

ВМІСТ СУМАРНИХ ЛІПІДІВ ТА ЇХ ОКРЕМИХ КЛАСІВ У ПЕЧІНЦІ ЕМБРІОНІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОДАТКОВОГО ВВЕДЕННЯ ОКРЕМО І КОМПЛЕКСНО ВІТАМІНІВ А, D₃ І Е В РАЦІОН ГУСЕЙ У РЕПРОДУКТИВНИЙ ПЕРІОД

О. В. Моравська¹, С. О. Вовк²

¹Прикарпатський Інститут ім. М. Грушевського МАУП

²Львівський національний аграрний університет

Встановлено вміст сумарних ліпідів та перерозподіл їх окремих класів у тканині печінки ембріонів залежно від додаткового введення окремо і комплексно вітамінів А, D₃ і Е в раціон гусей у репродуктивний період. Показано, що додаткове введення комплексно вітамінів А, D₃ і Е із підвищеною дозою токоферолу в раціон гусей є оптимальним щодо стабілізації окремих процесів ліпідного обміну. Зокрема, спостерігається зростання вмісту фосфоліпідів та етерифікованого холестеролу на тлі зменшення вмісту вільного холестеролу і неетерифікованих жирних кислот, що корелює із змінами жирнокислотного складу, а саме: зменшенням вмісту насичених жирних кислот та зростанням вмісту ненасичених кислот в основному за рахунок зростання рівня лінолевої, арахідонової, ейкозапентаєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової кислот у тканині печінки ембріонів під впливом додаткового введення комплексно вітамінів А, D₃ і Е.

Ключові слова: ГУСИ, ЕМБРІОНИ, ПЕЧІНКА, ВІТАМІНИ А, D₃ І Е, СУМАРНІ ЛІПІДИ, ОКРЕМІ КЛАСИ ЛІПІДІВ, ЖИРНІ КИСЛОТИ

Встановлено, що жиророзчинні вітаміни А, D₃ і Е відіграють важливу роль у ліпідному обміні. Відомо, що фосфоліпіди є основними компонентами клітинних мембран. Зазначено, що фосфатидна кислота, яка є попередником як у синтезі фосфоліпідів, так і тріацилгліцеридів синтезується під впливом гліцерол-3-фосфат-ацилтрансферази, яка для синтезу ацил-КоА використовує переважно насичені жирні кислоти, зокрема пальмітинову та ненасичені жирні кислоти, зокрема олеїнову [3]. Встановлено, що жиророзчинні вітаміни А і Е впливають на активність Δ⁹-десатурази (стеароїл-КоА десатурази), що каталізує синтез моноєнових кислот, де основним продуктом каталізу цього ферменту є олеїнова кислота, яка, в свою чергу, є основним компонентом тріацилгліцеролів та входить до складу фосфоліпідів і естерів холестеролу [11, 14], а також впливають на стимуляцію активності Δ⁶- і Δ⁵-десатураз, які каталізують біосинтез поліненасичених жирних кислот та включаючись у фосфоліпіди визначають проникність клітинних мембран [11, 18].

Показано також, що ретинол стимулює використання пальмітинової кислоти та регулює окисно-відновні процеси, в свою чергу α-токоферол ефективно взаємодіє із поліненасиченими жирними кислотами у складі фосфоліпідів клітинних мембран, що регулює проникність клітинних мембран та процеси пероксидного окиснення ліпідів [3, 5, 6, 8]. Зокрема, дані літературних джерел показують, що при нестачі вітаміну А в організмі щурів спостерігається зменшення вмісту фосфоліпідів [6, 17]. Зміни у ліпідному обміні, за даними літературних джерел, пояснюються впливом вказаних жиророзчинних вітамінів на різні ланки обміну речовин. Зокрема встановлено, що вітамін А сприяє утворенню глобулярних структур мембран, стимулює процеси біосинтезу стероїдів, глікопротеїнів і процеси транскрипції [3, 6]. Вітамін D₃, у свою чергу, регулює кальцієво-фосфорний обмін та стимулює Ca²⁺ залежні процеси [3, 9]. Відмітимо, що вказані жиророзчинні вітаміни у підвищених дозах проявляють токсичну дію. Слід зазначити, що позитивність дії як вітаміну

А, так і вітаміну D₃ посилюється та зменшується токсичний вплив при введенні токоферолу, що пояснюється, насамперед, його антиоксидантними властивостями [5, 6].

