

ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ

УДК 639.3:577.1

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ І РІСТ КОРОПА ЗА РІЗНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ МІДІ ТА ЦИНКУ У ВОДІ

Н.С. Янович

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького

У статті наведено дані стосовно вмісту аніонної форми жирних кислот, а також жирних кислот загальних ліпідів у скелетних м'язах коропів за 1 ГДК та 2 ГДК міді та цинку у воді.

Ключові слова: жирні кислоти, мідь, цинк, скелетні м'язи, коропи.

Однією з актуальних екологічних проблем сьогодення є нагромадження понаднормових концентрацій важких металів у рибницьких ставах в результаті антропогенної діяльності [1,2]. Важкі метали, залежно від їхнього фізіологічного значення, токсичних властивостей, валентності та концентрації впливають на перебіг обмінних процесів в організмі ставових риб [3 – 5]. Елементи, що відносяться до важких металів, входять до складу багатьох ензимів [6]. Зокрема, цинк входить до складу антиоксидантного ензиму супероксиддисмутази [7] та впливає на активність Δ^3 -, Δ^4 -, Δ^5 - і Δ^6 -десатураз [8]; від вмісту міді залежить активність Δ^9 - десатурази [9]. Вказані десатурази беруть участь у метаболізмі жирних кислот в організмі риб. Крім того, відомо, що важкі метали, насамперед двовалентні (цинк, мідь, свинець, кадмій і т.д.), здатні утворювати з жирними кислотами солі (мила). Разом з тим, питання впливу важких металів на жирнокислотний склад тканин прісноводних видів риб у літературі висвітлено недостатньо.

Метою проведеної роботи було дослідити вміст аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у скелетних м'язах і ріст коропів за різної концентрації міді та цинку у воді.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослід проведено з використанням трьох груп дворічок люблінського лускатого коропа середньою живою масою 320 г, по чотири особини у кожній групі. Коропів усіх груп утримували в акваріумах, у розрахунку 40 літрів води на одну особину, без доступу поживних речовин, впродовж 21 дня. Акваріуми наповнювали відстояною водопровідною водою. Коропи контрольної групи утримувалися у воді без добавок міді та цинку, а коропи I та II дослідних груп – у воді з добавками сульфатів міді та цинку. Концентрацію міді та цинку у акваріумній воді для I дослідної групи коропів доводили до 1 ГДК (відповідно до 1 і 10 г⁻³/л), а для II дослідної групи — 2 ГДК (відповідно до 2 і 20 г⁻³/л). Вміст кисню у воді акваріумів знаходився у межах 7,0 – 8,0 мг/л, вуглекислого газу — 2,1–2,7 мг/л. Водневий показник у воді акваріумів був у межах від 7,6 до 7,9,



температура води знаходилась на рівні 18 – 20°C. Після закінчення досліду відбирали зразки скелетних м'язів риб для визначення концентрації міді, цинку, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів.

Концентрацію міді та цинку у відібраних зразках скелетних м'язів визначали спектрофотометричним методом [10]. Концентрацію аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у зразках скелетних м'язів визначали газохроматографічним методом [11].

Для визначення концентрації аніонних жирних кислот зразки скелетних м'язів обробляли екстрагуючими сумішами – сумішшю хлороформ-метанол-соляна кислота (200:100:1 за об'ємом), та хлороформ-метанол (2:1 за об'ємом).

Отримані результати досліджень обробляли статистично з використанням програми MS Excel. Вираховували середні величини (M), помилку середніх величин ($\pm m$) та вірогідність різниці між двома середніми величинами (p). Різницю між двома середніми величинами вважали вірогідною за $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В результаті проведених досліджень було виявлено, що із збільшенням концентрації міді та цинку у воді акваріуму вони нагромаджуються в скелетних м'язах коропів однаковою мірою ($p < 0,05-0,01$) (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст цинку та міді у скелетних м'язах коропів за їхньої різної концентрації у воді акваріуму, г³/кг натуральної маси (M \pm m, n=4)

Контроль	1 ГДК Zn та Cu у воді	2 ГДК Zn та Cu у воді
Вміст цинку у скелетних м'язах		
12,40 \pm 0,404	14,77 \pm 0,578*	17,70 \pm 0,520**
Вміст міді у скелетних м'язах		
0,61 \pm 0,043	0,83 \pm 0,035*	1,09 \pm 0,081**

Примітка: тут і далі * – $p < 0,02-0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Відомо, що високоактивні у метаболічному відношенні довголанцюгові неетерифіковані жирні кислоти (з 18 і більше атомами вуглецю в ланцюгу) в тканинах риб здатні зв'язувати мінеральні елементи, утворюючи мила жирних кислот. Мила жирних кислот з двовалентними мінеральними елементами, до яких відносяться мідь та цинк, є важкорозчинними.

