

Н. А. Пудовкин, П. В. Смутнев

ОСОБЕННОСТИ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ХИЩНЫХ РЫБ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА¹

Изучено содержание элементов антиоксидантной системы (малоновый диальдегид, каталаза, селен) в тканях внутренних органов (жабры, кишечник, гонады, мышцы, печень, плавательный пузырь, чешуя) некоторых видов хищных рыб (щука обыкновенная *Esox lucius* (L., 1758), речной окунь *Perca fluviatilis* (L., 1758), судак обыкновенный *Sander lucioperca* (L., 1758), сом обыкновенный *Silurus glanis*), наиболее широко распространенных в бассейне р. Волги в пределах Саратовского региона. Определена общая закономерность – наибольшая концентрация малонового диальдегида в организме изучаемых видов рыб отмечается в летний период. Самое низкое содержание малонового диальдегида наблюдается в осенне-зимний период, самое высокое – в весенне-летний. Активность каталазы в весенний период в ткани жабр щуки повысилась на 11,8 %, сома – на 9,1 %, судака – на 7,5 %, окуня – на 7,8 %. В осенний период (относительно зимнего) установлено снижение активности фермента в гонадах: у судака – на 16,3 %, у окуня – на 14,4 %. В остальных тканях организма достоверных изменений активности каталазы не выявлено. По средней величине содержания селена в организме изучаемые виды рыб располагаются в следующем порядке, мкг/г: щука (0,208) > сом (0,207) > судак (0,196) > окунь (0,178). По средней величине накопления селена в зависимости от сезона получены следующие ряды, мкг/г: зима – щука (0,132) > судак (0,136) > окунь и сом (0,142); весна – судак > (0,190) > окунь (0,191) > щука (0,208) > сом (0,209); лето – окунь (0,186) > судак > (0,190) > сом и щука (0,203); осень – окунь (0,193) > судак (0,268) > сом (0,274) > щука (0,289).

Ключевые слова: перекисное окисление липидов, антиоксидантная система рыб, малоновый диальдегид, каталаза, селен, хищные рыбы.

Введение

Перекисное окисление липидов представляет собой типичный свободнорадикальный процесс. Продуктами перекисного окисления липидов являются диеновые конъюгаты, гидроперекиси, альдегидспирты, окси- и кетокислоты, двухосновные карбоновые кислоты с меньшим числом углеродных атомов, эпоксиды, полимерные соединения и др. [1].

Состояние антиоксидантной системы у рыб зависит от времени года, фотопериодизма и кислородной насыщенности воды. Уровень активности антиоксидантной системы рыб может служить в качестве биомаркера загрязнения окружающей среды [2, 3].

Генерация активных форм кислорода в клетках снижает антиоксидантную защиту организма и вызывает у рыб антиоксидантный стресс. Это связано с увеличением притока к клеткам свободных радикалов. В связи с этим рыбы становятся более чувствительными к заболеваниям и теряют способность адаптации к различным состояниям воды [4].

С учетом вышеизложенного изучение свободнорадикальных процессов в организме рыб, которое стало **целью исследования**, является актуальной задачей в биологической науке.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились в 2015–2016 гг. в лаборатории экологического мониторинга кафедры морфологии, патологии животных и биологии Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова. В качестве объектов исследований было выбрано по 12 особей различных видов рыб, распространенных в бассейне р. Волги: щука обыкновенная *Esox lucius* (L., 1758), речной окунь *Perca fluviatilis* (L., 1758), судак обыкновенный *Sander lucioperca* (L., 1758), сом обыкновенный *Silurus glanis* [5].

Содержание малонового диальдегида (МДА) определяли тиобарбитуровым методом [6].

Для оценки состояния ферментативного звена антиоксидантной обеспеченности организма определяли активность ферментов каталазы в гомогенатах тканей [7].

¹ Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-34-00135 мол_а.

