

УДК 639.211:577.11:591.436

DOI: 10.15587/2519-8025.2018.141406

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ПЕЧІНКИ СТЕРЛЯДІ РІЗНОГО ВІКУ

© Р. Р. Сулейманова, Д. О. Мельничук, Л. Г. Калачнюк

Важливе значення у формуванні реакції організму до екзогенного впливу надається ліпідам, що пов'язано з їх роллю в енергетичних і сигнальних системах клітин та як структурних компонентів клітинних мембран. На сьогоднішній день особливості жирнокислотного складу ліпідів, зокрема у різних їх фракціях, тканин стерляді з віком вивчені меншою мірою. Це обумовлює актуальність поглиблення таких досліджень, які матимуть вагомим практичне значення в майбутньому, оскільки будуть спрямовані на підвищення адаптаційного потенціалу та виживаності осетрових риб, особливо, враховуючи їх високу вартість.

У статті наведені дані щодо зміни вмісту жирнокислотного складу різних фракцій ліпідів у тканинах печінки стерляді різного віку. Матеріалом для дослідження була стерлядь дворічного (масою 0,3 – 0,4 кг), трирічного (масою 0,5 – 0,6 кг) та дев'ятирічного (масою 5 – 6 кг) віку. Визначення жирних кислот (ЖК) проводили на базі Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України методом газової хроматографії на хроматографі CarloErba (Італія). Жирнокислотний склад ліпідів тканин печінки стерляді представлений насиченими та ненасиченими високомолекулярними карбоновими кислотами, найбільший вміст серед яких належить пальмітиновій і стеариновій та олеїновій і лінолевій кислотам, відповідно.

Із зростанням віку стерляді у фракції триацилгліцеролів (ТАГ) тканин печінки було виявлено, в основному, зменшення ненасичених жирних кислот. У залежності від зростання ступеня ненасиченості високомолекулярних карбонових кислот спостерігали вірогідне зниження показників їх суми для моноєнових (1,7 рази), диєнових (1,8 рази) і, особливо, полієнових (4 рази). Сума ненасичених ЖК ТАГ печінки статевозрілої стерляді вірогідно знижувалася (~ 2 рази) порівняно із 2- і 3-річними особинами. Звідси, співвідношення насичених і ненасичених ЖК було більшим (~ 2 рази) у стерляді 9-річного віку порівняно з величинами даного показника для дво- і три річок.

У фосфоліпідах тканин печінки стерляді зі збільшенням її віку зафіксовано незначне підвищення вмісту насичених та зменшення рівня мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

Серед вільних жирних кислот ліпідів тканин печінки стерляді було ідентифіковано 27 високомолекулярних карбонових кислот, з яких 44 % від їхньої загальної маси належить насиченим представникам у дворічок, 41 % – у трирічок і 35 % – у статевозрілих риб. Із віком у стерляді було виявлено у складі вільних жирних кислот зменшення частки їх насичених представників. Вміст мононенасичених жирних кислот складає у дворічок 27 %, у трирічок – 31 %, у статевозрілих риб – 47 %, а поліненасичених представників – 27 %, 25 % і 15 % відповідно.

Все це може бути використано для теоретичного обґрунтування та розробки відповідних коригуючих кормових добавок і преміксів.

Ключові слова: стерлядь, печінка, ліпіди, насичені жирні кислоти, мононенасичені жирні кислоти, поліненасичені жирні кислоти.

1. Вступ

В Україні єдиним представником осетрових риб є стерлядь, яка чутлива до змін навколишнього середовища та через антропогенний вплив опинилася на межі вимирання і занесена до Червоної книги. Перебудови метаболізму для ймовірного забезпечення енергетичної та пластичної адаптації, пов'язаної зі змінами, характерними для індивідуального розвитку стерляді, та наслідком впливу екологічних і аліментарних чинників найяскравіше проявляються на показниках крові і печінки [1–4]. Враховуючи це та безсумнівну цінність стерляді, як представника осетрових, проблема збереження її в іхтіофауні України і вивчення змін метаболічних процесів набуває особливого значення.

У процесах адаптації живих систем до екстремальних умов зовнішнього середовища велике значення надається ліпідам, що пов'язано з їх роллю у сигнальних системах клітини [5]. Крім того, ліпіди, які є структурними компонентами клітинних мембран, відіграють провідну роль у функціонуванні та перебігу різноманітних процесів у клітинах. Модифікація хімічного складу ліпідів впливає на інтенсив-

ність обмінних процесів і є тим компенсаторним механізмом, який забезпечує функціональні можливості клітин організму за різноманітних умов [6].

Жирнокислотний склад ліпідів органів і тканин риб залежить від ряду факторів: виду, віку, умов вирощування, типу годівлі [7, 8]. Вони відіграють велику роль у процесах обміну речовин, всмоктування з кишечника цілого ряду вітамінів та мінеральних компонентів і акумулювання енергії. Одні жирні кислоти переважно використовуються як субстрат для енергетичного обміну, інші — як джерело утворення фізіологічно активних речовин (простагландинів, простагландинів, тромбоксанів та лейкотрієнів, які є одними з головних попередників у формуванні кровоносної системи) [9]. Поряд з тим жирні кислоти, як компоненти ліпідних сполук, які є структурними елементами мембран, одночасно виступають основними субстратами процесу ліпідної пероксидації [9].