Проведеними дослідженнями було встановлено, що із зростанням вмісту міді та цинку у воді акваріуму в скелетних м'язах коропів, порівняно з коропами контрольної групи, збільшується загальна концентрація аніонних жирних кислот (табл. 2).

З наведеної таблиці видно, що збільшення загальної концентрації аніонних жирних кислот в їх скелетних м'язах відбувається за рахунок насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

Загалом, підвищення рівня аніонних насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у скелетних м'язах коропів із зростанням вмісту міді та цинку у воді акваріуму, може вказувати на пригнічення обмінних процесів



жирних кислот в їх організмі.

Таблиця 2. Вміст аніонних жирних кислот у скелетних м'язах коропів за різної концентрації цинку та міді у воді акваріуму, г⁻³/кг натуральної маси (M±m, n=4)

Аніонні жирні кислоти та їх код	Контрольна група	1 ГДК Zn та Cu у воді	2 ГДК Zn та Cu у воді
Капринова, 10:0	0,37±0,033	0,47±0,033	0,53±0,033*
Лауринова, 12:0	1,60±0,058	1,73±0,033	1,83±0,033*
Міристинова, 14:0	6,70±0,173	7,00±0,173	7,30±0,115*
Пентадеканова, 15:0	0,90±0,058	1,03±0,033	1,13±0,033*
Пальмітинова, 16:0	118,07±4,795	123,37±4,917	134,50±3,350*
Пальмітоолеїнова, 16:1	9,63±0,203	10,00±0,173	10,93±0,290*
Стеаринова, 18:0	30,00±1,514	32,17±1,241	34,20±0,693
Олеїнова, 18:1	683,93±14,348	719,07±13,223	734,07±9,738*
Лінолева, 18:2	166,40±5,160	177,57±2,554	185,10±4,623
Ліноленова, 18:3	84,17±2,233	88,43±1,763	92,53±1,964*
Арахінова, 20:0	70,60±1,677	74,20±2,369	78,20±1,217*
Ейкозаєнова, 20:1	96,07±1,964	99,77±2,126	103,67±1,387*
Ейкозациєнова, 20:2	70,40±2,078	74,03±2,562	79,03±1,532*
Ейкозатриєнова, 20:3	32,30±1,559	34,47±1,622	38,37±0,780*
Ейкозатетраєнова (арахідонова), 20:4	42,13±1,241	44,30±0,981	46,43±0,376*
Ейкозапентаєнова, 20:5	70,40±1,825	74,00±2,254	77,50±1,416*
Докозациєнова, 22:2	12,43±0,491	13,13±0,467	14,33±0,290*
Докозатриєнова, 22:3	22,50±0,781	23,20±0,757	24,70±0,378
Докозатетраєнова, 22:4	20,27±0,521	21,03±0,448	22,30±0,264*
Докозапентаєнова, 22:5	56,47±1,417	58,90±0,929	61,03±0,498*
Докозагексаєнова, 22:6	108,97±2,87	112,40±2,778	118,43±1,431*
Загальний вміст жирних кислот	1704,31	1790,27	1866,11
У т. ч. - насичені	228,24	239,97	257,69
- мононенасичені	789,63	828,84	848,67
- поліненасичені	686,44	760,46	759,75
ω-3/ω-6	1,00	0,98	0,97

Збільшення загальної концентрації аніонних жирних кислот у скелетних м'язах коропів дослідних груп зумовлено більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 238,94 і 256,56 проти 227,34 г⁻³/кг натуральної маси) і непарною (1,03 і 1,13 проти 0,90) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 (10,00 і 10,93 проти 9,63) і ω-9 (818,84 і 837,74 проти 780,00) та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 (356,93 і 374,19 проти 342,51) і ω-6 (відповідно 364,53 і 385,56 проти 343,93 г⁻³/кг натуральної маси). При цьому зменшується відношення аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω-3 до аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω-6.