Цифровой материал подвергался статистической обработке с вычислением критерия Стьюдента на персональном компьютере с использованием стандартной программы вариационной статистики Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Содержание МДА. Первым этапом исследований было определение содержания МДА в тканях внутренних органов изучаемых видов хищных рыб, которые наиболее широко распространены в бассейне р. Волги в пределах Саратовского региона (табл. 1).

Таблица 1

Содержание малонового диальдегида в тканях некоторых видов хищных рыб

Орган	Содержание МДА, нмоль/г			
	Щука	Сом	Судак	Окунь
Зима				
Жабры	23,96 ± 1,02*	27,07 ± 1,33	24,54 ± 1,13	21,02 ± 0,63
Кишечник	20,99 ± 0,95	24,05 ± 0,63	19,85 ± 1,07	19,33 ± 1,00
Гонады	15,94 ± 0,62	16,00 ± 0,49	17,01 ± 1,74	15,42 ± 0,69
Мышцы	16,66 ± 0,52	15,83 ± 0,63	14,04 ± 0,63	15,62 ± 0,42
Печень	27,05 ± 1,13	26,73 ± 1,03	23,05 ± 1,95	24,62 ± 1,04
Весна				
Жабры	25,95 ± 1,62	28,04 ± 1,01	25,60 ± 1,06	22,05 ± 0,83
Кишечник	21,06 ± 1,79	23,04 ± 1,13	20,65 ± 0,74	22,03 ± 1,03
Гонады	23,96 ± 1,03	22,07 ± 0,65	24,03 ± 0,95	25,95 ± 1,84
Мышцы	17,05 ± 0,53	18,06 ± 0,96	19,05 ± 0,52	18,04 ± 0,63
Печень	28,04 ± 1,94	29,05 ± 1,48	27,06 ± 1,03	26,53 ± 1,04
Лето				
Жабры	26,05 ± 1,05	27,05 ± 1,04	26,05 ± 1,33	21,04 ± 0,65
Кишечник	22,06 ± 0,66	23,05 ± 1,08	19,63 ± 0,84	21,94 ± 0,63
Гонады	23,84 ± 1,04	24,62 ± 1,11	22,93 ± 1,06	25,00 ± 1,52
Мышцы	19,74 ± 0,42	19,63 ± 0,69	19,63 ± 0,74	19,52 ± 0,69
Печень	25,06 ± 1,23	28,64 ± 0,69	27,04 ± 1,36	25,51 ± 1,53
Осень				
Жабры	25,05 ± 1,05	25,03 ± 1,74	24,05 ± 1,05	22,97 ± 0,62
Кишечник	20,01 ± 0,04	22,62 ± 0,94	18,05 ± 0,73	19,73 ± 0,53
Гонады	20,31 ± 0,71	21,04 ± 0,53	19,99 ± 1,10	20,04 ± 0,44
Мышцы	18,03 ± 0,51	18,66 ± 0,48	17,96 ± 0,74	18,05 ± 0,71
Печень	22,23 ± 0,64	26,97 ± 0,73	24,05 ± 0,43	23,05 ± 0,63

* $M \pm t$ – среднее значение и его ошибка.

Жабры. При анализе результатов исследований просматривается общая закономерность – наибольшая концентрация МДА отмечается в летний период. Так, содержание МДА в жабрах щуки наименьшим было в зимний период, в летний и осенний периоды этот показатель увеличился на 9,9 и 10,4 % соответственно относительно зимнего периода (23,96 нмоль/г). Достоверного различия концентрации МДА в жаберных лепестках сома, судака и окуня не установлено.

Печень. В ткани печени щуки самый низкий уровень МДА был зафиксирован в осенний период (22,23 нмоль/г), самый высокий – весной (28,04 нмоль/г). В ткани печени сома самая низкая концентрация МДА зафиксирована также в осенне-зимний период, к весенне-летнему периоду концентрация МДА повысилась на 7,1–8,0 %. В печени судака наблюдалась аналогичная закономерность – к летнему периоду содержание МДА увеличилось на 14,85 %. По содержанию МДА в ткани печени судака различные сезоны года можно расположить в следующем порядке (по убыванию): зима > осень > лето > весна. В печени окуня достоверных различий в содержании МДА не выявлено.

