

## МЕТАБОЛИЗМ ИЗОЛЕЙЦИНА У РЫБ В УСЛОВИЯХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Салех Хатем, аспирант кафедры кормления животных, hatemsaleh193@gmail.com*

*Шаповалов Сергей Олегович, профессор кафедры кормления животных, s.shapovalov@cherkizovo.com*

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация.* В данной работе рассмотрен процесс метаболизирования изолейцина у рыб, которая является одной из незаменимых аминокислот. Была собрана последняя информация о способе метаболизма изолейцина и продуктах ее реакции.

*Ключевые слова:* рыбы, Аминокислоты с разветвленной цепью, изолейцин, метаболизм, катализируемая реакция.

В настоящее время аквакультура является самой быстрорастущей отраслью животноводства во всем мире. Ежегодный прирост производства за последние 30 лет составляет  $\pm 8\%$ . В последнем обзоре также было показано, что рыба и морепродукты оказывают серьезное влияние на мировое предложение продовольствия [1]. “Метаболизм” — это слово, используемое для описания системы химических процессов, которые сохраняют жизнь животных. Для рыбы это подразумевает обеспечение энергией важнейших процессов в организме или построение и поддержание частей тела, необходимых для функционирования. Сам метаболизм зависит от трех основных факторов: Дыхания и питания для обеспечения метаболитов (продуктов, которые он использует, состоящих как из неорганического, так и из органического вещества); Осморегуляция для стабильной рабочей среды; Экскреция для избавления от всех ядов и других продуктов жизнедеятельности, образующихся в качестве побочных эффектов у рыб, метаболизм охватывает два процесса: катаболизм и анаболизм [2]. Протеин формируются из связей отдельных аминокислот. Хотя в природе встречается более 200 аминокислот, распространенными являются только около 20 аминокислот. Из них 10 являются незаменимыми аминокислотами, которые не могут быть синтезированы в организме рыбы [3]. Аминокислоты с разветвленной цепью (ВСАА), в том числе изолейцин, лейцин и валин, являются незаменимыми аминокислотами. Они не ограничиваются тем, что действуют как субстраты синтеза белка, но также являются частью регуляции синтеза белка поэтому они играют важную структурную роль, в основном откладываются в мышцах. Из-за этого большая часть белка тела имеет высокий уровень аминокислот с разветвленной цепью, что

составляет 18–20% от общего количества аминокислот, присутствующих в животных белках. Будучи наиболее гидрофобными аминокислотами (А А), ВСАА регулируют различные ключевые сигнальные пути. Лейцин играет ключевую роль в активации мишень рапамицина млекопитающих (mTOR), в то время как изолейцин и валин играют преобладающую роль в метаболизме энергии и глюкозы. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что рыбам требуется несколько большее количество ВСАА на начальном этапе, чем на более поздних этапах жизни. Потребность в аминокислотах с разветвленной цепью для разных видов рыб сильно различается: от 11,5 до 91,0 г лейцина/кг пищевого белка, от 15,4 до 42,3 г изолейцина/кг пищевого белка и от 17,7 до 46,91 г валина/кг пищевого белка. Таким образом, дефицит или избыток ВСАА может негативно повлиять на метаболизм, включая синтез белка и энергетический обмен. Однако избыточное добавление лейцина может снизить синтез белка. Избыток лейцина в пище может активировать дегидрогеназу  $\alpha$ -кетокислот с разветвленной цепью, усиливая катаболизм всех ВСАА, даже если в рационе недостаточно изолейцина и валина, и снижая доступность ВСАА для синтеза белка. Кроме того, было обнаружено, что с повышением уровня изолейцина уровни мРНК mTOR в кишечнике и гепатопанкреасе имели тенденцию к повышению до определенного момента, а затем отмечался характер снижения, в то время как уровни мРНК 4E-BP в гепатопанкреасе снижались с увеличением содержания изолейцина в пище. уровней до определенной точки.

