Сравнительный анализ аминокислотного состава белка семян подсолнечника селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

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

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

Для цитирования: Поморова Ю.Ю., Пятковский В.В., Бескоровайный Д.В., Серова Ю.М., Болховитина Ю.С. Сравнительный анализ аминокислотного состава белка семян подсолнечника селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 1 (181). – С. 31–37.

Ключевые слова: масличные культуры, подсолнечник, аминокислотный состав, протеины, переработка растительного сырья, производство комбикормов.

Огромная база растительного сырья в РФ требует постоянного освоения, переработки и рационального использования. Одним из выгодных и потенциально значимых направлений для решения этих задач является промышленное производство продуктов питания и комбикормов, которые позволяют удовлетворить потребности населения и сферы животноводства. Наиболее важным критерием такой продукции является аминокислотный состав. Особое внимание при разработке состава корма уделяется лимитирующим аминокислотам, дефицитным для разных видов животных. Одним из наиболее точных методов идентификации аминокислотного состава является анализ высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). В данной работе объектом исследования служили семена подсолнечника урожая различных сортов и лет выращивания. Проведено определение их аминокислотного состава, массовой доли протеина, лузжистости.

Впервые установлен аминокислотный состав семян масличных и кондитерских сортов подсолнечника селекции ФНЦ ВНИИМК. В целом для всех исследуемых сортов подсолнечника различных лет выращивания характерно стабильно высокое содержание глутаминовой (до 18,15 г/100 г белка) и аспарагиновой кислот (до 8,49 г/100 г белка). В семенах подсолнечника обнаружено минимальное количество цистеина, метионина и гистидина – до 2,5 г/100 г белка. Было выявлено высокое содержание белка в масличных сортах подсолнечника. Сравнение между собой кондитерских сортов подсолнечника выявило преимущество сорта Белочка по всем аминокислотам, кроме цистеина. Изученные сорта подсолнечника имеют сортовые различия как по содержанию аминокислот, так и по содержанию белка, что позволяет прогнозировать возможность ведения целенаправленного отбора на желаемые признаки в селекционном материале.

UDC 633.85:577.112.3

Comparative analysis of amino-acid composition in protein of sunflower seeds of VNIIMK breeding.

Pomorova Yu.Yu., PhD in engineering
Pyatovsky V.V., analyst
Bezkorovayny D.V., analyst
Serova Yu.M., analyst
Bolkhovitina Yu.S., laboratory assistant

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

Key words: oil crops, sunflower, amino acid composition, proteins, processing of plant materials, production of animal feed.

The huge base of plant materials in the Russian Federation requires constant development, processing and rational use. One of the profitable and potentially significant areas for solving these problems is the industrial production of food and animal feed, which can satisfy the needs of the population and the livestock sector. The most important criterion for such products is the amino acid composition. Particular attention in the development of feed composition is given to limiting amino acids deficient in different animal species. One of the most accurate methods for identifying the amino acid composition is high performance liquid chromatography (HPLC) analysis. In this work, the object of the study was sunflower seeds of different varieties and years of cultivation. We determined their amino acid composition, mass fraction of protein, and huskiness. For the first time, the amino acid composition of oilseeds and confectionery sunflower varieties bred at the Federal Research Center V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops was established. In general, all studied sunflower va-

ieties of different years of cultivation are characterized by a stable high content of GLU (up to 18.15 g per 100 g protein) and ASP (up to 8.49 g per 100 g protein). The minimum amount of CYS, MET and HIS in sunflower seeds was found, up to 2.5 g per 100 g of protein. High protein content was found in oilseed sunflower varieties. Comparison of confectionery sunflower varieties among themselves revealed the advantage of the variety Belochka in all amino acids, except CYS. The studied sunflower varieties have varietal differences, both in amino acid content and in protein content, which allows us to predict the possibility of targeted selection for the desired traits in the breeding material.

