

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАКЦІЙНОГО
СКЛАДУ ФОСФОЛІПІДІВ У ТКАНИНАХ КАРАСЯ І
ШУКИ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ
КОБАЛЬТУ**

Марків В. С., Хоменчук В. О., Мяхкота О. П., Курант В. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: markiv@chem-bio.com.ua

Стійкість біологічних мембран гідробіонтів до впливу різних чинників навколишнього середовища значною мірою залежить від їх ліпідних компонентів. Підвищені концентрації важких металів впливають на мембрани пойкилотермних організмів, включаючи риб, які для належного функціонування повинні підтримувати рідкокристалічний стан, що досягається завдяки компенсаторним перебудовам у складі фосфоліпідів (ФЛ), співвідношенні діацильних та ефірних видів ФЛ, розмірі, гідрофобності та заряді полярних груп у мембранних ФЛ [2].

Зростання кількості сфінгомієлінів (СФМ) підвищує жорсткість і компактність плазматичної мембрани. Крім того, встановлено, що СФМ пов'язаний з холестерином (ХЛ), додатково ущільнює плазматичну мембрану і визначає жорсткі платформи, які кластеризують мембранні білки [1]. Підвищена жорсткість мембрани може захистити клітини від надмірного надходження металу [2].

Ліпіди біологічних мембран можуть електростатично зв'язуватися з катіонами двовалентних металів, що викликає підвищення їх проникності [7]. Кобальт, будучи складовою вітаміну В₁₂ та кофактором багатьох ферментів, є життєво важливим важким металом як для наземних, так і для водних організмів [5]. Однак надмірна концентрація цього металу може призвести до токсичних наслідків, зокрема до порушень структури та функціонування клітинних мембран. Полярні ліпіди є чутливими до зв'язування з іонами Со²⁺, і ця взаємодія може спричинити зменшення плинності біомембран та злипання ліпосом [8].

Тому актуальними є дослідження впливу сублетальних

концентрацій іонів кобальту на фракційний склад фосфоліпідів тканин прісноводних риб. Експеримент було проведено на дворічках карася сріблястого (*Carassius gibelio* Bloch.) та шуки звичайної (*Esox lucius* L.) із середньою масою 200-220 г та 150-170 г відповідно. Досліджували вплив кобальту у двох концентраціях, які в перерахунку на іони становили 0,1 та 0,25 мг/дм³. Метал у вигляді $\text{CoCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ вносили у воду акваріумів об'ємом 200 літрів, у яких розміщувалися досліджувані риби (по 5 особин в кожному). Термін утримання щук у токсичних умовах тривав 14 діб, що є достатнім для розвитку адаптивної реакції на дію стрес-чинника [6].

Для дослідження вмісту ліпідів та окремих класів фосфоліпідів використовували зразки зябер, печінки та спинних м'язів риб. Тканини подрібнювали на холоді в скляних гомогенізаторах з наступним екстрагуванням загальних ліпідів хлороформ-метаноловою сумішшю у відношенні 2:1 за методом Фолча [3].

Розділення полярних ліпідів здійснювали методом висхідної одномірної тонкошарової хроматографії на пластинках «Merck», Німеччина. Рухомою фазою служила суміш розчинників хлороформ : метанол : льодяна оцтова кислота : вода у співвідношенні 60:30:7:3. Отримані хроматограми проявляли у камері, насиченій парами йоду. Для ідентифікації окремих фракцій ліпідів використовували специфічні реагенти і очищені стандарти. Вміст фосфоліпідів у тканинах визначали за кількістю неорганічного фосфору за методом Васьковського [4]. Результати досліджень були статистично опрацьовані з використанням пакету Microsoft Office Excel та із використанням t-критерію Стьюдента.