Таким чином, якісні і кількісні зміни жирнокислотного складу можуть бути певним критерієм для оцінки інтенсивності прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у тканинах організму [6]. Наявні в літературі дані [7, 10] свідчать про видові та вікову різ-

ниці у вмісті ліпідів та їх жирнокислотному складі у тканинах ставових риб. Ліпіди риб характеризуються високим вмістом поліненасичених жирних кислот родин ω -6 і ω -3, які належать до незамінних факторів живлення людини [11]. На сьогоднішній день особливості жирнокислотного складу ліпідів, зокрема у різних фракціях ліпідів, тканин стерляді з віком вивчені меншою мірою, що обумовлює актуальність поглиблення таких досліджень.

2. Літературний огляд

У печінці риб відбувається синтез та перетворення ліпідів і жирних кислот, які надходять із травного тракту, у характерні для тканин організму риб сполуки [12]. Вже в організмі із поліненасичених жирних кислот – лінолевої та ліноленової, які надходять з природними та штучними кормами, синтезуються їх похідні з більшою кількістю атомів карбону у ланцюзі та подвійних зв'язків. Останні є не тільки джерелом біологічно активних речовин – ейкозаноїдів, а й складовими компонентами тканин [13]. Більш доголандцогові та з вищим ступенем ненасиченості похідні лінолевої та ліноленової кислот допомагають ставовим риbam існувати за нижчої температури води [14]. Лінолева кислота є незамінною для риб і слугує субстратом для синтезу іншої життєво важливої кислоти – арахідонової, яка міститься у великій кількості в природних кормах і рідко трапляється в сировині для комбікормів [15]. Дефіцит лінолевої кислоти в раціоні прісноводних риб призводить до сповільнення росту та морфологічних змін шкіри [16, 17].

Поліненасичені жирні кислоти порівняно менше використовуються на енергетичні цілі організму. Навіть за тривалого голодування у ліпідах риб у першу чергу відбувається зменшення вмісту моноенових кислот, тоді як полієнові використовуються в значно меншій мірі. Те ж відбувається за інтенсивної м'язової роботи. Незамінність поліненасичених жирних кислот визначається у першу чергу наявністю цис-подвійних зв'язків у їхньому карбоновому ланцюзі [9, 18].

Жирні кислоти триацилгліцеролів в організмі є джерелом енергії та низки біологічно активних речовин (простагландинів, тромбоксанів і лейкотрієнів), які мають значний вплив на репродуктивну систему риб [19].

Недостатнє надходження з кормом поліненасичених жирних кислот викликає у молоді риб цілий ряд фізіологічних порушень. Зокрема, зниження рівня лінолевої, ліноленової кислот, а також докозагексаєнової і ейкозапентаєнової кислот у раціоні личинок риб спричиняє метаболічні порушення, які призводять до уповільнення росту, скелетної аномалії та підвищення смертності [20].

Враховуючи все вище вказане, дослідження вмісту ліпідних сполук у печінці промислової стерляді різного віку є важливими для прогнозування можливих порушень метаболізму та розвитку риб, а також пошуку шляхів запобігання патологічного стану.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи було проаналізувати вміст та співвідношення жирних кислот у тканинах печінки

стерляді різного віку, вирощених в умовах рибного господарства «Осетр» в місті Українка, Київської області.

Для реалізації даної мети були поставлені наступні задачі:

1. Визначити показники жирнокислотного складу тканин печінки стерляді дво-, трирічного та статевозрілого віку;

2. Порівняти отримані показники жирнокислотного складу тканин печінки стерляді різного віку.

4. Матеріали і методи дослідження

Об'єктами дослідження була печінка стерляді різної вікової групи: дворічки (масою 0,3–0,4 кг), трирічки (масою 0,5–0,6 кг) та статевозрілі (дев'ятирічка) (масою 5–6 кг), яких відібрали у весняний період на рибному господарстві «Осетр» в смт. Українка Обухівського району, Київської області. У кожній групі було по 5 риб.

Експерименти проводилися відповідно до вимог «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються з експериментальною та іншою науковою метою» (Страсбург, Франція, 1985 р.), за загальними етичними принципами експериментів.

Визначення жирних кислот проводили на базі Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України. Визначення жирних кислот у ліпідних фракціях тканин печінки проводили на базі Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України. Екстрагування ліпідних фракцій з сирої тканини печінки проводили згідно методу Bligh та Dyer [21]. До гомогенату тканини, що був отриманий під час гомогенізації замороженої тканини у 9 % розчині NaCl, добавляли суміш розчинників хлороформ:метанол (2:1), яка руйнує комплекси ліпідів з білками, розчиняє ліпіди та інактивує ліполітичні ензими, у такій кількості, щоб об'ємне співвідношення системи хлороформ : метанол : гомогенат становило 2:1:1 відповідно. Екстрагування проводили у скляному гомогенізаторі Поттера-Евельгельма. Отриману суміш центрифугували протягом 3–5 хв при 3000 об/хв для чіткого розділення двох фаз: нижньої – хлороформної, верхньої – водно-метанольної. Хлороформну фазу, яка містила ліпіди, аспірували, а для верхньої фази проводили повторну екстракцію. Отриманий ліпідний екстракт висушували на роторному випаровувачі для видалення розчинника. Сухий ліпідний залишок розчиняли в бензолі та зберігали при $t = -18^{\circ}\text{C}$ у колбах з прищліфованими корками. Отриманий ліпідний екстракт наносили у певній кількості на активовані пластини та розганяли їх в камерах, що попередньо були насичені сумішшю розчинників. Після проведення одновимірної ТШХ у системі розчинників гексан:діетиловий ефір:льодова оцтова кислота (85:15:1) зони естерів холостеролу, тригліцеридів, вільних жирних кислот та фосфоліпідів переносили в ампули, до яких додавали 0,3 мл бензолу та суміш для метилювання. Запаляні ампули нагрівали на водяній бані ($T=100^{\circ}\text{C}$) впродовж 1 год. Охолоджені ампули відкривали, суміш переносилась у центрифужні пробірки і екстрагували декілька разів гексаном. Гексановий розчин метилових ефірів жирних кислот (МЕЖК) випарюва-

