

УДК 577.042.16:591.3

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

О. В. Моравська
olenamoravska@gmail.com

Прикарпатський інститут ім. М. Грушевського МАУП,
вул. Боберського, 14, м. Львів, Україна

Встановлено вміст сумарних ліпідів та перерозподіл їх окремих класів у залишковому жовтку 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 регуляторно-оптимальним щодо стабілізації окремих процесів ліпідного обміну. Зокрема, у залишковому жовтку ембріонів спостерігається зростання вмісту фосфоліпідів та етерифікованого холестеролу на фоні зменшення вмісту вільного холестеролу і неетерифікованих жирних кислот, що корелює із зменшенням рівня співвідношення холестерол/фосфоліпідів та вказує на зміну в'язкості бішару мембран із переходом у більш рідку фазу та підвищенням антиоксидантної активності.

Поряд з цим, спостерігаються зміни жирно-кислотного складу залишкового жовтка ембріонів. Зокрема, відмітимо, зменшення вмісту пальмітинової (C_{16:0}), пальмітолеїнової (C_{16:1}) та олеїнової (C_{18:1}) кислот, із паралельним зростанням рівня лінолевої (C_{18:2}), арахідонової (C_{20:4}), ейкозапентаєнової (C_{20:5}), докозапентаєнової (C_{22:5}) та докозагексаєнової (C_{22:6}) кислот. Це, в свою чергу, корелює із зростанням індексу не насиченості жирних кислот, підтверджує зростання рівня активності антиоксидантної системи та показує стимулюючий вплив комплексного введення вітамінів А, D₃ і Е на Δ6- і Δ5-десатуразну активність.

Слід відмітити, також, зменшення вмісту дієнових кон'югатів і ТБК-активних продуктів у залишковому жовтку ембріонів під впливом додаткового введення комплексно вітамінів А, D₃ і Е, із підвищеною дозою токоферолу, порівняно з результатами контрольної групи.

Ключові слова: ГУСИ, ЕМБРІОНИ, ЗАЛИШКОВИЙ ЖОВТОК, ВІТАМІНИ А, D₃ І Е, СУМАРНІ ЛІПІДИ, ОКРЕМІ КЛАСИ ЛІПІДІВ, ЖИРНІ КИСЛОТИ, ПРОДУКТИ ПОЛ

MAINTENANCE TOTAL LIPIDS AND THEIR PARTICULAR CLASSES OF RESIDUAL YOLK EMBRYOS DEPENDING ON THE OPTIONAL INTRODUCTION OF A SEPARATE AND COMPLEX OF VITAMINS A, D₃ AND E IN THE DIET OF GEESE DURING THE BREEDING SEASON

О. V. Moravska
olenamoravska@gmail.com

At Carpathian's institute Grushevsky's IAMP,
Bobersky str., 14, Lviv, Ukraine

Established the content of total lipids and redistribution of their individual classes in the residual yolk of embryos according to the additional introduction of a separate and complex of vitamins A, D₃ and E in the diet of geese during the breeding season.

It is shown that the addition of a complex of vitamins A, D₃ and E, from an overdose of tocopherol in the diet of geese is optimal to stabilize the individual processes of lipid metabolism.

It is shown that, the residual yolk embryos observed increase in the content of phospholipids and related cholesterol to reduce background levels of free cholesterol and free fatty acids that corresponds to a

reduction ratio of the level of cholesterol / phospholipid indicates the viscosity change with the viscosity membranes in a liquid phase and an increase in antioxidant activity.

Also, there are changes in the fatty acid composition of residual yolk embryos. Observed decrease in the content of palmitic ($C_{16:0}$), palmitoleic ($C_{16:1}$) and oleic ($C_{18:1}$) acids, with a parallel increase in levels of linoleic ($C_{18:2}$), arachidonic ($C_{20:4}$), eicosapentaenoic acid ($C_{20:5}$), docosapentaenoic ($C_{22:5}$) and docosahexaenoic ($C_{22:6}$) acids. This, in turn, corresponds to an increase in the index are not saturated fatty acids, raise the level of activity confirms the antioxidant system and shows a stabilizing effect of the introduction of complex vitamins A, D₃ and E on $\Delta 6$ - and $\Delta 5$ -desaturase activity.