У результаті аналізу даних у зябрах риб виявили достовірне збільшення вмісту ФХ на 15,4 % і 10,6 % у карася та на 4,5 % і 9,6 % у шуки за обох дослідних концентрацій кобальту. Схожа тенденція у обох видів риб спостерігається у вмісті СФМ, який зменшувався на 23,3 % і 12,6 % за обох концентрацій іонів металу у карася та на 9,4 % у шуки за 0,25 мг/дм³ іонів Co^{2+} . У зябрах шуки було відмічене достовірне зменшення ЛФХ на 18,6 % за 0,25 мг/дм³, ФЕА на 12,1 % за 0,1 мг/дм³, ФС на 27,8 % і 53,0 % за обох дослідних концентрацій кобальту. Вміст ФІ за 0,1

мг/дм³ зростав на 22,9 %, тоді як за 0,25 мг/дм³ знижувався на 11,0 % відносно контролю.

Вміст СФМ у печінці риб мав видоспецифічний характер, так як за обох дослідних концентрацій у карася цей показник зменшувався на 20,0 % і 22,1 %, а у щуки навпаки збільшувався – на 24,0 % і 26,6 %. Із спільного спостерігалось достовірне збільшення частки ЛФХ на 36,5 % у карася та тенденція до збільшення вмісту цієї фракції (на 15,4 %) у щуки за максимальної концентрації іонів металу. У печінці щуки за дії 0,1 мг/дм³ Со²⁺ зростав вміст ФС на 23,9 %, ФІ на 21,3 %, та зменшувалася частка ФЕА на 17,0 %. За 0,25 мг/дм³ іонів металу навпаки концентрація ФС знижувалася на 31,3 %, а частка ФЕА зростала на 31,6 %. Окрім того було виявлене достовірне зменшення ФХ на 16,4 % за максимальної концентрації металу, що корелює із зменшенням вмісту ЛФХ.

У м'язах карася виявили зменшення вмісту ФХ на 5,2 % та тенденцію до збільшення часток ЛФХ і ФЕА за 0,1 мг/дм³ іонів кобальту. Подібна картина спостерігалася у щуки за максимальної концентрації кобальту: достовірне зменшення ФХ на 9,9 % та збільшення ЛФХ на 58,2 %. У м'язах щуки за обох концентрацій металу нами встановлено збільшення частки СФМ (як і у печінці) на 28,2 % і 46,4 %, зменшення кількості ФІ на 13,2 % і 9,4 %, а також ФЕА на 15,9 % і 20,0 %. Вміст ФС за дії 0,25 мг/дм³ іонів кобальту збільшувався на 66,5 %.

Важливим функціональним показником біологічних мембран є співвідношення часток ФЛ/ФХ та ФХ/ФЕА. У зябрах досліджених видів риб мало місце зниження співвідношення ХЛ/ФЛ за дії 0,1 мг/дм³ і 0,25 мг/дм³ іонів кобальту на 24,0 % і 14,3 % у карася та на 34,4 % і 40,5 % у щуки. За впливу обох досліджених концентрацій іонів кобальту у карася даний показник достовірно зростав відповідно на 58,8 % і 47,1 % у печінці та на 31,6 % і 26,3 % у м'язах. У тканинах щуки, навпаки, спостерігалось зменшення співвідношення ХЛ/ФЛ на 12,5 % і 16,7 % у печінці та на 33,3 % у м'язах за дії 0,1 мг/дм³ і 0,25 мг/дм³ концентрації іонів металу.

Співвідношення ФХ/ФЕА у зябрах дослідних риб збільшувалося за обох концентрацій іонів кобальту відповідно на 31,5 % і 24,7 % у карася та 19,3 % і 13,6 % у щуки. У печінці риб

достовірні зміни спостерігалися тільки у тканинах щуки і мали дозозалежний характер. Так, за дії $0,1 \text{ мг/дм}^3$ металу показник збільшився на 17,4 %, а за $0,25 \text{ мг/дм}^3$ іонів кобальту зменшувався на 36,3 %. Достовірні зміни співвідношення ФХ/ФЕА у м'язах риб проявилися тільки за концентрації $0,1 \text{ мг/дм}^3$ іонів Co^{2+} і були видоспецифічними: зменшення на 12,0 % у карася та збільшення на 23,6 % у щуки.

