

ЗООТЕХНИЯ

УДК 639.3:636.087.69

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОРМОВОЙ МУКИ ИЗ ЛИЧИНКИ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ (*HERMETIA ILLUCENS*)

В. Ю. ЛИХОТА, А. В. АСТРЕНКОВ*УО «Полесский государственный университет»,
г. Пинск, Республика Беларусь, 225710***С. Е. МАКАРОВ***ООО «Нейтан»,
пос. Привольный, Республика Беларусь, 223062**(Поступила в редакцию 29.02.2024)*

*В статье приводится сравнительный анализ аминокислотного состава муки из личинки черной львинки (*Hermetia illucens*) с аминокислотным составом рыбной муки. Выявлено, что мука из личинки не уступает по качественному аминокислотному составу рыбной муке. Полученные данные свидетельствуют о достаточной сбалансированности аминокислотного состава муки из личинок черной львинки, что в дальнейшем позволит использовать ее в качестве замены высокобелковых компонентов комбикормов.*

Каждый год промысловый вылов рыбной продукции сокращается. В 2020 году мировой объем продукции промышленного рыболовства составил 90,3 млн тонн, что на 4,0 % ниже, чем в среднем за предыдущие три года. Объемы вылова во внутренних водоемах снизились на 5,1 % по сравнению с 2019 годом, но оставались беспрецедентно высокими на уровне 11,5 млн тонн. Азия остается на первом месте по количеству выловленной рыбы во внутренних водоемах, приходящему на их долю две трети от общего объема выловленной рыбы. Однако Китай впервые с середины 1980-х годов уступил первое место по вылову во внутренних водоемах Индии, которая поставила на рынки 1,8 млн тонн продукции. Снижение вылова рыбной продукции связано с несколькими факторами, такими как быстрый рост загрязнений мирового океана, нелегальный, безотчетный и нерегулируемый вылов, а также неправомерные методы рыболовства. В связи с этим аквакультура становится все более привлекательной альтернативой.

Ключевые слова: аминокислоты, белки, черная львинка, сбалансированные корма, аквакультура.

*The article presents a comparative analysis of the amino acid composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal with the amino acid composition of fish meal. It was found that the amino acid composition of larval meal is not inferior to fish meal in terms of quality. The data obtained indicate that the amino acid composition of black soldier fly larval meal is sufficiently balanced, which will allow it to be used in the future as a replacement for high-protein components of compound feed.*

Every year, commercial fish catch is decreasing. In 2020, the global volume of industrial fisheries production amounted to 90.3 million tonnes, which is 4.0 % lower than the average for the previous three years. Inland water catch volumes decreased by 5.1 % compared to 2019, but remained unprecedentedly high at 11.5 million tonnes. Asia remains in first place in terms of the amount of fish caught in inland waters, accounting for two-thirds of the total volume of fish caught. However, for the first time since the mid-1980 s, China has lost its top spot in inland water catches to India, which supplied 1.8 million tons of products to the market. The decline in fishery production is due to several factors, such as the rapid growth of pollution in the world's oceans, illegal, unreported and unregulated fishing, and unlawful fishing practices. In this regard, aquaculture is becoming an increasingly attractive alternative.

Key words: amino acids, proteins, black soldier fly, balanced feeds, aquaculture.

Введение

Каждый год количество продукции, производимой в аквакультуре, растет, и в 2020 году был установлен рекордный объем производства в размере 122,6 миллионов тонн, из которых 54,4 миллиона тонн было выращено во внутренних водоемах, а 68,2 миллиона тонн – на объектах морской и прибрежной аквакультуры. Азия продолжает оставаться лидером в мире по объему продукции аквакультуры, ее доля в общем объеме производства составляет 90 процентов. Кроме того, большинство водных животных, полученных из аквакультуры, выращиваются с использованием комбикормов [1, с 18].

В 2020 году из всей мировой продукции рыболовства и аквакультуры, 89 % (157 млн тонн) было использовано в качестве пищи для людей, а оставшиеся 20 млн тонн были использованы для производства рыбной муки и жира. Производство рыбной муки составило 27 %, а рыбьего жира – 48 % от общего мирового объема. В аквакультуре, чтобы повысить продуктивность и снизить затраты, важно

обеспечить выращиваемые виды рыб качественными кормами, способными удовлетворить их потребности в питательных веществах. Расходы на аквакорма являются самым затратным компонентом производства, их доля в общих производственных расходах составляет 50–60 %.