ли до мінімального об'єму і наносили на платівки з сілікагелем і проводили хроматографію в бензолі. Зону МЕЖК знімали відносно його стандарту і переносили у скляні мікроколони, наповнені ватою. МЕЖК елюювали гексаном у колби, після чого розчинник випаровували. Кількісний аналіз жирних кислот проводили за допомогою газорідної хроматографії на хроматографі CarloErba (Італія) з полум'яно-йонізаційним детектором на скляній колонці, яка була заповнена 10 % фазою SP – 2300 (Silag 5 CP) на «ChromosorbW/HP» при програмованій температурі 140-175-225-250 °C (2 °C/хв) [21]. Дослід проводили в трьох паралелях. Оскільки досліджувалися біохімічні показники у тканинах стерляді різного віку, то було вибрано одиниці вимірювання на г сухої тканини для адекватної оцінки змін в організмі риб з віком. Для визначення вмісту сухої речовини в 1 г тканини печінки використовували формулу:

$$T = \frac{C \times 100}{B},$$

де Т – вміст сухої речовини, %; С – суха маса тканин печінки після висушування, г; В – сира маса наважки тканин печінки, г. Для переведення «%» у «г» використовували формулу:

$$A = \frac{K \times 100}{T},$$

де А – вміст сухої речовини, г; К – кількість взятої сирової тканини для дослідження (1 г); Т – вміст сухої речовини в %. Для визначення вмісту жирних кислот у 1 г сухої тканини печінки використовували формулу:

$M = \frac{P \times E}{A}$, де М – вміст жирних кислот у 1 г сухої тканини печінки, мкг/г сухої тканини або 10–3 г/кг сухої тканини; Р – 1; Е – вміст жирних кислот (наданий програмним забезпеченням CarloErba, Італія) у 1 г сирової тканини печінки, мкг; А – кількість сухої речовини в 1 г сирової тканини печінки.

Статистичну обробку результатів дослідження виконано з використанням програми SPSS 13.0. Для аналізу результатів використовувався однофакторний дисперсійний аналіз (one-way ANOVA) з наступним застосуванням критерію множинних порівнянь Тьюки (Tukey HSD test) [23].

5. Результати дослідження та їх обговорення

Жирнокислотний склад ліпідів тканин печінки стерляді представлений насиченими та ненасиченими високомолекулярними карбоновими кислотами, найбільший вміст серед яких склали пальмітинова і стеаринова та олеїнова і лінолева, відповідно. До одного із основних параметрів, які впливають на фізико-хімічні властивості ліпідного бішару мембран, належить співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот.

Співвідношення насичені/ненасичені жирні кислоти в різних фракціях ліпідів стерляді є різним і коливається в межах у дворічок від 0,60 – 0,81, у трирічок – 0,72–0,85, у статевозрілих 0,56–1,49, що від-

повідає рекомендаціям WHO та FAO, тобто є більше 0,4.

Як уже відомо, що за вмістом ліпідів стерлядь відноситься до групи жирних риб, для яких частка ліпідів складає 8–15% [24].

У фракції триацилгліцеролів (ТАГ) тканин печінки стерляді (табл. 1) було виявлено незначне зменшення суми всіх жирних кислот та їх насичених представників із зростанням віку. У той же час сума ненасичених ЖК ТАГ печінки статевозрілої стерляді вірогідно знижувалася (~ 2 рази) порівняно із 2- і 3-річними особинами. Звідси, співвідношення насичених і ненасичених ЖК було більшим (~ 2 рази) у стерляді 9-річного віку порівняно з величинами даного показника для дво- і трирічок. У залежності від зростання ступеня ненасиченості високомолекулярних карбонових кислот спостерігали вірогідне зниження показників їх суми для моноєнових (1,7 рази), диєнових (1,8 рази) і, особливо, полієнових (4 рази).

Зі збільшенням віку риби було виявлено вірогідні зміни вмісту насичених ЖК ТАГ-фракції: збільшення бутилової, каприлової, міристинової, пальмітинової, генейкозаної кислот та зменшення стеаринової і арахінової кислот (табл. 1). В основному вміст визначених ненасичених ЖК триацилгліцеролів вірогідно зменшувався у ~ 2–4 рази (табл. 1).

У фракції фосфоліпідів тканин печінки стерляді (табл. 2) було виявлено незначні відхилення суми всіх жирних кислот та їх ненасичених представників із зростанням віку. У той же час сума насичених ЖК фосфоліпідів печінки статевозрілої стерляді збільшувалася порівняно із дворічками (у 1,6 рази) і трирічками (з вірогідністю у 1,4 рази). Завдяки чому, співвідношення насичених і ненасичених ЖК було збільшеним (~1,7 і 1,3 рази) у стерляді 9-річного віку порівняно з величинами даного показника для дворічок і трирічок відповідно. У залежності від зростання ступеня ненасиченості ЖК фосфоліпідної фракції були виявлені незначні відхилення показників суми моно- і диєнових кислот.

