

УДК 577.1: 597

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ СРЕДНЕМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕПТИДОВ
В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ КАРПОВЫХ РЫБ
В ПРОЦЕССЕ ИХ РОСТА И РАЗВИТИЯ**

¹Габиров М.М., ¹Рабданова А.И., ¹Сулейманова У.З., ¹Абдуллаева П.И.,

²Аль Хасан Омар Кайдар, ³Вахиб Мохаммед Касим,

⁴Аль Сужаири Алаа Худайр Мохаммед

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, e-mail: ashty06@mail.ru;

²Мосульский университет, Мосул;

³Университет Аль-Мутанна, Эс-Самава;

⁴Вавилонский университет, Хилла

Изучена возрастная и видовая динамика содержания средномолекулярных пептидов в красных и белых скелетных мышцах трех видов карповых рыб – карпа, белого амура и белого толстолобика. Показана зависимость содержания средномолекулярных пептидов скелетных мышц от возраста изученных объектов. Содержание средномолекулярных пептидов в скелетных мышцах сеголеток карповых рыб варьирует в широких пределах. Наибольший уровень СМП отмечен в белых скелетных мышцах белого толстолобика, наименьший – в красных мышцах белого амура. В скелетных мышцах годовиков исследованных рыб наблюдается увеличение содержания СМП по сравнению с сеголетками. При этом уровень СМП наиболее возрастает в красных и белых скелетных мышцах годовиков белого амура.

Ключевые слова: карп, рост, развитие, пептиды, сеголетки, годовики

**DYNAMICS OF MIDDLE MOLECULES IN THE SKELETAL MUSCLE
OF CARP FISH IN THE PROCESS OF GROWTH AND DEVELOPMENT**

¹Gabibov M.M., ¹Rabdanova A.I., ¹Suleymanova U.Z., ¹Abdullayev P.I.,

²Omar Hassan al Kaidar, ³Wahib Mohammed Kasim, ⁴Al Alaa Shudzhary Kudair Mohammed

¹Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: ashty06@mail.ru;

²Phy Mosul Mosul;

³The University of Al-Muthanna, Samawah;

⁴Babylon University, Hilla

Studied The age and species of the content of middle molecule peptides in red and white muscles of three species of carp fish are studied. The dependence of the content of middle molecules of skeletal muscle on age of the facility is found. The content of middle molecules in the skeletal muscle of fingerlings of carp fish varies widely. The highest level of MMP marked in white skeletal muscle of Hupophthalmichthys molitix, the lowest – in the red muscle of Ctenopharyngodon idella. The level of MMP increased the most in red and white skeletal muscle of grass carp yearlings.

Keywords: carp, growth, development, peptides, fingerlings, yearlings

Познание закономерностей роста и развития рыб, а в естественных водоемах возрастного стада, дает представление о степени использования рыбой пищевой базы, позволяет определить время и размеры наиболее целесообразного вылова. Оно дает основание для составления прогнозов о составе стада и масштабах промысла, а в прудовом рыбоводстве является основой для племенной работы, установления наиболее выгодных с хозяйственной точки зрения сроков выращивания рыбы [2, 11].

Различают весовой рост (наращивание массы тела) и линейный рост (увеличение длины тела). Весовой рост сильнее подвержен колебаниям в зависимости от условий питания, чем линейный, поэтому закономерности изменения роста легче проследить на линейном росте. Вместе с тем, в прудовом рыбоводстве основным показателем эффективности выращивания рыбы является весовой рост. Рыба растет неравномерно как в течение жизни, так и в течение всего года, причем в разные периоды рост ее характеризуется определенными особенностями [14].

На рост и развитие большое влияние оказывают различные биологически активные вещества, многие из которых являются пептидами средней массы и которые появляются в тканях животных при критических состояниях вследствие неполного распада белков [1].

Целью нашей работы является исследование видовых и возрастных различий в содержании средномолекулярных пептидов скелетных мышц карповых рыб.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования нами использованы наиболее распространенные в Широкопольском рыбокомбинате карповые рыбы – карп (*Cyprinus carpio* L.), белый амур (*Ctenopharyngodon idella*), белый толстолобик (*Hupophthalmichthys molitix*).

Рыбы были помещены в аквариумы объемом 250 л, в которых создавались условия постоянного температурного и газового режима. В течение одного месяца рыбы проходили адаптацию в условиях аквариума, при которой часть рыб погибала. В эксперименте использовались выжившие рыбы.

