

« М.А. Гендельманнның 110 жылдыгына арналған «Сейфуллин окулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110 - летию М.А. Гендельмана» - 2023.- Т.1, Ч.II.- С.288-291.

УДК 639.3.043.2

МЕТАБОЛИЗМ ИЗОЛЕЙЦИНА У РЫБ В УСЛОВИЯХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Салех Хатем, аспирант
Шаповалов С.О., профессор
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г.Москва, РФ*

В настоящее время аквакультура является самым 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.

У животных как изолейцин, так и лейцин предотвращали повышение концентрации глюкозы в плазме, и эффект изолейцина был сильнее, чем у других ВСАА. многие исследования показали, что изолейцин участвует в поглощении глюкозы плазмой у крыс. Гипотеза механизма, с помощью которого изолейцин и лейцин регулируют уровень глюкозы в сыворотке, может быть связана с увеличением поглощения глюкозы мышцами, окислением глюкозы в организме и снижением печеночного глюконеогенеза.

Последние исследования показывали, 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 α -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 *C. 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.

ВСАА не разлагается непосредственно в печени, и большинство из них доступны для метаболизма в скелетных мышцах и других тканях. Однако печень может окислять ВСАА после того, как они превращаются в α -кетокислоты в других тканях (рис,1).



Рисунок,1 Путь катаболизма аминокислот с разветвленной цепью

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 аминогруппа переносится либо в α -кетоглутарат, либо в соответствующий α -кетоеид 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 α -кетокислотдегидрогеназой с разветвленной цепью (разветвленная α -кетокислотдегидрогеназа ВСКАД) - мультиферментным комплексом, расположенным на внутренней поверхности внутренней

митохондриальной мембраны. Реакция, катализируемая разветвленной цепи α -кетокислотдегидрогеназа ВСКАД, дает соответствующие соединения КоА:

лейцин α -кетоизокапроат изовалерил-КоА

изолейцин α -кето- β -метилвалерат α -метилбутирил-КоА

валин α -кетоизовалерат 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. [Text] / *J. Fish. Livest. Prod.*, 2014, 2: 119.

2 Hancz, C.; Varga, D. Measuring fish metabolism—science and practice of development in fish feeding[Text] : A review. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 2017,- 21.P.- 1-14.

3 Craig, S. R., Helfrich, L. A., Kuhn, D., & Schwarz, M. H. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding [Text]: College of Agriculture and Life Sciences, -Virginia Tech, 2017. - P.-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[Text] : A review. *Aquacult Nutr.* 2021. <https://doi.org/10.1111/anu.13267>.

5 Hochachka, P. W., & Mommsen, T. P. *Metabolic biochemistry*. [Text]:Amsterdam; New York: Elsevier, 1995.-P.- 174-17