

Влияние антиоксидантных добавок на показатели роста и оксидативного стресса у искусственно выращиваемых рыб: садковая форель как модельный объект

Лысенко Л.А., Канцерова Н.П., Чурова М.В., Немова Н.Н. (ИБ КарНЦ РАН)

Фундаментальные знания о факторах, отвечающих за интенсивность роста искусственно выращиваемых рыб, и разработка на их основе практических способов его ускорения имеют первостепенное значение для промышленного рыбоводства. Темп роста рыб, главным образом, определяется приростом их мышечной массы, поскольку белые скелетные мышцы составляют более половины живой массы рыбы. Накопление мышечных белков зависит от соотношения скоростей их синтеза и гидролиза. Интенсивность процесса биосинтеза в мышцах обычно оценивается по соотношению РНК/ДНК, уровням экспрессии генов структурных и регуляторных белков скелетных мышц, таких как *MyHC* (тяжелая цепь миозина), миогенных факторов *MyoD*, *Myf5*, миогенина и миостатина. Скорость деградации мышечных белков определяется активностью эндогенных протеиназ протеасомного, лизосомно-аутофагического и кальпаинового путей. У интенсивно растущих рыб (до половой зрелости), наряду с максимальной скоростью биосинтеза, наблюдается интенсивный белковый распад, который необходим для контроля качества синтезируемых белков – элиминации белков с ошибками биосинтеза, нефункциональных, а также избыточных и стадийспецифичных. В процессе гидролиза образуются свободные аминокислоты – структурные элементы для синтеза новых белков. Сложная архитектура мышечных волокон снижает доступность белковых субстратов для протеиназ, в связи с чем решающую роль в мышцах играют кальпаины, ответственные за разборку миофибрилл и деградацию 35–45% образующихся полипептидов. Вклад протеасомной системы, доминирующей в других органах, составляет в мышцах рыб лишь 4% от общего протеолиза, вместе с тем, именно убиквитин-протеасомная система распознает и гидролизует дефектные белки.

Искусственное выращивание рыб сопряжено со многими стресс-индуцирующими факторами, такими как высокая плотность посадки, хэндлинг, гипоксия, летний подъем температур; по проведенным наблюдениям, последний особенно негативно отражается на состоянии культивируемой радужной форели, *Oncorhynchus mykiss* – холодноводного вида. Они сказываются в виде снижения темпов прироста рыбы, подверженности бактериальным инвазиям, высоком проценте летальности и, в итоге, обуславливают высокие риски и издержки этого вида хозяйственной деятельности. На клеточном уровне стресс провоцирует оксидативные процессы, в результате чего клеточные белки, наряду с липидами, подвергаются окислению. Интенсивность окисления белков, оцениваемая по содержанию их карбонильных производных, повышается в периоды, неблагоприятные для роста и здоровья рыб. Одновременно с этим возрастает нагрузка на антиоксидантные системы организма и систему контроля качества клеточных белков. В экспериментах с радужной форелью была подтверждена эффективность обогащения корма рыб антиоксидантной добавкой – дигидрокверцетином, флавоноидом растительного происхождения. Механизм действия антиоксидантной добавки, применение которой вызвало улучшение общего состояния культивируемой форели (более высокий темп роста, снижение летальности и степени инфицированности), заключается, по всей видимости, в купировании оксидативных процессов в тканях, и, как следствие, в снижении энергетических затрат на процессы контроля качества клеточных макромолекул и органелл, их репарацию и ресинтез, повышении естественной сопротивляемости организма, более эффективном использовании веществ пищи и накоплении энергетических и пластических резервов. Полученные результаты в дальнейшем планируется применить для повышения эффективности рыбоводной деятельности и совершенствования отечественного кормопроизводства. Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП КарНЦ РАН и при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-74-20098).