

---

# ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ РИБ

---

УДК 574.52:577.115.3:639.3

## БІОЛОГІЧНА РОЛЬ ПОЛІНЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ ( $\omega$ -3) ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ МЕТАБОЛІЗМУ У ПРІСНОВОДНИХ РИБ

І.І. Грициняк<sup>1</sup>, К.Б. Смолянінов<sup>2</sup>, Д.О. Янович<sup>3</sup>,  
І.В. Вудмаска<sup>2</sup>, В.Г. Янович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут рибного господарства УААН, м. Київ

<sup>2</sup> Інститут біології тварин УААН, м. Київ

<sup>3</sup> Львівський національний університет ветеринарної медицини і біотехнології імені С.З. Гжицького

---

*Наведено дані літератури і результати власних досліджень біологічної ролі поліненасичених жирних кислот родини n-3 та їх метаболізм в організмі морських і прісноводних риб. Висвітлена антихолестериногенна і антиліпогенна дія ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислот, які містяться в жири морських і прісноводних риб та їх важлива роль у попередженні серцево-судинних і ряду інших небезпечних захворювань людини. Наведено дані про жирнокислотний склад ліпідів м'яса рослиноїдних риб (білого товстолобика, білого амура) і обґрунтовано його використання з метою профілактики низки захворювань у людини, насамперед, серцево-судинних й онкологічних.*

---

У життєдіяльності людини і тварин важливу роль відіграють поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), які в організмах людей і тварин, у тому числі і риб, не синтезуються [1]. До них належать попередники більш ненасичених жирних кислот: лінолева кислота ( $C_{18:2}$ ) родини  $\omega$ -6 і ліноленова кислота ( $C_{18:3}$ ) родини  $\omega$ -3. Тривала відсутність лінолевої кислоти в раціоні тварин в умовах досліду призводила до їх загибелі, а відсутність ліноленової — до ряду метаболічних порушень. Зниження рівня лінолевої і ліноленової кислот у раціоні риб, зокрема коропа, спричиняє уповільнення росту і метаболічні порушення [2, 3]. У результаті десатурації та елонгації з лінолевої і ліноленової кислот синтезуються більш ненасичені жирні кислоти родин n-6 і n-3, відповідно, які характеризуються широким спектром біологічної дії в організмі, а їх вміст у м'ясі риб є важливим джерелом ПНЖК для людини. Зокрема, з вмістом поліненасичених жирних кислот у раціоні тварин пов'язані такі фундаментальні процеси в клітині, як рідинний стан клітинних мембран і їх проникність

для метаболітів та іонів, активність ліпід-залежних ферментів, регуляція експресії генів [1, 3–5]. Поліненасичені жирні кислоти є попередниками ейкозаноїдів (простагландинів, простациклінів, лейкотриєнів) — великої групи біологічно активних речовин з широким спектром біологічної дії [6]. Вони забезпечують непроникність шкірного бар'єра і беруть участь у транспорті холестеролу і його метаболізм [7].

В останні роки особливу увагу привертають дослідження біологічних особливостей поліненасичених жирних кислот родини n-3, особливо ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислот в організмі людини. Стимулом для таких досліджень на початку 70-х років минулого сторіччя стала відсутність ішемічної хвороби серця в ескімосів Гренландії [8, 9]. Наступні дослідження показали, що це зумовлено споживанням ескімосами жиру морських риб і ссавців, який містить значну кількість (близько 25%) n-3 поліненасичених жирних кислот — ейкозапентаєнової ( $C_{20:5}$ ) і докозагексаєнової ( $C_{22:6}$ ) [10, 11], що має антихолестериногенний вплив на

організм людини [12–14]. Як показали тривалі дослідження на добровольцях, підвищення споживання м'яса морських риб є важливим засобом профілактики серцево-судинних захворювань [15, 16], які сьогодні займають перше місце серед найбільш небезпечних патологій у більшості країн світу. Зокрема, у 80-ті роки минулого сторіччя серцево-судинні захворювання становили майже 50% і вдвічі перевищували кількість онкологічних захворювань [17, 18]. У США, Данії і Гренландії кардіоваскулярні захворювання у цей період були на рівні відповідно 40,4; 34,7 і 5,3%, що ілюструє залежність між споживанням м'яса морських риб у цих країнах та ішемічними захворюваннями. Це зумовлено тим, що поліненасичені жирні кислоти у великій кількості містяться у фітопланктоні і зоопланктоні, які споживають морські риби, особливо риби північних морів, які є джерелом ПНЖК для морських ссавців [19]. Унаслідок цього утворюється трофічний ланцюг: планктон — риба — морські ссавці — людина.