У фосфоліпідній фракції тканин печінки статевозрілої стерляді порівняно з дворічними особинами (табл. 2) було виявлено вірогідні зміни вмісту насичених ЖК: збільшення у ~2 рази бутилової, лауринової, пальмітинової, маргаринової і ерукової кислот та у 10 разів бегенової кислоти.

Поряд з тим за порівняння вмісту високомолекулярних карбонових кислот у тій же фракції для статевозрілої риби порівняно з дворічками спостерігали вірогідне зменшення ненасичених ЖК: у ~ 2 рази для олеїнової, ейкозадієнової, докозагексаєнової кислот, у 3 рази для ліноленої і нервоної кислот і у 15 разів докозадієнової кислоти. Різнібічні вірогідні зміни були виявлені для вмісту арахідонової кислоти: збільшення у трирічок (5 разів) і статевозрілих (2 рази) порівняно з дворічками та зменшення в статевозрілих (2 рази) порівняно з трирічками (табл. 2.)

За результатами дослідження відбуваються значні зміни у складі індивідуальних вільних жирних кислот тканин печінки стерляді різного віку (табл. 3). У складі фракції вільних жирних кислот ліпідів тка-

нин печінки стерляді ідентифіковано 27 жирних кислот, з яких 44 % від загальної маси жирних кислот складають насичені жирні кислоти у дворічок, 41 % – у трирічок і 35 % – у статевозрілих риб. Мононена-

сичені жирні кислоти складають у дворічок 27 %, у трирічок – 31 %, у статевозрілої – 47 %, поліненасичені жирні кислоти – 27 %, 25 % і 15 % відповідно (табл. 3).

Таблиця 1
Вміст жирних кислот у триацилгліцерилах тканин печінки стерляді різного віку, мкг/г сухої тканини (10^{-3} г/кг сухої тканини)

Жирна кислота	Вікові групи стерляді		
	Дворічки	Трирічки	Статевозрілі
Бутилова C _{4:0}	67,74±1,23	81,91±1,08*	227,80±14,80*#
Капронова C _{6:0}	5,19±0,12	5,39±0,12*	10,22±0,44*#
Каприлова C _{8:0}	69,65±1,47	65,68±1,37*	45,48±0,52*#
Капринова C _{10:0}	9,83±0,29	6,09±0,15*	4,99±0,62*#
Ундецилова C _{11:0}	5,32±0,42	5,20±0,31	4,32±0,37*#
Лауринова C _{12:0}	40,30±1,19	15,46±0,93*	10,76±0,59*#
Тридеканова C _{13:0}	7,23±0,21	6,91±0,40*	2,62±0,32*#
Миристинова C _{14:0}	164,62±6,76	171,62±15,26	269,70±14,90*#
Миристолеїнова C _{14:1}	25,96±0,88	15,50±0,62*	7,64±0,52*#
Пентадеканова C _{15:0}	25,61±0,91	25,21±0,65*	21,99±0,81*#
Пентадеценова C _{15:1}	18,49±0,49	18,60±0,98	11,76±0,52*#
Пальмітинова C _{16:0}	509,09±9,79	617,3±20,15*	854,70±35,70*#
Пальмітолеїнова C _{16:1}	214,88±9,14	203,27±15,12*	81,36±2,17*#
Маргарінова C _{17:0}	162,48±14,38	124,80±8,08*	82,77±1,54*#
Гептадеценова C _{17:1}	24,37±1,58	46,40±1,69*	76,66±1,58*#
Стеаринова C _{18:0}	821,13±25,88	769,05±525,34*	417,59±25,07*#
Олеїнова C _{18:1}	329,48±9,22	258,53±8,68*	179,73±15,28*#
Лінолева C _{18:2}	606,26±15,59	566,74±33,07*	475,45±28,45*#
Ліноленова C _{18:3}	824,90±21,53	613,24±25,19*	204,25±15,75*#
Арахінова C _{20:0}	210,52±7,64	151,12±15,18*	149,52±7,59*
Гондова C _{20:1}	66,80±1,06	58,92±1,42*	29,01±1,35*#
Ейкозациєнова C _{20:2}	399,64±17,58	151,04±15,22*	101,54±6,69*#
Арахідонова C _{20:4}	128,62±7,90	116,80±7,63*	33,02±1,86*#
Генеїкозана C _{21:0}	91,15±1,74	105,00±2,85*	145,73±7,86*#
Бегенова C _{22:0}	55,19±0,98	44,43±1,80*	45,49±1,57*
Ерукова C _{22:1}	260,03±15,06	241,85±22,35*	192,98±7,91*#
Докозациєнова C _{22:2}	107,15±4,41	89,74±2,25*	58,13±0,89*#
Докозагексаєнова C _{22:6}	64,10±0,43	53,95±1,21*	29,13±0,98*#
Нервонова C _{24:1}	142,48±7,04	129,38±15,22*	57,65±1,76*#
Не ідентифіковані ЖК	240,45±8,05	294,42±15,88*	344,34±16,51*#
Сума всіх ЖК	5698,69	5053,65	4176,40
Сума насичених ЖК	2245,09±46,27	2195,28±69,89	2293,73±105,34#
Сума ненасичених ЖК	3213,16±96,88	2563,95±143,45*	1538,33±76,57*#
Насичені ЖК/ ненасичені ЖК	0,70	0,86	1,49
Сума моноєнових ЖК	1082,48±41,01	972,45±64,28*	636,80±25,55*#
Сума дієнових ЖК	1113,05±34,42	807,52±49,09*	635,14±34,24*#
Сума полієнових ЖК	953,52±27,31	730,04±30,08*	237,27±17,27*#