Attention should be paid, and to reduce the content of diene conjugates and TBA-active products in the residual yolk embryos under the influence of the additional introduction of a complex of vitamins A, D₃ and E, with high-dose tocopherol, compared with a control group.

Keywords: GEESE, EMBRYOS, RESIDUAL YOLK, VITAMIN A, D₃ AND E, TOTAL LIPIDS, A SEPARATE CLASS OF LIPIDS, FATTY ACIDS, LIPID PEROXIDATION PRODUCTS

СОДЕРЖАНИЕ СУММАРНЫХ ЛИПИДОВ И ИХ ОТДЕЛЬНЫХ КЛАССОВ В ОСТАТОЧНОМ ЖЕЛТКЕ ЭМБРИОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ ОТДЕЛЬНО И КОМПЛЕКСНО ВИТАМИНОВ А, D₃ И Е В РАЦИОН ГУСЕЙ В РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПЕРИОД

Е. В. Моравская
olenamoravska@gmail.com

Прикарпатский институт им. М. Грушевского МАУП, ул. Боберского, 14, г. Львов

Установлено содержание суммарных липидов и перераспределение их отдельных классов в остаточном желтке 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, из повышенной дозой токоферола, в рацион гусей является оптимальным для стабилизации отдельных процессов липидного обмена.

Так, в остаточном желтке эмбрионов наблюдается повышение содержания фосфолипидов и эстерификового холестерина на фоне уменьшения содержания свободного холестерина и неэстерификованных жирных кислот, что соответствует уменьшению уровня соотношения холестерин/фосфолипиды, указывает на изменения вязкости бишара мембран с переходом в более жидкую фазу и повышением антиоксидантной активности.

Также, наблюдаются изменения жирно-кислотного состава остаточного желтка эмбрионов. Отмечено, уменьшение содержания пальмитиновой ($C_{16:0}$), пальмитолеиновой ($C_{16:1}$) и олеиновой ($C_{18:1}$) кислот, с параллельным увеличением уровня линолевой ($C_{18:2}$), арахидоновой ($C_{20:4}$), эйкозапентаеновой ($C_{20:5}$), докозапентаеновой ($C_{22:5}$) и докозагексаеновой ($C_{22:6}$) кислот. Это, в свою очередь, соответствует увеличению индекса не насыщенности жирных кислот, подтверждает повышение уровня активности антиоксидантной системы и показывает стабилизирующее влияние комплексного введения витаминов А, D₃ и Е на $\Delta 6$ - и $\Delta 5$ -десатуразную активность.

Следует обратить внимание, и на уменьшение содержания диеновых конъюгатов и ТБК-активных продуктов в остаточном желтке эмбрионов под влиянием дополнительного введения комплексно витаминов А, D₃ и Е, с повышенной дозой токоферола, сравнительно с результатами контрольной группы.

Ключевые слова: ГУСИ, ЭМБРИОНЫ, ОСТАТОЧНЫЙ ЖЕЛТОК, ВИТАМИНЫ А, D₃ И Е, СУММАРНЫЕ ЛИПИДЫ, ОТДЕЛЬНЫЕ КЛАССЫ ЛИПИДОВ, ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ, ПРОДУКТЫ ПОЛ

Відомо, що жиророзчинні вітаміни А, D₃ і Е. відіграють важливу роль у регуляції фізіолого-біохімічних функцій та обміні речовин, що у свою чергу регулює стимуляцію відтворювальних функцій, інтенсивність росту і розвитку та підвищення резистентності проти захворювань в організмі тварин і птиці [1].

Розглядаючи особливість біологічної дії кожного із вітамінів, зазначимо, що вітамін D₃ являється основним регулятором кальцієво-фосфорного обміну, що обумовлює необхідність його застосування [2–4]. Однак, введення вітамінів групи D супроводжується пригніченням АТФ-азної активності та накопиченням продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) [3, 5]. У свою чергу, введення α -токоферолу ефективно стабілізує як процеси ПОЛ, так і біосинтез активних метаболітів вітаміну D₃ [2, 3]. Також, встановлено, що навіть при незначному підвищенні у раціоні птиці доз вітаміну D знижується рівень депонування вітаміну А в печінці [6], що вимагає його додаткового введення.

