

ВПЛИВ ВІТАМІННО-МІНЕРАЛЬНОЇ ДОБАВКИ НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНИХ ЛІПІДІВ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ ОКРЕМИХ ЇХ КЛАСІВ У ПЕЧІНЦІ ТА СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗАХ ДВОРІЧОК КОРОПА У КІНЦІ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ

М. Б. Фурманевич¹, О. І. Віщур¹, К. Б. Смолянінов¹, В. А. Томчук²
vishchur_oleg@ukr.net

¹Інститут біології тварин НААН,
вул. Василя Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

²Національний університет біоресурсів та природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Дослід проведено на 3-х групах коропів 2-річного віку, які наприкінці вегетаційного періоду за принципом аналогів були розділені на контрольну та дві дослідні групи по 10 особин у кожній. Риби утримувалися у спеціальних лотках за умов постійної замкненої системи циркуляції води. Особинам контрольної групи впродовж 30 днів згодовували гранульований комбікорм (рибне борошно, соевий шрот, пшениця, жито, олія). Коропам I дослідної групи аналогічно згодовували вказаний комбікорм з добавками препарату «Тривіт» у кількості з розрахунку 2500 МО вітаміну А, 3333 МО вітаміну D₃, 1,7 мг вітаміну Е, а також 5 мг/кг калію йодистого, 40 мг/кг цинку сульфату та 0,3 мг/кг натрію селеніту на кілограм корму. Рибам II дослідної групи давали аналогічний комбікорм з добавками «Тривіту» в кількості з розрахунку 5000 МО вітаміну А, 6666 МО вітаміну D₃, 3,3 мг вітаміну Е, а також 10 мг/кг калію йодистого, 60 мг/кг цинку сульфату та 0,5 мг/кг натрію селеніту на кілограм корму.

По закінченні досліду у риб контрольної і дослідних груп були взяті зразки печінки та скелетних м'язів для біохімічних досліджень. У зразках печінки та скелетних м'язів риб визначали вміст загальних ліпідів за методом Фолча і вміст окремих класів ліпідів методом тонкошарової хроматографії на силікагелі.

Констатовано більший ($P < 0,05 - 0,001$) вміст ліпідів і фосфоліпідів у скелетних м'язах та печінці дворічок коропів за умов згодовування їм у складі раціону вітамінно-мінеральної добавки. При цьому у досліджуваних зразках зафіксовано зменшення ($P < 0,05 - 0,001$) частки ефірноз'язаного холестеролу. Вказані зміни були виражені більшою мірою у скелетних м'язах та печінці коропів II дослідної групи, яким у складі вітамінно-мінеральної добавки застосовували більшу кількість вітамінів і мікроелементів.

Отже, згодовування коропам наприкінці вегетаційного періоду у складі комбікорму вітамінно-мінеральної добавки позитивно впливає на показники обміну ліпідів, що сприятиме збільшенню резерву адаптаційних можливостей організму під час зимово-весняного періоду.

Ключові слова: КОРОП, ЛІПІДИ, СКЕЛЕТНІ М'ЯЗИ, ПЕЧІНКА, ФОСФОЛІПІДИ, ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛИ, ХОЛЕСТЕРОЛ, ВІТАМІНИ, МІКРОЕЛЕМЕНТИ

THE INFLUENCE OF VITAMIN AND MINERAL SUPPLEMENTS ON TOTAL LIPIDS CONTENT AND COMPOSITION OF THEIR INDIVIDUAL CLASSES IN THE LIVER AND SKELETAL MUSCLES OF CARPS OF TWO YEARS OLD AGE AT THE END OF GROWING SEASON

M. Furmanevych¹, O. Vishchur¹, K. Smolyaninov¹, V. Tomchuk²
vishchur_oleg@ukr.net

¹Institute of animal biology of NAAS,
38 Vasyl Stus str., Lviv 79034, Ukraine

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
15 Heroyiv Oborony str., Kyiv 03041, Ukraine

The experiment at 3 groups of carps which at the end of vegetation period were divided in to control and two research groups 10 fishes in each has been conducted. Fish was kept in special trays under conditions of continuous closed system of water circulation. During 30 days fishes in control group were fed with granulated feed (fish meal, soybean meal, wheat, corn, oil). Carps of 1st experimental group obtained analogues quantity of granulated food

plus preparation "Tryvit" in doses 2500 IU of vitamin A, 3333 IU of vitamin D₃, 1.7 mg of vitamin E and 5 mg KI, 40 mg ZnSO₄, 0.3 mg Na₂SeO₃ per 1 kg of food. Carps of 2nd experimental group also got in their ration addition of preparation with vitamins organic compounds in other concentration: 5000 IU of vitamin A, 6666 IU of vitamin D₃, 3.3 mg of vitamin E and 10 mg KI, 60 mg ZnSO₄, 0.5 mg Na₂SeO₃ per 1 kg of food.