Виходячи з вищесказаного, метою нашої роботи було дослідження впливу додаткового введення окремо і комплексно вітамінів А, D₃, і Е в раціон гусей у репродуктивний період на вміст сумарних ліпідів і перерозподіл їх окремих класів та жирнокислотний склад тканини печінки 25-добових ембріонів.

Матеріали і методи

Дослідження проводились на базі фермерського господарства с. Меденичі Дрогобицького району Львівської області на п'ятьох групах гусей сірої оброшинської породи 3-річного віку, аналогів за живою масою, упродовж 90-добового періоду (січня–березня 2009 року). Утримання гусей вигульне з вільним доступом до корму і води. У кожній відокремленій групі знаходилося по 5 гусок і 1 гусаку. Гуси контрольної групи отримували упродовж дослідного періоду комбікорм ПК-33-3-89, збалансований за усіма елементами живлення згідно рекомендованих норм. Гуси цієї групи отримували у складі кормів 5000 МО вітаміну А, 700 МО вітаміну D₃ і 10 МО вітаміну Е на 1 кг комбікорму. До комбікорму гусей 1-ї (дослідної) групи додавали 10000 МО вітаміну А, до комбікорму 2-ї (дослідної) групи додавали 3000 МО вітаміну D₃, до комбікорму 3-ї (дослідної) групи додавали 10000 МО вітаміну А і 3000 МО вітаміну D₃, до комбікорму 4-ї (дослідної) групи додавали 10000 МО вітаміну А, 3000 МО вітаміну D₃ і 35 МО вітаміну Е на 1 кг комбікорму.

У дослідженнях використовували «MICROVIT™ А PROMIX 1000»; «MICROVIT™ D₃ PROSOL 500» і «MICROVIT™ Е PROMIX 50» французької фірми «Adisseo» у вигляді добавки до комбікорму з ретельним їх змішуванням.

У процесі досліду окремо по групах відбирались інкубаційні яйця і на 25-ту добу інкубації від п'яти ембріонів кожної групи отримували зразки печінки для визначення в них вмісту сумарних ліпідів і їх окремих класів та жирнокислотного складу.

Ліпіди екстрагували сумішшю хлороформу і метанолу у відношенні 2:1 за методом Фолча і визначали їх кількість ваговим методом [1]. Окремі класи ліпідів виділяли методом тонкошарової хроматографії [1]. Визначення жирнокислотного складу загальних ліпідів проводили методом газорідинної хроматографії [7].

Отримані цифрові дані опрацьовували статистично використовуючи t-критерій Стьюдента за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Результати й обговорення

Аналіз результатів проведених нами досліджень показує (табл. 1), що додаткове введення окремо і комплексно жиророзчинних вітамінів А, D₃ і Е у раціон гусей у репродуктивний період не впливає на зміни вмісту сумарних ліпідів у печінці ембріонів.

Слід відмітити, що у перерозподілі окремих класів ліпідів певні зміни спостерігаються у 1-й дослідній групі, до раціону якої додатково вводили вітамін А, і у 4-й дослідній групі, до раціону якої додатково вводили комплексно вітаміни А, D₃ і Е. Зокрема, у першій дослідній групі (вітамін А) вміст фосfolіпідів збільшується на 7,3 %, а вміст неетерифікованих жирних кислот зменшується на 20,2 % порівняно до результатів контрольної групи. Слід звернути увагу, що у четвертій дослідній групі (вітаміни А, D₃ і Е) вміст фосfolіпідів збільшується на 14 % порівняно до результатів контрольної групи. Одночасно зменшується вміст вільного холестеролу на 14,4 % і неетерифікованих жирних

кислот на 25 % та помірно зростає вміст етерифікованого холестеролу порівняно до результатів контрольної групи.