У свою чергу, відмічено, що вітамін А відіграє важливу роль у багатьох ланках обміну речовин. Зокрема, за рахунок наявності подвійних зв'язків ретинол має відношення до окисно-відновних процесів у складі мембран, де легко окиснюючись він змінює їх проникність та впливає на ліпідний склад мембран [7]. Також, регулюючи утворення глобулярних структур у мембранах, полегшує визволення ферментів і виведення продуктів обміну клітини та регулює піноцитоз, секрецію білка і мукоїдів [8]. Зазначено, також, що активація рецепторів у пероксисомах, де відбувається β -окиснення жирних кислот, здійснюється за участю ретиноевої кислоти [9–11].

Слід відмітити позитивність впливу вказаних вітамінів на окремі ланки ліпідного обміну. Зокрема, даними літературних джерел показано, що ретинол і токоферол впливають на вміст фосфоліпідів клітинних мембран та регулюють обмін холестеролу [10, 11].

Що стосується жирнокислотного складу, то тут важливо відмітити вплив вітамінів А і Е на активність $\Delta 9$ -десатурази (стеароїл-КоА десатурази), що каталізує синтез моноєнових кислот, де основним продуктом каталізу цього ензиму є олеїнова кислота, яка, в свою чергу, є основним компонентом тріацилгліцеролів та входить до складу фосфоліпідів і естерів холестеролу [12–14], а також вплив на стимуляцію активності $\Delta 6$ - і $\Delta 5$ -десатураз, які каталізують біосинтез поліненасичених жирних кислот та включаючись у фосфоліпіді визначають проникність клітинних мембран [12, 11]. Слід зазначити також, що введення вітаміну D₃ супроводжується збільшенням вмісту вільної арахідонової жирної кислоти у тканинах печінки, внаслідок збільшення активності Ca²⁺-залежної фосфоліпази A₂, що, в свою чергу, веде до збільшення рівня ейкозаноїдів, які у підвищеному рівні можуть виявляти патологічну дію [8, 15, 16]. Однак, цей процес ефективно регулюється токоферолом, який регулює ліпоксигеназний шлях метаболізму арахідонової кислоти та володіє властивістю зв'язуватися з арахідоною кислотою, за рахунок наявності в ній чотирьох ненасичених зв'язків [17].

Отже, з наведених даних можна побачити, що кожен із вітамінів відіграє особливу роль в обміні речовин, однак максимальна ефективність дії досягається при комплексному введенні з дотриманням оптимальних концентрацій.

У дослідженнях проведених раніше, щодо впливу додаткового введення вітаміну Е (у різних концентраціях) в раціон гусей у репродуктивний період, показано, що додаткове введення 35 МО вітаміну Е на 1 кг комбікорму є оптимальним щодо впливу як на окремі ланки ліпідного обміну в організмі птиці та тканинах ембріонів, так і на продуктивні якості [18].

Зазначимо, що протягом розвитку ембріона вміст вітамінів А, D₃ і Е в залишковому жовтку зменшується, що паралельно збільшує його вміст у печінці

ембріона і досягає найбільшого вмісту в печінці виведених гусенят. Тільки з 5-денного віку курчата починають використовувати вітаміни з кормів, до того часу забезпечення в потребі відбувається з залишкового жовтка [1].

Виходячи з вищесказаного, метою нашої роботи було дослідження окремого і комплексного впливу додаткового введення вітамінів А, D₃, і Е в раціоні гусей у репродуктивний період на вміст сумарних ліпідів та перерозподіл їх окремих класів, вміст продуктів ПОЛ та зміни жирнокислотного складу у залишковому жовтку ембріонів.

Матеріали і методи

Дослідження проводились упродовж 90-добового періоду на базі фермерського господарства с. Меденичі Дрогобицького району Львівської обл. на п'ятих групах гусей сірої оброшинської породи 3-річного віку, аналогів за масою тіла. 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 з рекомендованими нормами. 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» (діюча речовина — ретинол-пальмітат); «MICROVIT™ D₃ PROSOL 500» (холекальциферол) і «MICROVIT™ Е

PROMIX 50» (α-токоферол-ацетат) 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 залишкового жовтку (із застосуванням анестезії, з дотриманням правил щодо концепції гуманного поводження з тваринами) для визначення в них вмісту сумарних ліпідів, їх окремих класів, жирнокислотного складу та вмісту продуктів ПОЛ.