Введение. В последние годы в пищевой и животноводческой отраслях наблюдается четкая тенденция перехода на растительные источники белка в связи с его большей пищевой значимостью, легкой доступностью и относительной простотой переработки. Поэтому основным вектором развития данного направления является освоение масличных культур, широко распространенных на юге России, Северном Кавказе и странах ближнего зарубежья (подсолнечник, соя, рапс, лен, амарант и др.) [1]. Наиболее ценными продуктами переработки их семян являются жмых и шрот, которые отличаются высоким содержанием белка. Качество кормового белка является потенциалом для удовлетворения потребности сельскохозяйственного животного в поддержании жизнедеятельности и продуктивности, т.е. росте, воспроизводстве, молокообразовании и т.д. Основополагающим фактором, обеспечивающим качество белка и его пищевую ценность, является сбалансированность аминокислотного профиля (соотношение незаменимых аминокислот в белке), а также их усвояемость [2]. Особенно важно содержание лимитирующих аминокислот, индивидуальное для каждого вида животных и выступающее показателем их дефицита. Например, для птицы такой ряд выглядит так: метионин, лизин и цистин. Для крупного рогатого скота – метионин, гистидин, лизин, изолейцин и валин, в зависимости от среднесуточного удоя. В кормлении поросят незаменимые лимитирующие аминокислоты формируются

так – лизин, треонин, метионин, триптофан и валин [3]. Именно правильное соотношение незаменимых аминокислот и общее содержание протеина является основным критерием для оптимизации прироста живой массы, конверсии корма, а также прибыли. Для грамотного составления рецептур кормов необходимо руководствоваться не табличными, а фактическими значениями, что ведет к получению кормов стабильного качества и снижению затрат на стоимость кормов, обеспечивая экономическую эффективность сектора животноводческой продукции [4].

Поэтому исследование аминокислот имеет важную роль в оптимизации систем кормления, детализации и нормировании рационов сельскохозяйственных животных [5; 6; 7].

В настоящее время общепринятым, наиболее точным методом определения аминокислотного состава белков семян растений, является метод ионнообменной хроматографии (с постколоночной дериватизацией) на автоматических аминокислотных анализаторах.

Материалы и методы. Исследования проводили в лаборатории белка отдела биологических исследований ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Объектом исследования служили шесть сортов подсолнечника: три кондитерского направления (Белочка – урожай 2017, 2018 и 2019 гг.; Джинн – урожай 2018 и 2019 гг.; Лакомка – урожай 2017 и 2019 гг.) и три масличные сорта (Скормас – урожай 2016, 2017, 2018 гг.; Умник – 2016 и 2018 гг.; Круиз – 2016 г.).

Масличность семян определяли с помощью ЯМР-анализатора АМВ-1006М, аминокислотный состав белка семян – на ВЭЖХ-анализаторе Sevko&Co с градиентным элюированием и постколоночной дериватизацией нингидрином, массовую долю сырого протеина – по ГОСТ 13496.4–93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина [8].

Кислотный гидролиз проводили по инструкции «Методические указания по подготовке проб. Кислотный гидролиз и окисление», разработанной индивидуальным предпринимателем Севко А.В.

Предварительно измельченные семена подсолнечника в двух повторностях, навеской с точностью до 0,0001 г, которая содержит примерно 10 мг азота (для подсолнечника это 0,5 г), переносят в банку на 100 мл для гидролиза. Затем добавляют 5 мл раствора для окисления в пробы 1 и 2, оставляя на 1 ч при комнатной температуре. Нейтрализация надмуравьиной кислоты в первой и второй пробе происходит путем добавления 0,84 г дисульфита натрия. Далее во все образцы добавляют 25 мл 6 моль/л раствора соляной кислоты и выдерживают образцы в сушильном шкафу 24 ч при температуре 110 °С. Через сутки в банки для гидролиза приливают 18 мл 7,5 моль/л раствора гидроксида натрия. После остывания банки обмывают дистиллированной водой, фильтруют в мерные колбы на 200 мл. Проводят измерение pH и доведение растворов до 2,20 (погрешность кислотности $\pm 0,05$). Буфером для разбавления раствор доводят до метки 200 мл. С помощью дозатора в вials отбирают 500 мкл образца и 500 мкл буфера для разбавления. Далее подготовленную пробу анализируют на приборе.

