

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-626-3-17>

AGE-RELATED CHANGES IN METABOLIC ACTIVITY IN FISH

ВІКОВІ ЗМІНИ МЕТАБОЛІЧНОЇ АКТИВНОСТІ У РИБ

Matviienko T. I.

*Senior Lecturer at the Department
of Aquatic Bioresources
and Aquaculture,
I. I. Mechnikov Odesa
National University
Odesa, Ukraine*

Матвієнко Т. І.

*старший викладач кафедри водних
біоресурсів та аквакультури,
Одеський національний
університет імені І. І. Мечникова
Одеса, Україна*

Bezyk K. I.

*Senior Lecturer at the Department
of Aquatic Bioresources
and Aquaculture,
I. I. Mechnikov Odesa
National University
Odesa, Ukraine*

Безик К. І.

*старший викладач кафедри водних
біоресурсів та аквакультури,
Одеський національний
університет імені І. І. Мечникова
Одеса, Україна*

Метаболічна активність риб є динамічною системою, що змінюється впродовж онтогенезу. З віком відбуваються зрушення у співвідношенні анаболічних і катаболічних процесів, у роботі ферментних систем, гормональної регуляції та енергетичному забезпеченні.

Метаболізм риб відображає баланс між енергетичними потребами організму та здатністю забезпечувати їх за рахунок зовнішніх і внутрішніх ресурсів. Упродовж життя риби проходять кілька етапів, кожен із яких характеризується специфічним рівнем метаболічної активності. Молоді особини відзначаються високим інтенсивним обміном речовин, що зумовлено швидкими темпами росту, високими енергетичними витратами та активним синтезом білків. З віком метаболічні процеси поступово уповільнюються, змінюється співвідношення між анаболізмом і катаболізмом, відбувається зниження енергетичної ефективності клітин [3, 4].

Вікові зміни метаболізму у риб відображаються у зниженні споживання кисню, активності ферментів окисного фосфорилування, швидкості росту та коефіцієнтах перетравлення корму [2]. У більшості видів спостерігається зниження базального метаболізму (SMR) зі збільшенням віку, що пов'язано з накопиченням окислених білків, ліпофусцину та зниженням активності мітохондріальних ферментів.

Онтогенетичні дослідження показують, що у личинок і молоді риб основна частка енергії витрачається на ріст і синтез тканин, тоді як у дорослих особин – на підтримання гомеостазу, репродукцію та імунні реакції. У старших вікових групах посилюються катаболічні процеси, зменшується здатність до регенерації тканин, змінюється активність ферментів циклу Кребса, зокрема сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази [5].

Одним із головних показників метаболічної активності є інтенсивність споживання кисню. У риб спостерігається чітке вікове зниження питомої інтенсивності дихання ($\text{мг O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$), що частково компенсується збільшенням ефективності використання енергії. Наприклад, у коропа (*Cyprinus carpio*) максимальні показники споживання кисню фіксуються у віці 1–2 років, тоді як у старших особин вони зменшуються на 30–40 % [10].

Мітохондріальні дослідження показали, що старіння супроводжується накопиченням мутацій у ДНК мітохондрій, порушенням функції дихального ланцюга та зменшенням синтезу АТФ [7]. Це призводить до енергетичного дефіциту, який впливає на всі системи організму – від скорочення м'язів до роботи нервової системи.

Рисунок 1 ілюструє вікову динаміку основних фізіолого-біохімічних показників риб. На лівій осі показано змiну споживання кисню: найвищі значення спостерігаються у личинок (близько $2,0 \text{ мг O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$), після чого показник поступово знижується до $0,6$ у старших особин. Це свідчить про зменшення метаболічної активності з віком.

Права вісь відображає активність цитохромоксидази та інтенсивність росту, які мають подібну тенденцію. Активність ферменту зменшується від 100 % у личинок до 50 % у старших риб, що корелює зі спадом інтенсивності росту з $4,8$ % до $0,8$ % на добу.