After finishing the experiment blood and tissues samples were taken for investigation. In samples of liver and skeletal muscle of fish the total content of lipids by method of Folch and the level of individual lipid classes by thin layer chromatography on silica gel were determined.

Higher ($P < 0.05 - 0.001$) level of lipids and phospholipids has been observed in the skeletal muscles and liver of carps after addition vitamins and minerals. Thus, in the studied samples there was a decrease ($P < 0.050.001$) of efrlinked cholesterol. These changes were more pronounced in skeletal muscle and liver of carp in 2nd research group receiving vitamin and mineral supplements in higher doses.

So, feeding carp at the end of the growing season with vitamin and mineral supplements has a positive effect on lipid metabolism indicators which will increase the reserve adaptive capacity of the organism during the winter-spring period.

Keywords: CARP, LIPIDS, SKELETAL MUSCLE, LIVER, PHOSPHOLIPIDS, TRIACYLGLYCEROLS, CHOLESTEROL, VITAMINS, MINERALS

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА СОДЕРЖАНИЕ ОБЩИХ ЛИПИДОВ И СООТНОШЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ИХ КЛАССОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ДВУХЛЕТОК КАРПА В КОНЦЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

М. Б. Фурманевич¹, О. И. Вищур¹, К. Б. Смолянинов¹, В. А. Томчук²
vishchur_oleg@ukr.net

¹Институт биологии животных НААН,
ул. Василя Стуса, 38, г. Львов, 79034, Украина

²Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина

Опыт проведен на 3-х группах карпов 2-летнего возраста, которые в конце вегетационного периода по принципу аналогов были разделены на контрольную и две опытные группы по 10 особей в каждой. Рыбы содержались в специальных лотках в условиях постоянно замкнутой системы циркуляции воды. Особям контрольной группы в течение 30 суток скармливали гранулированный комбикорм (рыбная мука, соевый шрот, пшеница, рожь, масло). Карпам I опытной группы в течение месяца скармливали аналогичный комбикорм с добавками препарата «Тривит» в количестве из расчета 2500 МЕ витамина А, 3333 МЕ витамина D₃, 1,7 мг витамина Е, а также 5 мг/кг калия йодистого, 40 мг/кг цинка сульфата и 0,3 мг/кг натрия селенита на килограмм корма. Рыбы II опытной группы получали аналогичный комбикорм с добавками препарата в количестве из расчета 5000 МЕ витамина А, 6666 МЕ витамина D₃, 3,3 мг витамина Е, а также 10 мг/кг калия йодистого, 60 мг/кг цинка сульфата и 0,5 мг/кг натрия селенита на килограмм корма.

По окончании опыта у рыб были взяты образцы печени и скелетных мышц для биохимических исследований. В образцах печени и скелетных мышц рыб определяли содержание общих липидов по методу Фолча и содержание отдельных классов липидов методом тонкослойной хроматографии на силикагеле.

Констатировано увеличение ($P < 0,05 - 0,001$) содержания липидов и фосфолипидов в скелетных мышцах и печени двухлеток карпа в условиях скармливания им в составе рациона витаминно-минеральной добавки. При этом в исследуемых образцах зафиксировано уменьшение ($P < 0,05 - 0,001$) доли эфирносвязанного холестерина. Указанные изменения были выражены в большей степени в скелетных мышцах и печени карпов второй опытной группы, которым в составе витаминно-минеральной добавки применяли большее количество витаминов и микроэлементов.

Таким образом, скармливание карпам в конце вегетационного периода в составе комбикорма витаминно-минеральной добавки положительно влияет на показатели обмена липидов, что способствует увеличению резерва адаптационных способностей их организма на протяжении зимне-весеннего периода.