В результате проведенных исследований был определен аминокислотный состав белков семян подсолнечника исследуемых сортов.

В таблицах 1 и 2 представлены расчетные данные по содержанию аминокислот в белке двух крупноплодных сортов подсолнечника Белочка и Джинн. Пробы 1 и 2 – окисленные, 3 и 4 – неокисленные.

В аминокислотном составе семян сорта подсолнечника Белочка урожая 2019 г. идентифицировали 17 аминокислот. При применении вышеуказанных аналитических методов сульф-аминокислоты (в данном случае, метионин и цистеин) –

очень нестабильны. В неокисленной форме они разрушились полностью, а в окисленной их значения составили 0,53 и 1,88 г/100 г белка соответственно. На практике очень сложно добиться точного значения pH (до 0,01 единицы), которое указано в методике. Поэтому при доведении pH раствора необходимо ориентироваться на pH того буфера, который дает оптимальный результат в конкретной пробе. Возможны также потери аминокислот за счёт их адсорбции на выпавших в осадок солях. Лейцин, остающийся стабильным как при щелочном, так и при кислотном гидролизе, может быть использован для определения степени потери. В нашем случае, у сорта Белочка для аминокислоты лейцин не определена первая повторность в окисленной пробе из-за повышенной pH пробы. Все остальные образцы показали пределы изменчивости для лейцина от 4,72 до 4,77 г/100 г белка при среднем значении 4,75 г/100 г белка. Для глутаминовой кислоты среднее значение было максимально высоким и составило 15,38 г/100 г белка. Содержание аспарагиновой кислоты варьировало от 7,3 до 7,6 г/100 г белка.

Таблица 1

Содержание аминокислот в семенах подсолнечника сорта Белочка (урожай 2019 г.)

Аминокислота	Номер пробы, содержание аминокислоты, г/100 г белка				Среднее содержание аминокислоты, г/100 г белка
	1	2	3	4	
Цистеин	-	-	0,53	0,53	0,53
Аспарагиновая кислота	7,60	7,51	7,51	7,30	7,40
Треонин	3,01	2,93	2,92	2,81	2,91
Серин	3,14	3,15	3,30	3,31	3,21
Глутаминовая кислота	15,41	15,39	15,39	15,36	15,38
Глицин	4,34	4,33	4,32	4,34	4,33
Аланин	2,63	3,57	3,18	2,95	3,08
Валин	3,44	3,41	3,37	3,38	3,40
Метионин	-	-	1,87	1,89	1,88
Изолейцин	-	2,94	2,93	2,90	2,92
Лейцин	-	4,72	4,77	4,76	4,75
Тирозин	1,59	-	1,61	1,60	1,60
Фенилаланин	3,01	-	2,99	2,98	2,99
Гистидин	1,69	1,69	1,68	1,67	1,68
Лизин	2,30	2,32	2,32	2,33	2,31
Аргинин	4,49	4,51	4,50	4,48	4,49
Пролин	3,10	3,11	3,13	3,14	3,12

Таблица 2

Содержание аминокислот в семенах подсолнечника сорта Джинн (урожай 2018 г.)

Аминокислота	Номер пробы, содержание аминокислоты, г/100 г белка				Среднее содержание аминокислоты, г/100 г белка
	1	2	3	4	
Цистеин	-	-	0,70	0,70	0,70
Аспарагиновая кислота	-	6,92	6,90	6,88	6,90
Треонин	3,29	3,25	3,28	3,26	3,27
Серин	-	2,99	2,98	2,97	2,98
Глутаминовая кислота	-	14,45	14,47	14,49	14,47
Глицин	4,01	3,99	3,99	3,98	3,99
Аланин	2,95	2,98	2,98	2,97	2,97
Валин	3,15	3,15	3,14	3,12	3,14
Метионин	-	0,58	0,58	-	0,58
Изолейцин	2,74	2,75	2,75	2,77	2,75
Лейцин	4,47	4,46	4,46	4,45	4,46
Тирозин	1,61	1,60	1,61	1,62	1,61
Фенилаланин	3,18	3,17	3,17	3,16	3,17
Гистидин	1,56	1,58	1,57	1,55	1,56
Лизин	2,13	2,12	2,11	2,11	2,11
Аргинин	5,12	5,13	5,14	5,13	5,13
Пролин	3,11	3,09	3,09	3,08	3,09