Ліпіди екстрагували сумішшю хлороформу і метанолу у відношенні 2:1 за методом Фолча і визначали їх кількість ваговим методом [19]. Окремі класи ліпідів виділяли методом тонкошарової хроматографії [19]. Визначення жирнокислотного складу загальних ліпідів проводили методом газорідинної хроматографії [20]. Вміст дієнових кон'югатів у тканинах визначали за методом, який ґрунтується на властивості спряжених подвійних зв'язків поглинати випромінювання при довжині хвилі 233 нм [19]. Рівень гідроперекисів ліпідів у тканинах визначали за їх реакцією з тіоціанатом амонію після попереднього екстрагування ліпідів етанолом [19]. Вміст ТБК-активних продуктів визначали за методом, в основі якого лежить реакція між малоновим діальдегідом та тіобарбітуровою кислотою [19]. Отримані цифрові дані опрацьовували статистично використовуючи t-критерій Стюдента за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Результати й обговорення

Аналіз результатів проведених досліджень показує (табл. 1), що додаткове введення вітамінів А, D₃ і Е як комплексно, так і окремо до раціону гусей у репродуктивний період не впливає на зміни вмісту сумарних ліпідів у залишковому жовтку ембріонів. Однак, що стосується

змін у перерозподілі окремих класів ліпідів, то тут слід відмітити, що у залишковому жовтку ембріонів 1-ї дослідної групи (А) спостерігається зростання вмісту фосфоліпідів ($p<0,01$) та триацилгліцеролів ($p<0,05$) на фоні зменшення моно- і діацилгліцеролів ($p<0,01$) та неестерифікованих жирних кислот (НЕЖК) ($p<0,05$) порівняно до результатів контрольної групи. З даних наведених у таблиці 1 видно, що у залишковому жовтку 2-ї дослідної групи (D_3) вірогідних змін не

спостерігається, а у 3-й дослідній групі (А, D_3) відбувається лише не істотне зростання вмісту фосфоліпідів ($p<0,05$). Тоді як, у залишковому жовтку 4-ї дослідної групи (А, D_3 , Е) спостерігається найбільш істотне зростання вмісту фосфоліпідів ($p<0,001$) на фоні зменшення НЕЖК ($p<0,001$) та вільного холестеролу ($p<0,05$) із збільшенням естерифікованого холестеролу ($p<0,05$) порівняно з результатами контрольної групи.

Таблиця 1

Вміст сумарних ліпідів та окремих їх класів у залишковому жовтку ембріонів залежно від додаткового введення вітамінів А, D_3 і Е в раціон гусей ($M \pm m$, $n=5$)

Досліджувані показники	Групи гусей				
	контрольна	1-ша дослідна (А)	2-га дослідна (D_3)	3-тя дослідна (А D_3)	4-та дослідна (А D_3 Е)
Сумарні ліпіди, г%	12,78 \pm 0,16	13,05 \pm 0,16	12,73 \pm 0,19	12,94 \pm 0,17	12,88 \pm 0,15
<i>Класи ліпідів, (% по відношенню до сумарних ліпідів)</i>					
Фосфоліпіди	14,63 \pm 0,15	15,33 \pm 0,11**	14,92 \pm 0,13	15,24 \pm 0,11*	17,84 \pm 0,14***
Моно-і діацилгліцероли	11,05 \pm 0,21	9,30 \pm 0,28**	10,75 \pm 0,18	10,67 \pm 0,13	10,20 \pm 0,16*
Вільний холестерол	4,98 \pm 0,16	4,60 \pm 0,19	5,26 \pm 0,18	4,93 \pm 0,16	4,21 \pm 0,18*
Неестерифіковані жирні кислоти	9,71 \pm 0,13	9,09 \pm 0,18*	9,94 \pm 0,16	9,61 \pm 0,15	7,91 \pm 0,18***
Триацилгліцероли	39,68 \pm 0,24	41,00 \pm 0,28*	39,78 \pm 0,19	39,90 \pm 0,17	39,05 \pm 0,17
Естерифікований холестерол	19,93 \pm 0,21	20,65 \pm 0,29	19,35 \pm 0,19	19,62 \pm 0,18	20,79 \pm 0,23*
Холестерол/фосфоліпіди	1,70	1,65	1,65	1,61	1,40