Для опыта брали красные и белые мышцы рыб, в которых определяли содержание средномолекулярных пептидов, используя скрининговый метод Бабеля с соавт. (1974) [10]. Результаты выражали в условных единицах

представляющих собой показатели оптической плотности, учтенных с точностью до третьего знака после запятой. Статистическую обработку результатов проводили методом малой выборки по t-критерию Стьюдента [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные нами экспериментальные данные по динамике содержания среднемолекулярных пептидов в красных и белых скелетных мышцах карповых рыб разного возраста приведены в таблице и на рисунке.

Из таблицы видно, что содержание СМП белых скелетных мышц сеголеток карпа равно $0,162 \pm 0,017$ ед., в красных – $0,134 \pm 0,012$ ед. В скелетных мышцах сеголеток белого амура уровень СМП ниже, чем у сеголеток карпа: в красных мышцах он равен $0,081 \pm 0,007$ ед., в белых – $0,090 \pm 0,006$ ед. Из исследованных карповых рыб уровень СМП преобладает в скелетных мышцах сеголеток белого толстолобика и составляет в красных мышцах $0,145 \pm 0,016$ ед., в белых – $0,201 \pm 0,020$ ед. При сравнении количества СМП в скелетных мышцах сеголеток карповых рыб оно преобладает в белых скелетных мышцах по сравнению с красными. Это преобладание составляет в белых мышцах карпа на 20,9%, белого амура – на 11,1%, белого толстолобика – на 38,6% (таблица).

У годовиков карповых рыб происходит значительное увеличение уровня СМП в скелетных мышцах по сравнению с се-

голетками. Значительнее всего такое увеличение имеет место в красных и белых скелетных мышцах белого амура (на 160,5 и 144,4%) и составляет соответственно $0,211 \pm 0,021$ ед. и $0,200 \pm 0,019$ ед.

У годовиков карпа увеличение содержания СМП по сравнению с сеголетками составляет в белых мышцах на 83,3%, в красных – 50,7%. У годовиков белого толстолобика также наблюдается увеличение количества СМП в скелетных мышцах по сравнению с сеголетками, но оно выражено в меньшей степени, чем у карпа и белого амура. Это увеличение составляет в красных мышцах на 48,3%, в белых – всего на 14,4% (таблица; рисунок).

Таким образом, в скелетных мышцах годовиков всех исследованных видов карповых рыб происходит значительное возрастание уровня СМП по сравнению с сеголетками. Как у сеголеток, имеет место значительное преобладание количества СМП в белых и красных мышцах карповых рыб по сравнению с красными скелетными мышцами.

Известно, что СМП образуются в результате протеолиза [4]. Протеолизу подвергаются модифицированные белки. Важной причиной модификации белков является их окисление под действием активных форм кислорода [17]. Окислительно-модифицированные белки в 50 раз быстрее подвергаются протеолизу, чем нативные.

Содержание среднемолекулярных пептидов (СМП) в скелетных мышцах карповых рыб разного возраста ($M \pm m$; $n = 10$)

Ткань	Карп		Амур белый		Толстолобик белый	
	сеголетки	годовики	сеголетки	годовики	сеголетки	годовики
Красные мышцы	$0,134 \pm 0,012$	$0,202 \pm 0,0231$	$0,081 \pm 0,007$	$0,211 \pm 0,021$	$0,145 \pm 0,016$	$0,215 \pm 0,020$
Белые мышцы	$0,162 \pm 0,017$	$0,297 \pm 0,030$	$0,090 \pm 0,006$	$0,220 \pm 0,019$	$0,201 \pm 0,020$	$0,230 \pm 0,023$

Частичное окисление белков увеличивает их гидрофильность, а дальнейшее увеличение приводит к повышению гидрофобности, что повышает их чувствительность к протеолизу [18]. Кроме того, установлено, что активные формы кислорода изменяют соотношение антипротеиназ и протеиназ в тканях животных. Показано, что радикал $\text{OH}\cdot$ ингибирует α_1 -антипротеиназу, а H_2O_2 ингибирует протеиназу [13]. Радикалы, образующиеся при аутоокислении липидов, также способны инактивировать α_1 -антипротеиназу [17].