Мышцы. Самое низкое содержание МДА в организме всех исследуемых видов рыб зафиксировано в скелетной мускулатуре. Так, в мышцах щуки зимой этот показатель составил 16,66 нмоль/г, к лету вырос на 15,6 % и составил 19,74 нмоль/г. Самое высокое содержание МДА в мышцах сома зафиксировано в летний период, самое низкое – в зимний, в весенний и осенний периоды этот показатель повысился на 12,3 и 15,2 % соответственно. По содержанию МДА в мышцах окуня все периоды года можно расположить в следующем порядке (по увеличению): зима > весна (+13,4 %) > осень (+13,5 %) > лето (+20,0 %). В мышцах судака концентрация МДА

колеблется от 14,04 до 19,63 нмоль/г. Низкий уровень продуктов перекисного окисления липидов в мышечной ткани связан, возможно, с невысоким, по сравнению с другими исследованными органами, содержанием липидов [8].

Кишечник. Наивысшее содержание МДА в кишечнике всех видов рыб было отмечено летом, наименьшее – зимой. Концентрацию МДА в кишечнике исследуемых рыб по сезонам можно расположить в следующем порядке (по убыванию): щука – осень > зима > весна > лето; сом – осень > весна > лето > зима; судак – осень > лето > зима > весна; окунь – зима > осень > лето > весна.

Гонады. Свободнорадикальные процессы и регуляторная про- и антиоксидантная система играют важную роль в репродукции и эмбриогенезе. Концентрация МДА в гонадах щуки в зимний период составила 15,94 нмоль/г, к весне и лету этот показатель увеличился на 33,5 и 33,1 % соответственно, к осени – на 21,5 %. В гонадах сома содержание МДА составило зимой 16,00 нмоль/г, к весне этот показатель вырос на 27,5 % и составил 22,07 нмоль/г, к лету содержание МДА увеличилось еще на 35,0 % – до 24,62 нмоль/г. В гонадах судака самое высокое содержание МДА было зафиксировано весной, самое низкое – зимой. В гонадах окуня содержание МДА в зимний период составило 15,42 нмоль/г, в весенний период концентрация МДА повысилась на 40,6 % (25,95 нмоль/г), в летний – на 38,3 % (25,00 нмоль/г), в осенний – на 23,1 % (20,04 нмоль/г).

Активность каталазы. Данные по активности каталазы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Активность каталазы в тканях некоторых видов хищных рыб