Ключевые слова: КАРП, ЛИПИДЫ, СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ, ПЕЧЕНЬ, ФОСФОЛИПИДЫ, ТРИАЦИЛГЛИЦЕРОЛ, ХОЛЕСТЕРОЛ, ВИТАМИНЫ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Життєздатність ставових риб, зокрема коропів, їх ріст і резистентність значною мірою залежать від ступеня забезпечення їх потреби у жиророзчинних вітамінах і мікроелементах [28, 29]. Це зумовлено впливом цих чинників на низку фізіологічних функцій і різних ланок обміну речовин в їхньому організмі. Зокрема, вітамін А відіграє важливу роль у забезпеченні функції імунної й антиоксидантної систем, вітамін D регулює обмін Кальцію та Фосфору і бере участь у формуванні кісткової тканини, вітамін Е важливий для забезпечення антиоксидантного захисту в організмі риб і їх розмноження [3, 4, 18, 27].

Роль мікроелементів в організмі риб подібна до їх ролі в інших живих організмів. Вони входять до складу тваринних організмів як компоненти гормонів та ферментів, що забезпечують їх фізіологічну функцію та відповідну інтенсивність обміну речовин. Особливе місце серед мікроелементів належить Селену, який, незважаючи на його низький вміст в організмі риб, відіграє надзвичайно важливу роль. Селен сприяє посиленню синтезу нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) у печінці, підтримує функціонування підшлункової залози і завдяки цьому забезпечує засвоєння ліпідів і жиророзчинних сполук [1]. Дефіцит Селену в риб призводить до втрати апетиту, сповільнення рухів, депресії росту, підвищеної летальності [12]. Крім цього, у риб виникає м'язова дистрофія, жирове переродження печінки, гемоліз еритроцитів [5]. В організмі риб, так само, як і в ссавців, важливу роль відіграє Йод, який входить до складу тироїдних гормонів — тироксину і трийодтироніну. Дефіцит йоду у риб призводить до сповільнення росту і порушення синтезу тироїдних гормонів [13]. Застосування Цинку як мікроелемента зумовлене його важливою метаболічною цінністю в обміні простагландинів, нуклеїнових кислот, білків та жирів. Входячи до складу стійких біокомплексів, він є структурним компонентом понад 200 металоензимів. Цинк бере участь у процесах енергетичного обміну, проліферації та диференціації клітин і підтриманні антиоксидантного статусу організму [3].

Отже, дефіцит цих мікроелементів у раціоні тварин, зокрема в риб, негативно впливає на їхній ріст і якість м'яса [29].

У результаті наших досліджень за попередні роки було встановлено позитивний вплив добавок жиророзчинних вітамінів і мікроелементів до раціону самок коропа на антиоксидантний та імунний статус їхнього організму, на резистентність та інтенсивність росту отриманого від них потомства [6, 25]. Актуальність таких досліджень зумовлена широким використанням у годівлі коропа зернових кормосумішей, а також зерна злакових, що призводить до дефіциту вітамінів і мікроелементів в їхньому організмі та негативно впливає на їх ріст. У цьому аспекті важливе значення має наявність у компонентах живлення вітамінів і мікроелементів, які сприяють підтриманню оптимального метаболічного балансу в організмі риб, особливо за дії стресових умов. Забезпечення риб цими чинниками з кормом упродовж вегетаційного періоду сприятиме збільшенню адаптаційних можливостей організму під час зимово-весняного періоду.

У цьому контексті важливе значення має з'ясування впливу вказаних вітамінів і мікроелементів на показники обміну ліпідів у риб. За останні роки значно розширилися уявлення про структуру та функцію окремих класів ліпідів і жирних кислот, про їх синтез, метаболізм та механізми регуляції. Вміст ліпідів в органах і тканинах риб, зокрема у коропів, характеризує їх фізіологічний стан і залежить від низки факторів: генетичних, вікових, годівельних, екологічних [8, 10]. Відомо, що в організмі коропів вміст ліпідів перебуває значною мірою під контролем субстратних механізмів регуляції, проте роль окремих вітамінів і мікроелементів у його регуляції вивчено мало, особливо у риб.