В аминокислотном составе семян подсолнечника сорта Джинн урожая 2018 г. также идентифицировали 17 аминокислот (табл. 2). Содержание глутаминовой кислоты варьирует от 14,45 до 14,49 г/100 г белка, аспарагиновой кислоты – от 6,88 до 6,92 г/100 г белка. Цистеин и метионин находятся на низком уровне – 0,70 и 0,58 г/100 г белка соответственно. Все остальные аминокислоты находятся на стабильном для сортов подсолнечника уровне.

Для выявления различия между сортами подсолнечника разных направлений использования взяли сорта Белочка (кондитерский) и Скормас (масличный) (табл. 3). По годам исследования у сорта Белочка уровень всех изучаемых аминокислот был выше, чем у сорта Скормас. Больше всего в семенах обоих сортов содержалось глутаминовой кислоты, но у крупноплодного сорта варьирование составило от 15,38 до 18,15 г/100 г белка, а у высокомасличного сорта – от 14,56 до 14,98 мг/100 г белка. Такие же закономерности наблюдаются по содержанию аспарагиновой кислоты – 5,73–8,49 г/100 г белка у сорта Белочка и 6,64–7,01 г/100 г белка у

сорта Скормас. Меньше всего в белке семян подсолнечника содержалось цистеина: в среднем 0,60 и 0,49 г/100 г белка соответственно.

Если сравнивать сорта в пределах 2017 и 2018 гг., когда была возможность проанализировать семена, выращенные в одних климатических условиях, закономерности остались прежними.

В целом данные о содержании аминокислот согласуются с результатами других исследователей [6; 10; 11] и находятся в пределах величин, соответствующих литературным источникам для семян подсолнечника.

Таблица 3

Содержание аминокислот в семенах подсолнечника сортов Белочка и Скормас разных лет выращивания

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2019 г.

Аминокислота	Белочка			Скормас		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Цистин	0,76	0,51	0,53	0,54	0,40	0,52
Аспарагиновая кислота	5,73	8,49	7,40	6,64	6,67	7,01
Треонин	3,15	3,46	2,91	2,79	2,61	3,11
Серин	3,39	3,88	3,21	3,10	3,01	3,16
Глутамин	15,61	18,15	15,38	14,98	14,77	14,56
Глицин	4,93	5,45	4,33	4,28	4,09	4,44
Аланин	3,24	3,68	3,08	2,88	2,86	3,06
Валин	3,55	4,11	3,40	3,42	3,20	3,27
Метионин	1,88	2,24	1,88	1,66	1,62	1,84
Изолейцин	3,20	3,58	2,92	2,85	2,85	3,01
Лейцин	5,08	5,74	4,75	4,62	4,45	4,83
Тирозин	1,18	2,09	1,60	1,73	1,61	1,34
Фенилаланин	3,18	4,19	2,99	3,35	3,37	3,08
Гистидин	1,81	2,13	1,68	1,47	1,45	1,68
Лизин	2,68	2,86	2,31	2,18	1,90	2,45
Аргинин	5,96	6,24	4,49	5,36	4,76	5,59
Пролин	3,41	3,92	3,12	3,25	3,19	2,97

Сравнение масличного сорта Умник и высокоолеинового сорта Круиз, выращенных в 2016 г., показало преимущество масличного сорта по содержанию практически всех аминокислот, кроме метионина и тирозина (табл. 4). Содержание глутаминовой кислоты у данных сортов также было высоким и составило 16,40 и 14,95 г/100 г белка, наименьшим было содержание цистеина – 0,87 и 0,81 г/100 г белка соответственно.

