

липидов в печени и мышцах нототениевых рыб снижается, и на примере результатов экспериментальных работ по голоданию с чешуйчатым трематомом *Trematomus eulepidotus* показано, что высокоантарктические нототениевые виды рыб могут выдерживать длительные периоды недостатка пищи из-за пониженных скоростей энергетического обмена (Wöhrmann, 1998). Нототениевые виды рыб имеют и низкие концентрации гликолитических ферментов. Концентрация и состав антифризных структур у рыб зависят от температуры воды, глубины обитания вида, уровня активности и образа жизни. Медлительные и донные виды имеют количество антифризов даже больше, чем им необходимо в их естественной среде обитания. Концентрация антифризов у более активных видов рыб, таких как бентопелагические и пелагические, являются специализированными для окружающей температуры воды и глубины обитания, вследствие метаболических расходов на синтез этих антифризов – гликопептидов и пептидов (Wöhrmann, 1998). Низкие скорости потребления кислорода и активности АТФ-генерирующих ферментов у глубоководных пелагических организмов отражают также пониженную двигательную активность, и связь между концентрацией протеинов в белых мышцах и скоростью потребления кислорода может быть очень высокой (Torres, Somero, 1988).

Отмечается, что в неразрывной связи между низкой и умеренно высокой мышечной активностью полярные виды рыб развивают свои особенности аэробного метаболизма, которые эквивалентны таковым у рыб, обитающих в теплых водах. Существует постоянная зависимость между обменом покоя и максимальной скоростью аэробного метаболизма: высокие скорости потребления кислорода в покое сопровождаются высокими скоростями активного обмена. Присутствие в экосистемах Антарктики пелагических рыб, плавающих с "крейсерской" скоростью (Johnston et al., 1991), показывает, что какие бы ограничения к обитанию при низких температурах морской воды не существовали, эти ограничения не препятствуют экологическому успеху для широкого ряда полярных морских организмов. Очевидно, чтобы понять энергетику холодноводных пойкилотермных организмов необходимо в первую очередь выяснять зависимость между расходом энергии при активной работе и в покое.

Таким образом, проведенный анализ количественных данных, характеризующих, во сколько раз активный обмен может превышать основной у рыб, обитающих в относительно узком диапазоне низких температур, показал, что максимальный аэробный размах активности у рыб высоких широт находится в тех же пределах, что и у бореальных и тропических видов, при условии их принадлежности к одной и той же биотопической группе.

ACTIVE METABOLISM AND ADAPTATIONS IN AQUATIC POIKILOTHERMOUS ANIMALS AT LOW TEMPERATURES

L.I. Karamushko

Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia
karamushkol@mmbi.info

The quantitative data on the comparison of active and basal metabolism in fish living in the areas with a relatively narrow range of low temperatures are analyzed. The maximal activity of aerobic metabolism in fish of high latitudes is within the same range characteristic of boreal and tropical species upon condition that they belong to the same biotopic group. Low temperatures are shown not to prevent ecological success for a wide number of polar marine organisms.

ВКУСОВАЯ РЕЦЕПЦИЯ У РЫБ: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.О. Касумян

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия
alex_kasumyan@mail.ru

Вкусовая система у рыб характеризуется высоким уровнем структурного и функционального развития. Многочисленные вкусовые почки распределены у рыб в ротовой полости и на поверхности тела и плавников и образуют периферический отдел интраоральной (внутриротовой) и экстра-

оральной (наружной) вкусовых субсистем. По широте воспринимаемых стимулов и уровню чувствительности вкусовой рецепции рыбы превосходят многих других позвоночных животных. Благодаря этим особенностям рыбы способны проводить не только завершающую, но и предварительную оценку вкусовых свойств объектов питания, а некоторые из рыб – осуществлять дистантный поиск источника распространяющихся в воде пищевых химических стимулов. Представления о функциональных свойствах вкусовой системы рыб многие годы базировались на результатах электрофизиологических исследований. В последние годы благодаря созданию и использованию поведенческих методов эти знания значительно расширены, установлены новые важные особенности вкусовой рецепции, определены вкусовые предпочтения многих видов рыб к различным типам вкусовых раздражителей.

Выяснено, что спектры веществ (свободные аминокислоты, органические кислоты, сахара и др.), обладающих для рыб отталкивающими, привлекательными или индифферентными вкусовыми свойствами, характеризуются высокой видовой специфичностью. Вкусовые предпочтения, опосредуемые интраоральной вкусовой рецепцией, отличаются у разных видов рыб, в том числе и у близкородственных, у рыб со сходным образом жизни и питанием – у кеты и кижуча, у трески и наваги, у карпа и линя, у серебряного и золотого карасей, у гольяна, ельца и голавля, у севрюги, русского осетра, сибирского осетра и персидского осетра. Однако вкусовые предпочтения к небольшому числу стимулов у близкородственных рыб могут быть сходными, а у некоторых из таких рыб, например, у трехиглой и девятииглой колюшек, совпадает отношение к вкусу большинства веществ (свободные аминокислоты, классические вкусовые раздражители). При сравнении вкусовых спектров особей одного вида, но относящихся к разным популяциям специфичность вкусовых предпочтений не обнаруживается и вещества с сильными негативными или позитивными вкусовыми свойствами у таких рыб совпадают (кумжа Белого, Балтийского, Каспийского и Черного морей; трехиглая колюшка Северного, Балтийского, Белого и Охотского морей; девятииглая колюшка Белого и Охотского морей и р.Москвы). Сходными вкусовыми предпочтениями обладают особи разного пола (гуппи) и разного внутrigруппового иерархического статуса (мешкожаберный сом), а также рыбы разных поколений (девятииглая колюшка, карп). Отсутствует заметное влияние на состав вкусовых спектров индивидуального пищевого опыта рыб (белый амур, выращенный на растительной и животной пище), что указывает на высокую генетическую детерминированность вкусовых предпочтений. Отношение рыб к вкусу веществ слабо подвержено влиянию абиотических факторов среды (соленость, температура) и стимуляции пищевого возбуждения запахами (треска, карп), но изменяется при усилении пищевой мотивации рыб, вызванной голодом (карп).

