгина М.В., Минакова А.Д., Лобанов В.Г. Групповой состав белкового комплекса семян подсолнечника современной селекции // Пищевая промышленность. КубГТУ. – Краснодар, 2004. – Вып. 2. – С. 50.
14. Nenova, N., Drumeva, M. Investigation on protein content and amino acid composition in the kernels of some sunflower lines // *Helia*. – June 2012. – Vol. 35 (56). – P. 41–46. DOI: 10.2298/HEL1256041N.
15. Супрунова Л.В. Азотсодержащие вещества семян подсолнечника: дис. ... канд. биол. наук / Лидия Валентиновна Супрунова. – Краснодар, 1969.
16. Earle F.R., Vanetten C.H., Clark T.F., Wolff I.A. Compositional data on sunflower seed // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – December 1968. – Vol. 45. – Is. 12. – P. 876–879.
17. Девяткин А.И., Ткаченко Е.И. Рациональное использование кормов в промышленном животноводстве. – М.: Россельхозиздат, 1974. – С. 232.
18. Бородулина А.А., Супрунова Л.В. Фракционный состав белкового комплекса семян подсолнечника // Масличные культуры. – 1981. – С. 204–207.
19. N. Canibe, M.M. Pedrosa, L.M. Robredo and K.E. Bach Knudsen. Chemical composition, digestibility and protein quality of 12 sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1999 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199910\)79:13<1775::AID-JSFA435>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199910)79:13<1775::AID-JSFA435>3.0.CO;2-1).
20. Бердина А.Н., Ильчишина Н.В. Исследование биохимического состава липопротеинов се-

мян подсолнечника // Масличные культуры. – 2008. – Вып. 2. – С. 2–3.

21. Encheva J., Georgiev G., Nenova N. [et al.]. Application of classical methods at sunflower breeding program in Dobroudja Agricultural Institute General-Toshevo // Turkish J. of Agric. & Natural Sc. – 2014. – Special Is. 1. – P. 673–681.

22. Статистические данные Национальной Ассоциации по подсолнечнику США [Электронный ресурс].

URL: <https://www.sunflowernsa.com/stats/world-supply/> (дата обращения: 30.10.2019).

23. Петибская В.С., Филипас Т.Б., Супрунова Л.В., Каленов П.А. Косвенный метод определения содержания лизина в семенах некоторых зерновых и масличных культур // Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. – № 5. – С. 11–13.

References

1. Ryadchikov V.G. Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – 328 s.

2. Khismatullina Z.N. Metody fraksionirovaniya smesi belkov na individual'nye belki // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – Kazan', 2013. – S. 2–4.

3. Filippovich Yu.B. Osnovy biokhimii. – M.: Agar, 1999. – 512 s.

4. Ovsyannikova O.V., Ksenz M.V. Osnovanie vozmozhnosti polucheniya pishchevykh belkovykh produktov iz semyan podsolnechnika. – Krasnodar: KubGTU, 2012. – 30 s.

5. Shirokoryadova O.V. Razrabotka tekhnologii polucheniya belkovykh produktov iz semyan podsolnechnika: dis. ... kand. tekhn. nauk / Ol'ga Vladimirovna Shirokoryadova. – Krasnodar: KubGTU, 2009.

6. Kompantsev D.V., Popov A.V. Belkovye izolyaty iz rastitel'nogo syr'ya: obzor sovremennoy sostoyaniya i analiz perspektiv razvitiya tekhnologii polucheniya belkovykh izolyatov iz rastitel'nogo syr'ya // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2016. – № 1. – S. 48–49.

7. Ibragimov A.N., Bikmullin A.G. Khromatograficheskie metody ochildki belkov. Uchebno-metodicheskoe posobie. – Kazan': FGAOU VPO KFU, 2013. – S. 26–29.

8. Sova V.V., Kusaykin M.I. Vydelenie i ochildka belkov: metodicheskoe posobie. – Vladivostok: izd-vo Dal'nevost. un-ta, 2006. – S. 42.

9. Shchekoldina T.V. Tekhnologii polucheniya beloksoderzhashchego syr'ya iz produktov pererabotki semyan podsolnechnika // Nauchnyy zhurnal KubGAU. – 2015. – Vyp. 109. – S. 12–13.

10. Minkin M.L. Tekhnologii proizvodstva belkovykh produktov ot kompanii «Al'fa Laval» // Pishchevaya promyshlennost'. – 2007. – № 11. – S. 1–3.

11. Nechaev A.P., Trautenberg S.E. Pishchevaya khimiya. – SPb.: GIOR, 2003. – S. 346–348.

12. Antipova L.V., Martem'yanova L.E. Otsenka potentsiala istochnikov rastitel'nykh belkov dlya proizvodstva produktov pitaniya // Pishchevaya promyshlennost'. – 2013. – Vyp. 8. – S. 10–12.

13. Strygina M.V., Minakova A.D., Lobanov V.G. Gruppovoy sostav belkovogo kompleksa semyan podsolnechnika sovremennoy seleksii // Pishchevaya promyshlennost'. KubGTU. – Krasnodar, 2004. – Vyp. 2. – S. 50.

14. Nenova, N., Drumeva, M. Investigation on protein content and amino acid composition in the kernels of some sunflower lines // Helia. – June 2012. – Vol. 35(56). – P. 41–46. DOI: 10.2298/HEL1256041N.

15. Suprunova L.V. Azotsoderzhashchie veshchestva semyan podsolnechnika: dis. ... kand. biol. nauk / Lidiya Valentinovna Suprunova. – Krasnodar, 1969.

16. Earle F.R., Vanetten C.H., Clark T.F., Wolff I.A. Compositional data on sunflower seed // Journal of the American Oil Chemists' Society. – December 1968. – Vol. 45. – Is. 12. – P. 876–879.

17. Devyatkin A.I., Tkachenko E.I. Ratsional'noe ispol'zovanie kormov v promyshlennom zhivotnovodstve. – M.: Rossel'khozizdat, 1974. – С. 232.

18. Borodulina A.A., Suprunova L.V. Fraktsionnyy sostav belkovogo kompleksa semyan podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. – 1981. – S. 204–207.

19. N. Canibe, M.M. Pedrosa, L.M. Robredo and K.E. Bach Knudsen. Chemical composition, digestibility and protein quality of 12 sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1999 [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199910\)79:13<1775::AID-JSFA435>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199910)79:13<1775::AID-JSFA435>3.0.CO;2-1).

20. Berdina A.N., Il'chishina N.V. Issledovanie biokhimicheskogo sostava lipoproteinov semyan podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. – 2008. – Vyp. 2. – S. 2–3.

21. Encheva J., Georgiev G., Nenova N. [et al.]. Application of classical methods at sunflower breeding program in Dobroudja Agricultural Institute General-Toshevo // Turkish J. of Agric. & Natural Sc. – 2014. – Special Is. 1. – P. 673–681.

22. Statisticheskie dannye Natsional'noy Assotsiatsii po podsolnechniku SSHA [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://www.sunflowernsa.com/stats/world-supply/> (data obrashcheniya: 30.10.2019).

23. Petibskaya V.S., Filipas T.B., Suprunova L.V., Kalenov P.A. Kosvennyy metod opredeleniya soderzhaniya lizina v semenakh nekotorykh zernovykh i maslichnykh kul'tur // Doklady VASKhNIL. – 1988. – № 5. – S. 11–13.

Получено: 10.10.2019 Принято: 11.11.2019

Received: 10.10.2019 Accepted: 11.11.2019