УДК: 639.3:612.015.3:591.175

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ФОСФОЛІПІДІВ І ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛІВ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ ТОВСТОЛОБИКА ТА БІЛОГО АМУРА

К. Б. Смолянінов, В. Г. Янович, Г. М. Галяс

Інститут біології тварин УААН

У статті наведені результати дослідження жирнокислотного складу фосфоліпідів і триацилгліцеролів скелетних м'язів товстолобика і білого амура. Втановлено, що фосфоліпіди скелетних м'язів білого амура характеризуються більшим вмістом ліноленової, ейкозапентаєнової, докозапентаєнової і докозагексаєнової, порівняно з товстолобиком. Триацилгліцероли скелетних м'язів білого амура характеризуються більшим вмістом олеїнової і ліноленової кислот та меншим вмістом арахідонової кислоти порівняно до триацилгліцеролів скелетних м'язів товстолобика.

Ключові слова: ТОВСТОЛОБИК, БІЛИЙ АМУР, ФОСФОЛІПІДИ, ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛИ, ПОЛІНЕНАСИЧЕНІ ЖИРНІ КИСЛОТИ, ЛІПІДИ.

Жирнокислотний склад ліпідів органів і тканин ставових риб, зокрема скелетних м'язів залежить від ряду факторів: виду, віку, умов вирощування, типу годівлі [1], які впливають на харчову і біологічну цінність м'яса риб. Наявні в літературі дані [2–4] свідчать про видові різниці у вмісті ліпідів та їх жирнокислотному складі у скелетних м'язах ставових риб, зокрема товстолобика і білого амура. Особливості жирнокислотного складу ліпідів, зокрема фосфоліпідів і триацилгліцеролів, тканин товстолобика і білого амура вивчені меншою мірою, ніж коропа [1], що обумовлює актуальність поглиблення таких досліджень. Це зумовлено тим, що ліпіди риб характеризуються високим вмістом поліненасичених жирних кислот родин ω-6 і ω-3, які належать до незамінних факторів живлення людини [5, 6]. ПНЖК суттєво відрізняються між собою за біологічною дією, зокрема кислоти родини ω-3 характеризуються антихолестериногенною, кардіопротекторною і антиканцерогенною дією в організмі людини [5]. До цих ПНЖК належать ейкозапентаєнова і докозагексаєнова кислоти, які у значній кількості містяться у ліпідах багатьох видів морських риб і деяких видів ставових риб [6]. У зв'язку з цим, метою цієї роботи було дослідження жирнокислотного складу фосфоліпідів і триацилгліцеролів скелетних м'язів товстолобика і білого амура, які відрізняються між собою за типом живлення і жирнокислотним складом корму.

Матеріали і методи

У дослідженнях було використано зразки скелетних м'язів дорзо-краніальної частини тулуба дворічок товстолобика і білого амура, по 3 риби кожного виду, які вирощувалися у дослідних ставах Львівського відділення Інституту рибного господарства УААН у кінці літнього періоду. Стави удобрювалися у весняний період шляхом вапнування і внесення органічних добрив згідно з нормами. Риби вирощувалися разом з коропом, у годівлі якого використовували стандартний комбікорм у кількості 5 % від маси риб. Температура води у ставах знаходилась у межах 18–23 ºС. Одержані від риб зразки скелетних м'язів гомогенізували в рідкому азоті. Ліпіди з гомогенатів скелетних м'язів екстрагували сумішшю хлороформ-метанолу (2 : 1) за методом Фолча [7]. Фосфоліпіди і триацилгліцероли виділяли

з ліпідного екстракту за допомогою препаративної тонкошарової хроматографії на силікагелі у системі розчинників гексан-диетиловий–ефір-льодяна–оцтова кислота (70 : 30 : 1) [7]. Одержання метилових ефірів жирних кислот проводили шляхом прямої переетерифікації при додаванні 5 % соляної кислоти в абсолютному метанолі [8]. Аналіз жирнокислотного складу фосфоліпідів і триацилгліцеролів проводили методом газо-рідинної хроматографії на хроматографі «Chrom-4» (Чехія) [8]. Отримані цифрові дані опрацьовували статистично.