Вкусовые предпочтения, опосредуемые экстраоральной вкусовой рецепцией, шире, чем опосредуемые интраоральной вкусовой рецепцией и характеризуются меньшей видовой специфичностью (севрюга, русский осетр, сибирский осетр, персидский осетр, усатый голец). Чувствительность экстраоральной вкусовой рецепции в 10 раз выше, чем интраоральной (сибирский осетр). В онтогенезе рыб функциональное развитие экстраоральной вкусовой системы начинается раньше и происходит более быстрыми темпами, чем интраоральной (функциональная гетерохрония; русский осетр). Короткая по времени (1, 3, 6, 24, 48 и 72 час) экспозиция рыб в воде, содержащей тяжелые металлы (соли ртути, меди, кобальта, свинца, цинка; 1 мМ), вызывает полное блокирование способности различать вкусовые свойства объектов питания. При переводе рыб в чистую воду после однократного воздействия растворов тяжелых металлов происходит полное восстановление вкусовой чувствительности, скорость этого процесса зависит от продолжительности экспозиции и концентрации загрязняющего вещества (карп).

Необратимая хроническая anosmia приводит к компенсаторному развитию наружной вкусовой системы и частичному восстановлению на ее основе способности рыб реагировать на пищевые запахи и проявлять характерный видовой стереотип пищевого поискового поведения (севрюга, карп, гольян). У рыб, у которых наружные вкусовые почки отсутствуют, поисковое поведение на пищевые запахи после хронической anosмии не восстанавливается (радужная форель). На поведенческом уровне процесс восстановления чувствительности к пищевым запахам у рыб-аносмиков начинает проявляться через 6 недель после полной ольфакторной депривации и завершается спустя 3–5 месяцев. Функциональное взаимодействие между обонятельной и вкусовой системами, проявлением которого является выявленный феномен, рассматривается в качестве сенсорного механизма, способствующего надежнoсти реализации рыбами такой важнейшей формы поведения как пищевое.

Исследовано поведение, связанное с тестированием рыбами вкусовых свойств пищевых объектов. Для рыб с наружными вкусовыми почками и плохо развитой зрительной рецепцией касание пищевого объекта усами или другими структурами, несущими наружные вкусовые почки, является обязательным и всегда предваряет его схватывание (осетровые рыбы, усатый голец, мешкожаберный сом, ерш). После схватывания и удержания пищевой объект может отвергаться и спустя небольшой интервал схватываться вновь. Число таких повторных тестирующих схватываний зависит от образа жизни рыб и вкусовых свойств объекта и может достигать 10–15 и более. Менее характерны повторные схватывания для рыб, живущих в потоке, и для рыб со слабым зрением, а также по отношению к пищевым объектам с сильно выраженными позитивными или негативными вкусовыми свойствами. Удержание объекта обычно наиболее длительно при первом схватывании, с каждым следующим схватыванием продолжительность удержания закономерно снижается. Интервалы между схватываниями объекта такой динамике не подчиняются. При тестировании пищевых объектов с отталкивающими вкусовыми свойствами рыбам для формирования и реализации решения об отказе от потребления обычно требуется менее 1 с. Обосновано существование у рыб двух разных стереотипов поведения тестирования пищевых объектов, один из которых проявляется при потреблении пищи, другой при ее отвергании.

Работа осуществлена при поддержке РФФИ (проект 10-04-00349).

TASTE PERCEPTION IN FISH: FUNCTIONAL AND BEHAVIORAL ASPECTS

A.O.Kasumyan

Moscow State University, Moscow, Russia
alex_kasumyan@mail.ru

The fish gustatory system provides the final sensory evaluation in the feeding process. Unlike other vertebrates, the gustatory system in fishes may be divided into two distinct subsystems, oral and extraoral, both of them mediating behavioural responses to food items brought in contact with the fish. In the present review, basic principles in the taste preferences of fish are formulated. Fish taste preferences are highly species specific. There is strong similarity in taste preferences between conspecifics belonging to different populations, the taste preferences are similar in males and females. Taste preferences in fish show low plasticity in relation to the diet and water salinity, and shift in relation to the fish feeding motivation and water pollutants such as heavy metals and low pH water.

ВЛИЯНИЕ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНЫЙ БАЛАНС КРОВИ БЫЧКА-КРУГЛЯКА *NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS* ИЗ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

Т.Б. Ковыршина¹, С.О. Омельченко²

¹ Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь, Украина
mtk.fam@mail.ru

² Государственное предприятие «Крымский региональный научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации», Симферополь, Украина

Загрязнение Азово-Черноморского бассейна тяжелыми металлами является известной проблемой и требует подбора биомаркеров чувствительных к загрязнению и адекватно отражающих качество водной среды. В нашей работе изучали влияние токсичных элементов (ТЭ) в мышцах бычка-кругляка, обитающего в прибрежье Черного (г. Севастополь) и Азовского (мыс Казантип) морей на биохимические параметры крови. Определяли активность пяти ключевых антиоксидантных (АО) ферментов крови (каталазы (КАТ), супероксиддисмутазы (СОД), пероксидазы (ПЕР), глутатионредуктазы (ГР) и глутатион-S-трансферазы (ГТ)) и уровень окислительной модификации сывороточных белков (содержание 2,4-динитрофенилгидразонов).