Метою наших досліджень було, з одного боку, визначення оптимальної кількості складників біологічно активної добавки для коропа, а з іншого — вивчення впливу різних кількостей жиророзчинних вітамінів і мікроелементів Селену, Цинку та Йоду, що входять до складу досліджуваної вітамінно-мінеральної добавки, на вміст ліпідів і співвідношення їх окремих класів в організмі дворічок коропа наприкінці вегетаційного періоду.

Матеріали і методи

Дослід проведено у Львівській дослідній станції Інституту рибного господарства НААН у вересні-жовтні 2015 р. на 3-х групах короїв 2-річного віку, які за принципом аналогів були розділені на контрольну та дві дослідні групи по 10 особин у кожній. Риби утримувалися у спеціальних лотках за умов постійної замкненої системи циркуляції води. Температурний режим підтримувався на рівні 20 °С. Ридам контрольної групи впродовж 30 діб згодовували гранульований комбікорм (рибне борошно, соєвий шрот, пшениця, жито, олія). Коропам I дослідної групи протягом місяця згодовували аналогічний комбікорм з добавками препарату «Тривіт» у кількості з розрахунку 2500 МО вітаміну А, 3333 МО вітаміну D₃, 1,7 мг вітаміну Е, а також 5 мг/кг калію йодистого, 40 мг/кг цинку сульфату і 0,3 мг/кг натрію селеніту на кілограм корму. Особини II дослідної групи отримували комбікорм з добавками «Тривіту» у кількості з розрахунку 5000 МО вітаміну А, 6666 МО вітаміну D₃, 3,3 мг вітаміну Е, а також 10 мг/кг калію йодистого, 60 мг/кг цинку сульфату та 0,5 мг/кг натрію селеніту на кілограм корму.

По закінченні досліду у риб дослідних та контрольної груп відповідно до біоетичних правил були взяті зразки печінки і скелетних м'язів для біохімічних досліджень.

У тканинах риб визначали вміст загальних ліпідів ваговим методом після екстракції їх сумішшю хлороформ-метанолу (2:1) за методом Фолча та вміст окремих класів ліпідів методом тонкошарової хроматографії на силікагелі у системі розчинників гексан-диетиловий ефір-оцтова кислота (70:30:1) з наступним кількісним їх визначенням біхроматним методом [11].

Результати й обговорення

Результати проведених досліджень показали (табл.), що згодовування коропам дослідних груп у складі раціону добавки, яка містила вказані вище вітаміни та мікроелементи, спричинило дозозалежний вплив на вміст загальних ліпідів і співвідношення їх окремих

класів у скелетних м'язах та печінці. Зокрема, у скелетних м'язах короїв II дослідної групи вміст загальних ліпідів був в 1,5 разу ($P < 0,001$) більший, ніж у контрольній. Водночас згодовування коропам I дослідної групи у складі раціону вітамінно-мінеральної добавки, яка містила меншу кількість вітамінів і мікроелементів, істотно не вплинуло на рівень загальних ліпідів у скелетних м'язах короїв. При цьому зафіксовано зміни у вмісті окремих класів ліпідів; так, відносний вміст фосфоліпідів у скелетних м'язах риб I і II дослідних груп був, відповідно, на 3,4 ($P < 0,01$) і 4,2 % ($P < 0,001$) більший, а частка ефірнозв'язаного холестеролу — в 2,4 ($P < 0,001$) і 3,1 разу ($P < 0,001$) менша, ніж у контролі. Добавка, яка містила більшу дозу вітамінів і мікроелементів, викликала значне збільшення у скелетних м'язах риб частки вільного холестеролу ($P < 0,01$), неетерифікованих жирних кислот (НЕЖК) і триацилгліцеролів ($P < 0,05$). Ці дані свідчать про позитивний вплив вітамінно-мінеральної добавки на інтенсивність синтезу загальних і структурних ліпідів у скелетних м'язах риб. Збільшення частки резервних ліпідів — триацилгліцеролів зумовлено подальшим використанням їх в енергетичних процесах, що особливо важливо у період зимового голодування [2, 9].