Антихолестериногенна дія ПНЖК родини  $n-3$  в організмі людини зумовлена їхнім впливом на ряд механізмів, основним з яких є інгібування утворення холестериногенних ліпопротеїнів низької щільності та посилення їх розпаду, посилення антиагрегаційної дії простагландинів [14, 16, 20–24]. Антихолестериногенна й антиліпогенна дія ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислот зумовлена, насамперед, зниженням концентрації холестеролу і триацилгліцеролів у плазмі крові пацієнтів з гіперхолестеринемією і гіперліпімією. Інгібуючу дію ПНЖК родини  $n-3$  на холестериногенез і ліпогенез в організмі забезпечують специфічні білки (SREPs), які регулюють експресію генів, котрі кодують синтез холестеролу і триацилгліцеролів у печінці [3–5].

Основною причиною виникнення серцевих захворювань є атеросклеротичне ураження коронарних судин, яке характеризується звуженням їх просвіту внаслідок утворення атеросклеротичних бляшок і розростання сполучної тканини в їх стінці, що в свою чергу призводить до порушення трофіки серцевого м'яза [7].

Поліненасичені жирні кислоти в дієті людини представлені, в основному, ліно-

левою кислотою родини  $\omega-6$ , що конкурує з ПНЖК родини  $\omega-3$  (ліноленою, ейкозапентаєною і докозагексаєною). Згідно з сучасними рекомендаціями [18, 22, 25, 26], оптимальне співвідношення між вмістом ПНЖК родин  $n-6$  і  $n-3$  у дієті людини має бути 3–4:1, тоді як в Україні і більшості країн Європи воно становить 8–10:1. Це зумовлено, насамперед, високим вмістом лінолевої кислоти в рослинних оліях (соняшниковій, кукурудзяній), ліпідах злакових культур, продуктах тваринництва [1]. Ейкозапентаєнова і докозагексаєнова кислоти в оліях і ліпідах зернових культур відсутні, а в продуктах тваринництва містяться в незначній кількості. Основним джерелом ПНЖК родини  $\omega-3$ , які споживає людина, є м'ясо морських риб і морепродукти. Серед морських риб найбільше ПНЖК  $\omega-3$  міститься в ліпідах м'яса макрелі, оселедця і лосося. В океанських і морських країнах на людину припадає 20–30 кг м'яса морських риб на рік. На першому місці за цим показником стоїть острівна країна Японія, в якій у середньому кожна людина з'їдає близько 100 кг морської риби на рік. Японія сьогодні перебуває на першому місці у світі за тривалістю життя населення [5]. Споживання м'яса морських риб населенням в Україні незначне: в 2005 р. воно становило 14 кг на особу в рік [28].

Розв'язати проблему забезпечення оптимальної кількості ПНЖК  $\omega-3$  в дієті населення України на даний час важко, а збільшення споживання м'яса морських риб і морепродуктів з огляду на важливість проблеми ще довго буде залишатися національним пріоритетом. Важливість проблеми полягає в тому, що, крім попередження атеросклерозу і коронарних захворювань, ПНЖК родини  $\omega-3$  виявляють стимулювальний вплив на активність імунної системи в організмі людини. Згідно з сучасними уявленнями з дефіцитом ПНЖК  $\omega-3$  у людини пов'язаний патогенез багатьох важких захворювань [20].

Альтернативним шляхом забезпечення збільшення кількості ПНЖК  $\omega-3$  в дієті населення України є збільшення вирощування рослиноідних риб — білого товстолобика і білого амура. Сьогодні в структурі рибної продукції в Україні

60–70% становить короп, білий товстолобик — 20–30, білий амур — 10% [29]. Білий товстолобик і білий амур — рослиноїдні риби, завезені з Далекого Сходу в другій половині минулого століття. Вони адаптувалися до нових умов і сьогодні їх вирощують у багатьох рибоводних господарствах України. Основною біологічною особливістю рослиноїдних риб є їх здатність харчуватися природними кормами, які нездатний споживати короп. Зокрема, білий товстолобик в основному забезпечує потребу в поживних речовинах за рахунок споживання фітопланктону, білий амур — вищих водних рослин. У зв'язку з цим у рибоводних господарствах України зросло вирощування коропа в полікультурі разом з рослиноїдними рибами. Наукові дослідження і досвід рибницьких господарств усіх природно-кліматичних зон України показали, що вирощування коропа разом з рослиноїдними рибами дає змогу підвищити рибопродуктивність ставів на 30–40% без додаткових витрат на годівлю риб і внесення органіко-мінеральних добрив [29].