В нашей лаборатории показано, что в ходе роста и развития карповых рыб в течение года у годовиков наблюдается повышение интенсивности свободнорадикаль-

ного окисления липидов в красных и белых мышцах. Увеличение накопления СМП, активности катепсина Д в скелетных мышцах морского ерша с возрастом показано в исследованиях Ю.А. Подунай и др. [15].

Установлено, что окислительно модифицированные белки, кроме протеолиза могут подвергаться также спонтанной фрагментации [7].

Одновременно происходит разрушение триптофана. Триптофан и тирозин, входящие в состав тканевых белков, могут подвергаться окислительным превращениям, которые сопровождаются модификацией аминокислотных остатков, образованием внутри- и межмолекулярных сшивок между полипептидными цепями белков, снижени-

ем уровня триптофана и значительной продукцией битирозинфенола [7].

Можно предположить, что повышение уровня СМП в скелетных мышцах годовиков карповых рыб по сравнению с сеголетками частично связано с фрагментацией модифицированных белков.

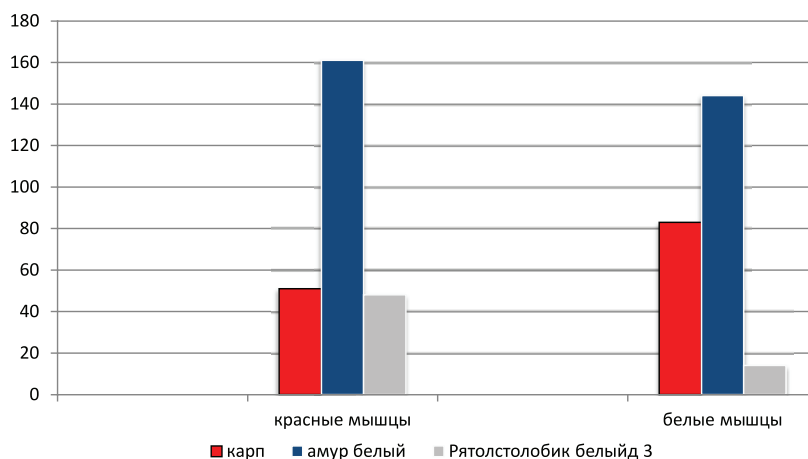
По нашим данным, разные периоды онтогенеза рыб характеризуются различной степенью выраженности процессов окислительной модификации белков и содержания среднемолекулярных олигопептидов.

Окислительная модификация белков – один из ранних индикаторов поражения тканей при свободнорадикальной патологии [7,8]. Окислительная модификация белков вызывается активными формами кислорода, которые образуются во всех аэробных клетках. При этом нарушение баланса в си-

стеме «окислительные-антиоксидантные процессы» может явиться причиной гибели клетки. Пероксидация белков играет большую роль в процессе развития ряда заболеваний и старении организма [12, 16].

Среднемолекулярные пептиды обладают высокой биологической активностью. Они ингибируют гликолиз, гликолиз, пентозный цикл, нарушают тканевое дыхание, мембранный транспорт ионов, угнетают активность Na^+ , K^+ -АТФазы [6]. Различные фракции СМП обладают как антиоксидантными, так и прооксидантными свойствами [4].

Многие компоненты СМП, особенно выделенные из крови больных с хронической почечной недостаточностью, а также обожженных, обладают токсичным действием [5].



Динамика содержания среднемолекулярных пептидов (в %) в красных мышцах годовиков карповых рыб по отношению к сеголеткам

Однако многие пептиды, входящие в эту фракцию, являются биологически активными и участвуют в регуляции обмена веществ [3]. СМП участвуют в регуляции стресса [4]. При этом выяснилось, что направленность и выраженность эффекта зависит от молекулярной массы пептида при внутривенном введении крысам: либо потенцировали стресс-реакцию, либо угнетали ее. Отсюда следует, что суммарный эффект СМП зависит от их состава.

Старение свойственно всем многоклеточным организмам. Оно характеризуется нарушением функциональных особенностей организма. Это становится заметным в конце периода воспроизведения, который постепенно переходит в период старения. Последний имеет важную отличительную черту – в этом периоде невозможно воспроизведение. Кроме того, уменьшается

активность всех органов. Ряд изменений, происходящих на молекулярном и клеточном уровнях, приводит к нарушению функционирования организма в целом. Вероятнее всего, наблюдаемые изменения в активности ферментов внутриклеточного протеолиза, в процессе окислительной модификации белков и уровне содержания среднемолекулярных пептидов в тканях рыб являются следствием модификации белкового метаболизма клеток как части развития биохимических механизмов старения, выработанной и закрепленной в ходе эволюции.