Подібні зміни виявлено також при дослідженні ліпідного складу печінки риб за дії вітамінно-мінеральної добавки. Так, згодовування коропам добавки, яка містила жиророзчинні вітаміни А, D₃, Е та мікроелементи Цинк, Йод і Селен, викликало зростання вмісту загальних ліпідів у їх печінці, при цьому значні зміни ($P < 0,001$) виявлено в групі риб, яким згодовували більшу кількість вітамінів і мікроелементів. Зміни вмісту загальних ліпідів у печінці короїв за дії вітамінно-мінеральної добавки супроводжувались також змінами співвідношення їх окремих класів. Так, відзначено дозозалежне зростання відносної кількості фосфоліпідів ($P < 0,001$), диацилгліцеролів ($P < 0,05$) та зменшення ефірнозв'язаного холестеролу, НЕЖК ($P < 0,05$). Такі зміни свідчать про зростання загальних та частки структурних ліпідів за рахунок використання у цих процесах резервних [20, 21, 23, 24].

Вміст ліпідів і співвідношення їх окремих класів у скелетних м'язах та печінці дворічок коропів у кінці вегетаційного періоду, %, $M \pm m$, $n=10$
Content of lipids and correlation of them separate classes in skeletal muscles and liver of two year old age carp the end of vegetation period, %, $M \pm m$, $n=10$

Класи ліпідів Classes of lipids	Групи риб / Groups of fish		
	контроль control	I дослідна 1 st experimental	II дослідна 2 nd experimental
<i>скелетний м'яз / skeletal muscle</i>			
Загальні ліпіди / Total lipids	3,4±0,12	3,7±0,09	5,03±0,09***
Фосфоліпіди / Phospholipids	17,86±0,27	21,3±0,58**	22,04±0,05***
Диацилгліцероли / Diacylglycerols	10,17±0,67	13,6±1,21	8,00±0,8
Холестерол / Cholesterol	17,43±0,3	18,11±0,68	20,69±0,42**
НЕЖК / Free fat acids	8,67±0,76	10,42±0,16	12,33±0,6*
Триацилгліцероли / Triacylglycerols	26,47±0,89	28,4±1,28	31,54±0,9*
Ефіри холестеролу / Efirlinked cholesterol	19,41±0,75	8,17±0,55***	5,97±0,37***
<i>печінка / liver</i>			
Загальні ліпіди / General lipids	3,8±0,06	4,00±0,06	5,2±0,15***
Фосфоліпіди / Phospholipids	18,66±0,32	21,51±0,67*	27,7±0,87***
Диацилгліцероли / Diacylglycerols	16,8±1,74	20,02±0,46	22,43±0,82*
Холестерол / Cholesterol	16,55±1,61	16,52±0,34	16,91±1,84
НЕЖК / Free fat acids	14,82±1,5	13,19±0,9	8,39±0,57*
Триацилгліцероли / Triacylglycerols	18,68±1,08	20,47±0,29	14,44±1,94
Ефіри холестеролу / Efirlinked cholesterol	14,62±1,27	8,3±0,28*	10,13±1,78

Примітка: різниці вірогідні відносно риб контрольної групи: * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$.
Note: difference reliable in relation to fishes of control group: * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$.

Збільшення концентрації фосфоліпідів у печінці та скелетних м'язах коропів, яким у складі комбікорму додатково згодовували вітамінно-мінеральну добавку, може вказувати на ріст цих тканин. Підвищення рівня загальних ліпідів і триацилгліцеролів у вказаних органах та тканинах коропів, яким у складі гранульованого комбікорму згодовували додаткові кількості жиророзчинних вітамінів і мікроелементів, пов'язано з нагромадженням у них жиру та сприятиме збільшенню резерву адаптаційних можливостей організму під час зимово-весняного періоду. Адже відомо, що на початку літнього й осіннього періодів (червень і вересень), які характеризуються оптимальними умовами для вирощування ставових риб, інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів у печінці коропа значно нижча, ніж у зимовий і, особливо, на початку весняного періодів, коли запаси енергетичних субстратів і біологічно-активних речовин в їхньому організмі зменшуються. Причиною цього є зниження температури води та гіпоксичні умови, в яких перебувають риби у грудні

та березні [15, 16, 21], а також зниження активності ензимних і неензимних ланок антиоксидантної системи в їхньому організмі [20].