Фітопланктон водойм характеризується високим вмістом ліпідів (12–26% сухої речовини), більшу частину жирних кислот у їхньому складі становлять ПНЖК родини  $\omega$ -3 — ейкозапентаєнова і докозагексаєнова [30], які після споживання його білим товстолобиком використовуються в його тканинах у синтезі структурних і резервних ліпідів [31]. Найвні в літературі дані [14, 15] і проведені нами дослідження показали, що вміст ПНЖК родини  $\omega$ -3 у ліпідах м'яса товстолобика і білого амура значно більший, ніж у м'ясі коропа і наближається за цим показником до м'яса морських риб [31–34].

Вищі водні рослини, як і вегетативна частина сіяних рослинних кормів, характеризуються високим вмістом ліноленової ( $C_{18:3}$ ,  $\omega$ -3) і лінолевої ( $C_{18:2}$ ,  $\omega$ -6) кислот [35], які в організмі білого амура після їх споживання перетворюються в більш ненасичені жирні кислоти. Зокрема, ліноленова кислота в тканинах риб шляхом елонгації і десатурації перетворюється в ейкозапентаєнову ( $C_{20:5}$ ,  $\omega$ -3) і докозагексаєнову ( $C_{22:6}$ ,  $\omega$ -3) кислоти, а лінолева — в арахідонову ( $C_{20:4}$ ,  $\omega$ -6) кислоту [36]. Перетворення ліноленової і лінолевої кислот у більш ненасичені жирні

кислоти каталізуються однаковими ферментами (десатуразами) і мають конкурентний характер. Під їх дією значна частина ліноленової ( $C_{18:3}$ ,  $\omega$ -3) кислоти, яка міститься у водних рослинах, після споживання його білим амуром перетворюється в його тканинах в ейкозапентаєнову ( $C_{20:5}$ ,  $\omega$ -3) і докозагексаєнову ( $C_{22:6}$ ,  $\omega$ -6) кислоти. Внаслідок цього вміст ПНЖК  $\omega$ -3 в м'ясі білого амура значно більший, ніж у м'ясі коропа [31–34].

Наведені дані свідчать про обґрунтованість збільшення вирощування рослиноїдних риб у ставових господарствах України. Дослідженнями, проведеними в Інституті рибного господарства УААН, встановлено, що вирощування коропа в полікультурі з рослиноїдними рибами за оптимального їх співвідношення при годівлі коропа повноцінними штучними кормами дає змогу отримати з гектара водойм 2,2–3,5 т/га коропа і 0,6–1,2 т/га рослиноїдних риб [37]. Рослиноїдні риби, як і короп, мають високу потенційну швидкість росту, між ними відсутня або слабо виражена конкуренція. Як відомо, короп споживає в основному донні організми — личинки комах, черви, мольски. Білий товстолоб є планктонофагом і споживає всі види планктонних водоростей, а також детрит. Основною їжею білого амура є вища водна рослинність [38].

Рослиноїдні риби більш чутливі до низьких температур, ніж короп, тому найбільш інтенсивно їх ріст проходить за температури води 23–32°C [29]. Проте всі регіони України, особливо південний і центральний, мають сприятливі умови для вирощування рослиноїдних риб. Функціонуючі в Україні розплідники рослиноїдних риб дають можливість забезпечити господарства західного і північного регіонів у садковому матеріалі усіх вікових груп. Ефективне забезпечення цієї кооперації потребує дальшого наукового супроводження вирощування і транспортування молоді рослиноїдних риб, підвищення її резистентності і попередження захворювання [39].