Результати й обговорення

З таблиці 1 видно, що для фосфоліпідів скелетних м'язів ставкових риб досліджуваних видів характерний високий вміст у їх складі ненасичених жирних кислот, які складають понад 70 % від загальної кількості жирних кислот. При цьому частка ПНЖК у складі фосфоліпідів скелетних м'язів риб обох видів становить більше 50 % від загальної кількості жирних кислот. Так, загальна частка поліненасичених жирних кислот у складі фосфоліпідів скелетних м'язів товстолобика становить 56,58 %, у білого амура — 61,59 %. Такий високий ступінь ненасиченості фосфоліпідів основних структурних компонентів клітинних мембран скелетних м'язів, забезпечує їх функціонування при зниженні температури води. У холоднокровних організмів, зокрема у риб, рідинно-кристалічний стан клітинних мембран забезпечується, головним чином, за рахунок високого рівня поліненасичених жирних кислот у складі мембранних фосфоліпідів, що, у свою чергу, забезпечує трансмембранний транспорт і нормальне функціонування мембранозв'язаних ферментів [9, 10]. При аналізі вмісту ПНЖК у фосфоліпідах скелетних м'язів товстолобика і білого амура звертає на себе увагу високий відносний вміст у їх складі лінолевої (18 : 2) — 13,73 і 6,58 %, арахідонової — 8,04 і 10,66 %, ейкозапентаєнової — 7,11 і 10,79 % і особливо докозагексаєнової — 11,40 і 17,74 % від загальної кількості жирних кислот. Ці результати узгоджуються з літературними даними про високий вміст поліненасичених жирних кислот, і особливо кислот родини ω-3 (ейкозапентаєнової і докозагексаєнової) у складі ліпідів різних видів риб [5].

Кількість окремих жирних кислот у фосфоліпідах скелетних м'язів риб коливається залежно від їх виду. Так, кількість поліненасичених жирних кислот у складі фосфоліпідів скелетних м'язів білого амура вища, порівняно до їх кількості в складі фосфоліпідів скелетних м'язів товстолобика. Це зумовлено більшим вмістом у фосфоліпідах скелетних м'язів білого амура жирних кислот родини ω-3 (ліноленової, ейкозапентаєнової, докозапентаєнової і докозагексаєнової), порівняно з фосфоліпідами скелетних м'язів товстолобика ($P < 0,001$). Ці різниці можна пояснити високим вмістом у ліпідах рослин, які є основним кормом білого амура, ліноленової кислоти [9] та її інтенсивним перетворенням в його тканинах у більш ненасичені жирні кислоти. Встановлено, що ейкозапентаєнова (20 : 5, ω-3), докозапентаєнова (22 : 5, ω-3) і докозагексаєнова (22 : 6, ω-3) кислоти володіють метаболічними особливостями, зокрема вони є попередниками біологічно активних метаболітів, які виступають антагоністами до дії метаболітів арахідонової кислоти — простагландинів і лейкотриєнів другої серії [5, 10]. Згідно з сучасними уявленнями [5, 6, 10], поліненасичені жирні кислоти родини ω-3 у м'ясі риб є важливим джерелом цих ПНЖК для людини, а з похідними цих кислот пов'язують протизапальні, антиканцерогенні, антиатерогенні і кардіопротекторні властивості риб'ячого жиру і м'яса риб [5].

Фосфоліпіди скелетних м'язів товстолобика характеризуються більшим відносним вмістом лінолевої кислоти — 13,73 %, порівняно з білим амуром — 6,58 % (табл. 1). Це можна пояснити впливом наявних у ліпідах фітопланктону, який споживає товстолобик, ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислот, які інгібують перетворення лінолевої кислоти в арахідонову

Таблиця 1.

