

ДИЛЕММА С РЫБНОЙ МУКОЙ: КАКИЕ ЕСТЬ АЛЬТЕРНАТИВЫ?

А. КРОГДАЛЬ, Норвежский университет естественных наук, Норвегия

Все, кто связан с аквакультурой, знают о проблемах, которые создает для данной отрасли ограниченность мировых запасов рыбной муки и рыбьего жира. Эта ситуация освещается в многочисленных научных статьях и презентациях, пресс-релизах и материалах общественных дискуссий, а также в политических документах. Для сохранения высоких уровней продуктивности, здоровья и благосостояния рыб и ракообразных в условиях развивающейся индустрии необходимы значительные вложения как в фундаментальные, так и в прикладные исследования.

Во всей мировой производственной цепи предпринимаются меры по преодолению препятствий в развитии отрасли, создаваемых дефицитом морского сырья: изучаются новые кормовые средства из представителей растительного и животного мира, насекомых и микробов; разрабатываются инновационные технологии и оптимальные режимы переработки компонентов и кормов, а также соответствующее оборудование; улучшается точность формулирования рационов, для чего оцениваются и постоянно уточняются специфические видовые потребности рыб в питательных веществах; наконец, реализуются селекционные программы по повышению толерантности рыб к новым кормовым компонентам.

Необходимость принятия этих мер связана с быстрым ростом населения планеты и уровня жизни, с увеличением спроса на продукты питания, особенно на продукты высокой пищевой ценности, такие как рыба и мясо. Еще один важный фактор, который учитывается при этом, — рост загрязнения окружающей среды во всех регионах планеты. Отходы накапливаются, большие объемы органических ресурсов, включая продукты питания, становятся бесполезными из-за загрязнения тяжелыми металлами и другими токсичными веществами. В то же время источники важнейших питательных веществ находятся под угрозой исчезновения (например, сложная ситуация с фосфатами). В связи с ростом мирового спроса на продукты питания, необходимостью снижения объемов отходов и экономии природных ресурсов поиск альтернатив для рыбной муки и рыбьего жира представляет собой задачу глобального уровня. Решение проблем, стоящих сейчас перед аквакультурой как отраслью пищевой промышленности, очень важно для будущей пищевой безопасности планеты и требует холистического (комплексного) подхода в соответствии с принципами циркулярной экономики (European Commission, 2015).

Высококачественные рыбная мука и рыбий жир — богатые источники длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) ряда омега-3, прежде всего, доказанной (ДГК) и эйкозапентаеновой (ЭПК) кислот,

незаменимых или условно незаменимых для большинства животных, человека, а также ряда видов морских рыб и креветок. Баланс аминокислот в рыбной муке лучше, чем у большинства растительных источников протеина. Она является хорошим источником многих важных витаминов и микроэлементов. В ней высока концентрация питательных веществ на единицу доступной энергии, а уровень непереваримых веществ, наоборот, низкий. Большинству видов рыб и креветок требуется рацион с 20–30% незаменимых аминокислот, то есть с содержанием 40–60% сырого протеина, а также с 1–2% незаменимых жирных кислот. Очевидно, потребность аквакультуры в аминокислотах самая высокая, причем в незаменимых жирных кислотах, по всей видимости, — наиболее критичная, поскольку число их альтернативных источников ограничено, и почти все они — морские. Решением проблемы дефицита ДГК и ЭПК могут стать современные технологии генетической селекции растений и водорослей как генетически модифицированных, так и нет. Эти технологии уже предложили аквакультуре несколько возможных вариантов для замены традиционных источников жирных кислот в рационах рыб. В долгосрочной перспективе самым критичным может стать поиск новых источников протеина.

В данной статье рассматриваются кормовые средства, предложенные в качестве альтернативы рыбной муки, многие из которых сейчас интенсивно изучаются во всем мире. Много полезной для данного обзора информации автор почерпнула в работах Sørensen и соавт. (2011), Tacson и соавт. (2011) и Olsen (2011).

ЖИВОТНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Хотя мировые объемы вылова дикой рыбы вышли на «плато» и сейчас понемногу снижаются, рыболовецкая отрасль может оставаться важным поставщиком питательных веществ для аквакультуры, особенно если повысить эффективность использования отходов потребления рыбы и отходов самого лова за счет улучшения технологий консервации и сушки рыбной муки.