Разом з тим важливим завданням рибницької і медичної науки є широке ознайомлення населення України з ви-

сокою харчовою і біологічною цінністю м'яса рослиноїдних риб, його профілактичними і лікувальними властивостями, з метою збільшення попиту на нього, що буде стимулювати збільшення обсягів їх вирощування.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Янович В.Г., Лагодюк П.З. Обмен липидов у животных в онтогенезе. — М.: Агропромиздат, 1991. — 316 с.
2. Watanabe N., Ustue O., Kobusaki J. Effect of dietary methyl linoleate and linoleate on growth carp // Bull. Jap. Soc. Sci. — 1975. — Vol. 41. — P. 257–263.
3. Yu T., Sinnhuber R. Effect of dietary linolenic and linoleic acids upon growth and lipid metabolism of rainbow trout // Lipids. — 1975. — V. 20. — P. 63–66.
4. Horton J.D., Goldstein J.L., Brown M.S. SREBPs: activators of the complete program of cholesterol and fatty acid synthesis in the liver // J. Clin. Invest. — 2002. — V. 109. — P. 1125–1131.
5. Hyoun-Yu Kim. Dietary cholesterol oppose PUFA-mediated repression of the stearyl-CoA desaturase-1 gene by SREBP-1 independent mechanism // J. Lipid Res. — 2002. — V. 43. — P. 1750–1752.
6. Смолянінов К.Б. Метаболізм поліненасичених жирних кислот // Біологія тварин. — 2002. — Т. 4, № 1–2. — С. 16–31.
7. Климов А.Н., Никульчева Н.Г. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения: Руководство для врачей. — СПб: Питер Ком, 1999. — 512 с.
8. Dyerberg J., Bang H.O., Hjerne N. Fatty acid composition of plasma lipids in Greenland Eskimos // Am. J. Clin. Nutr. — 1975. — V. 8. — P. 958–966.
9. Dyerberg J., Bang H.O., Stoffesen E. et al. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis // Lancet. — 1978. — V. 2. — P. 117–119.
10. Ackman R.G. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids // Comp. Biochem. Physiol. — 1967. — V. 22. — P. 907–922.
11. Stansby M.E. Fatty acids patterns in marine, fresh-water and ananropous fish // J. Am. Oil. Chem. Soc. — 1967. — V. 44. — P. 44–64.
12. Stansby M.E. Nutritional properties of fish oil for human consumption — modern aspects. — New York, 1990. — P. 289–308.
13. Connor W. Are fish oils beneficial in the prevention and treatment of coronary artry disease // Am. J. Clin. Nutr. — 1997. — V. 66. — P. 10205–10315.
14. Steffens W., Wirth M., Mieth G., Liecer U. Freshwater fish as a source of the 3-polyunsaturated fattyaad and their applaation to humen nutrition // Fish Nutrition Practice. — Paris: INRA, 1999. — P. 469–674.
15. Daviglus M. Fish consumption and 30-year rick of fatal miocardyal infarction // New Endl. J. Medic. — 1997. — V. 336, № 15. — P. 1046–1053.
16. Wangc. M., Lichtenstein A., Balk E. Effects of omega-3 fatty acid on cardiovascular disease. — Rocville-M: Agency for Heaethcare Reseach and Quality. — 2004.
17. Simopoulos A.P. Omega-3 fatty acids and the prevention-management of cardiovascular disease // Can. J. Physiol. Pharmacol. — 1997. — V. 75. — P. 231–234.
18. Simopoulos A.P. N-3 fatty acids and human health: defining strategies for public policy // Lipids. — 2001. — V. 36. — P. 83–89.
19. Varis O. Associations between lake phytoplankton community and growth factors — a canonical correlation analysis // Hidrobiologia. — 1991. — V. 21. — P. 209–216.
20. Rodriguez-Cruz M., Tovar A.R., M. del Prado. Molecular mechanisms of action and health benefits of polyunsaturated fatty acids // Rev. Invest. Clin. — 2005. — V. 57(3). — P. 457–472.
21. Holub B.J. Clinical nutrition: 4. Omega-3 fatty acids in cardiovascular care // J. Can. Med. Assoc. — 2002. — V. 5. — P. 166–172.
22. Von Schacky C. Prophylaxis of atherosclerosis with marine omega-3 fatty acids // Ann. Intern. Med. — 1987. — V. 107. — P. 890–899.
23. Steffens W., Wirth M. Freshwater fish — an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids: a review // Arch. Pol. Fish. — 2005. — V. 13, № 1. — P. 5–16.
24. Drevon C.A., Saarem K. Omega-3 fatty acids — metabolism and mechanisms of action of essential fatty acids // Peter Moller. — 2005. — P. 1–34.
25. Lee A. Dietary cholesterol, eggs and coronary heart disease risk in perspective // Nutr. Bull. — 2006. — V. 31(1). — P. 21–27.
26. Breslow J.L. N-3 Fatty acids and cardiovascular disease // Am. J. Clin. Nutr. — 2006. — V. 83(6). — P. 1477–1482.
27. Sreffens W. Effect of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of fresh-water fish for humans // Aquaculture. — 1997. — V. 151. — P. 97–119.
28. Смирнюк Н.І., Буряк І.В., Марценюк Н.О. Забезпеченість населення України рибою та рибною продукцією на сучасному етапі встановлення ринкових відносин // Рибогосподарська наука України. — 2007. — № 1. — С. 76–83.