Таблица 4

Содержание аминокислот в семенах сортов подсолнечника разных лет выращивания

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2019 г.

Аминокислота	Умник		Круиз
	2016 г.	2018 г.	2016 г.
Цистеин	0,87	0,34	0,81
Аспарагиновая кислота	7,25	6,88	6,72
Треонин	3,20	2,93	2,79
Серин	3,45	3,24	3,13
Глутаминовая кислота	16,40	16,03	14,95
Глицин	4,54	4,67	4,35
Аланин	3,08	3,20	3,00
Валин	3,58	3,63	3,51
Метионин	1,17	2,15	1,83
Изолейцин	3,10	3,20	2,68
Лейцин	4,93	5,16	4,53
Тирозин	1,73	1,74	1,83
Фенилаланин	3,52	3,45	3,13
Гистидин	1,82	1,63	1,71
Лизин	2,45	2,40	2,26
Аргинин	5,92	5,69	5,56
Пролин	3,64	3,50	3,28

Сравнение двух крупноплодных сортов Джинн и Лакомка показало преимущество первого по содержанию практически всех аминокислот. Отмечено только незначительно меньшее содержание метионина (1,50 против 1,64 г/100 г белка). Сорт Лакомка отличился тем, что у него зафиксировано самое низкое из всех изученных сортов содержание цистеина – 0,33–0,36 г/100 г белка (табл. 5).

Таблица 5

Содержание аминокислот в семенах крупноплодных сортов подсолнечника разных лет выращивания

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2019 г.

Аминокислота	Джинн	Лакомка	
	2018 г.	2017 г.	2019 г.
Цистеин	0,70	0,36	0,33
Аспарагиновая кислота	6,90	5,38	6,61
Треонин	3,27	2,25	2,79
Серин	2,98	2,61	3,02
Глутаминовая кислота	14,47	12,24	14,17
Глицин	3,99	3,64	4,08
Аланин	2,97	2,41	2,79
Валин	3,14	2,72	3,07
Метионин	1,50	1,54	1,74
Изолейцин	2,75	2,33	2,63
Лейцин	4,46	3,92	4,40
Тирозин	1,61	0,87	1,60
Фенилаланин	3,17	2,09	2,51
Гистидин	1,56	1,26	1,47
Лизин	2,11	1,53	1,90
Аргинин	5,13	3,60	4,41
Пролин	3,09	2,92	3,29

Таким образом, установлено, что у изученных сортов подсолнечника имеются сортовые различия, что позволяет прогнозировать возможность ведения целенаправленного отбора в селекционном материале.

Определение в данных семенах биохимических показателей также выявило различия (табл. 6).

Таблица 6

Биохимическая характеристика семян исследуемых сортов подсолнечника по годам изучения

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2019 г.

Сорт	Год урожая	Масличность семян, %	Лузжистость, %	Содержание при фактической влажности*,		Содержание азота в сухом белке, г	Содержание белка в АСВ %
				азота	белка		
Кондитерские сорта							
Белочка	2017	44,2	31,82	2,80	17,47	3,00	18,77
	2018	45,0	29,32	2,72	17,01	2,92	18,28
	2019	43,0	30,75	3,16	19,77	3,40	21,24
Джинн	2018	46,0	26,41	2,88	17,98	3,09	19,32
	2019	42,1	31,30	2,91	18,18	3,13	19,53
Лакомка	2017	43,8	29,77	2,63	16,45	2,83	17,67
	2019	46,6	28,24	2,59	16,18	2,78	17,38
Среднее		44,4	29,65	-	-	-	18,9
Масличные сорта							
Умник	2016	50,5	21,99	3,11	19,42	3,34	20,87
	2018	50,7	21,70	3,14	19,65	3,38	21,11
Круиз	2016	49,1	22,08	3,49	21,80	3,75	23,42
Скормас	2016	47,0	24,36	3,22	20,11	3,46	21,61
	2017	43,7	24,47	3,51	21,95	3,77	23,58
	2018	49,8	22,88	2,83	17,68	3,04	19,00
Среднее		48,5	22,91				21,6
НСР ₀₅		2,6					1,53

Сорта подсолнечника кондитерского направления имели масличность от 42,1 до 46,6 %, содержание азота в сухом белке от 2,78 до 3,40 г, а массовая доля белка составила от 17,38 до 21,24 %. У масличных сортов значение масличности варьировало от 43,7 до 50,7 %, содержание азота от 3,04 г до 3,77 г, а массовая доля белка составила от 19,0 до 23,58 %.

