

Таким образом, исследованные рыбы принимают окончательное решение о заглатывании или отвергании объекта после нескольких его тестирований с помощью внутриротовых рецепторов. Чем больше число таких повторных апробаций, тем длительнее в целом вкусовой ответ. Это в полной мере относится к опытам, завершившимся заглатыванием гранулы и к опытам, в которых гранула в итоге была рыбой отвергнута. Продолжительность вкусового ответа в последнем случае значительно короче, прежде всего из-за менее длительных периодов удержания гранулы в ротовой полости. Продолжительность удержания гранулы быстро и закономерно снижается с каждым последующим схватыванием, тогда как интервалы между схватываниями изменяются менее существенно. Следовательно, время, затрачиваемое рыбами на оценку вкусовых качеств схваченного пищевого объекта, последовательно уменьшается с каждым повторным его схватыванием.

Одной из интереснейших задач физиологии вкуса в настоящее время является выяснение количества времени, требуемого на проявление реакции. У девятиглазой колюшки и линя длительность удержания гранулы во рту часто составляет менее 1 сек, а в отдельных опытах – менее 0.5 сек. Это время затрачивается на реализацию целого комплекса процессов – рецепцию содержащегося в грануле вкусового вещества, передачу полученной информации во вкусовые центры и ее обработку, формирование и осуществление одного из возможных поведенческих сценариев: заглатывание гранулы, отвергание гранулы с целью последующего ее схватывания, окончательное отвергание гранулы. Согласно имеющимся литературным данным, большая часть этого времени затрачивается на обработку информации в мозговых центрах и формирование соответствующего поведенческого ответа.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 10-04-00349) и Программы «Ведущие научные школы» НШ-186.208.4.*

## **TEMPORAL CHARACTERISTICS FOR FLAVORED PELLET TESTING BEHAVIOR IN FISH WITH DIFFERENT FEEDING**

**E.S. Mikhailova<sup>1</sup>, O.M. Isaeva<sup>2</sup>, A.O. Kasumyan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Moscow State University, Moscow, Russia  
elena\_mikhailova@mail.ru.

<sup>2</sup> Federal State Research Institution ‘Institute of Ecology of Fishery Water Bodies’, Krasnoyarsk, Russia  
olga-isa2@yandex.ru.

Fish make several repeated tests (grasping-retention-rejection) for the final decision about swallowing or rejection a food object (agar-agar pellets flavored with free amino acids). The response on flavored pellets was studied for ninespined stickleback *Gasterosteus aculeatus*, european bitterling *Rhodeus sericeus amarus*, bream *Abramis brama* and tench *Tinca tinca*. It was found that number of repeated tests reaches up to 16 in bream, 11 in stickleback, and 6 in both bitterling and tench. The more repeated tests, the longer the pellet testing. For all species, except a tench, the first retention of pellet was longest; duration of the subsequent pellet keepings naturally decreases from the first grasp to the last one. Duration of intervals between keepings was shorter than pellet retention time, had low variability and remains approximately at the same level during the experiment.

## **ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ НЕКОТОРЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ ВИДОВ РЫБ ИЗ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**А.А. Морозов, Г.М. Чуйко**

Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
пос. Борок Ярославской обл., Россия  
morozov@ibiw.yaroslavl.ru

В основе повреждающего действия большинства внешних факторов в организме животных на молекулярно-клеточном уровне лежит избыточное образование активных форм кислорода (АФК). В результате чего в клетке развивается окислительный стресс (ОС). Один из показате-

телей ОС в клетке – усиление процессов накопления продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), в частности, малонового диальдегида (МДА). Для защиты от повреждающего действия АФК у аэробных организмов служит антиоксидантная система (АОС; Руднева, 2003; Довженко, 2006; Гостюхина, 2008).

При изучении АОС нельзя не учитывать органную и видовую специфику, связанную с конкретными физиологическими функциями исследуемых органов и условиями обитания изучаемых видов рыб. Поэтому целью работы стало проведение сравнительного анализа активности отдельных компонентов АОС, выявление особенностей механизма и степени участия АОС в защитной реакции у разных видов рыб.