Для оптимизации использования кормов и минимизации связанных с кормами производственных затрат, важен правильный выбор кормов и методов их использования на рыбоводных фермах. В качестве ключевых ингредиентов, используемых в аквакормах, выделяются источники протеина (рыбная мука, соевая мука, жмых и мука из масличных культур), источники энергии/углеводов (различные зерновые культуры и субпродукты зерновых культур) и липиды/жиры (рыбный жир и растительные масла). Однако не все объекты аквакультуры могут усваивать растительные высокобелковые компоненты. Например, радужная форель, как хищный вид, имеет высокую потребность в кормовых белках и низкую толерантность к углеводам и клетчатке, поэтому становится невозможным использовать растительные источники белка в кормах для форели [1, с. 18; 2, с. 9].

В аквакультуре необходимо обеспечить потребности рыб в белке, поэтому более половины состава аквакормов – рыбная мука. Однако в связи с рядом факторов, таких как эпидемия Ковид-19, экономические санкции, воздействие человека на окружающую среду и уменьшение запасов рыбных промыслов, исследователи сталкиваются с задачей поиска альтернативных и более доступных источников белка, так как рыбная мука является дефицитной и дорогостоящей.

В последние годы во всем мире набирает популярность использование белка насекомых, особый интерес вызывает муха черная львинка (*Hermetia illucens*), способная перерабатывать широкий спектр органических отходов. Использование личинок черной львинки для производства кормовой муки обещает снизить стоимость и увеличить питательность корма. В зависимости от субстрата, на котором росла и питалась, личинка черной львинки содержит от 35 до 55 % сырого протеина и до 40 % жира. В УО «Полесский государственный университет» проводились опыты по выращиванию черной львинки (*Hermetia illucens*) и получению высокобелковой кормовой муки из личинок черной львинки (*Hermetia illucens*).

Цель исследования – анализ состава кормовой муки из личинки черной львинки (*Hermetia illucens*), исследование аминокислотного состава белка насекомого, происхождение и сравнение полученных данных с литературными источниками.

Основная часть

Исследования проводились в Центральной научно-исследовательской лаборатории и Научно-практическом центре гигиены. Содержание сырого протеина в сухом веществе определяли в соответствии с ГОСТ 13496.4-19 титриметрический метод определения азота по Кьельдалю [3]. Содержание влаги в сухом веществе определяли в соответствии с ГОСТ 13496.3-92 методом определения влаги высушиванием навески при 130 °C [4]. Содержание сырого жира в сухом веществе определяли в соответствии с ГОСТ 13496.15-2016 методом определения массовой доли сырого жира по обезжиренному остатку в аппарате Сокслета [5]. Содержание золы в сухом веществе определяли в соответствии с ГОСТ 26226-95 весовым методом [6].

Идентификацию и определения количества аминокислот проводили в соответствии МВИ МН 1363-200 методом определения аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии.

В лаборатории Полесского государственного университета мы использовали отработанную технологию воспроизводства черной львинки (*Hermetia illucens*) и получили партию высокобелковой кормовой муки с удалением липидной фракции. Для выращивания личинок мы использовали смесь отрубей и пищевых отходов. На стадии предкуколки личинки мы использовали СВЧ излучение для сушки до влажности 3–4 %. Затем мы измельчили биомассу сухой личинки и отделили липидную фракцию с помощью пресса-сепаратора.

Мы изучили химический состав кормовой муки из личинки черной львинки, включая содержание сырого протеина, сырого жира и сырой золы. Полученные показатели мы сравнили с литературными данными исследования химического состава личинки черной львинки (*Hermetia illucens*) и рыбной муки.

Таблица 1. Показатели химического состава рыбной муки и муки из личинки черной львинки

Наименование показателя	Мука из личинки черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)		Рыбная мука [4, с. 365]
	Результаты испытаний	Литературные данные [3, с. 75]	
Сырой протеин, %	60,9	39	62,1
Сырой жир, %	9,3	38	7,2
Сырая зола, %	7,4	9	5,7

Из полученных данных следует, что содержание сырого протеина в муке из биомассы личинок *Hermetia illucens* немного ниже, чем в рыбной муке, составляя 60,9 % и 62,1 % соответственно, а содержание протеина в биомассе личинок *Hermetia illucens*, указанное в литературе, составляло 39 %. Разница между результатами исследований содержания жира в полученной муке и в литературных

источниках объясняется сепарированием липидной фракции и составляет 28,7 %. Содержание сырого жира в рыбной муке немного ниже, чем в муке из черной львинки, составляя 7,2 % и 9,3 % соответственно. Содержание сырой золы в рыбной муке минимальное, составляя 5,7 %, поскольку она является минеральной составляющей компонента.