Таблиця 1

Вміст загальних ліпідів та окремих їх класів у печінці ембріонів залежно від додаткового введення вітамінів А, D₃ і Е в раціон гусей (M±m, n=5)

Досліджувані показники	Групи гусей				
	контрольна	1-а дослідна (А)	2-а дослідна (D ₃)	3-я дослідна (А D ₃)	4-а дослідна (А D ₃ Е)
Загальні ліпіди, г%	6,04±0,25	6,23±0,24	6,07±0,15	6,14±0,21	6,11±0,21
<i>Класи ліпідів, (% відносно до загальних ліпідів)</i>					
Фосфоліпіди	20,06±0,03	21,52±0,14***	20,12±0,12	20,43±0,13*	22,88±0,04***
Моно-діацилгліцероли	10,03±0,15	9,71±0,13	9,74±0,12	9,65±0,12	9,24±0,17**
Вільний холестерол	9,90±0,03	9,67±0,13	9,77±0,13	9,64±0,12	8,47±0,03***
НЕЖК	5,94±0,02	4,74±0,13***	5,80±0,12	5,58±0,12*	4,47±0,06***
Триацилгліцероли	34,04±0,12	34,23±0,13	34,10±0,13	34,17±0,13	34,20±0,13
Естерифікований холестерол	20,01±0,17	20,03±0,14	20,45±0,15	20,51±0,12*	20,71±0,11**
Холестерол/фосфоліпіди	1,50	1,38	1,50	1,47	1,27

Примітка: у цій і наступній таблиці зірочками позначені значення, що статистично вірогідно відрізняються від контрольних (* — p<0,05; ** — p<0,01; *** — p<0,001)

Відмітимо, що співвідношення холестерол/фосфоліпіди збільшення якого, корелює із збільшенням насиченості жирних кислот, підвищенням в'язкості ліпідів мембран та зниженням антиоксидантної активності [5, 8], найнижчим є у печінці ембріонів четвертої дослідної групи. Зокрема, у першій дослідній групі (вітамін А) співвідношення холестерол/фосфоліпіди знижується на 8 %, у другій дослідній групі (вітамін D₃) залишається на рівні контрольної групи, у третій дослідній групі (вітаміни А, D₃) зменшується на 2 %, тоді як у четвертій дослідній групі знижується на 15 % порівняно із результатами контрольної групи. Вказана тенденція змін у печінці ембріонів четвертої дослідної групи, очевидно, пояснюється позитивним впливом комплексного введення вітамінів А, D₃ і Е на різні ланки обміну речовин і, насамперед, на зміни активності ліпаз. Зокрема, зазначається, що збільшення вмісту фосфоліпідів у структурі клітинних мембран корелює із підвищенням активності антиоксидантної системи. Тоді, як накопичення у клітині неетерифікованого холестеролу викликає пригнічення активності 3-гідрокси-3-метилглутарил-КоА-редуктази (ГМГ-КоА-редуктази) — ключового ферменту, регулюючого швидкість біосинтезу холестеролу клітиною, та підвищення активності ацил-Коа-холестерин-ацилтрансферази — ферменту регулюючого естерифікацію холестерину, внаслідок чого збільшується швидкість реестерифікації холестеролу та пригнічується синтез деяких рецепторів на поверхні клітини [8, 16].

Аналіз результатів проведених досліджень (табл. 2) щодо змін жирнокислотного складу тканини печінки 25-добових ембріонів показує, що під впливом додаткового введення як окремо, так і комплексно вітамінів А, D₃ і Е відбувається зменшення рівня насичених і мононенасичених кислот та зростання вмісту поліненасичених жирних кислот. Але, слід відмітити, що зміни у жирнокислотному складі тканини печінки ембріонів дослідних груп відрізняються.