Объектами исследований выбраны распространенные в Рыбинском водохранилище виды рыб: лещ *Abramis brama* L. и плотва *Rutilus rutilus* L., относящиеся к разным экологическим группам. В печени, жабрах, гонадах, селезенке и мышцах рыб определяли содержание и активность: малонового диальдегида (МДА; Владимиров, Арчаков, 1972); восстановленного глутатиона (GSH; Moron et al, 1979); белка (Bradford, 1976); каталазы (К.Ф. 1.11.1.6; Королук и др., 1988); супероксиддисмутазы (СОД; К.Ф. 1.15.1.1; Чевари и др., 1985); глутатион-S-трансферазы (GST; К.Ф. 2.5.1.18; Habig et al, 1974).

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Значения некоторых параметров биотрансформации ксенобиотиков, ПОЛ и АОС в различных органах леща из Рыбинского водохранилища

Орган	МДА, пкмоль/мкг белка	GSH, пкмоль/мкг белка	GST, нмоль/мкг белка в мин.	Каталаза, нмоль/мкг белка в мин.	СОД, $\Delta E \times 10^{-6}$ /мкг белка в мин.
Гонады	$6.56 \pm 1.17^1$	$5.15 \pm 0.94^1$	$1.16 \pm 0.15^1$	$2.37 \pm 0.40^1$	$21.16 \pm 1.91^1$
Жабры	$3.28 \pm 0.19^2$	$0.62 \pm 0.07^3$	$0.51 \pm 0.07^2$	$0.48 \pm 0.09^2$	$9.92 \pm 1.42^2$
Селезенка	$2.32 \pm 0.67^2$	$1.61 \pm 0.31^{2,3}$	$0.20 \pm 0.04^2$	$0.74 \pm 0.12^{1,2}$	$11.47 \pm 4.16^2$
Печень	$1.71 \pm 0.50^{2,3}$	$2.57 \pm 0.27^2$	$1.09 \pm 0.20^1$	$19.90 \pm 1.19^3$	$18.67 \pm 1.91^1$
Мышцы	$0.29 \pm 0.05^3$	$1.64 \pm 0.25^{2,3}$	$0.53 \pm 0.08^2$	$2.09 \pm 0.24^{1,2}$	$5.92 \pm 0.78^2$

Примечание: представлены средние значения и стандартные ошибки ( $x \pm SE$ ), количество исследованных особей – 9. Значения с различными цифровыми индексами, для каждого параметра АОС, достоверно отличаются (ANOVA, LSD тест,  $p=0,05$ ).

Таблица 2. Значения некоторых параметров биотрансформации ксенобиотиков, ПОЛ и АОС в различных органах плотвы из Рыбинского водохранилища

Орган	МДА, пкмоль/мкг белка	GSH, пкмоль/мкг белка	GST, нмоль/мкг белка в мин.	Каталаза, нмоль/мкг белка в мин.	СОД, $\Delta E \times 10^{-6}$ /мкг белка в мин.
Гонады	$1.53 \pm 0.97^{1,2}$	$1.90 \pm 0.60^2$	$0.95 \pm 0.53^1$	$2.41 \pm 0.91^1$	$16.29 \pm 8.81^2$
Жабры	$4.33 \pm 0.36^3$	$2.12 \pm 0.14^2$	$1.34 \pm 0.19^1$	$0.61 \pm 0.09^1$	$2.15 \pm 0.27^1$
Селезенка	$2.95 \pm 0.33^{2,3}$	$2.04 \pm 0.18^2$	$0.53 \pm 0.10^1$	$0.91 \pm 0.07^1$	$4.79 \pm 0.97^1$
Печень	$3.55 \pm 0.79^3$	$2.34 \pm 0.72^2$	$11.77 \pm 0.75^2$	$35.01 \pm 3.44^2$	$3.20 \pm 0.36^1$
Мышцы	$0.58 \pm 0.09^1$	$0.62 \pm 0.05^1$	$0.47 \pm 0.08^1$	$1.86 \pm 0.09^1$	$1.38 \pm 0.26^1$

Примечание: представлены средние значения и стандартные ошибки ( $x \pm SE$ ), количество исследованных особей – 10. Значения с различными цифровыми индексами, для каждого параметра АОС, достоверно отличаются (ANOVA, LSD тест,  $p=0,05$ ).