Орган	Активность каталазы, ммоль/г			
	Щука	Сом	Судак	Окунь
Зима				
Жабры	37,06 ± 2,05*	39,74 ± 2,05	36,06 ± 2,05	38,06 ± 1,00
Кишечник	24,07 ± 1,33	25,95 ± 1,32	26,00 ± 1,16	24,63 ± 0,68
Гонады	33,73 ± 2,00	35,05 ± 2,06	36,11 ± 2,09	34,51 ± 2,05
Мышцы	29,94 ± 1,13	30,84 ± 1,04	31,83 ± 1,58	30,31 ± 0,85
Печень	45,94 ± 3,02	46,00 ± 3,11	44,72 ± 2,05	44,04 ± 1,99
Весна				
Жабры	38,05 ± 0,53	40,00 ± 1,74	38,47 ± 0,74	38,57 ± 1,05
Кишечник	25,06 ± 0,99	26,13 ± 0,63	26,51 ± 1,15	27,59 ± 0,84
Гонады	38,23 ± 1,76	38,58 ± 1,95	39,05 ± 1,84	37,42 ± 1,12
Мышцы	28,41 ± 0,53	29,03 ± 0,63	28,66 ± 1,03	30,04 ± 0,84
Печень	46,00 ± 2,01	45,17 ± 1,54	44,98 ± 1,94	47,04 ± 1,23
Лето				
Жабры	37,94 ± 1,04	39,52 ± 0,41	38,42 ± 0,42	36,42 ± 0,42
Кишечник	26,00 ± 0,63	25,94 ± 0,94	26,85 ± 1,06	27,02 ± 1,33
Гонады	34,72 ± 1,03	36,93 ± 0,32	35,94 ± 1,04	35,05 ± 0,41
Мышцы	28,04 ± 0,17	28,99 ± 0,38	28,06 ± 0,62	29,05 ± 1,31
Печень	45,93 ± 1,26	44,05 ± 1,16	43,06 ± 0,42	42,05 ± 0,56
Осень				
Жабры	35,93 ± 1,13	34,97 ± 1,63	38,00 ± 1,97	36,13 ± 0,52
Кишечник	25,51 ± 0,52	24,31 ± 0,73	25,14 ± 0,86	28,15 ± 0,42
Гонады	33,93 ± 1,43	32,04 ± 0,48	31,04 ± 0,53	30,16 ± 1,16
Мышцы	28,91 ± 0,28	29,03 ± 0,64	29,14 ± 0,53	30,15 ± 0,42
Печень	44,82 ± 1,38	43,05 ± 1,11	43,72 ± 1,04	44,17 ± 1,59

*M ± m – среднее значение и его ошибка.

Жабры. В тканях жабр изучаемых видов рыб в течение года активность фермента достоверно не изменилась. В весенний период активность каталазы в тканях жабр щуки повысилась на 11,8 %, сома – на 9,1%, судака – на 7,5 %, окуня – на 7,8 %. В осенний период выявлено снижение активности фермента по отношению к зимнему периоду в гонадах: у судака – на 16,3 %, у окуня – на 14,4 %.

Остальные ткани. В остальных тканях организма рыб достоверных изменений активности каталазы не установлено.

Селен. Система антиоксидантной защиты состоит из ферментативного и неферментативного звена. Неферментативные звенья антиоксидантной системы в большей степени выполняют функцию быстрой инактивации свободных радикалов кислорода и азота. К неферментативному звену защиты организма относится микроэлемент селен.

Селен входит также в состав активных центров ферментов антиоксидантной системы, участвует в метаболизме белков и обеспечивает нормальную деятельность иммунной системы [9, 10].

Данные по содержанию селена в органах и тканях изучаемых видов хищных рыб в различные сезоны года приведены в табл. 3.

Жабры. Обращают на себя внимание высокие уровни микроэлемента в жаберных лепестках, что связано, по-видимому, с функциональной особенностью данного органа (некоторое количество селена поступает из воды в процессе дыхания) [11, 12]. В жабрах *щуки* концентрация селена зимой составила 0,149 мкг/г, к весне и лету этот показатель повысился на 33,2 %, к осени вырос в 2,1 раза. В жабрах *сома* содержание микроэлемента повышается на 34,2 % в весенний период, на 31,3 % в летний и на 40,1 % в зимний. В жаберных лепестках *окуня* содержание селена достигает своих максимальных значений в весенний период, далее происходит снижение его концентрации и минимальный уровень определяется в зимний период. В жабрах *судака* содержание селена повысилось на 25,9 % в весенний период, на 19,6 % в летний период и на 34,1 % в осенний период (относительно зимнего).

Кишечник. Основная масса селена поступает в организм рыб с пищей. В ткани кишечника *щуки, сома, судака и окуня* содержание селена по сезонам увеличивается в следующем порядке: зима – весна – лето – осень (табл. 3).