Жирнокислотний склад печінки ембріонів залежно від додаткового введення вітамінів А, D₃ і Е у раціон гусей, % (M±m, n=5)

Код жирної кислоти	Контрольна група	Дослідні групи гусей			
		1-а дослідна (А)	2-а дослідна (D ₃)	3-я дослідна (А, D ₃)	4-а дослідна (А, D ₃ , Е)
C _{14:0}	0,30±0,02	0,27±0,02	0,26±0,01	0,24±0,006***	0,21±0,02
C _{16:0}	20,85±0,17	19,52±0,11***	19,66±0,10***	19,50±0,37*	17,82±0,22***
C _{16:1}	4,29±0,11	3,85±0,13*	4,03±0,19	3,99±0,19	3,75±0,24
C _{17:0}	0,72±0,03	0,47±0,01***	0,49±0,03***	0,47±0,01***	0,42±0,03***
C _{18:0}	4,93±0,07	4,07±0,07***	3,70±0,04***	3,66±0,07***	3,45±0,25***
C _{18:1}	43,78±0,16	42,07±0,56*	42,18±0,17***	41,93±0,31***	41,49±0,21***
C _{18:2}	12,97±0,12	14,63±0,17***	13,88±0,52	14,84±0,13***	15,17±0,33***
C _{18:3}	0,89±0,03	0,88±0,02	0,87±0,03	0,87±0,04	0,86±0,03
C _{20:1}	0,90±0,02	0,85±0,08	0,69±0,03***	0,56±0,03***	0,53±0,03***
C _{20:2}	0,28±0,03	0,26±0,02	0,54±0,02***	0,21±0,02	0,20±0,01*
C _{20:3}	0,47±0,02	0,40±0,02*	0,54±0,02*	0,39±0,03	0,32±0,02***
C _{20:4}	4,95±0,11	5,27±0,07*	6,88±0,11***	7,78±0,38***	10,11±0,39***
C _{22:2}	0,24±0,02	0,20±0,02	0,62±0,02***	0,21±0,02	0,20±0,01
C _{20:5}	0,24±0,03	0,27±0,02	0,23±0,01	0,30±0,02	0,68±0,05***
C _{24:1}	0,32±0,03	0,29±0,01	0,25±0,02	0,23±0,02*	0,20±0,02*
C _{22:5}	0,56±0,03	0,53±0,03	0,43±0,02**	0,55±0,03	0,87±0,05***
C _{22:6}	0,61±0,04	0,62±0,03	0,46±0,02*	0,64±0,03	1,14±0,06***
Нжк	26,80	24,33	24,11	23,87	21,90
Мнжк	49,29	47,06	47,15	46,71	45,97
Пнжк	21,21	23,06	24,45	25,79	29,55
Пнжк/ Нжк	0,28	0,32	0,34	0,37	0,44

Зокрема, у тканині печінки ембріонів першої дослідної групи, в якій до раціону гусей додатково вводили вітамін А, спостерігається зменшення вмісту пальмітинової (C_{16:0}), стеаринової (C_{18:0}), пальмітоолеїнової (C_{16:1}) та олеїнової (C_{18:1}) жирних кислот на фоні зростання вмісту лінолевої (C_{18:2}) кислоти порівняно до результатів контрольної групи, що можливо пояснюється стимулюючим впливом ретинолу на використання пальмітинової кислоти [6, 13]. Відмітимо, що вказані зміни у жирнокислотному складі печінки ембріонів корелюють із зростанням вмісту фосфоліпідів (табл. 1).

Стосовно аналізу жирнокислотного складу тканин печінки другої дослідної групи, у якій до раціону гусей додатково вводили вітамін D₃, то тут слід звернути увагу на зростання вмісту арахідонової кислоти (C_{20:4}) на фоні збільшення ейкозадієнової (C_{20:2}) та докозадієнової (C_{22:2}) кислот, при незначному зниженні рівня докозапентаєнової (C_{22:5}) та докозагексаєнової (C_{22:6}) жирних кислот порівняно до контрольної групи. Наведені дані щодо змін жирнокислотного складу печінки ембріонів (2-а дослідна група) вказують на дещо токсичний вплив вітаміну D₃, що може бути наслідком активації Ca²⁺-залежних ферментів [4, 9].