Белки являются структурным элементом тканей и не откладываются в запас, в отличие от жиров, углеводов и витаминов. Организм использует для питания не сам белок, а его структурные элементы – аминокислоты. Полноценность пищевых белков зависит от их химического состава, поскольку она определяет качество и количество аминокислот. Белки животного и растительного происхождения обычно состоят из 20 основных аминокислот, десять из которых являются незаменимыми, поскольку организм не может синтезировать их самостоятельно и должен получать их с пищей. Потребность в белках корма связана с потребностью в аминокислотах и их качественном и количественном наборе. Различные виды рыб имеют различные потребности в отдельных незаменимых аминокислотах [5, с 10].

Исходя из этого, проведен анализ потребности в незаменимых аминокислотах у основных объектов товарного выращивания. Проведено сравнение содержания незаменимых аминокислот в белковом компоненте, полученном из личинки черной львинки и рыбной муки, с потребностями видов рыбы.

При анализе аминокислотного состава было обнаружено, что обезжиренная мука из личинок мухи *Hermetia illucens* отличается от рыбной муки преобладанием незаменимых аминокислот, таких как лизин, фенилаланин, лейцин, изолейцин и валин. Мука из личинок *Hermetia illucens* полностью удовлетворяет потребности осетровых рыб в 5 аминокислотах (треонин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, валин), радужной форели в 4 аминокислотах (фенилаланин, лейцин, изолейцин, валин) и карпа в 4 аминокислотах (фенилаланин, лейцин, изолейцин, валин).

Стоит отметить, что содержание аминокислот в обезжиренной муке из личинок мухи *Hermetia illucens* ниже, чем в необезжиренной муке (согласно литературным источникам). Табл. 2 содержит данные о содержании незаменимых аминокислот и потребностях рыб в них.

Таблица 2. Сравнительные данные о потребности рыб в незаменимых аминокислотах и содержания этих аминокислот в компонентах, % от белка

Наименование показателя	Мука из личинки черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)		Рыбная мука [8, с 366]	Данные о потребности видов рыб в незаменимых аминокислотах [9]		
	Результат испытаний	Литературные данные [7, с 76]		Осетровые	Радужная форель	Карп
Лизин	4,30±0,22	6,19±0,22	4,01	6,3	5,3	5,3
Треонин	2,61±0,26	4,37±0,03	2,62	2,2	3,5	3,3
Фенилаланин	3,42±0,22	4,63±0,01	2,15	1,5	3	3,0
Лейцин	4,81±0,2	8,09±0,04	3,83	3,2	4,5	4,1
Изолейцин	3,62±0,22	4,69±0,08	2,35	2,1	2,4	2,3
Метионин	—*	2,13±0,04	2,34	—	1,8	1,6
Валин	4,07±0,22	6,57±0,01	2,62	2,3	3,1	3,0
Гистидин	0,96±0,22	3,66±0,04	1,37	1,1	1,6	1,5
Аргинин	2,55±0,23	5,01±0,09	3,87	2,8	3,5	3,8
Триптофан	—**	1,61±0,01	—**	—	0,5	0,6
Сумма незаменимых аминокислот	26,34	46,95	25,16	21,5	29,2	28,5

* – не обнаружен, либо меньше нижней границы диапазона измерений; ** – не определялся.

При составлении рационов важно не только учитывать аминокислотный состав кормовых компонентов, но и правильно сочетать количество заменимых и незаменимых аминокислот в них. Если это соотношение нарушается, то эффективность использования протеина в корме значительно снижается [8, с 367]. В табл. 3 представлен аминокислотный состав кормовых компонентов по заменимым аминокислотам.

Таблица 3. Состав компонентов корма по содержанию заменимых аминокислот, % от белка

Наименование показателя	Мука из личинки черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)		Рыбная мука [8, с 366]
	Результат испытаний	Литературные данные [7, с 76]	
Аспарагиновая кислота	3,93±0,24	11,08±0,07	5,32
Глютаминовая кислота	5,25±0,23	11,86±0,05	7,64
Серин	3,07±0,23	4,40±0,02	2,82
Тирозин	3,04±0,22	6,44±0,05	1,91
Пролин	4,81±0,22	6,42±0,10	3,13
Глицин	3,99±0,22	5,57±0,04	4,85
Аланин	3,94±0,23	6,55±0,10	3,76
Цистеин	—*	0,73±0,02	
Сумма заменимых аминокислот	28,03	53,05	29,43

* – не обнаружен, либо меньше нижней границы диапазона измерений.