Таблица 3

Концентрация селена в тканях некоторых видов хищных рыб

Орган	Концентрация селена в тканях рыб, мкг/г			
	Щука	Сом	Судак	Окунь
Зима				
Жабры	0,149 ± 0,043*	0,160 ± 0,013	0,172 ± 0,034	0,184 ± 0,051
Кишечник	0,143 ± 0,041	0,139 ± 0,021	0,109 ± 0,021	0,119 ± 0,021
Гонады	0,169 ± 0,054	0,158 ± 0,053	0,142 ± 0,048	0,163 ± 0,032
Мышцы	0,124 ± 0,027	0,133 ± 0,043	0,117 ± 0,013	0,124 ± 0,013
Печень	0,173 ± 0,033	0,158 ± 0,051	0,139 ± 0,033	0,160 ± 0,051
Плавательный пузырь	0,119 ± 0,021	0,102 ± 0,007	0,112 ± 0,021	0,117 ± 0,033
Чешуя	0,132 ± 0,014	–	0,163 ± 0,054	0,133 ± 0,013
Весна				
Жабры	0,223 ± 0,043	0,243 ± 0,032	0,232 ± 0,021	0,219 ± 0,027
Кишечник	0,193 ± 0,027	0,201 ± 0,043	0,163 ± 0,043	0,153 ± 0,009
Гонады	0,247 ± 0,017	0,237 ± 0,041	0,202 ± 0,017	0,213 ± 0,014
Мышцы	0,180 ± 0,033	0,173 ± 0,036	0,153 ± 0,034	0,149 ± 0,040
Печень	0,240 ± 0,047	0,233 ± 0,033	0,213 ± 0,035	0,220 ± 0,021
Плавательный пузырь	0,173 ± 0,041	0,169 ± 0,024	0,153 ± 0,033	0,163 ± 0,020
Чешуя	0,202 ± 0,036	–	0,214 ± 0,023	0,217 ± 0,013
Лето				
Жабры	0,220 ± 0,013	0,233 ± 0,041	0,214 ± 0,017	0,203 ± 0,017
Кишечник	0,198 ± 0,024	0,209 ± 0,053	0,178 ± 0,018	0,159 ± 0,019
Гонады	0,210 ± 0,013	0,205 ± 0,047	0,203 ± 0,043	0,183 ± 0,021
Мышцы	0,172 ± 0,020	0,183 ± 0,032	0,169 ± 0,047	0,180 ± 0,024
Печень	0,240 ± 0,042	0,224 ± 0,031	0,213 ± 0,042	0,194 ± 0,047
Плавательный пузырь	0,174 ± 0,047	0,166 ± 0,013	0,199 ± 0,032	0,180 ± 0,032
Чешуя	0,212 ± 0,032	–	0,156 ± 0,040	0,203 ± 0,040
Осень				
Жабры	0,311 ± 0,015	0,271 ± 0,013	0,261 ± 0,013	0,205 ± 0,032
Кишечник	0,288 ± 0,033	0,270 ± 0,017	0,263 ± 0,020	0,200 ± 0,033
Гонады	0,343 ± 0,017	0,223 ± 0,019	0,199 ± 0,017	0,172 ± 0,014
Мышцы	0,297 ± 0,019	0,262 ± 0,022	0,280 ± 0,025	0,204 ± 0,017
Печень	0,369 ± 0,021	0,323 ± 0,019	0,339 ± 0,033	0,199 ± 0,014
Плавательный пузырь	0,214 ± 0,017	0,294 ± 0,021	0,212 ± 0,027	0,172 ± 0,015
Чешуя	0,202 ± 0,023	–	0,321 ± 0,022	0,197 ± 0,017

* $M \pm m$ – среднее значение и его ошибка.