Слід відмітити, що сумісне застосування вітамінів А і D₃ у раціоні гусей (3-я дослідна група) виявляє більш істотний вплив на збільшення рівня лінолевої (C_{18:2}) та арахідонової (C_{20:4}) кислот та корегує вміст ейкозапентаєнової (C_{20:5}), докозапентаєнової (C_{22:5}) та докозагексаєнової (C_{22:6}) кислот до рівня вказаних кислот у контрольній групі, що можливо пояснюється сумісною дією вказаних вітамінів, а саме стимулюючим впливом вітаміну D₃ на Ca²⁺-залежні ферменти та особливими властивостями ретинолу в окисно-відновних процесах і стимулюючим його впливом на десатуразну активність в процесі біосинтезу жирних кислот [3, 9, 18].

Особливу увагу слід звернути на зміни жирнокислотного складу в печінці ембріонів четвертої дослідної групи, в якій до раціону гусей додатково вводили вітаміни А, D₃ і Е. У вказаній дослідній групі спостерігається більш істотне зменшення рівня насичених та мононенасичених жирних кислот із збільшенням рівня поліненасичених жирних кислот. Слід відмітити зростання вмісту лінолевої (C_{18:2}) та арахідонової (C_{20:4}) кислот на фоні збільшення ейкозапентаєнової (C_{20:5}), докозапентаєнової (C_{22:5}) та докозагексаєнової (C_{22:6}) кислот при вірогідному зменшенні ейкозадієнової (C_{20:2}) кислоти в порівнянні до контрольної групи, що свідчить про позитивний вплив вітамінів А, D₃ і Е саме при комплексному їх введенні із підвищеною дозою токоферолу.

Зокрема, даними літературних джерел останніх років показано, що докозагексаєнова кислота відіграє невід'ємну роль у забезпеченні функціональної активності нейронів та фоторецепторних клітин сітківки ока, а також відіграє важливу роль у забезпеченні функціональної активності сперматозоїдів [4], що особливо важливо у репродуктивний період та у період ембріонального розвитку птиці.

Також слід звернути увагу, що арахідонова кислота є попередником простагландинів (ПГ) та тромбоксанів (Тх) серії 2 (циклооксигеназного шляху метаболізму) та лейкотрієнів (ЛТ) серії 4 (ліпооксигеназного шляху метаболізму), які є найактивнішими метаболітами, підвищення рівня яких може супроводжуватись пероксидацією та призводити до патологічних процесів. У свою чергу, докозагексаєнова і ейкозапентаєнова кислоти частково заміщуючи ПНЖК омега-6 в процесі метаболізму, є субстратом для синтезу ЛТ серії 5, ПГ серії 3 і Тх серії 3, в результаті чого проявляється модифікація спектру метаболітами ПГ і Тх серії 3 і ЛТ серії 5, які є більш лояльними та менш активними метаболітами, але чинять ту саму позитивну дію [2, 10, 15].

Зазначимо, що індекс ненасиченості жирних кислот, збільшення рівня якого корелює із зменшенням співвідношення холестерол/фосфоліпиди та підвищенням антиоксидантної активності, а також переходом ліпідної фази у більш рідкий стан і покращенням проникності клітинних мембран, найвищим є у четвертій дослідній групі, що пояснюється комплексним впливом вітамінів А, D₃ і Е із підвищеною дозою токоферолу на окремі ланки обміну речовин.

Висновки

Можна зробити висновок, що при комплексному додатковому введенні вітамінів А, D₃ і Е із підвищеною дозою токоферолу у раціон гусей (4-а дослідна група) простежується найбільш позитивна кореляція змін як у перерозподілі окремих класів ліпідів, так і у змінах жирнокислотного складу тканини печінки ембріонів, що пояснюється різностороннім впливом вказаних вітамінів на окремі ланки обміну речовин, а саме: позитивним впливом токоферолу на мікрор'язкість ліпідної фази, регулюючим впливом ретинолу на стабілізацію окисно-відновних процесів та стимулюючим впливом вітаміну D₃ на Ca²⁺-залежні процеси.