Максимальное содержание белка среди кондитерских сортов было отмечено у сорта Белочка (урожай 2019 г.) – 21,24 %, содержание азота в сухом белке при этом составило 3,40 г при масличности семян 43,00 %. Наименьшим содержанием белка характеризовался сорт Лакомка – 17,53 %

в среднем за 2 года, при закономерно большей масличности семян – 45,20 %.

Среди масличной группы в семенах урожая 2016 г. самый высокий белок был у сорта Круиз – 23,42 %, при этом масличность была ниже всего – на 1,4 % по сравнению с сортом Умник, хотя по содержанию белка они отличались на 2,55 %.

Высокое содержание белка в семенах также показал сорт Скормас (урожай 2017 г.) – 23,58 %. При этом масличность оказалась достаточно низкой – 43,7 %.

Выводы. Имеющиеся в литературе сведения о содержании аминокислот в семенах подсолнечника порой противоречивы и носят ориентировочный характер. Исходя из полученных нами экспериментальных данных анализа семян сортов подсолнечника селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, можно сделать вывод, что наблюдается влияние как генотипа, так и условий выращивания на изучаемые показатели.

Впервые определен аминокислотный состав белков семян масличных и кондитерских сортов подсолнечника селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. По всем анализируемым аминокислотам у кондитерских сортов наблюдался более высокий уровень их содержания в сравнении с высокомасличными сортами подсолнечника. По всем исследуемым сортам и годам стабильно высоким было содержание глутаминовой и аспарагиновой кислот. У сорта Белочка урожая 2018 г. глутаминовая кислота составила 18,15 г/100 г белка, аспарагиновая кислота – 8,49 г/100 г белка. Минимальное содержание цистеина отмечено также у всех изученных сортов – от 0,33 г/100 г белка у сорта Лакомка (урожай 2019 г.) до 0,87 у сорта Умник (урожай 2016 г.).

Сравнение между собой всех крупноплодных сортов подсолнечника выявило преимущество сорта Белочка по всем аминокислотам, кроме цистеина и треонина, которые были максимальными у сорта Джинн. Показатели сорта Лакомка, напротив, были наименьшими, и только

содержание пролина, метионина и аспарагиновой кислоты было немного выше, чем у сорта Джинн.

Среди масличных сортов подсолнечника содержание аминокислот у сорта Круиз занимало преимущественно среднее значение. Максимальное содержание почти всех аминокислот, кроме валина, метионина и тирозина, отмечено у сорта Умник, в то время как у сорта Скормас почти всех аминокислот содержалось меньше, за исключением метионина.

Максимальное содержание белка среди кондитерских сортов было отмечено у сорта Белочка (урожай 2019 г.) – 21,24 % при масличности семян 43,00 %. Наименьшим содержанием белка характеризовался сорт Лакомка – 17,53 % в среднем за 2 года, при закономерно большей масличности семян – 45,20 %.

Среди масличной группы в семенах урожая 2016 г. самый высокий белок был у сорта Круиз – 23,42 %, при этом масличность составила 49,1 %.

Высокое содержание белка в семенах также показал сорт Скормас (урожай 2017 г.) – 23,58 %. При этом масличность оказалась достаточно низкой – 43,7 %.

В целом установлено, что у изученных сортов подсолнечника имеются сортовые различия как по содержанию аминокислот, так и по содержанию белка, что позволяет прогнозировать возможность ведения целенаправленного отбора на желаемые признаки в селекционном материале этой культуры.