Гонады. В гонадах выявлен один из самых высоких уровней концентрации селена. Самая низкая концентрация селена в гонадах *щуки, сома, судака и окуня* наблюдалась в зимний период. К весне этот показатель повысился на 31,6; 33,3; 29,7 и 23,5 % соответственно, однако к лету уровень селена понизился по отношению к весеннему у *щуки, сома* и *окуня* на 15,04; 13,5 и 14,1 % соответственно. Самые высокие концентрации селена установлены в осенний период. К накопле-

нию в гонадах селена, который входит в состав некоторых белков, приводит высокое содержание в половых продуктах белков и легкоокисляемых субстратов. Кроме того, половые клетки содержат минеральные вещества, которые необходимы для полноценного развития зародыша [13].

Мышцы. Самая низкая концентрация селена в организме рыб установлена в мышечной ткани. По среднему содержанию селена в мышцах изучаемые виды рыб можно расположить в следующем порядке: щука, сом, судак, окунь – зима – весна – лето – осень.

Печень. Высокие концентрации селена были обнаружены в печени. В печени щуки самая низкая концентрация селена обнаружена в зимний период (0,173 мкг/г), к весеннему периоду этот показатель увеличился на 27,3 % (0,240 мкг/г) и не изменялся в течение летнего периода. К осеннему периоду этот показатель вырос в 2,1 раза относительно зимнего периода. В печени судака исходная концентрация селена в зимний период составила 0,139 мкг/г, к весенне-летнему периоду этот показатель повысился на 37 %, а к осеннему – в 2,4 раза. В печени сома содержание селена повысилось на 47,5, 41,8 % и в 2 раза в весенний, летний и осенний периоды относительно зимнего. В печени окуня содержание селена в зимний период составило 0,160 мкг/г, в весенний период данный показатель повысился на 37,5 %, в летний – на 21,3 %, в осенний – на 24,4 %.

Плавательный пузырь. По средней величине содержания селена в плавательном пузыре исследуемые виды рыб можно расположить в следующем порядке (по убыванию): щука, судак – зима > весна > лето > осень; окунь – зима > весна > осень > лето; сом – зима > лето > весна > осень.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований установлено, что в норме уровень МДА и активность каталазы в тканях рыб зависят от сезона года. Самое низкое содержание МДА в организме изучаемых видов рыб установлено в осенне-зимний период, самое высокое – в весенне-летний. По средней величине содержания селена в организме все изучаемые виды рыб располагаются в следующем порядке, мкг/г: щука (0,208) > сом (0,207) > судак (0,196) > окунь (0,178).

По средней величине накопления селена в организме рыб можно образовать следующие ряды, мкг/г: зима – щука (0,132) > судак (0,136) > окунь и сом (0,142); весна – судак (0,190) > окунь (0,191) > щука (0,208) > сом (0,209); лето – окунь (0,186) > судак (0,190) > сом и щука (0,203), осень – окунь (0,193) > судак (0,268) > сом (0,274) > щука (0,289). Следует отметить, что среднее содержание селена в организме изучаемых видов рыб зависит не только от сезона года, но и от рациона и температуры окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Ж. И., Оксенгендлер Г. И. Человек и противокислительные вещества. Л.: Наука, 1985. 230 с.
2. Kock G., Triendl M., Hoffer R. Seasonal patterns of metal accumulation in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from an oligotrophic Alpine lake related to temperature // *Fish. Aquat. Sci.* 1996. No. 53. P. 780–781.
3. Palace V. P., Dick T. A., Brown S. B., Baron C. L., Klaverkamp J. F. Oxidative stress in Lake Sturgeon (*Acipenser fulvescens*) orally exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran // *Aquat. Toxicol.* 1996. No. 35. P. 79–92.
4. Ozmen I., Bayir A., Cengiz M., Sirkecioglu A. N., Atamanalp M. Effects of water reuse system on antioxidant enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) // *Vet. Med.* 2004. Vol. 49, no. 10. P. 373–378.
5. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 2. С. 469–929.
6. Стальная И. Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // *Современные методы в биохимии*; под ред. В. Н. Ореховича. М.: Медицина, 1977. С. 66–68.
7. Королюк М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г., Токарева В. Е. Метод определения активности каталазы // *Лаб. дело.* 1988. № 1. С. 16–19.
8. Зирук И. В., Салаутин В. В., Фризен В. В. Сравнительная характеристика поперечно-полосатой мышечной системы рыб // *Материалы конф. по итогам науч.-исслед. и производ. работы за 2007 год.* Саратов, 2008. С. 32–33.
9. Бикчантаев И. Т., Каримова Р. Г. Состояние обмена и продуктивность бычков при применении ЭПК «Лакто-Гарант» и «Сел-Плекса» // *Вестн. НГАУ.* 2013. № 3 (28). С. 45–48.
10. Surait P. F. Selenium in poultry nutrition. Antioxidant properties, deficiency and toxicity // *World Poultry Science Journal.* 2002. Vol. 58. P. 333–347.
11. Молчанов А. В., Кияшко В. В., Зирук И. В. Опыт использования микроводоемов при разведении рыб в условиях Саратовской области // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса молодыми учёными. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Ставрополь, 16–22 апреля 2015 г.).* Ставрополь: АГРУС, 2015. С. 415–419.