Примітка: у цій і наступній таблиці статистично вірогідні зміни * — $p<0,05$; ** — $p<0,01$; *** — $p<0,001$

Слід звернути увагу, що вказані зміни у залишковому жовтку ембріонів 4-ї дослідної групи пояснюються позитивним впливом додаткового комплексного введення вітамінів А, D_3 і Е на зміни активності ліпаз. Зокрема, зазначається, що збільшення вмісту фосфоліпідів у структурі клітинних мембран корелює із підвищенням активності антиоксидантної системи [17]. Тоді, як накопичення у клітині неестерифікованого холестеролу

викликає пригнічення активності 3-гідрокси-3-метилглутарил-КоА-редуктази (ГМГ-КоА-редуктази) — ключового ензиму, регулюючого швидкість біосинтезу холестеролу клітиною, та підвищення активності ацил-КоА-холестерин-ацилтрансферази — ензиму, який регулює естерифікацію холестеролу, внаслідок чого збільшується швидкість реестерифікації холестеролу та пригнічується синтез деяких рецепторів на поверхні клітини [21].

Що стосується змін жирнокислотного складу, то тут слід відмітити, що у залишковому жовтку ембріонів дослідних груп під впливом введення вказаних вітамінів зменшується вміст насичених і деяких мононенасичених жирних кислот із зростанням вмісту поліненасичених жирних кислот.

На певні зміни в окремих дослідних групах слід звернути увагу (табл. 2). Зокрема, під впливом вітаміну А (1-а дослідна група) спостерігається вірогідне зменшення пальмітинової ($C_{16:0}$), пальмітолеїнової ($C_{16:1}$) та олеїнової ($C_{18:1}$) жирних кислот із вірогідним збільшенням лінолевої ($C_{18:2}$), докозапентаєнової ($C_{22:5}$)

та докозагексаєнової ($C_{22:6}$) жирних кислот порівняно до результатів контрольної групи, що, можливо, обумовлено позитивним впливом ретинолу на використання пальмітинової і пальмітолеїнової жирних кислот у метаболічних процесах та стимулюючим впливом на $\Delta 6$ - і $\Delta 5$ -десатуразну активність [9, 11]. Також, цікаво відмітити, що під впливом окремого введення вітаміну D_3 (2-а дослідна група) простежується зменшення докозапентаєнової ($C_{22:5}$) та докозагексаєнової ($C_{22:6}$) жирних кислот порівняно до результатів контрольної групи.

Таблиця 2

Жирнокислотний склад залишкового жовтку ембріонів залежно від додаткового введення вітамінів А, D_3 і Е в раціон гусей, % ($M \pm m$, $n=5$)