З даної таблиці також видно, що у скелетних м'язах коропів, які утримувалися в акваріумі з вмістом цинку та міді у воді, на рівні 2 ГДК порівняно з коропами контрольної групи, вірогідно зростає вміст таких аніонних насичених жирних кислот: капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та арахісова; мононенасичених жирних кислот: пальмітоолеїнова, олеїнова та ейкозаєнова, а також поліненасичених жирних кислот: ліноленова, ейкозациєнова,



ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозадиєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Наведені вище зміни вмісту аніонних жирних кислот у скелетних м'язах коропів відбиваються на концентрації в них жирних кислот загальних ліпідів. Зокрема, виявлено, що із зростанням вмісту міді та цинку у воді акваріуму в скелетних м'язах коропів, порівняно з коропами контрольної групи, спостерігається тенденція до зменшення концентрації жирних кислот загальних ліпідів (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст жирних кислот у скелетних м'язах коропів за різної концентрації цинку та міді у воді акваріуму, г⁻³/кг натуральної маси (M±m, n=4)

Жирні кислоти та їх код	Контрольна група	1 ГДК Zn та Cu у воді	2 ГДК Zn та Cu у воді
Капринова, 10:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
Лауринова, 12:0	0,02±0,000	0,02±0,000	0,02±0,000
Міристинова, 14:0	0,037±0,003	0,037±0,003	0,033±0,003
Пентадеканова, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
Пальмітинова, 16:0	0,82±0,026	0,80±0,026	0,78±0,023
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,06±0,003	0,05±0,003	0,04±0,003**
Стеаринова, 18:0	0,22±0,011	0,21±0,011	0,20±0,011
Олеїнова, 18:1	5,01±0,133	4,95±0,141	4,67±0,181
Лінолева, 18:2	1,21±0,058	1,18±0,052	1,1±0,046
Ліноленова, 18:3	0,66±0,020	0,64±0,020	0,60±0,023
Арахінова, 20:0	0,76±0,020	0,72±0,023	0,68±0,021
Ейкозаєнова, 20:1	0,90±0,035	0,88±0,038	0,84±0,037
Ейкозациєнова, 20:2	0,46±0,020	0,45±0,014	0,42±0,014
Ейкозатриєнова, 20:3	0,24±0,011	0,23±0,011	0,21±0,006
Ейкозатетраєнова (арахідонова), 20:4	0,31±0,017	0,30±0,018	0,27±0,018
Ейкозапентаєнова, 20:5	0,52±0,026	0,51±0,026	0,48±0,026
Докозациєнова, 22:2	0,08±0,006	0,07±0,006	0,06±0,006
Докозатриєнова, 22:3	0,10±0,006	0,09±0,006	0,08±0,006
Докозатетраєнова, 22:4	0,18±0,011	0,17±0,011	0,15±0,012
Докозапентаєнова, 22:5	0,39±0,017	0,37±0,015	0,34±0,015
Докозагексаєнова, 22:6	0,82±0,029	0,80±0,026	0,77±0,026
Загальний вміст жирних кислот	12,83	12,51	11,77
У т. ч. - насичені	1,88	1,81	1,73
- мононенасичені	5,98	5,89	5,56
- поліненасичені	4,97	4,81	4,48
ω-3/ω-6	1,00	1,01	1,03

З вказаної таблиці видно, що зменшення концентрації жирних кислот загальних ліпідів в їх скелетних м'язах відбувається за рахунок насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

Тенденція до зменшення концентрації жирних кислот загальних ліпідів у скелетних м'язах коропів дослідних груп зумовлена нижчим рівнем в їх складі насичених жирних кислот з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу (відповідно 1,80 і 1,72 проти 1,87 г/кг натуральної маси), мононенасичених жирних кислот родин ω-7 (0,05 і 0,04 проти 0,06) і ω-9 (5,84 і 5,52 проти 5,92) та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 (2,41 і 2,27 проти



2,49) і ω -6 (відповідно 2,40 і 2,21 проти 2,48 г/кг натуральної маси). При цьому відмічається тенденція до зростання відношення поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6. Але при цьому не змінюється інтенсивність перетворень лінолевої кислоти загальних ліпідів в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні (відповідно 0,36 і 0,36 проти 0,36), але – зменшується лінолевої (відповідно 0,96 і 0,99 проти 0,95).

Отже, зменшення концентрації насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот загальних ліпідів у скелетних м'язах коропів із зростанням вмісту міді та цинку у воді акваріуму, викликано більшим їх використанням на енергетичні потреби організму.

Зміни вмісту міді, цинку та жирних кислот у скелетних м'язах призводять до зміни живої маси коропів у кінці досліду (табл. 4).