Жирнокислотний склад фосфоліпідів скелетних м´язів риб, % (M±m, n=3)

Жирні кислоти	Види ставкових риб	
	Товстолобик	Білий амур
8:0	0,24 ± 0,021	0,37 ± 0,056
10:0	3,03 ± 0,020	2,55 ± 0,147
12:0	2,72 ± 0,073	2,15 ± 0,127
14:0	0,62 ± 0,017	0,88 ± 0,118
14:1	0,58 ± 0,032	0,29 ± 0,008
Пальмітинова 16:0	15,41 ± 0,190	14,12 ± 0,373
Пальмітоолеїнова 16:1	0,17 ± 0,082	0,20 ± 0,339
Стеаринова 18:0	6,04 ± 0,271	5,02 ± 0,276
Олеїнова 18:1	14,80 ± 0,180	12,71 ± 0,178
Лінолева 18:2	13,73 ± 0,331***	6,58 ± 0,148
Ліноленова 18:3	3,71 ± 0,201	7,44 ± 0,284*
Ейкозатриєнова 20:3	4,63 ± 0,135	1,08 ± 0,125
Арахідонова 20:4	8,04 ± 0,130	10,66 ± 0,235
Ейкозапентаєнова 20:5	7,11 ± 0,271	10,79 ± 0,270**
Докозодієнова 22:2	2,54 ± 0,033	0,11 ± 0,030
Докозотриєнова 22:3	0,31 ± 0,111	0,60 ± 0,043
Докозотетраєнова 22:4	3,50 ± 0,218	1,20 ± 0,070
Докозопентаєнова 22:5	1,61 ± 0,071	5,39 ± 0,330*
Докозогексаєнова 22:6	11,40 ± 0,390	17,74 ± 0,172*
Насичені	28,06	25,09
Ненасичені	71,94	74,91
Мононенасичені	15,55	13,2
Поліненасичені	56,58	61,59

Загалом, дані, наведені у таблиці 1, свідчать, з одного боку, про високий відносний вміст поліненасичених жирних кислот у складі фосфоліпідів скелетних м’язів ставкових риб, а з другого — про вищий вміст ω-3 поліненасичених жирних кислот (ліноленової, ейкозапентаєнової і докозагексаєнової) у складі фосфоліпідів скелетних м’язів білого амура, порівняно з і товстолобиком.

У таблиці 2 наведені дані про жирнокислотний склад триацилгліцеролів скелетних м’язів товстолобика і білого амура. З них видно, що, на відміну від фосфоліпідів, у складі триацилгліцеролів скелетних м’язів досліджуваних видів ставкових риб переважають мононенасичені та насичені жирні кислоти. Так, частка мононенасичених жирних кислот триацилгліцеролів скелетних м’язів товстолобика і білого амура складає відповідно — 36,56 і 39,90 %, а частка насичених жирних кислот — 34,95 і 32,15 % від загальної кількості жирних кислот. Серед мононенасичених жирних кислот м’язів товстолобика і білого амура переважає олеїнова кислота, частка якої становить відповідно 25,88 і 30,67 %. Серед насичених жирних кислот домінує пальмітинова кислота, кількість якої становить18,75 і 18,76 % від загальної кількості жирних кислот триацилгліцеролів скелетних м’язів риб.

Таблиця 2.

Жирнокислотний склад триацилгліцеролів скелетних м´язів риб, % (M±m, n=3)

Жирні кислоти	Види ставкових риб	
	Товстолобик	Білий амур
Каприлова 8:0	1,47 ± 0,36	0,94 ± 0,14