Примітка: * – дана різниця є статистично істотною при рівні значущості 0,05 в порівнянні до дворічної стерляді; # – дана різниця є статистично істотною при рівні значущості 0,05 в порівнянні до трирічної стерляді

Таблиця 2

Вміст жирних кислот у фосфоліпідах печінки стерляді різного віку, мкг/г сухої тканини
(10^{-3} г/кг сухої тканини)

Жирна кислота	Вікові групи стерляді		
	Дворічки	Трирічки	Статевозрілі
Бутилова C _{4:0}	22,08±1,50	24,88±1,12*	44,89±1,67* [#]
Капронова C _{6:0}	21,56±1,20	20,38±1,10*	17,28±1,29* [#]
Каприлова C _{8:0}	11,14±1,52	14,55±1,22*	15,25±0,91*
Капринова C _{10:0}	14,25±1,2257	13,58±1,11	5,08±0,29* [#]
Лауринова C _{12:0}	3,78±0,21	6,21±0,14*	8,23±0,46* [#]
Тридеканова C _{13:0}	9,11±0,68	9,24±0,27	8,45±0,66* [#]
Миристинова C _{14:0}	10,39±1,12	7,42±0,37*	6,74±0,78* [#]
Миристоклеїнова C _{14:1}	11,35±1,40	11,12±0,81	8,63±0,47* [#]
Пентадеканова C _{15:0}	48,56±2,40	43,29±1,47*	22,31±1,61* [#]
Пентадеценова C _{15:1}	12,36±0,77	10,79±0,93	5,25±0,13* [#]
Пальмітинова C _{16:0}	104,01±5,00	112,88±5,47*	196,65±13,01* [#]
Пальмітолеїнова C _{16:1}	18,87±2,35	34,04±2,77*	67,66±1,56* [#]
Маргарінова C _{17:0}	54,53±2,47	66,52±3,00*	93,44±3,82* [#]
Гептадеценова C _{17:1}	12,01±1,28	14,36±1,36*	24,01±1,09* [#]
Стеаринова C _{18:0}	146,71±11,71	150,83±14,79	204,85±8,51* [#]
Олеїнова C _{18:1}	147,87±8,08	110,15±4,40*	93,64±3,30* [#]
Лінолева C _{18:2}	196,67±16,33	153,97±5,79*	102,25±4,35* [#]
Ліноленова C _{18:3}	179,43±15,76	141,88±14,46*	54,25±1,46* [#]
Арахінова C _{20:0}	90,79±2,84	108,08±6,58*	145,60±2,86* [#]
Гондова C _{20:1}	176,63±12,69	105,33±3,65*	71,35±2,25* [#]
Ейкозациєнова C _{20:2}	56,45±3,03	41,39±1,12*	21,94±1,39* [#]
Арахідонова C _{20:4}	8,58±0,26	47,59±4,49*	21,82±0,44* [#]
Генеїкозана C _{21:0}	75,25±3,50	78,61±1,14*	103,84±2,69* [#]
Бегенова C _{22:0}	14,16±0,90	102,96±3,37*	156,36±11,78*
Ерукова C _{22:1}	37,62±1,48	69,06±1,43*	106,31±3,99* [#]
Докозациєнова C _{22:2}	4,77±0,56	11,21±0,83*	72,96±1,05* [#]
Докозагексаснова C _{22:6}	105,42±4,07	143,56±13,92*	189,05±8,86* [#]
Нервонова C _{24:1}	32,70±1,54	80,40±2,87*	97,54±2,09* [#]
Неідентифіковані	103,79±1,76	134,21±3,67*	107,26±4,68* [#]
Сума всіх ЖК	1782,71	1868,62	2073,04
Сума насичених ЖК	627,13±23,26	759,49±35,26*	1029,04±33,75* [#]
Сума ненасичених ЖК	1029,91±32,91	1007,72±49,41	1012,45±28,27
Насичені ЖК / ненасичені ЖК	0,60	0,75	1,01
Сума моноєнових ЖК	449,45±16,97	435,28±14,40*	474,43±11,96* [#]
Сума дієнових ЖК	262,89±15,07	206,58±7,15*	197,16±5,96* [#]

Примітка: * – дана різниця є статистично істотною при рівні значущості 0,05 в порівнянні до дворічної стерляді;
– дана різниця є статистично істотною при рівні значущості 0,05 в порівнянні до трирічної стерляді

Серед насичених вільних жирних кислот виявлено наявність чотирнадцяти жирних кислот. Домінує пальмітинова кислота (C_{16:0}), вміст якої у статевозрілих зменшився порівнюючи з дворічкою в 6 разів (табл. 3). Істотним є вміст стеаринової кислоти (C_{18:0}), яка так як і пальмітинова, зменшується з віком і становить у дворічок 204,7 мкг/г сухої тканини, у трирічок – 130,5 мкг/г сухої тканини, у статевозрілих – 101,6 мкг/г сухої тканини.

З віком вміст таких вільних ЖК, як бутилової, миристинової, пентадеканової, пальмітинової, марга-

ринової, стеаринової, ліноленової, ейкозандисенової, бегенової зменшувався у 2–10 раз, а каприлової, пентадеценової, пальмітолеїнової, олеїнової, лінолевої, арахінової і арахідонової збільшувався в 2–10 раз (табл. 3).