29. Гринжєвський М.В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України. — К.: Світ, 2000. — 181 с.
30. Блага О.М., Рівіс Й.Ф. Кількість, маса та жирнокислотний склад загальних ліпідів фітопланктону ставкової води // Наук. вісн. Львівської нац. акад. вет. мед. ім. С.З. Гжицького. — 2006. — Т. 8, № 2. — С. 3–4.
31. Блага О.М. Особливості росту різних видів ставкових риб та вмісту високомолекулярних жирних кислот (ВЖК) у їх скелетних м'язах // Наук.-тех. бюл. Інст. біол. тварин. — 2007. — В. 8, № 1–2. — С. 14–25.
32. Блага Н.А., Вудмаска І.В., Янович В.Г. Жирнокислотний склад ліпідів скелетних м'язів ставкових риб різних видів // Наук.-тех. бюл. Інст. біол. тварин. — 1997. — В. 19(1). — С. 97–98.
33. Смолянінов К.Б., Янович В.Г. Жирнокислотний склад триацилгліцеролів скелетних м'язів ставкових риб різних видів // Біологія тварин. — 2005. — Т. 7, № 1–2. — С. 132–136.
34. Steffens W., Lieder U., Wirth M., Nuet J. The importance of silver carp and bighead carp as dietary food stuffs for prophylaxis and therapy of cardiovascular diseases // Fisherei-forschung. — 1991. — V. 29. — P. 113–114.
35. Блага О.М., Рівіс Й.Ф. Вміст високомолекулярних жирних кислот (ВЖК) загальних ліпідів у водній рослинності ставу // Міжнар. темат. наук. збірник. — 2006. — В. 65. — С. 152–156.
36. Vermunt S.H., Mensink R.P., Simons M.M., Hornstra G. et al. Effects of dietary alpha — linolenic acid on the conversion and oxidation of 13 C-alpha — linolenic acid // Lipids. — 2000. — V. 35. — P. 137–142.
37. Гринжєвський М.В., Пшеничний А.Р. Вирощування дволіток коропо-сазанових гібридів у полікультурі // Рибогосподарська наука України. — 2007. — № 1. — С. 41–48.
38. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. — Санкт-Петербург: ГОСНИОРХ, 2001. — 373 с.
39. Грициняк І.І., Третяк О.М. Пріоритетні напрями забезпечення рибного господарства України // Рибогосподарська наука України. — 2007. — № 1. — С. 5–20.

### **БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ( $\omega$ -3) И ОСОБЕННОСТИ ИХ МЕТАБОЛИЗМА У ПРЭСНОВОДНЫХ РЫБ**

*И.И. Грициняк, К.Б. Смолянинов, Д.О. Янович,  
И.В. Вудмаска, В.Г. Янович*

Представлены данные литературы и результаты собственных исследований биологической роли полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega$ -3 и их метаболизма в организме морских и пресноводных рыб. Показано антихолестериногенное и антилипогенное действие эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот жира морских и пресноводных рыб и их важная роль в предупреждении сердечно-сосудистых и ряда других опасных заболеваний человека. Приведены данные о жирнокислотном составе липидов мяса растительоядных рыб (белого толстолобика, белого амура) и обоснованно его использование с целью профилактики ряда заболеваний у человека, прежде всего сердечно-сосудистых и онкологических.

### **THE BIOLOGICAL ROLE OF $\omega$ -3 POLYUNSATURATED FATTY ACIDS AND THE PECULIARITIES OF THEIR METABOLISM IN FRESH-WATER FISH**

*I. Hrytsyniak, K. Smolyaninov, D. Yanovich, I. Vudmaska, V. Yanovich*

The literature data and the results of own investigation about biological role of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids in the marine and fresh-water fish are presented in the review. The anti-cholesterogenic antilipogenic action of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids of marine and freshwater fish oils and their significant role in prevention of human cardiovascular diseases were shown. The data about fatty acid composition of freshwater fish and about their usage in prophylaxis of some human cardiovascular and oncological diseases are grounded.