Отже, проведені дослідження показали, що згодовування коропам дослідних груп наприкінці вегетаційного періоду у складі комбікорму добавки, яка містила жиророзчинні вітаміни А, D₃, Е і мікроелементи Цинк, Йод і Селен, позитивно вплинуло на адаптаційні можливості організму риб. Цей вплив ми пов'язуємо з комплексною адитивною дією вітамінів і мікроелементів у складі добавки до раціону коропів на активність ліпаз і систему антиоксидантного захисту, що було показано в роботах [12, 13, 17, 25]. Про це також вказується в дослідженнях [2, 16], де встановлено, що збільшення вмісту фосфоліпідів у структурі клітинних мембран корелює з підвищенням активності антиоксидантної системи. В інших дослідженнях показано, що α -токоферол впливає на активність $\Delta 9$ -десатурази, яка каталізує синтез олеїнової жирної кислоти, і є основним компонентом триацилгліцеролів жирової тканини ссавців, а також входить до складу фосфо-

ліпідів та ефірів холестеролу [17, 19]. Ензими десатурази та елонгази каталізують утворення і подовження ланцюгів полієнових жирних кислот, які включаються переважно у фосфоліпіди і визначають плинність мембран. Продуктом каталізу цих ензимів переважно є арахідонова ($C_{20:4\ n-6}$) та докозагексаєнова ($C_{22:6\ n-3}$) кислоти, β -окиснення яких відбувається в пероксисомах [7]. Про механізми впливу інших вітамінів і мікроелементів, які були у складі досліджуваної кормової добавки, на показники обміну ліпідів у риб вказується у роботах [12–14, 22, 26].

Висновки

Згодовування коропам упродовж місяця у складі комбікорму вітамінно-мінеральної добавки призводило до зростання загального вмісту ліпідів і фосфоліпідів й зменшення ефірнзв'язаного холестеролу у скелетних м'язах та печінці.

Констатовано більш ефективний вплив вітамінно-мінеральної добавки для дворічок коропа у кінці вегетаційного періоду на базі такого дозування: «Тривіт» у кількості 5000 ІО вітаміну А, 10 мг/кг калію йодистого, 60 мг/кг цинку сульфату та 0,5 мг/кг натрію селеніту.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на вивчення вмісту жирних кислот в органах і тканинах коропів за дії вітамінно-мінеральної добавки.

1. Baraboy V. A., Shestakova E. N. Selenium: biology role and antioxidant activity. *Ukrainian Biochemistry Journal*, 2004, vol. 76, no. 1, pp. 23–32. (in Ukrainian)

2. Berezov T. T. *Regulation of lipid metabolism*. Moscow, 2005, 234 p. (in Russian)

3. Berezun N. The role of vitamin A in the assimilation and metabolism of Zn in the organisms of animals. Dr. biology science diss. Leningrad, 1990, 42 p. (in Russian)

4. Bondarenko L. B. Biology functions of vitamin D₃ and its derivatives. Dr. biology science diss. Lviv, 1996, 44 p. (in Ukrainian)

5. Esipova N. B., Beskrovnaya N. I. Effect of forage quality on the functional state of the liver in warm-water carp breeding. *Bulletin of Dnipropetrovsk University*, 2002, no. 9–10, pp. 203–209. (in Russian)

6. Furmanevych M. B. Effect of vitamin and mineral supplements in the diet of female carp on their reproductive function and lipid content in the result-

ing caviar got from them. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S. Z. Gzhytsky*, 2016, vol. 18, no. 1 (2), pp. 160–164. (in Ukrainian)

7. Gula N. M., Margitich V. M. *Fatty acids and their derivatives in pathological conditions*. Kyiv, Naukova dumka, 2009, 333 p. (in Ukrainian)

8. Halias V., Kolotnytskyi A., Fedets O. *Biology role of vitamins in the organisms of animals*. Lviv, 2006, 80 p. (in Ukrainian)

9. Hrytsynyak I. I., Smolianinov C. B., Yanovich V. G. *Lipid metabolism in fishes: monograph*. Lviv, Triada plus, 2010, 335 p. (in Ukrainian)

10. Hrytsyniak I. I., Yanovich V. G., Ivaniak V. V. Lipid composition of skeletal muscle of Liubin Naked carp and Amur carp and their hybrid forms. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Biology and State Scientific Research Control Institute of veterinary medicinal products and feed additives*, 2008, vol. 9, no. 3, pp. 35–37. (in Ukrainian)

11. Kates M. *Techniques of lipidology. Isolation, analysis and identification of lipids*. Moscow, Mir, 1975, 322 p. (in Russian)

12. Kravtsov R. Y., Yanovich D. O. The role of selenium in life of animals (biological, veterinary and medical, environmental aspects). *The Animal biology*, 2003, vol. 5, no. 1–2, pp. 23–25. (in Ukrainian)

13. Lall S. P. The minerals. In: J. E. Halver (editor). *Fish Nutrition*. 2nd ed. New York, Academic Press, 1989, pp. 219–257.