12. *Shulman G. E., Love R. M.* The Biochemical Ecology of Marine Fishes // Advances in Marine Biology. San Diego: Acad. Press, 1999. Vol. 36. 351 p.

13. *Голубкина Н. А., Манукаев С. Д.* Содержание селена в пресноводной рыбе России // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 4. С. 15–20.

Статья поступила в редакцию 12.09.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пудовкин Николай Александрович – Россия, 410012, Саратов; Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова; г-р биол. наук, доцент; доцент кафедры морфологии, патологии животных и биологии; niko-pudovkin@yandex.ru.

Смутнев Пётр Владимирович – Россия, 410012, Саратов; Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова; канд. вет. наук; доцент кафедры микробиологии, биотехнологии и химии; Smutnev-asd@yandex.ru.



N. A. Pudovkin, P. V. Smutnev

CHARACTERISTICS OF FREE-RADICAL PROCESSES IN THE ORGANISMS OF SOME PREDATORY FISH SPECIES IN DIFFERENT SEASONS OF THE YEAR

Abstract. The authors of the article have studied the content of the elements of anti-oxidant system (malondialdehyde, catalase, selenium) in tissues of the internal organs (gills, intestine, muscles, liver, swimbladder, scales) in some species of predatory fish (pike *Esox lucius* (L., 1758), perch *Perca fluviatilis* (L., 1758), pike-perch *Sander lucioperca* (L., 1758), catfish *Silurus glanis*) widespread in the basin of the Volga river in the Saratov region. The lowest concentration of malondialdehyde in organisms of the studied fish species is observed in fall and winter; the highest – in spring and summer. Catalase activity in gills tissue of a pike raised in 11.8%, cat-fish – 9.1%, pike-perch - 7.5%, perch - 7.8%. In fall (compared to winter) enzyme activity lowering in gonads of pike-perch makes 16.3%, in gonads of perch - 14.4%. In other tissues there were not observed any evident changes of catalase activity. Fish species under consideration are listed according to the average value of selenium concentration in organisms, µg/g: pike (0.208) > catfish (0.207) > pike-perch (0.196) > perch (0.178). According to the average value of the selenium accumulation in the body in different season all the studied species can be placed in the following order, µg/g: winter-pike (0.132) > pike-perch (0.136) > perch and catfish (0.142); spring – pike-perch (0.190) > perch (0.191) > pike (0.208) > catfish (0.209); summer – perch (0.186) > pike-perch (0.190) > catfish and pike (0.203); autumn – perch (0.193) > pike-perch (0.268) > catfish (0.274) > pike (0.289).

Key words: lipid peroxidation, antioxidant system of fish, Malone dialdehyde, catalase, selenium, predatory fish.