В ходе старения происходит аккумуляция окислительных белков. В течение последней трети жизни происходит накопление карбонильных групп в белках. Также с возрастом происходит снижение активности внутриклеточных протеолити-

ческих ферментов, что может быть связано как с уменьшением деградации белков, так и со снижением синтеза самого фермента [15]. Установленное нами увеличение содержания среднемoleкулярных пептидов в скелетной мышечной ткани, являющихся маркерами эндогенной интоксикации, можно считать характерным признаком возрастных изменений карповых рыб.

Список литературы

1. Алексеев А.А. Острая ожоговая токсемия / А.А. Алексеев, В.А. Лавров // Мед. журн. – 1998. – № 2. – С. 41–43.
2. Анисимова, И.М. Ихтиология / И.М. Анисимова, В.В. Лавровский – М.: Агропромиздат, 1991. – http://zoomet.ru/ixt/ixtiolog_oglav.html.
3. Ашмарин И.П. Нейрохимия. Учебник для биол. и мед. вузов / И.П. Ашмарин, П.В. Стукалова. – М.: Изд-во Инбиомед. химии РАМН. – 1996. – 460 с.
4. О патогенетическом значении антиоксидантных свойств среднемoleкулярных пептидов при термических ожогах / И.А. Волчегорский [и др.] // Вопросы мед. химии. – 1991. – № 2. – С. 28–32.
5. Средние молекулы и проблемы эндогенной интоксикации при критических состояниях различной этиологии / Л.С. Владыка [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 1987. – № 2. – С. 37–42.
6. Исследование протекторов, моделирующих повреждающее действие пептидов группы «средних молекул» на клетки крови / С.Г. Галактионов [и др.] // Химико-фарм. – 1991. – Т.25. – 311. – С. 8–10.
7. Окислительная модификация белков крови больных психическими расстройствами (депрессия, деперсонализация) / Е.Е. Дубинина [и др.] // Вопр. мед. химии. – 2000. – Т. 46. – № 4. – С. 393–409.
8. Зенков, Н.К. Окислительный стресс: биохимический и патофизиологический аспекты / Н.К. Зенков, В.З. Ланкин, Е.Б. Меньшикова. – М.: МАИК, 2001. – 343 с.
9. Калинина В.Н. Математическая статистика / В.И. Калинина, В.Ф. Панкин. – М.: Дрофа, 2002. – 336 с.
10. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. – М.: МЕДпресс-информ., 2004. – 920 с.
11. Крутик С.Ю. Особенности роста, развития и резистентности гидробионтов под воздействием низкоинтенсивного когерентного инфракрасного излучения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – 2006. – <http://www.dissertac.com/content>.
12. Лушак В.И. Свободнорадикальное окисление белков и его связь с функциональным состоянием организма // Биохимия. – 2007. – Т.72. – № 8. – С. 995–1017.
13. Морозов В.И. Участие активных форм кислорода в регуляторных процессах // Фундамент. и приклад. Аспекты соврем. биохии. – СПб., 1998. – С. 398–400.
14. Новиков Г.Г. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. – М.: Эдиторная УРСС, 2000. – 265 с.
15. Подунай Ю.А. Возрастная динамика активности катепсинов и содержания среднемoleкулярных пептидов в мышцах морского ерша / Ю.А. Подунай, И.Н. Залевская, И.И. Руднева // Уч. записки Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22(6). – № 4. – С. 128–134.
16. Bondareva L.A. Effects of the dietary intoxication by mercury salte on cysteinic proteinase in rat tissues and detoxic role of absorbents // Proceeding of 3ed intern. Symposium «Trace Elements in Human: New Perspectives», Greece, Athens, 2001. – P. 98–105.
17. Biochemistry and pathology of radical mediated protein oxidation / R.T. Dean [e.a.] // Biochem. J. – 1997. – P. 1–18.
18. Recent developments in the intracellular degradation of oxidized proteins / R.A. Dunlop [e.a.] // Free radicals Biol. Med. – 2001. – Vol. 33. – № 7. – P. 894–906.