Частка мононенасичених вільних жирних кислот найвища, в основному, за рахунок олеїнової (C_{18:1}) та пальмітолеїнової (C_{16:1}) кислот. Аналізуючи вміст вільних жирних кислот тканин печінки стерляді різного віку (табл. 3), виявлено високий вміст таких поліненасичених компонентів, як ліноле-

вої (C_{18:2}), арахідонової (C_{20:4}), докозагексаєнової (C_{22:6}) і ейкозациєнової (C_{20:2}) від їх загальної кількості (табл. 3). Відсутність або нестача в раціоні поліненасичених жирних кислот спричиняє розлад бага-

тьох фізіологічних функцій, зокрема некроз хвостового плавця, цирозне переродження печінки, патологічні зміни у структурі м'язів та нирок, порушення функції підшлункової залози [25].

Таблиця 3
Вміст вільних жирних кислот у тканинах печінки стерляді різного віку, мкг/г сухої тканини (10⁻³ г/кг сухої тканини)

Жирна кислота	Вікові групи стерляді		
	Дворічки	Трирічки	Статевозрілі
Бутилова C _{4:0}	63,72±2,05	53,66±2,08*	23,06±1,00*#
Капронова C _{6:0}	4,89±0,11	4,74±0,26	3,236±0,16*#
Каприлова C _{8:0}	46,59±2,70	38,17±1,87*	15,74±0,85*#
Капринова C _{10:0}	5,23±0,42	5,12±0,15	4,24±0,38*#
Лауринова C _{12:0}	4,40±0,51	4,11±0,52	3,13±0,11*#
Тридеканова C _{13:0}	3,98±0,65	4,08±0,05	6,44±0,42*#
Миристинова C _{14:0}	90,41±3,54	75,04±3,44*	31,93±0,99*#
Миристолеїнова C _{14:1}	34,31±1,79	20,33±1,00*	15,01±1,40*#
Пентадеканова C _{15:1}	4,93±0,27	27,59±1,09*	38,13±1,24*#
Пентадеценова C _{15:1}	18,07±1,14	20,13±1,31*	30,00±3,67*#
Пальмітинова C _{16:0}	678,18±20,61	588,36±15,44*	112,20±8,34*#
Пальмітолеїнова C _{16:1}	59,93±2,50	93,60±2,78*	115,73±8,80*#
Маргарінова C _{17:0}	233,68±8,74	180,73±15,86*	140,27±7,76*#
Гептадеценова C _{17:1}	189,61±7,49	108,99±6,24*	63,85±1,99*#
Стеаринова C _{18:0}	204,70±7,23	130,49±7,44*	101,59±3,88*#
Олеїнова C _{18:1}	452,25±17,61	682,46±27,05*	736,88±29,33*#
Лінолева C _{18:2}	557,19±20,71	520,17±9,13*	195,83±9,84*#
Ліноленова C _{18:3}	123,78±4,54	118,69±5,61*	26,56±1,64*#
Арахідова C _{20:0}	30,93±1,33	123,78±8,67*	154,67±8,26*#
Гондова C _{20:1}	172,18±4,89	139,62±8,91*	129,99±7,81*#
Ейкозациєнова C _{20:2}	40,86±1,19	29,09±0,88*	19,13±1,62*#
Арахідонова C _{20:4}	6,74±0,36	61,52±6,63*	52,51±5,76*#
Генейкозанова C _{21:0}	150,17±7,27	160,36±7,09*	175,75±7,71*#
Бегенова C _{22:0}	31,47±1,42	21,05±0,98*	12,39±1,11*#
Ерукова C _{22:1}	11,15±0,35	13,31±0,52*	21,66±0,79*#
Докозациєнова C _{22:2}	96,77±2,10	76,88±1,16*	44,48±0,81*#
Докозагексаєнова C _{22:6}	145,23±11,89	124,63±6,72*	75,72±1,70*#
Нервонова C _{24:1}	4,56±0,04	6,30±0,06	8,57±0,25*#
Неідентифіковані ЖК	55,68±3,36	69,57±2,46	73,77±1,37
Сума всіх ЖК	3510,41±119,37	3434,87±129,37	2383,48±105,08*#
Сума насичених ЖК	1553,35±46,36	1417,36±63,10*	832,80±39,68*#
Сума ненасичених ЖК	1901,38±65,34	1947,93±65,33	1476,90±64,24*#
Насичені ЖК / ненасичені ЖК	0,8169	0,7276	0,5638
Сума моноєнових ЖК	937,53±32,50	1078,46±46,55*	1113,15±51,37*#
Сума диєнових ЖК	694,83±22,50	626,15±9,51*	261,46±9,60*#
Сума полієнових ЖК	269,02±16,04	243,33±12,29*	102,30±3,28*#

Примітка: * – дана різниця є статистично істотною при рівні значущості 0,05 в порівнянні до дворічної стерляді; # – дана різниця є статистично істотною при рівні значущості 0,05 в порівнянні до трирічної стерляді

6. Висновки

Таким чином, враховуючи важливість прогнозування можливих порушень метаболізму й розвитку риб та в подальшому з метою пошуку шляхів запобігання патологічного стану вперше було визначено і проаналізовано вміст та співвідношення жирних кислот у ліпідних фракціях тканин печінки стерляді дво-, трирічного та статевозрілого віку, вирощеної в умовах рибного господарства.