REFERENCES

1. Abramova Zh. I., Oksengendler G. I. *Chelovek i protivookislitel'nye veshchestva* [Man and anti-oxidative substances]. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 230 p.
2. Kock G., Triendl M., Hoffer R. Seasonal patterns of metal accumulation in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from an oligotrophic Alpine lake related to temperature. *Fish. Aquat. Sci.*, 1996, no. 53, pp. 780–781.
3. Palace V. P., Dick T. A., Brown S. B., Baron C. L., Klaverkamp J. F. Oxidative stress in Lake Sturgeon (*Acipenser fulvescens*) orally exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran. *Aquat. Toxicol.*, 1996, no. 35, pp. 79–92.
4. Ozmen I., Bayir A., Cengiz M., Sirkecioglu A. N., Atamanalp M. Effects of water reuse system on antioxidant enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792). *Vet. Med.*, 2004, vol. 49, no. 10, pp. 373–378.

5. Berg L. S. *Ryby presnykh vod SSSR i sopredel'nykh stran* [Fresh water fishes in the USSR and neighboring countries]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1949. Vol. 2, pp. 469–929.
6. Stal'naia I. D. *Metod opredeleniia malonovogo dial'degida s pomoshch'iu tiobarbiturovoi kisloty* [Method of malonic dialdehyde identification using thiobarbituric acid]. *Sovremennye metody v biokhimii*. Pod redaktsiei V. N. Orekhovicha. Moscow, Meditsina Publ., 1977. P. 66–68.
7. Koroliuk M. A., Ivanova L. I., Maiorova I. G., Tokareva V. E. *Metod opredeleniia aktivnosti katalazy* [Catalase activity test]. *Laboratornoe delo*, 1988, no. 1, pp. 16–19.
8. Ziruk I. V., Salautin V. V., Frizen V. V. *Metod opredeleniia aktivnosti katalazy* [Comparative description of fish cross-striped muscle system]. *Materialy konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skoi i proizvodstvennoi raboty za 2007 god*. Saratov, 2008. P. 32–33.
9. Bichantaev I. T., Karimova R. G. *Sostoianie obmena i produktivnost' bychkov pri primenenii EPK «Lakto-Garant» i «Sel-Pleksa»* [The state of protein exchange and productivity in bull-calves on application of EPA "Lacto-Garant" and "Sel-Plex"]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 3 (28), pp. 45–48.
10. Surait P. F. *Selenium in poultry nutrition. Antioxidant properties, deficiency and toxicity*. *World Poultry Science Journal*, 2002, vol. 58, pp. 333–347.
11. Molchanov A. V., Kiiashko V. V., Ziruk I. V. *Opyt ispol'zovaniia mikrovozemov pri razvedenii ryb v usloviakh Saratovskoi oblasti* [Practice of using microbasins for pisciculture development in the Saratov Region]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa molodymi uchenymi. Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Stavropol', 16–22 apreliia 2015 g.)*. Stavropol, AGRUS, 2015. P. 415–419.
12. Shulman G. E., Love R. M. *The Biochemical Ecology of Marine Fishes*. *Advances in Marine Biology*. San Diego, Acad. Press, 1999. Vol. 36. 351 p.
13. Golubkina N. A., Manukaev S. D. *Soderzhanie selena v presnovodnoi rybe Rossii* [Selenium content in tissues of fresh water fishes in Russia]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyria*, 2003, no. 4, pp. 15–20.

The article submitted to the editors 12.09.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pudovkin Nikolay Aleksandrovich – Russia, 410012, Saratov; Saratov State Agricultural University named after N. I. Vavilov; Doctor of Veterinary Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Animal Morphology, Pathology and Biology; niko-pudovkin@yandex.ru.

Smutnev Peter Vladimirovich – Russia, 410012, Saratov; Saratov State Agricultural University named after N. I. Vavilov; Candidate of Veterinary Sciences; Assistant Professor of the Department of Microbiology, Biotechnology and Chemistry; Smutnev-asd@yandex.ru.