АОС жабр плотвы и леща отличается минимальной активностью практически всех ее компонентов. Это, видимо, обусловлено функцией дыхания и обмена кислородом между внешней и внутренней средой, которую жабры выполняют в организме рыб. Ткани этого органа обладают высокой степенью насыщенности кровью. Основную нагрузку по АО защите в них берет на себя мощная АОС эритроцитов, где и генерируется основная часть АФК, как побочный продукт взаимодействия кислорода с гемоглобином. В печени рыб продукты ПОЛ образуются в меньшем количестве, чем в жабрах. При этом АОС этого органа выделяется высокой эффективностью всех своих компонентов. В первую очередь, это относится к каталазе печени обоих видов рыб, и к GST печени плотвы. Печень рыб принимает участие в процессах детоксикации, аккумуляции антигенов и выведения их из организма (Микряков и др., 2001). Такие уровни активности каталазы и GST свидетельствуют о том, что в гепатоцитах процессы ПОЛ протекают с высокой интенсивностью, а указанным фермен-

там принадлежит ключевая роль в АО защите данного органа исследованных видов рыб. В селезенке рыб, по сравнению с другими органами, показатели АОС и ПОЛ на среднем уровне. При этом активность СОД в этом органе у обоих видов относительно высокая. У рыб селезенку считают основным местом эритро- и тромбопоэза, также отмечают лимфо-, грануло- и плазмопоэтическую активность (Микряков и др., 1979). Лейкоциты, образующиеся в селезенке, и, в первую очередь, нейтрофилы обладают фагоцитарной активностью в отношении микробов и старых клеток крови (Микряков и др., 2001). Эта функция лейкоцитов связана с их способностью генерировать АФК. Защита собственных клеток селезенки от их повреждающего действия, видимо, и обеспечивается, в основном, СОД. Профили ПОЛ и АОС отличаются в половых продуктах исследованных видов рыб. В гонадах леща, по сравнению с другими органами этого вида и гонадами плотвы, где содержание МДА близко к минимальному, повышенное содержание продукта ПОЛ связано, вероятно, со значительным количеством липидов, содержащихся в половых продуктах рыб (Лапин, Шатуновский, 1981). Среди особей леща преобладали самцы, молоки которых содержат большое количество липидов, а среди особей плотвы – самки, икра которых богата каротиноидами, обеспечивающими дополнительную защиту от АФК. Высокий уровень GSH, свидетельствует о том, что нейтрализация H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, образующейся в результате деятельности СОД, происходит как через глутатионовый цикл, так и за счет каталазы (Di Giulio et al, 1995). По сравнению с другими органами, в мышцах рыб отмечаются самые низкие уровни МДА и СОД, хотя активность каталазы – на среднем уровне. Такой уровень продуктов ПОЛ связан, возможно, с невысоким, по сравнению с другими исследованными органами, содержанием липидов. В то же время низкое содержание МДА может объясняться и относительно высокой активностью каталазы.

Таким образом, в зависимости от функционального назначения, стратегия участия АОС в защите от ОС в различных тканях пресноводных рыб существенно отличается.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-00805.*

## **FEATURES OF THE MECHANISMS OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF SOME FRESHWATER FISH SPECIES FROM THE RYBINSK RESERVOIR**

**A.A. Morozov, G.M. Chuiko**

Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia  
morozov@ibiw.yaroslavl.ru

The results of analyses of some indicators of AOS and the content of LPO product – MDA – in liver, gill, gonads, spleen, muscles of bream *Abramis brama* L. and roach *Rutilus rutilus* L. are presented. It was shown that there is organ specificity in the organization of the AOS. The maximum level of MDA is registered in the gonads and the gills of bream and roach, respectively, whereas the minimum level of MDA in muscle of both species. The highest level of enzyme activity is established in liver and gonads of both species, lowest level is demonstrated in muscles of both species.

## **ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ, КАЛЕНДАРНЫЙ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L.**

**И.Г. Мурза, О.Л. Христофоров**

Санкт-Петербургский университет, Санкт-Петербург, Россия  
bigfish@OC4414.spb.edu

Периодизацию онтогенеза рыб разрабатывали Т.С. Расс (1946), В.В. Васнецов (1953), С.Г. Крыжановский (1956), Н.Н. Дислер (1957), П.А. Дрягин (1961), но до настоящего времени руководства и нормативные документы по заводскому воспроизводству лососевых содержат неточности и противоречия в интерпретации этапов. Их необходимо устранять, так как ещё Р. Декарт писал: «Уточняйте понятия и вы избавите мир от половины заблуждений». Например, в «Инструкции по разведению атлантического лосося. Л. 1979.» сообщается, что при попадании яиц в воду «... в яд-