Загалом графік демонструє чітку негативну кореляцію між віком і метаболічними показниками, що є типовою закономірністю для більшості видів риб і відображає поступове уповільнення обмінних процесів та росту з віком.

Гормони щитоподібної залози, інсулін, кортизол і соматотропін відіграють провідну роль у регуляції метаболізму. З віком знижується чутливість тканин до інсуліну та тиреоїдних гормонів, що веде до порушення енергетичного балансу. Для старіючих особин характерне зниження рівня тироксину, що корелює зі сповільненням росту та зменшенням швидкості білкового синтезу [6]. У риб із коротким життєвим циклом (наприклад, *Nothobranchius furzeri*) ці процеси відбуваються швидше, що робить їх зручною моделлю для вивчення старіння [8].

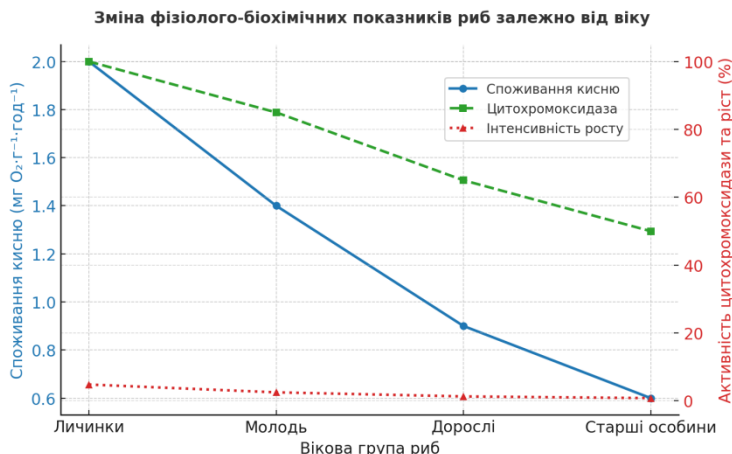


Рис. 1. Динаміка метаболічних показників у риб різного віку

Примітка: дані на основі [2, 10].

З віком у клітинах риб зростає рівень активних форм кисню (АФК), що спричиняє перекисне окислення ліпідів і пошкодження ДНК. Система антиоксидантного захисту – каталаза, супероксиддисмутаза, глутатіонпероксидаза – поступово втрачає ефективність [1]. Підвищений рівень ліпофусцину в гепатоцитах старших риб є морфологічним маркером окислювального стресу. Дослідження показують, що активація ферментів антиоксидантної системи за допомогою антиоксидантних добавок (вітамін Е, селен) може частково зменшити вікові зміни в енергетичному метаболізмі [9].

Таблиця 2

**Вікові зміни активності антиоксидантних ферментів
у печінці коропа (*Cyprinus carpio*)**

Вік риби	Каталаза (ОД/мг білка)	Супероксиддисмутаза (ОД/мг білка)	Вміст ліпофусцину, відн. од.
1 рік	18.4 ± 1.2	52.6 ± 3.4	0.12 ± 0.02
3 роки	15.1 ± 0.9	45.8 ± 2.7	0.21 ± 0.03
5 років	11.7 ± 1.1	39.3 ± 2.1	0.34 ± 0.05

Примітка: за даними [1].

Розуміння вікових змін метаболічної активності має прикладне значення для аквакультури. Знання про вікову динаміку енергетичних витрат дає змогу оптимізувати годівлю, темпи росту й умови

утримання риб. Наприклад, регулювання температурного режиму або складу корму відповідно до вікової фази дозволяє підвищити коефіцієнт конверсії корму та знизити стресові навантаження. Крім того, оцінка метаболічного статусу може бути індикатором здоров'я популяцій у природних водоймах.