Порівняння результатів, отриманих для карася, з аналогічними даними для щуки, свідчить про дещо відмінні шляхи адаптації до впливу іонів кобальту в різних тканинах цих риб. Усі вищезазначені зміни у складі фосфоліпідів мембран, викликані дією металу, свідчать про існування певних механізмів, спрямованих на підтримку функціонально активного рідкокристалічного стану ліпідної матриці мембрани через зміни часток окремих фракцій ФЛ і співвідношень ХЛ/ФЛ та ФХ/ФЕА.

Список літератури

1. Adada M., Luberto C., Canals D. Inhibitors of the sphingomyelin cycle: Sphingomyelin synthases and sphingomyelinases. *Chemistry and Physics of Lipids*. 2016. Vol. 197. P. 45–59.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2015.07.008>
2. Arambourou H., Llorente L., Moreno-Ocio I., Herrero Ó., Barata C., Fuertes I., Delorme N., Méndez-Fernández L., Planelló R. Exposure to heavy metal-contaminated sediments disrupts gene expression, lipid profile, and life history traits in the midge *Chironomus riparius*. *Water Research*. 2020. Vol. 168. P. 115165.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115165>
3. Folch J., Lees M., Stanley G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 1957. Vol. 226, no. 1. P. 497–509. URL: [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)64849-5)
4. Kates M. *Techniques of Lipidology: Isolation, Analysis and Identification of Lipids*. North-Holland Publishing Company. 1972. 342 p.
5. Kubrak O.I., Husak V.V., Rovenko B.M., Storey J.M., Storey K.B., Lushchak V.I. Cobalt-induced oxidative stress in brain,

- liver and kidney of goldfish *Carassius auratus*. *Chemosphere*, 2011, 85(6), P.983–989. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.078>
6. Nasri F., Heydarnejad S., Nematollahi A. Sublethal cobalt toxicity effects on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Croatian J. Fisheries*. 2019. Vol. 77 (4). P. 243-252. URL: <https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0018>
 7. Sule K., Anikovskiy M., Prenner E. J. Lipid Structure Determines the Differential Impact of Single Metal Additions and Binary Mixtures of Manganese, Calcium and Magnesium on Membrane Fluidity and Liposome Size. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, no. 2. P. 1066. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms24021066>
 8. Umbsaar J., Kerek E., Prenner E.J. Cobalt and nickel affect the fluidity of negatively-charged biomimetic membranes. *Chem. Phys. Lipids*. 2018, Vol. 210. P. 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2017.11.016>

УДК 577.1.57.044:152.574.2: 597.54

ВПЛИВ ДІЇ МІКОТОКСИНІВ В1 ТА Т2 НА АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗУ В ТКАНИНАХ КАРАСЯ

Матюшко С. М., Міткевич А. О., Мехед О. Б.

Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т. Г. Шевченка

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Мікотоксини – це вторинні метаболіти мікроскопічних грибів, які можуть потрапляти у водойми разом із сільськогосподарськими стоками або забрудненими кормами, що споживають риби. Найбільш токсичними серед них є афлатоксин В1 (AFB1) та трихотеценовий мікотоксин Т2 (Т-2), які відомі своєю гепатотоксичною, нейротоксичною та імуносупресивною дією. В умовах сучасного антропогенного навантаження, вивчення впливу цих токсинів на метаболічні процеси у рибах, зокрема на ключові ферменти глюконеогенезу, є надзвичайно важливим для екотоксикології та рибництва. Карась (*Carassius* sp.) – стійкий представник іхтіофауни прісних водойм України, що часто використовується як модельний об'єкт для