Рыба — не единственное морское сырье для обеспечения аквакультуры питательными веществами, для этих целей можно использовать и другие морские виды, в том числе находящиеся на более низком трофическом уровне. Известно, например, что у двух видов ракообразных — **планктонового веслоногого рака** *Calanus finmarchicus*, живущего в Норвежском море, и **антарктического криля** *Euphausia superba* — химический состав тела почти идентичен профилю потребностей в питательных веществах у рыб и креветок. Их высокая питательная ценность дополняется большим содержанием ПНЖК ряда омега-3, в основном в составе фосфолипидов тела, а также каротиноида астаксантин. Годовой объем прироста биомассы популяции первого из этих видов составляет 200–350 млн т, и отлов даже 1% от этого объема внесет ценный вклад в кормовое обеспечение аквакультуры. Однако отсутствие адекватных технологий лова и консервации, а также споры о возможном влиянии такого отлова на численность популяций рыбы затрудняют использование этого рака в качестве источника питательных веществ, по крайней мере, в ближайшем будущем.

Второй вид, криль, у которого годовой прирост биомассы оценивается на уровне более 100 млн т, уже добывается (до 0,2 млн т в год) и используется в качестве ценного сырья для кормовой и пищевой промышленности, однако его себестоимость довольно высока. Крилем трудно полностью заменить рыбную муку в рационах из-за высокого содержания в его цитоскелете хитина, фтора, меди и кадмия. Однако разработка экономически эффективной технологии удаления цитоскелета из продуктов переработки криля позволила бы использовать в рационах животных муку из криля вместо рыбной муки. Объемы лова криля также могут быть увеличены, однако для этого могут потребоваться капитоноемые изменения технологий лова и переработки криля.

С недавнего времени в качестве потенциального компонента кормов для рыбы стали рассматривать **продукты из мидий**. Это фактически отходы промышленного производства продуктов питания для человека, и они довольно доступны для кормовых целей. Сейчас развивается новая технология выращивания мидий — в комплексных культурах вместе с рыбой и микроводорослями, которая дает более значительные объемы кормовой продукции из мидий. Задача такой мультитрофной аквакультуры — максимальное использование «потерянных» рыбой питательных веществ, таким образом снижая их потери. Мидии могут быть хорошим кормовым средством для рыбы и креветок при условии их правильной ловли и переработки (если в них отсутствуют токсины водорослей, предотвращено их ферментативное и микробное разложение, а также удален излишок вещества раковин). Кроме того, мидии содержат астаксантин, незаменимый для рыб и креветок, запасы которого ограничены.

Отходы и субпродукты наземного животноводства, такие как мясо, кровь, кожа, перо, кости могут служить заменой рыбной муки в рационах рыб и креветок. Некоторые из этих компонентов уже успешно вводятся в состав кормов для объектов аквакультуры. Но широкое их применение ограничивается следующим: низким содержанием длинноцепочечных ПНЖК ряда омега-3; относительно высокими точками плавления липидных фракций, что затрудняет их использование в кормах для холодноводных видов рыб; низкой доступностью цистеина из перьевых муки, нарушающей баланс аминокислот в корме; высоким уровнем железа в крови, что может приводить к окислению важных компонентов рациона, таких как астаксантин. Более того, питательная ценность таких продуктов не стабильна и зависит от растворимости некоторых фракций, условий переработки и др. Однако новые исследования помогут усовершенствовать технологии переработки и, как следствие, улучшить характеристики данных продуктов, расширить возможности для их кормового использования в аквакультуре.

Еще одна проблема состоит в том, что в Евросоюзе уже многие годы отходы наземного животноводства запрещены в кормлении животных после памятного скандала с «коровьим бешенством». Запрет на их использование в рационах рыб давно снят, но многие кормопроизводящие компании до сих пор отказываются их применять в качестве сырья, главным образом, опасаясь негативной реакции потребителей. Возможно, со временем отходы животноводства получат полный легальный статус в качестве кормового средства и займут свое место в рационах. Вместе с тем эти продукты служат ценным сырьем для производства продуктов питания, медикаментов и пищевых добавок, что приведет к росту цен на них и снизит их потенциал как кормового средства для аквакультуры.

Недавно внимание специалистов по кормлению животных и, в частности, объектов аквакультуры снова привлекли продукты из личинок насекомых — **мучных червей** (личинки хрущака *Tenebrio molitor*) и **личинок черной мухи-львинки** (*Hermetia illucens*). Это своего рода природный «конвертер» для обратного использования и улучшения состава органического вещества. Сейчас активно ведется разработка новых технологий для получения из различных видов насекомых продуктов, пригодных для кормления животных. Одна из причин оптимизма в вопросе использования насекомых в кормлении — эффективность конверсии ими в продукты высокой питательности органического вещества субстратов.

Интерес с точки зрения кормового потенциала представляют также **земляные черви** с их высоким содержанием протеина в сухом веществе тела. Пока они еще не привлекли особого внимания, хотя из-за их симбиоза с микроорганизмами степень конверсии низкопитательного органического вещества у них может быть даже выше, чем у насекомых.



РАСТИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

В последние три десятилетия в качестве заменителей рыбной муки в рационах рыб и креветок все шире исследуются и используются растительные источники протеина, такие как **концентраты на основе зерновых, зернобобовых и масличных культур**. Именно эти компоненты позволили аквакультуре наращивать производство несмотря на дефицит рыбной муки и рыбьего жира. Сегодня используются цельные или переработанные продукты из соевых бобов, семян рапса (канолы), люпина, других зернобобовых культур, подсолнечника, арахиса, кукурузы и пшеницы. Зерновые и зернобобовые культуры давно стали распространенными компонентами комбикормов для наземных видов животных, поэтому их мировые запасы довольно велики, а цены на них, соответственно, умеренны. Однако ни у одного из таких компонентов пока не обнаружено достаточного кормового потенциала, чтобы стать единственным источником протеина в рационах и полностью заменить собой рыбную муку. Причин тому несколько: относительно низкое содержание протеина; неудачный баланс аминокислот; высокое содержание непереваримых углеводов; присутствие одного или сразу нескольких антипитательных факторов, причем в переменных концентрациях. Эти продукты обычно бедны жирными кислотами ряда омега-3, причем длинноцепочечные ПНЖК этого ряда, которые жизненно необходимы водным видам, там практически полностью отсутствуют. Зато в них высокая концентрация жирных кислот ряда омега-6, исключение составляет рапсовое масло, которое полезно именно из-за низкого содержания жирных кислот этого ряда и высокого содержания мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), что позволяет вводить его в рационы без существенного ухудшения соотношения жирных кислот обоих рядов. В кормах для рыб используются в основном обезжиренные растительные источники протеина.

В этой сфере прочно закрепились высокопroteиновые **побочные продукты производства крахмала**, такие как мука из кукурузного или пшеничного глютена. Высоким содержанием протеина характеризуются побочные продукты пивоваренной и биоэнергетической промышленности, которые тоже могут служить источником растительного белка в рационах объектов аквакультуры. Условиями для этого являются сохранение в них аминокислот при переработке и вводе в комбикорма, а также соответствие нормам биологической безопасности, в частности, по бактериальной обсемененности и уровню микотоксинов.

Дальнейший прогресс в селекции растений и технологиях переработки позволит повысить питательность таких продуктов и снизить содержание в них антипитательных факторов, следовательно, увеличить их ввод в корма для аквакультуры. Однако здесь, как и в случае с отходами животного происхождения, улучшение питательности и других технологических характеристик приведет к более широкому их использованию для продовольственных

нужд, что усилит конкуренцию между человеком и животными. Еще одна проблема, ограничивающая применение продуктов наземного сельского хозяйства как растениеводства, так и животноводства в кормлении водных видов, — это постоянный и в основном безвозвратный отток ценных питательных веществ с сушки в океан.

МИКРОБНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Многие микроорганизмы, такие как бактерии, дрожжи, грибки и микроводоросли, способны продуцировать **биомассу с высоким содержанием протеина** и высокой концентрацией жирных кислот омега-3. Субстратами для этих микроорганизмов служит самая разная органика, начиная с простейшей органической молекулы (метана) и кончая сложными по составу отходами сельскохозяйственного и пищевого производства, лесной и целлюлозно-бумажной промышленности, выращивания макроводорослей и т.д. Состав и биологическая безопасность биомассы сильно различаются в зависимости от ее источника (микробного вида), используемого субстрата и условий выращивания микроорганизмов. Исследователи предсказывают, что в перспективе можно будет производить биомассу с заданными показателями питательности (по аминокислотам, липидам и другим важнейшим питательным веществам) для кормления конкретных видов рыб. Прогнозируется, что в будущем микробная биомасса, выращенная на различных отходах или неиспользуемых органических субстратах, станет важным компонентом кормов и для других животных. Однако остается проблема биологической доступности питательных веществ — сначала веществ субстрата для микробов, а затем веществ микробов для животных. Необходимо разработать ферментные композиции, которые помогали бы высвобождать питательные вещества из различных субстратов для использования микробами, а также усовершенствовать оборудование для получения микробной биомассы. Наращивание ее производства, несомненно, потребует значительных капиталовложений, в том числе на научные исследования, направленные на оценку питательной ценности и безопасности микробной биомассы.

В последние десятилетия рыбную муку в кормах для аквакультурных видов пытались заменять, хотя бы частично, различными кормовыми продуктами. Многие из них, способные повысить экологическую устойчивость аквакультуры, ждут своих исследователей. Ожидаемый темп роста производства в аквакультуре потребует постоянного поиска новых, не исследованных источников питательных веществ. Они, скорее всего, будут из описанных в данном обзоре категорий кормовых компонентов или происходить из других источников, пока еще не идентифицированных. ■