Капринова 10:0	5,26 ± 0,12	3,15 ± 0,07
Лауринова 12:0	4,37 ± 0,07	2,26 ± 0,50
Міристинова 14:0	2,13 ± 0,25	0,74 ± 0,24
Міристолеїнова 14:1	3,60 ± 0,22	2,08 ± 0,11
Пальмітинова 16:0	18,75 ± 0,31	18,76 ± 0,42
Пальмітоолеїнова 16:1	7,08 ± 0,25	7,15 ± 0,32
Стеаринова 18:0	2,97 ± 0,34	2,26 ± 0,08
Олеїнова 18:1	25,88 ± 0,94	30,67 ± 0,33***
Лінолева 18:2	5,57 ± 0,53	6,99 ± 0,01
Ліноленова 18:3	4,32 ± 0,37	7,69 ± 0,30**
Арахінова 20:0	3,49 ± 1,08	4,04 ± 0,08
Ейкозатриєнова 20:3	0,90 ± 0,09	0,79 ± 0,05
Арахідонова 20:4	2,82 ± 0,04*	1,48 ± 0,06
Ейкозапентаєнова 20:5	1,53 ± 0,11	0,59 ± 0,10
Докозадієнова 22:2	7,49 ± 0,22	8,45 ± 0,22
Докозатриєнова 22:3	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Докозатетраєнова 22:4	1,37 ± 0,16	0,25 ± 0,15
Докозапентаєнова 22:5	0,90 ± 0,16	0,55 ± 0,04
Докозагексаєнова 22:6	1,98 ± 0,18	1,25 ± 0,11
Насичені	34,95	32,15
Ненасичені	65,05	67,85
Мононенасичені	36,56	39,9
Поліненасичені	26,92	28,1

Більший вміст мононенасичених і насичених жирних кислот у триацилгліцеролах скелетних м’язів ставових риб, порівняно до фосфоліпідів, зумовлений позиційно структурними особливостями цих класів ліпідів [9, 11]. Як відомо, триацилгліцероли у тканинах тварин відіграють головним чином резервну функцію, а насичені і мононенасичені жирні кислоти є більш доступним джерелом метаболічної енергії, порівняно з поліненасиченими жирними кислотами [12]. Тим не менше, відносний вміст ПНЖК у триацилгліцеролах скелетних м’язів риб досить високий: відповідно 26,92 і 28,10 % від загальної кількості жирних кислот.

Наведені у таблиці дані свідчать про видові різниці у вмісті окремих ПНЖК у триацилгліцеролах скелетних м’язів товстолобика і білого амура. Високим вмістом ліноленової кислоти у ліпідах рослинних кормів можна пояснити вірогідно більший її вміст у триацилгліцеролах скелетних м’язів білого амура, порівняно з товстолобиком ($P < 0,01$), що узгоджується з виявленим більшим включенням [1-^{14}C] ліноленової кислоти у триацилгліцероли скелетних м’язів білого амура, ніж триацилгліцероли скелетних м’язів товстолобика [11, 12].

Висновки

1. У складі фосфоліпідів скелетних м’язів товстолобика і білого амура переважають поліненасичені жирні кислоти, серед яких домінують ω-3 докозагексаєнова, ейкозапентаєнова, а також ω-6 лінолева і арахідонова кислоти, а у складі триацилгліцеролів — мононенасичені — олеїнова і насичені — пальмітинова кислоти.

2. Фосфоліпіди скелетних м’язів білого амура характеризуються більшим вмістом ліноленової, ейкозапентаєнової, докозапентаєнової і докозагексаєнової, порівняно з товстолобиком. Вміст лінолевої кислоти у фосфоліпідах скелетних м’язів товстолобика більший, ніж у фосфоліпідах скелетних м’язів білого амура.

3. Триацилгліцероли скелетних м’язів білого амура характеризуються більшим вмістом олеїнової і ліноленової кислот, та меншим вмістом арахідонової кислоти, порівняно до триацилгліцеролів скелетних м’язів товстолобика.

Перспективи подальших досліджень. У зв'язку з одержаними результатами становить інтерес дослідження активності десотураз поліненасичених жирних кислот у скелетних м'язах товстолобика і білого амура.

K. B. Smolyaninov, V. G. Yanovich, G. M. Galias

THE FATTY ACID COMPOSITION OF PHOSPHOLIPIDS AND TRIACYLGLICEROLS OF SKELETAL MUSCLES OF SILVER CARP AND GRASS CARP

S u m m a r y

The results of investigation of fatty acid composition of separate classes — phospholipids and triacylglicerols of skeletal muscles of silver carp and grass carp are presented in the article. The significant special differences of fatty acid composition of phospholipides and triacylglicerols of skeletal muscles of investigated species of pond fish have been shown.