Отже, виходячи з вищесказаного, встановлено, що оптимальним щодо стабілізації окремих ланок ліпідного обміну є додаткове введення у раціон гусей у репродуктивний період комплексно вітамінів А, D₃ і Е із підвищеною дозою токоферолу, а саме у кількості 10000 МО вітаміну А, 3000 МО вітаміну D₃ і 35 МО вітаміну Е на 1 кг комбікорму.

Перспективи подальших досліджень. Дослідити вплив додаткового введення окремо і комплексно різних доз вітамінів А і D₃ у раціон гусей на окремі ланки ліпідного і кальцієво-фосфорного обмінів у організмі ембріонів.

O. V. Moravska, S. O. Vovk

**THE CONTENTS OF THE TOTAL LIPIDS AND THEIR SEPARATE CLASSES
IN THE LIVER OF EMBRYOS DEPENDING ON ADDITIONAL INTRODUCTION
SEPARATELY AND IN A COMPLEX VITAMINS A, D₃ AND E IN THE DIET
OF GEESE DURING THE REPRODUCTIVE PERIOD**

S u m m a r y

The content of total lipid and composition of their separate classes in fabrics of a liver of embryos is established depending on additional introduction separately and in a complex vitamins A, D₃ and E in a diet of geese during the reproductive period. Additional introduction of complex vitamins is shown, that A, D₃ and E with the increased doze of tocopherol in a diet of geese optimum stabilizes processes lipid's an exchange. Namely, the increase in the contents phospholipids and connected cholesterol on a background of reduction of the contents of free cholesterol and free fat acids is observed. That in turn coincides with changes fatly acid structure, namely reduction of the contents of the sated fat acids and increase in the contents of nonsaturated acids basically due to increase of a level linoleic, arachidonic, eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in fabrics of a liver of embryos under influence of additional introduction in a complex vitamins A, D₃ and E in a diet of geese during the reproductive period.

E. B. Моравская, С. О. Вовк

**СОДЕРЖАНИЕ ОБЩИХ ЛИПИДОВ И ИХ ОТДЕЛЬНЫХ КЛАССОВ В ПЕЧЕНИ
ЭМБРИОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ
РАЗДЕЛЬНО И КОМПЛЕКСНО ВИТАМИНОВ А, D₃ И Е В РАЦИОН ГУСЕЙ
В РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПЕРИОД**

А н н о т а ц и я

Установлено содержание суммарных липидов и перераспределение их отдельных классов в тканях печени эмбрионов в зависимости от дополнительного введения отдельно и комплексно витаминов А, D₃ и Е в рацион гусей в репродуктивный период. Показано, что дополнительное введение комплексно витаминов А, D₃ и Е с повышенной дозой токоферола в рацион гусей оптимально стабилизирует отдельные процессы липидного обмена. А именно, наблюдается увеличение содержания фосфолипидов и эстерифицированного холестерина на фоне уменьшения содержания свободного холестерина и неэстерифицированных жирных кислот. Что в свою очередь совпадает с изменениями жирнокислотного состава, а именно уменьшением содержания насыщенных жирных кислот и увеличением содержания ненасыщенных кислот в основном за счёт возрастания уровня линолевой, арахионової, эйкозапентаєнової, докозапентаєнової и докозагексаєнової кислот в тканях печени эмбрионов под влиянием дополнительного введения комплексно витаминов А, D₃ и Е в рацион гусей в репродуктивный период.

1. *Андреева Л. В.* Фізіолого-біохімічні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / Л. В. Андреева, П. І. Вербицький, О. І. Віщур та ін. — Львів, 2004. — 399 с.

2. *Гаврисюк В. К.* Применение Омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в медицине / В. К. Гаврисюк // Укр. пульмон. журн. — 2001. — № 3. — С. 5–10.

3. *Гонський Я. І.* Біохімія людини / Я. І. Гонський, Т. П. Максимчук,

М. І. Калинський. — Тернопіль : Укрмедкнига, 2002. — 744 с.