Список литературы

1. Коновалов К.Л., Шульбаева М.Т., Мусина О.Н. Пищевые вещества животного и растительного происхождения для здорового питания // Пищевая промышленность. – 2008. – Вып. 8. – С. 10–11.
2. Волнин А.А., Мишуров А.В., Михина А.А., Коротаева А.А., Севко А.В. Исследование аминокислотного состава кормовой добавки методом ионообменной хроматографии // Вестник ВГУИТ. – 2018. – Т. 80. – № 1. – С. 199–205.

3. Луговой М.М., Подобед Л.И. Сравнительный анализ аминокислотного состава некоторых кормов и добавок // БИО. – 2018. – № 12. – С. 20–23.

4. Николаев С.И., Карапетын А.К., Корнилова Е.К., Струк М.В. Сравнительный анализ аминокислотного состава кормов // Научный журнал КубГАУ. – № 107 (03). – 2015. – С. 1679–1692.

5. Prado de Sousa J.P., Oliveira Cavalheiro J.M., da Silva J.A., Cavalheiro T.B. [et al.]. Amino acid profile and percent composition of meals and feeds used in shrimp farming // Gaia Scientia. – 2016. – No 10 (4). – P. 347–360.

6. Purwin C., Fijałkowska M., Lipiński K., Wierzbowska J. [et al.]. Changes in amino acid composition during ensiling lucerne and red clover in round bales // J. Elem. – 2015. – No 20 (4). – P. 965–973. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.863.

7. Adejumo I.O., Adetunji C.O., Ogundipe K., Osademe S.N. Chemical composition and amino acid profile of differently processed feather meal // Journal of Agricultural Sciences. – 2016. – No 61. – 3. – P. 237–246. DOI: 10.2298/JAS1603237A.

8. ГОСТ 32-195-2013 Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот. – М.: Стандартинформ, 2016. – 43 с.

References

1. Konovalov K.L., Shulbaeva M.T., Musina O.N. Pishchevye veshchestva zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya dlya zdorovogo pitaniya // Pishchevaya promyshlennost'. – 2008. – Вып. 8. – С. 10–11.

2. Volnin A.A., Mishurov A.V., Mikhina A.A., Korotaeva A.A., Sevko A.V. Issledovanie aminokislotnogo sostava kormovoy dobavki metodom ionoobmennoy khromatografii // Vestnik VGUIT. – 2018. – Т. 80. – № 1. – С. 199–205.

3. Lugovoy M.M., Podobed L.I. Sravnitel'nyy analiz aminokislotnogo sostava nekotorykh kormov i dobavok // BIO. – 2018. – № 12. – С. 20–23.

4. Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Kornilova E.K., Struk M.V. Sravnitel'nyy analiz aminokislotnogo sostava kormov // Nauchnyy zhurnal KubGAU. – № 107 (03). – 2015. – С. 1679–1692.

5. Prado de Sousa J.P., Oliveira Cavalheiro J.M., da Silva J.A., Cavalheiro T.B. [et al.]. Amino acid profile and percent composition of meals and feeds used in shrimp farming // Gaia Scientia. – 2016. – No 10 (4). – P. 347–360.

6. Purwin C., Fijałkowska M., Lipiński K., Wierzbowska J. [et al.]. Changes in amino acid composition during ensiling lucerne and red clover in round bales // J. Elem. – 2015. – No 20 (4). – P. 965–973. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.863.

7. Adejumo I.O., Adetunji C.O., Ogundipe K., Osademe S.N. Chemical composition and amino acid profile of differently processed feather meal // Journal of Agricultural Sciences. – 2016. – No 61. – 3. – P. 237–246. DOI: 10.2298/JAS1603237A.

8. GOST 32-195-2013 Korma, kombikorma. Metod opredeleniya soderzhaniya aminokislot. – М.: Standartinform, 2016. – 43 с.

Получено: 20.02.2020

Received: 20.02.2020

Принято: 24.03.2020

Accepted: 24.03.2020