14. Leonard F., Haag M., Kruger M. C. Modulation of intestinal vitamin D receptor availability and calcium ATPase activity by essential fatty acids. *Prostaglandins, leukotrienes, and essential fatty acids*, 2001, vol. 64 (3), pp. 147–150.

15. Lushchak V. I., Bagnyukova T. V. Hypoxia induces oxidative stress in tissues of a goby, the rotan *Percottus glenii*. *Comparative biochemistry and physiology. Part B: Biochemistry & molecular biology*, 2007, vol. 148 (4), pp. 390–397.

16. Makarov S. B. *Collection of normative-technical documentation for commercial fish farming*. Moscow, Agropromizdat, 1986, 261 p. (in Russian)

17. Nakamura M. T. Structure, function, and dietary regulation of delta6, delta5 and delta9 desaturases. *Annual review of nutrition*, 2004, vol. 24, pp. 345–376.

18. Netiukhailo L. G., Ishcheikina L. K. Vitamins. *The World of Medicine and Biology*, 2012, no. 4, pp. 191–194. (in Ukrainian)

19. Okayasu T., Kameda K., Ono T., Imai Y. Effect of dietary vitamin B₂ and vitamin E on the $\Delta 9$ -desaturase and catalase in rat liver microsomes. *Biochimica et biophysica acta*, 1977, vol. 489 (3), pp. 389–402.

20. Oleksiuk N. P., Yanovich V. G. Influence of season on the activity of antioxidant enzymes in tissues of carp. *The Animal Biology*, 2006, vol. 8, no. 1–2, pp. 145–148. (in Ukrainian)

21. Orel N. M. *Lipid biochemistry*. Minsk, 2007, 37 p. (in Russian)

22. Plow J. H., Beamer K. C., Krause R. F. Metabolism of subcellular liver phospholipids in vitamin A deficiency. *Federation proceedings*, 1969, no. 2, pp. 489–495.

23. Severin S. E. *Biochemistry of lipids and their role in metabolism*. Moscow, Nauka, 1981, 167 p. (in Russian)

24. Smolyaninov K. B., Nevostrueva I. V., Golova N. V., Vudmaska I. V. Effect of supplementation of chromium chloride on lipid metabolism in the liver, skeletal muscle and gills of carp two years old. *The Animal Biology*, 2011, vol. 13, no. 1–2, pp. 239–242. (in Ukrainian)

25. Smolyaninov K. B., Vishchur O. I., Furmanovich M. B., Yuskiv L. L., Ratskiy M. I., Broda N. A., Mudrak D. I., Oleksiuk N. P. Effect of supplementation of iodine, zinc and selenium in the diet of sires carp on activity of antioxidant system in their body. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of*

Animal Biology and State Scientific Research Control Institute of veterinary medicinal products and feed additives, 2014, vol. 15, no. 4, pp. 87–90. (in Ukrainian)

26. Stumpf W. E. Vitamin D and the digestive system. *European journal of drug metabolism and pharmacokinetics*, 2008, vol. 33 (2), pp. 85–100.

27. Valastyan S., Thakur V., Johnson A., Kumar K., Manor D. Novel Transcriptional Activities of Vitamin E: Inhibition of Cholesterol Biosynthesis. *Biochemistry*, 2008, vol. 47 (2), pp. 744–752.

28. Vlizlo V. V., Kurtiak B. M., Vudmaska I. V., Vishchur O. I. *Fatsoluble vitamins in veterinary medicine and animal breeding*: Monograph. Lviv, Spolom, 2015, 435 p. (in Ukrainian)

29. Yanovich N. E., Yanovich D. O. The role of trace elements in the life of pond fish. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S. Z. Gzhytsky*, 2014, vol. 16, no. 2 (2), pp. 345–372. (in Ukrainian)