1. Із зростанням віку стерляді у фракції триацилгліцеролів тканин печінки було виявлено: незначне зменшення суми всіх жирних кислот і їх насичених представників та вірогідно меншу в ~ 2 рази суму ненасичених ЖК, а співвідношення насичених і ненасичених ЖК вірогідно більшим у такій же мірі. Показники суми для моноєнових, дієнових і полієнових кислот ТАГ печінки зменшувалися відповідно 1,7, 1,8 і 4 рази у статевозрілої риби порівняно з дворічками. У 9-річної стерляді порівняно з дворічкою виявлено вірогідне збільшення бутилової, каприлової, миристинової, пальмітинової, генеїкозаної кислот та зменшення стеаринової, арахінової кислот і визначених ненасичених ЖК.

2. У фосфоліпідній фракції тканин печінки стерляді із зростанням її віку визначено незначні відхилення суми всіх жирних кислот та їх ненасичених представників, збільшення суми насичених ЖК та співвідношення насичених і ненасичених ЖК за рахунок, в основному, зростання вмісту бутилової, лауринової, пальмітинової, маргаринової, ерукової і бегенової кислот та зменшення кількості олеїнової, ейкозациєнової, докозагексаєнової, ліноленої, нервонової і докозациєнової кислот.

3. У складі вільних жирних кислот ліпідів тканин печінки стерляді ідентифіковано 27 жирних кислот, з яких 44 % від загальної маси жирних кислот складають насичені у дворічок, 41 % – у трирічок і 35 % – у статевозрілих риб. Мононенасичені жирні кислоти складають у дворічок 27%, у трирічок – 31 %, у статевозрілої – 47 %, поліненасичені жирні кислоти – 27 %, 25 % і 15 % відповідно.

Отже, виявлені зміни жирнокислотного складу фракцій ТАГ і фосфоліпідів та вільних ЖК у печінці стерляді різного віку можуть свідчити про спричинені різними чинниками відхилення перебігу окремих метаболічних процесів, які потребують подальшого дослідження.

Література

1. Age-related changes phospholipids of sterlet in liver and dorsal muscles / Suleimanova R. R. et. al. // The Ukrainian Biochemical Journal. 2017. Vol. 89, Issue 1. P. 71–75. doi: <https://doi.org/10.15407/ubj89.01.071>
2. Вікові особливості вмісту фосфоліпідів у крові стерляді / Сулейманова Р. Р. та ін. // Доповіді Національної академії наук України. 2017. № 5. С. 98–101. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.05>
3. Suleimanova R., Melnychuk D., Kalachniuk L. Indices of fatty acids spectrum of lipids in the blood serum of sterlet of different age // EUREKA: Life Sciences. 2018. Vol. 2. P. 3–8. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2018.00578>
4. Сулейманова Р. Р. Активність окремих трансфераз у сироватці крові стерляді різного віку // Біологія тварин. 2018. № 2. С. 77–81. doi: <https://doi.org/10.15407/animbio20.02.077>
5. Симон М. Ю. Особливості окисних процесів у осетрових видів риб (Acipenseridae) // Рибогосподарська наука України. 2016. № 4. С. 131–153. doi: <https://doi.org/10.15407/fsu2016.04.131>
6. Особа І. А. Біологічна роль перекисного окиснення ліпідів у забезпеченні функціонування організму риб // Рибогосподарська наука України. 2013. № 1. С. 87–96.
7. Цветкова М. В., Хирманов В. Н., Забина Н. Н. Роль неэстерифицированных жирных кислот в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний // Артериальная гипертензия. 2010. № 1. С. 93–103.
8. Nelson D. L., Cox M. M. Lehninger Principles of Biochemistry. 7th Ed., New York: W.H. Freeman, 2017. 1328 p.
9. Calder P. C. Mechanisms of Action of (n-3) Fatty Acids // The Journal of Nutrition. 2012. Vol. 142, Issue 3. P. 592S–599S. doi: <https://doi.org/10.3945/jn.111.155259>
10. Видові особливості ліпідного складу деяких тканин прісноводних риб Західного Поділля / Ляврін Б. З. та ін. // Доповіді Національної академії наук України. 2014. № 8. С. 123–127.
11. Грициняк І. І., Смолянінов К. Б., Янович В. Г. Обмін ліпідів у риб. Львів: «Триада плюс». 2010. 335 с.
12. Тарасюк С. І., Дворецький А. І., Дерень О. В. Біологічні основи годівлі риб: монографія. Д.: Адверта, 2015. 180 с.
13. Гула Н. М., Маргітич В. М. Жирні кислоти та їх похідні при патологічних станах. Київ: Наукова думка, 2009. 336 с.
14. Сисолятін С. В., Хижняк С. В. Жирнокислотний склад загальних ліпідів печінки коропа (*Surpinus carpio*L.) за умов штучного гіпобіозу // Доповіді Національної академії наук України. 2017. № 8. С. 102–105. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.08.102>
15. Serum non-esterified very long-chain PUFA are associated with markers of endothelial dysfunction / Yli-Jama P. et. al. // Atherosclerosis. 2002. Vol. 164, Issue 2. P. 275–281. doi: [https://doi.org/10.1016/s0021-9150\(02\)00067-9](https://doi.org/10.1016/s0021-9150(02)00067-9)
16. Грициняк І. І., Рівіс Й. Ф., Малетич М. Б. Вміст та жирнокислотний склад естерифікованого холестеролу печінки та відтворна здатність плідників коропа (*Surpinus carpio*) за різного рівня вітаміну А в комбікормах // Рибогосподарська наука України. 2015. № 3. С. 107–115.
17. Хижняк С. В. Вміст жирних кислот у печінці та серці стерляді (*Acipenser ruthenus*) за гіпоксигіперкапічного впливу / Хижняк С. В., Мідик С. В., Сисолятін С. В., Войціцький В. М. // Гидробиологический журнал. 2017. № 5. С. 88–95.
18. Abedi E., Sahari M. A. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties // Food Science & Nutrition. 2014. Vol. 2, Issue 5. P. 443–463. doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.121>
19. Fatty Acid Pattern, Oxidation Product Development, and Antioxidant Loss in Muscle Tissue of Rainbow Trout and Dicentrarchus labrax during Growth / Passi S. et. al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004. Vol. 52, Issue 9. P. 2587–2592. doi: <https://doi.org/10.1021/jf030559t>
20. Adloo M. N., Matinfar A., Sourinezhad I. Effects of feeding enriched *Artemia franciscana* with HUFA, vitamin C and E on growth performance, survival and stress resistance of yellow fin sea bream larvae // J. Aquacult. Res. 2012. Vol. 3. P. 157–162.
21. Bligh E. G., Dyer W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. 1959. Vol. 37, Issue 8. P. 911–917. doi: <https://doi.org/10.1139/o59-099>