У процесі онтогенезу риб спостерігається поступове зниження метаболічної активності, що проявляється у зменшенні інтенсивності дихання, активності ферментів енергетичного обміну та ефективності мітохондріальної функції. З віком змінюється співвідношення анаболічних і катаболічних процесів, що призводить до уповільнення росту, накопичення окислених метаболітів і зниження регенераційної здатності тканин. Послаблення гормональної регуляції, зокрема тиреоїдної та інсулінової, зумовлює порушення енергетичного гомеостазу та зменшення фізіологічної стійкості організму. Паралельно відбувається виснаження антиоксидантної системи, що підсилює дію оксидативного стресу і спричиняє структурні та функціональні зміни у клітинах печінки, м'язів і зябер. Інтенсивність вікових змін у метаболізмі визначається видовими особливостями, умовами середовища, тривалістю життєвого циклу та рівнем антропогенного впливу. Вивчення цих процесів має як фундаментальне значення для розуміння механізмів старіння у риб, так і прикладне – для вдосконалення технологій аквакультури, оптимізації годівлі та підвищення життєздатності особин у штучних умовах.

Література:

1. Bagnyukova, T. V., Storey, K. B., & Lushchak, V. I. Adaptive responses of antioxidant enzymes to intermittent anoxia in goldfish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2007, vol. 33. Pp. 123–131.
2. Jobling, M. *Fish Bioenergetics*. London : Chapman & Hall, 1994. 309 p.
3. Love, R. M. *The Chemical Biology of Fishes*. London : Academic Press, 1980. 547 p.
4. Mommsen, T. P., & Moon, T. W. Hormonal regulation of metabolism in fish. *Fish Physiology*, 2001, vol. 20. Pp. 471–571.
5. Pörtner, H. O., et al. Oxygen- and capacity-limited thermal tolerance in fish. *Journal of Experimental Biology*, 2010, vol. 213. Pp. 881–893.
6. Sheridan, M. A. Effects of thyroxine, cortisol, growth hormone, and prolactin on lipid metabolism in rainbow trout. *General and Comparative Endocrinology*, 1986, vol. 64. Pp. 133–143.
7. Stier, A., Bize, P., & Rojas, E. Mitochondrial function and aging in fish. *Frontiers in Zoology*, 2020, vol. 17. Pp. 1–12.

8. Valenzano, D. R., Terzibasi, E., Cattaneo, A., et al. The short-lived African turquoise killifish: a vertebrate model for aging research. *Cell*, 2015, vol. 163. Pp. 1539–1554.

9. Zhou, C., Lin, H., & Huang, Z. Antioxidant supplementation alleviates oxidative stress in aging fish. *Aquaculture Research*, 2020, vol. 51. Pp. 3781–3792.

10. Журавель О. С. Особливості вікової динаміки метаболічних показників у коропа (*Cyprinus carpio*). *Вісник зоології*. 2015. Т. 49, № 2. С. 45–52.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-626-3-18>

THE EFFECTIVENESS OF FACTORY FARMING IN RESTORING NATURAL STOCKS OF RIVER CRAYFISH

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАВОДСЬКОГО ВИРОЩУВАННЯ У ВІДНОВЛЕННІ ПРИРОДНИХ ЗАПАСІВ РІЧКОВИХ РАКІВ

Sydorak R. V.

*Lecturer at the Department of Aquatic
Bioresources and Aquaculture,
I. I. Mechnikov Odesa National
University
Odesa, Ukraine*

Сидорак Р. В.

*викладач кафедри водних
біоресурсів та аквакультури,
Одеський національний
університет імені І. І. Мечникова
Одеса, Україна*

Lichna A. I.

*Senior Lecturer at the Department of
Aquatic Bioresources and Aquaculture,
I. I. Mechnikov Odesa National
University
Odesa, Ukraine*

Лічна А. І.

*старший викладач кафедри водних
біоресурсів та аквакультури,
Одеський національний
університет імені І. І. Мечникова
Одеса, Україна*

В останні десятиліття чисельність популяцій річкових раків значно скоротилася внаслідок забруднення водойм, зміни кліматичних умов, хвороб та надмірного вилову. У зв'язку з цим розведення раків в умовах аквакультури набуває важливого значення для їх подальшого вселення в природні водойми. Використання заводських технологій вирощування раків дозволяє контролювати процес їхнього росту, зменшити рівень смертності на ранніх етапах розвитку та підвищити шанси на успішну адаптацію після випуску у природне середовище [1].