К. Б. Смолянинов, В. Г. Янович, Г. М. Галяс

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ФОСФОЛИПИДОВ И ТРИАЦИЛГЛИЦЕРОЛОВ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ТОЛСТОЛОБИКА И БЕЛОГО АМУРА

А н н о т а ц и я

В статье представлены результаты исследования жирнокислотного состава фосфолипидов и триацилглицеролов скелетных мышц толстолобика и белого амура. Установлены значительные видовые различия в жирнокислотном составе триацилглицеролов и фосфолипидов скелетных мышц прудовых рыб.

1. *Sargent J.* Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish / J. Sargent, G. Bell, L. McEvoy et al. // Aquaculture — 1999. — № 177. — P. 191–199.

2. *Zhen-Yu Du* Biochemical hepatic alterations and body lipid composition in the herbivorous grass carp fed high-fat diets / Zhen-Yu Du1, Pierre Clouet, Wen-Hui Zheng et al. // British Journal of Nutrition — 2006. — V. 95. — P. 905–915.

3. *Domaizon I.* Influence of zooplankton and phytoplankton on the fatty acid composition of digesta and tissue lipids of silver carp:mesocosm experiment / I. Domaizon, C. Desvilettes, D. Debroas et al. // Journal of Fish Biology. — 2000. — V. 57. — P. 417–432.

4. *Смолянінов К. Б.* Видові особливості обміну речовин у скелетних м'язах ставкових риб / К. Б. Смолянінов, С. О. Максимова, С. В. Мерва та ін. // Укр. біох. журнал.— 2002. — Т. 74, № 4б (додаток 2). — С. 102.

5. *Смолянінов К. Б.* Біологічна роль поліненасичених жирних кислот / К. Б. Смолянінов, Р. П. Параняк, В. Г. Янович // Біологія тварин. — 2002. — 4. — № 1–2. — С. 16–31.

6. *Steffens W.* Freshwater fish — an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids / Steffens W., Wirth M. // Arch. Pol. Fish. — 2005. — V. 13. — P. 5–16.

7. *Kates M.* Techniques of lipidology / Kates M. — Amsterdam : Elsevier ,1986. — 451 p.

8. *Немировський В. І.* Визначення органічних кислот в біологічному матеріалі : методи газохроматографічного аналізу. (Методичні рекомендації) / Немировський В. І., Терещук О. М., Гнатів В. І., Скорохід В. Й. — Львів, 1984. — 40 с.

9. *Kuo C. M.* Comparisons of physiological and biochemical responses between milkfish (Chanos chanos) and grass carp (Ctenopharyngodon idella) to cold shock / C. M. Kuo, S. L. Hsieh // Aquaculture. — 2006. — V. 251. — P. 525–536.

10. *Steffens W.* Cyprinids as a valuable source of essential fatty acids for human healf / W. Steffens, M. Wirth // Asian Fisheries Sci. — 1997. — № 10. — P. 83–90.

11. *Kołakowska A.* Some of fish species as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids / A. Kołakowska, M. Szczygielski, G. Bienkiewicz et al. // Acta Ichthyol. Piscat. — 2000. — V. 30, № 2. — P. 59–70.

12. *Смолянінов К. Б.* Використання [1-^{14}C]пальмітинової, [1-^{14}C]стеаринової, [1-^{14}C]олеїнової і [1-^{14}C]ліноленової кислот в синтезі ліпідів в скелетних м’язах ставкових риб в умовах in vitro / К. Б. Смолянінов // Наук.-тех. бюл. ІБТ УААН. — 2004. — Вип. 5, № 1–2. — С. 84–87.

Рецензент: головний науковий співробітник НВЦ з вивчення пріонних інфекцій, доктор сільськогосподарських наук Остапів Д. Д.