Код жирної кислоти	Контрольна	Дослідні групи гусей			
		1-ша дослідна (А)	2-га дослідна (D_3)	3-тя дослідна (AD_3)	4-та дослідна (AD_3E)
$C_{14:0}$	0,27±0,02	0,24±0,02	0,29±0,02	0,23±0,01	0,20±0,02*
$C_{16:0}$	21,34±0,29	19,51±0,09***	20,04±0,22**	19,44±0,15***	18,79±0,18***
$C_{16:1}$	5,78±0,34	4,68±0,04*	4,93±0,07*	4,42±0,17**	3,62±0,23***
$C_{17:0}$	0,59±0,05	0,49±0,03	0,52±0,06	0,50±0,01	0,47±0,01*
$C_{18:0}$	3,12±0,28	2,63±0,19	3,24±0,13	2,89±0,07	2,46±0,08
$C_{18:1}$	52,48±0,22	51,55±0,13**	52,00±0,16	51,75±0,15*	49,63±0,25***
$C_{18:2}$	10,11±0,30	13,68±0,19***	11,47±0,08**	13,72±0,22***	15,17±0,39***
$C_{18:3}$	1,09±0,09	0,93±0,02	0,89±0,03	0,86±0,09	0,81±0,05*
$C_{20:1}$	1,01±0,13	0,91±0,08	0,93±0,08	0,93±0,05	0,72±0,03**
$C_{20:2}$	0,09±0,02	0,08±0,01	0,08±0,07	0,08±0,09	0,07±0,09
$C_{20:3}$	0,14±0,02	0,10±0,02	0,17±0,02	0,11±0,01	0,10±0,01
$C_{20:4}$	2,58±0,23	2,63±0,19	2,75±0,13	3,23±0,13*	4,11±0,05***
$C_{22:2}$	0,13±0,01	0,11±0,01	0,15±0,01	0,12±0,01	0,10±0,02
$C_{20:5}$	0,21±0,02	0,25±0,02	0,19±0,02	0,20±0,02	0,30±0,02*
$C_{24:1}$	0,14±0,02	0,11±0,01	0,17±0,02	0,11±0,02	0,10±0,02
$C_{22:5}$	0,27±0,02	0,49±0,02***	0,20±0,02*	0,26±0,02	0,55±0,03***
$C_{22:6}$	0,42±0,02	0,54±0,02**	0,35±0,02*	0,38±0,02	0,93±0,02***
Нжк	25,32	22,87	24,09	23,06	21,92
Мнжк	59,41	57,25	58,03	57,21	54,07
Пнжк	15,04	18,81	16,25	18,96	22,14
Індекс ненас.	2,94	3,33	3,08	3,30	3,48

Зазначимо, що при комплексному додатковому введенні вітамінів А, D_3 і Е у раціоні гусей (4-а дослідна група) спостерігаються найбільш виражені зміни жирнокислотного складу залишкового жовтка, де при істотному вірогідному

зменшенні пальмітинової ($C_{16:0}$), пальмітолеїнової ($C_{16:1}$) та олеїнової ($C_{18:1}$) жирних кислот відбувається вірогідне збільшення лінолевої ($C_{18:2}$), арахідонової ($C_{20:4}$), ейкозапентаєнової ($C_{20:5}$), докозапентаєнової ($C_{22:5}$) та

докозагексаєнової ($C_{22:6}$) кислот порівняно до результатів як контрольної групи. Такі зміни у четвертій дослідній групі пояснюються комплексним впливом вітамінів А, D_3 і Е, зокрема активацією Са-залежних ензимів під дією вітаміну D_3 та позитивним впливом α -токоферолу та ретинолу на ферментативні системи біосинтезу жирних кислот, де особливу увагу слід звернути на істотне збільшення арахідонової кислоти, яка є попередником регуляторних ейкозаноїдів, а також на істотне збільшення докозагексаєнової кислоти, яка відіграє важливу функціональну роль в центральній нервовій системі та сітківці ока [8, 22].

З наведених даних (табл. 1 і 2) можна побачити, що рівень співвідношення холестерол/фосфоліпіди (табл. 1), який корелює із змінами в'язкості бішару мембран зменшився у четвертій дослідній групі (А, D_3 і Е) на 19 %, що показує позитивні зміни у перерозподілі окремих класів ліпідів залишкового жовтка ембріонів вказаної дослідної групи. У свою чергу, це корелює із зростанням індексу ненасиченості жирних кислот (табл. 2), який у вказаній групі зростає на 18,4 %, що вказує на підвищення антиоксидантної активності та переходом ліпідів у більш «рідкий» стан [21], що паралельно підтверджується суттєвим вірогідним зменшенням рівня продуктів ПОЛ.

Вказана тенденція змін, очевидно, пояснюється позитивним впливом

токоферолу на мікрров'язкість ліпідної фази, а також регулюючим впливом ретинолу, який стабілізує окисно-відновні реакції [7, 17]. Підвищення антиоксидантної активності і, як наслідок, зменшення швидкості окиснювальних реакцій призводять до більш легко окиснювального складу ліпідів, що, у свою чергу, призводить до прискореного використання антиоксидантів та поступового зниження антиоксидантної активності [17, 21].

Зазначимо, що шляхом зміни складу ліпідів мембран, їх окисненості і структури ліпідної фази регулюється як чутливість клітини до гормональної регуляції, так і до змін імунної реакції клітини, оскільки відомо, що швидкість реакції антиген-антитіло залежить від стану ліпідної фази мембран [21, 23].