При оценке питательности кормовых белков обычно учитывают незаменимые аминокислоты, которые содержатся в них в наименьших количествах и называются лимитирующими [9, с. 11]. Для

определения полноценности аминокислотного состава белка используют показатель «аминокислотный скор». В данном исследовании был проанализирован аминокислотный скор и определены лимитирующие аминокислоты в компонентах корма. Для вычисления аминокислотного сора использовалась потребность осетровых, радужной форели и карпа в незаменимых аминокислотах и содержание этих аминокислот в компонентах (табл. 2). Результаты вычисления аминокислотного сора представлены в табл. 4.

Таблица 4. Аминокислотный скор для основных объектов аквакультуры

Компонент	Аминокислотный скор для осетровых, %									
	Лизин	Треонин	Фенилаланин	Лейцин	Изолейцин	Метионин	Валин	Гистидин	Аргинин	Триптофан
Рыбная мука	63,65*	119,09	143,33	119,68	111,91	–	113,913	124,54	138,21	–
Мука из личинки черной львинки	68,25*	118,64	228	150,31	172,38	–	176,96	87,27*	91,07*	–
Аминокислотный скор для радужной форели, %										
Рыбная мука	75,66*	74,86*	71,66*	85,11*	97,92*	130	84,52*	85,63*	110,57	–
Мука из личинки черной львинки	81,13*	74,57*	114	106,89	150,83	–	131,29	60*	72,86*	–
Аминокислотный скор для карпа, %										
Рыбная мука	75,66*	79,39*	71,67*	93,42*	102,18	146,25	87,33*	91,33*	101,84	–
Мука из личинки черной львинки	81,13*	79,09*	114	117,32	157,39	–	135,67	64*	67,11*	–

Примечание: *лимитирующая аминокислота.

Исследования показали, что лизин, треонин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, валин и гистидин являются лимитирующими аминокислотами для форелевых и карповой рыбы в составе рыбной муки. В муке, полученной из биомассы личинок *Hermetia illucens*, лимитирующими аминокислотами для осетровых рыб являются лизин, гистидин и аргинин, а для радужной форели и карпа – лизин, треонин, гистидин и аргинин. Важно отметить, что лизин является лимитирующей аминокислотой для всех видов выращиваемых рыб в составе всех исследуемых компонентов. Однако, с учетом условий содержания и питания, аминокислотный состав муки из черной львинки (*Hermetia illucens*) может быть регулируемым.

Заключение

В статье была проведена оценка количественного и качественного показателей аминокислотного состава муки, полученной из личинок черной львинки (*Hermetia illucens*), выращенных на местном сырье, а также рыбной муки. Целью исследования было сравнение аминокислотного состава муки из личинок черной львинки с рыбной мукой, которая является основным дорогостоящим белковым компонентом рыбных комбикормов.

Результаты исследования показали, что для осетровых рыб мука из личинок черной львинки оказалась полноценной по содержанию лизина на 68,25 % (в то время как рыбная мука содержала 63,65 %), гистидина на 87,27 % и аргинина на 91,07 %. Для радужной форели мука из личинок черной львинки оказалась полноценной по содержанию лизина на 81,13 % (в то время как рыбная мука содержала 75,66 %), треонина на 74,57 %, гистидина на 60 % и аргинина на 72,86 %. Для карпа мука из личинок черной львинки оказалась полноценной по содержанию лизина на 81,13 % (в то время как рыбная мука содержала 75,66 %), треонина на 79,09 %, гистидина на 64 % и аргинина на 67,1 %.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о достаточной сбалансированности аминокислотного состава муки из личинок черной львинки, что позволяет использовать ее в качестве замены рыбной муки в комбикормах для рыб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/documents/card>. – Дата доступа: 20.01.2024.
2. Развитие аквакультуры 5. Использование диких рыб в качестве кормов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/documents/card>. – Дата доступа: 20.01.2024.
3. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4–2019. – Взамен ГОСТ 13496.4–93; введ. РБ 30.07.19. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2019. – 10 с.
4. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги: ГОСТ 13496.3–92. – Взамен ГОСТ 13496.3–80; введ. РБ 28.02.92. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 5 с.
5. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира: ГОСТ 13496.15–2016. – Взамен ГОСТ 13496.15–97; введ. РБ 01.01.18. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 12 с.
6. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы: ГОСТ 26226–95. – Взамен 26226–84; введ. РБ 01.01.97. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1995. – 8 с.
8. Пищевая и биологическая ценность биомассы личинок *Hermetia illucens* / Э.О. Садыкова и др. // Вопросы питания – 2021. – Т 90. – № 2. – С. 73–82.
9. Количественный и качественный аминокислотный анализ альтернативных источников протеина в комбикормах. / Р. В. Урсу и др. // Известия НВ АУК. – 2022. – 4(68). – С. 362–369.
10. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.