4. Гула Н. М. Жирні кислоти та їх похідні при паталогічних станах / Н. М. Гула, В. М. Маргітч. — К. : Наук. думка, 2009 — 333 с.

5. Евстигнеева Р. П. Витамин Е как универсальный антиоксидант и стабилизатор биологических мембран / Р. П. Евстигнеева, И. М. Волков, В. В. Чудинова // Биол. мембраны. — 1998. — Т. 15, № 2. — С. 119–135.

6. Куртяк Б. М. Жиророзчинні вітаміни у ветеринарній медицині і тваринництві / Б. М. Куртяк, В. Г. Янович. — Львів : Тріада плюс, 2004. — 376 с.

7. Немировский В. І. Визначення органічних кислот у біологічному матеріалі методом газохроматографічного аналізу : методичні рекомендації / В. І. Немировский, О. М. Терещук, В. І. Гнатів, В. Й. Скорохід. — Львів, 1984. — 40 с.

8. Северин С. Е. Биохимия липидов и их роль в обмене веществ / С. Е. Северин. — М. : Наука, 1981. — 167 с.

9. DeLuca H. Overview of general physiologic features and functions of vitamin D / H. DeLuca // Am. J. Clin. Nutr. — 2004. — Vol. 80. — P. 1689–1696.

10. Duitsman P. K. Suppression of hepatic prostaglandin F2 α in rats by dietary α -tocopherol acetate is independent of total hepatic α -tocopherol / P. K. Duitsman, H. W. Chen, L. R. Cook, S. Hendrich // Prostagland., Leukotrien. and Essential Fatty Acids. — 1992. — Vol. 47, № 1. — P. 63–68.

11. Juan P. Infante A function for the vitamin E metabolite α -tocopherol quinone as an essential enzyme cofactor for the mitochondrial fatty acid desaturases / P. Juan // FEBS Lett. — 1999. — Vol. 446, № 1. — P. 1–5.

12. Kruger Marlana C. Calcium metabolism, osteoporosis and essential fatty acids : A review / Marlana C. Kruger, David F. Horrobin // Progress in Lipid Research. — 1997. — Vol. 36 (2–3). — P. 131–151.

13. Lee T. F. Downregulation of hepatic stellate cell activation by retinol and palmitate mediated by adipose differentiation-related protein (ADRP) / T. F. Lee, K. M. Mak, O. Rackovsky et al. // J Cell Physiol. — 2010. — Vol. 223(3). — P. 648–657.

14. Okayasu T. Effect of dietary vitamin B₂ and vitamin E on the Δ 9-desaturase and catalase in rat liver microsomes / T. Okayasu, K. Kameda, T. Ono, Y. Imai // Biochim. Biophys. Acta. — 1977. — Vol. 489. — P. 389–402.

15. Roland I. Modulation of the arachidonic cascade with omega3 fatty acids or analogues: potential therapeutic benefits / I. Roland, X. De Leval, B. Fvrard et al. // Mini Rev. Med. Chem. — 2004. — Vol. 4, № 6. — P. 659–668.

16. Scott V. Novel Transcriptional Activities of Vitamin E: Inhibition of Cholesterol Biosynthesis / V. Scott, T. Varsha, K. Kumar et al. // Biochemistry. — 2008. — Vol. 47 (2). — P. 744–752.

17. Plow J. H. Metabolism of subcellular liver phospholipids in vitamin A deficiency / J. H. Plow, K. C. Beamer, R. F. Krause // Fed. Proc. — 1969. — № 2. — P. 489–495.

18. Zolfaghari R. Recent advances in molecular cloning of fatty acid desaturase genes and the regulation of their expression by dietary vitamin A and retinoic acid / R. Zolfaghari, A. C. Ross // Prostagland., Leukotrien. and Essential Fatty Acids. — 2003. — Vol. 68 (2). — P. 171–179.

Рецензент: науковий співробітник лабораторії фізіології, біохімії та живлення птиці, кандидат сільськогосподарських наук Кисців В. О.