22. Рівіс Й. Ф., Федорук Р. С. Кількісні хроматографічні методи визначення ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі: метод. пос. Львів: СПОЛІОМ, 2010. 109 с.
23. Glanz S. Medico-biological statistics. Moscow: Practice, 1999. 460 p.
24. Байдалинова Л. С., Яржомбек А. А. Биохимия сырья водного происхождения: учеб. пос. М.: МОРКНИГА, 2011. 504 с.
25. Цап М. М., Рівіс Й. Ф. Обмін жирних кислот в організмі коропів за згодовування жирових добавок // Вісник аграрної науки. 2010. № 5. С. 41–44.

Дата надходження рукопису 08.05.2018

Сулейманова Роза Рамісівна, аспірант, кафедра біохімії і фізіології тварин імені академіка М. Ф. Гулого, Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041
E-mail: 1992_s_roza@ukr.net

Мельничук Дмитро Олексійович, доктор біологічних наук, професор, академік НАН та НААН України, Радник Президії Національної академії наук України, Президія Національної академії наук України, вул. Володимирська, 54, Київ, Україна, 01601
E-mail: d.melnychuk43@gmail.com

Калачнюк Лілія Григорівна, доктор біологічних наук, професор, кафедра біохімії і фізіології тварин імені академіка М. Ф. Гулого, Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041
E-mail: kalachnyuk_liliya@nubip.edu.ua

УДК 574.2:579.842.11:579.842.14:579.842.22
DOI: 10.15587/2519-8025.2018.141414

THE RESEARCH OF LITTER IN POULTRY HOUSE AND USE OF ESSENTIAL OILS IN BROILER PRODUCTION

© O. Tertychna, L. Svaliavchuk, O. Mineralov

Проведено аналіз літературних джерел щодо актуальності вивчення та лабораторного дослідження підстилкових матеріалів у сучасному птахівництві. Виявлено, що підстилка є не тільки накопичувачем забруднюючих речовин, поживним середовищем для існування патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, але й може здійснювати збільшення емісії шкідливих газів, таких як аміак, вуглекислий газ та сірководень у разі порушення технології вирощування птиці. Таким чином завдаючи негативного впливу як птиці так і обслуговуючому персоналу птахопідприємств. Дослідженнями підтверджено ефективність використання емульсій ефірних олій проти патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів присутніх у підстилкових матеріалах бройлерного виробництва. Цей метод в майбутньому надасть змогу відмовитися від шкідливих для довкілля хімічних засобів обробки відходів птахівництва.

Мета. Здійснити хімічний та мікробіологічний аналіз підстилки та дослідити бактерицидні властивості ефірних олій.

Матеріали та методи. Дослідження проводились на підприємствах бройлерного виробництва Київської області. Хімічний склад та мікробіологічні дослідження підстилки проводились в «Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК» та мікробіологічній лабораторії департаменту екології ТОВ «Комплекс Агримарс» відповідно до ДСТУ ISO 11885:2005 та ДСТУ 30726-2002. Дослідження бактерицидних властивостей ефірних олій проводились згідно ДСТУ 50474-93.

Результати досліджень. На початковому етапі вирощування птиці за допомогою лабораторних досліджень було виявлено, що у досліджуваних зразках підстилки вологість складала 22,1 %, а кількість сухої речовини – 77,9 %. На завершальному етапі вирощування птиці в результаті мікробіологічного дослідження тільки у одному зразку є присутність лактозопозитивних кишкових паличок в 1 г підстилки менше 3, що свідчить про її належний санітарний стан. У всіх зразках досліджуваної підстилки відсутній патогенний мікроорганізм роду *Salmonella*. Досліджено бактерицидну дію 9 емульсій ефірних олій у концентрації 0,5 та 1 % проти мікроорганізмів *E. coli* та *P. vulgaris*.

Висновки. У результаті хімічного аналізу підстилки показано наявність не тільки хімічних елементів, домішок (тирси деревини та негашеного вапна), але і присутність органічної речовини у вигляді сирого жиру, сирової клітковини, безазотистих екстрактивних речовин та амінокислот з різним відсотковим складом.

Показано, що в зразках підстилки бройлерного виробництва птиці відсутній патогенний мікроорганізм роду *Salmonella*, це свідчить про високу якість продукції та задовільний епідеміологічний та санітарний стан досліджуваного птахопідприємства.