Изолейцин действует как питательный регулятор метаболизма глюкозы. В последних исследованиях авторы сообщались, что 15,2-15,9 г/кг пищевого белка является идеальной диетической потребностью в изолейцине. В то время как у *S. catla* получили наилучшую потребность в изолейцине, так как он составлял 11,3 - 11,8 г/ кг сухого корма, что составляет 34,2 - 35,8 г/ кг пищевого белка [4]. Метаболизм аминокислот с разветвленной цепью у рыб подобен таковому у млекопитающих. они метаболизируются в основном всего в четырех органах: кишечнике, печени, почках и скелетных мышцах. Три ВСАА имеют одинаковый кишечный транспорт и одну и ту же катаболическую ферментативную систему, и поэтому непропорциональные уровни одного из ВСАА могут вызывать эффект антагонизма, как это наблюдалось у свиней, крыс и людей. Аналогичным образом, у рыбы дефицит или избыток одного из ВСАА может также повлиять на всасывание ВСАА в кишечнике, влияя на общую концентрацию ВСАА в плазме и приводя к снижению показателей роста. Аминотрансфераза аминокислот с разветвленной цепью катализирует первую стадию катаболизма лейцина, изолейцина и валина, при которой аминокислотная группа переносится либо в  $\alpha$ -кетоглутарат, либо в соответствующий  $\alpha$ -кетокислот с разветвленной цепью. Синтезируя глутамат, этот фермент приводит к окислительному дезаминированию аминокислоты с разветвленной цепью (ВСАА) глутаматдегидрогеназой.

Кетокислоты, оставшиеся после трансаминирования, служат субстратами для необратимого окислительного декарбоксилирования, которое является вторым этапом в пути расщепления ВСАА и катализируется  $\alpha$ -кетокислотдегидрогеназой с разветвленной цепью (разветвленная  $\alpha$ -кетокислотдегидрогеназа ВСКАД) - мультиферментным комплексом, расположенным на внутренней поверхности внутренней митохондриальной мембраны. Реакция, катализируемая разветвленной цепи  $\alpha$ -кетокислотдегидрогеназа ВСКАД, дает соответствующие соединения КоА:

лейцин  $\rightarrow$   $\alpha$ -кетоизокапроат  $\rightarrow$  изовалерил-КоА

изолейцин  $\rightarrow$   $\alpha$ -кето- $\beta$ -метилвалерат  $\rightarrow$   $\alpha$ -метилбутирил-КоА

валин  $\rightarrow$   $\alpha$ -кетоизовалерат  $\rightarrow$  изобутирил-КоА

Последующие реакции сравнимы с теми, которые участвуют в окислении жирных кислот. Естественно, все эти последовательности реакций не обязательно полностью протекают в почках рыбы. Часть кетокислот в результате трансаминирования АА с разветвленной цепью может покидать почечные клетки и переноситься в другие ткани с помощью кровообращения [5].

#### Библиографический список

1. Sampels, S. Towards a more sustainable production of fish as an important source for human nutrition. *J. Fish. Livest. Prod*, 2014, 2: 119.
  2. Hancz, C.; Varga, D. Measuring fish metabolism—science and practice of development in fish feeding: A review. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 2017, 21.1: 1-14.
  3. Craig, S. R., Helfrich, L. A., Kuhn, D., & Schwarz, M. H. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Tech, 2017. Publication 420-256.
  4. Ahmad I, Ahmed I, Fatma S, Peres H. Role of branched-chain amino acids on growth, physiology and metabolism of different fish species: A review. *Aquacult Nutr*. 2021; 00:1–20. <https://doi.org/10.1111/anu.13267>.
  5. Hochachka, P. W., & Mommsen, T. P. *Metabolic biochemistry*. Amsterdam; New York: Elsevier, 1995. pp 174-176.
- Агробиотехнология-2021 : Сборник статей Международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – 1320 с. – ISBN 978-5-9675-1855-3. – EDN NWTQEX.