Таблиця 4. Жива маса дворічок коропів за різної концентрації цинку та міді у воді акваріуму, г ($M \pm m$, n=4)

Контроль	1 ГДК Zn та Cu у воді	2 ГДК Zn та Cu у воді
На початку досліду		
320,3±5,72	320,0±6,18	320,0±5,67
В кінці досліду (21 день)		
307,8±5,57	304,3±5,87	288,8±4,97*

Зокрема, за період досліду коропа контрольної групи втратили 3,90% живої маси, а коропа I та II дослідних груп – відповідно 4,91 і 9,75%. Одержані дані свідчать про те, що за високої концентрації важких металів, зокрема міді та цинку, у воді акваріуму коропа найбільш інтенсивно втрачають живу масу.

ВИСНОВКИ

Із збільшенням концентрації міді та цинку у воді, ці елементи нагромаджуються в скелетних м'язах коропів в однаковій мірі ($p < 0,05-0,01$). При цьому, в скелетних м'язах коропів, за рахунок насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6, зростає загальний вміст аніонних жирних кислот, та зменшується вміст жирних кислот загальних ліпідів ($p < 0,05-0,01$); знижується інтенсивність перетворень лінолевої кислоти загальних ліпідів в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,1-0,01$). За період досліду (21 день) коропа контрольної групи, яких утримували у воді, яка не перевищувала ГДК за вмістом міді та цинку, втратили 3,90% живої маси, а коропа I та II дослідних груп, які знаходилися у воді з вмістом міді і цинку відповідно 1 і 2 ГДК втратили живу масу – відповідно становили 4,91 і 9,75%.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Курант В.З.* Шляхи проникнення та вміст важких металів в організмі риб (огляд) / В.З. Курант, В.О. Хоменчук, В.Я. Бияк // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2011. – № 2 (47). – С. 263-269.
2. *Трахтенберг И.М.* Тяжелые металлы во внешней бреде. Современ. гигиен. и токсикол. аспекты / И.М. Трахтенберг, В.С. Колесников, В.П. Луковенко. – Минск:



- Наука і техніка, 1994. – 285 с.
3. Грубінко В.В. Роль металів в адаптації гідробіонтів: еволюційно-екологічні аспекти / В.В. Грубінко // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2011. – № 2 (47). – С. 237-262.
 4. Коваленко В.Ф. Особенности обменных процессов у рыб в условиях воздействия сублетальных концентраций меди и цинка / В.Ф. Коваленко // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 97-103.
 5. Dhanapakiam P. Toxic effects of copper and zinc mixtures on some haematological and biochemical parameters in common carp, *cyprinus carpio* (linn) / P. Dhanapakiam, V.K. Ramasamy // J. Environ. Biol. – 2001. – V. 22. – P. 105-111.
 6. Radi A.A.R. Effect of metal ions on the antioxidant enzyme activities, protein contents and lipid peroxidation of carp tissues / A.A.R. Radi, B. Matkovics // Comp. Biochem. Phys. – 1988. – V. 90, № 1. – P. 69-72.
 7. Gregory E.M. Superoxide dismutases: properties, distribution, and functions. In: Hoekstra W.G., Suttie J.W., Ganther H.E., Mertz W. (eds.) / E.M. Gregory, I. Fridovich. – Trace Element Metabolism in Animals. University Park Press, Baltimore, 1974. – P. 486-488.
 8. Жиры в питании сельскохозяйственных животных / Под ред. и с предисл. А. А. Алиева; [пер. с англ. Г. Н. Жидкоблиновой]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 406 с.
 9. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / [А.П. Авцын, А.А. Жаворонкова, М.А. Риш, Л.С. Строчкова]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
 10. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскометрия / В. Прайс. – М.: Мир, 1976. – 354 с.
 11. Рівіс Й.Ф. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі [Методичний посібник] / Й.Ф. Рівіс, Р.С. Федорук. – Львів: "СПОЛОМ", 2010. – 110 с.

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ И РОСТ КАРПА ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕДИ И ЦИНКА В ВОДЕ

Н.Е. Янович

В статье приведены данные относительно содержания анионных форм жирных кислот, а также жирных кислот общих липидов в скелетных мышцах карпа при содержании меди и цинка в воде 1 и 2 ГДК.

Ключевые слова: жирные кислоты, медь, цинк, скелетные мышцы, карпы.

FATTY ACIDS COMPOSITION OF CARP SKELETAL MUSCLES UNDER INFLUENCE OF DIFFERENT COPPER AND ZINC CONCENTRATION IN WATER

N. Yanovych

Data concerning influence of different concentrations of copper and zinc on anionic forms of fatty acids content, and fatty acids of total lipids content in carp's skeletal muscles are presented in the article.

Keywords: fatty acids, copper, zinc, skeletal muscle, carp.