Наведені дані підтверджуються змінами вмісту продуктів ПОЛ (табл. 3). Зокрема, слід звернути увагу на зростання вмісту гідроперекисів ліпідів і дієнових кон'югатів у залишковому жовтку ембріонів другої дослідної групи під впливом додаткового введення окремо вітаміну D_3 та на стабілізацію вмісту продуктів ПОЛ у залишковому жовтку ембріонів четвертої дослідної групи під впливом комплексного додаткового введення вітамінів А, D_3 і Е, де рівень дієнових кон'югатів зменшується на 3,58 %, а рівень малонового діальдегіду — на 6,97 % порівняно з результатами контрольної групи.

Таблиця 3

Вміст продуктів ПОЛ у залишковому жовтку ембріонів залежно від додаткового введення вітамінів А, D_3 і Е в раціон гусей ($M \pm m$, $n=5$)

Досліджувані показники	Групи гусей				
	контрольна	1-ша дослідна (А)	2-га дослідна (D_3)	3-тя дослідна (А, D_3)	4-та дослідна (А, D_3 , Е)
Дієнові кон'югати, мкмоль/г	36,63 \pm 0,17	36,06 \pm 0,17*	39,02 \pm 0,14***	36,79 \pm 0,24	35,32 \pm 0,32**
Гідропероксили ліпідів, E_{480} /г	2,33 \pm 0,13	2,20 \pm 0,04	3,24 \pm 0,13**	2,46 \pm 0,08	2,01 \pm 0,13
ТБК-активні продукти, мкмоль/г	14,35 \pm 0,23	14,18 \pm 0,13	15,43 \pm 0,41	14,63 \pm 0,11	13,35 \pm 0,12**

Слід зазначити, що підвищення рівня продуктів ПОЛ при застосуванні вітаміну D₃, очевидно, спричинене інгібуванням Са-транспортної АТФ-ази, зниження активності якої супроводжується різким збільшенням концентрації Са²⁺ в цитозолі, що призводить до активації ряду Са-залежних ферментів, а саме фосфоліпази А₂, вплив якої може підвищувати гідроліз мембранних фосфоліпідів, змінювати проникність мембран та іонний гомеостаз, що, в свою чергу, може вести до збільшення вмісту продуктів ПОЛ у тканинах [3]. З отриманих результатів видно, що додавання ретинолу сумісно з α-токоферолом при додаванні вітаміну D₃ у фізіологічній дозі, призводить до ефективної стабілізації процесів ПОЛ, де основна роль антиоксидантної дії, очевидно, належить α-токоферолу [3].

Висновки

Підсумовуючи результати приведених досліджень, можна побачити, що найбільш позитивно-оптимальні зміни як у співвідношенні окремих класів ліпідів, так і у перерозподілі жирнокислотного складу ліпідів та зменшенні вмісту продуктів ПОЛ у залишковому жовтку ембріонів, спостерігаються при додатковому введенні комплексно вітамінів А, D₃, і Е (із підвищеною дозою токоферолу) у раціон гусей (4-а дослідна група) у репродуктивний період.

Позитивність вказаних змін підтверджується показниками продуктивності за 90-добовий період яйцекладки. Зокрема, у 4-й дослідній групі кількість інкубаційних яєць зросла на 13,27 %, кількість запліднених яєць — на 14,9 %, а рівень виводимості гусенят підвищився на 23,8 % порівняно із результатами контрольної групи [18].

Отже, виходячи з вищесказаного, встановлено, що оптимальним щодо стабілізації як окремих ланок ліпідного обміну, так і кальцієво-фосфорного 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.

1. Kurtyak B. M., Yanovich V. G. *Fat-soluble vitamins in veterinary medicine, animal husbandry*. Lviv, Triad Plus, 2004. 376 p. (In Ukrainian).

2. Apuhovska L. I., Velikiy M. N., Lototskaya O., Khomenko A. V. The role of vitamin E in regulation of cholecalciferol hydroxylation by D-vitamin deficiencies and D-hypervitaminosis. *Ukrainian biochemical journal*, 2009, vol. 81, № 5, pp. 50–57 (in Ukrainian).

3. Chagovets R. V., Wendt V. P., Lukyanova E. M., Pavlenko L. N., Lachno E. V. *Vitamins VI Chemistry and biochemistry of vitamin D and its application*. Kiev, Science. Dumka, 1971. 217 p. (In Ukrainian).

4. DeLuca H. Overview of general physiologic features and functions of vitamin D. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2004, 80, pp. 1689–1696.

5. Carlton S., Clopton D., Cappuzzo K. A. Vitamin d deficiency: appropriate replenishment therapies and the effects of vitamin d toxicity. *The Consultant Pharmacist journal*, 2010, 25, (3), pp. 171–177.

6. Maslieva O. I. *Vitamins in poultry feeding*. Moscow, Kolos, 1975. 208 p. (In Russian).

7. Dusheyko A. *Vitamin A: metabolism and function*. Kiev, Science. Dumka, 1989. 288 p. (In Ukrainian).

8. Rebrov V. G., Gromov O. A. *Vitamins and minerals*. Moscow, Alev-B, 2003. 648 p. (In Russian).

9. Lee T. F., Mak K. M., Rackovsky O., Lin Y. L., Kwong A. J., Loke J. C., Friedman S. L. Downregulation of hepatic stellate cell activation by retinol and palmitate mediated by adipose differentiation-related protein (ADRP). *Journal of Cellular Physiology*, 2010, 223, 3, pp. 648–657.

10. Plow J. H., Beamer K. C., Krause R. F. Metabolism of subcellular liver phospholipids in

vitamin A deficiency. *Federation proceedings journal*, 1969, 2, pp. 489–495.

11. Zolfaghari R., Cifelli C. J., Banta M. D., Ross A. C. Fatty Acid $\Delta 5$ -Desaturase mRNA Is Regulated by Dietary Vitamin A and Exogenous Retinoic Acid in Liver of Adult Rats. *Archives of Biochemistry and Biophysics Journal*, 2001, 391, (1), pp. 8–15.

12. Juan P. Infante A function for the vitamin E metabolite α -tocopherol quinone as an essential enzyme cofactor for the mitochondrial fatty acid desaturases. *FEBS Letters Journal*, 1999, 446, (1), pp. 1–5.

13. 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 Journal*, 1977, 489, pp. 389–402.

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

15. Gavrisyuk V. K. Application of omega-3 polyunsaturated fatty acids in medicine. *Ukrainian Pulmonology Journal*, 2001, vol. 3, pp. 5–10 (in Ukrainian).

16. Roland I., De Leval X., Evrard B., Pirotte B., Dogné J. M., Delattre L. Modulation of the arachidonic cascade with omega3 fatty acids or analogues: potential therapeutic benefits. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry Journal*, 2004, 4, (6), pp. 659–568.

17. Evstigneeva R. P., Volkov I. M., Chudinova V. V. Vitamin E as a universal antioxidant and stabilizer biological membranes. *Journal Membrane and Gell Biology*, 1998, vol. 15, no. 2, pp. 119–135 (in Russian).

18. Moravska O. V. *Lipid composition and antioxidant status of tissues and embryos of geese and their correction vitamins A, D₃ and E*. Authoreferat candidate Biol. Sciences: 03.00.04., Institute of animal biology NAAS, Lviv, 2011. 16 p. (In Ukrainian).

19. Andreeva L. V., Verbitsky P., Vischur A. I., Vlizlo V. V., Vovk S. Y. *Physiological and biochemical methods of research in biology, veterinary medicine*. Lviv, 2004. 399 p. (In Ukrainian).

20. Nemyrovskyy V. I., Tereshchuk A. M., Skorohid V. I. Determination of organic acids in biological material by chromatographic analysis. *Methodical recommendations*, Lviv, 1984. 40 p. (In Ukrainian).

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

22. Gula N. M., Marhitych V. M. *Fatty acids and their derivatives in pathological states*. Kiev, Scientific thought, 2009. 333 p. (In Ukrainian).

23. Honskyy Y. I., Maxymchuk T. P., Kalynskyy M. I. *Biochemistry person*. Ternopil, Ukrmedknyha, 2002, 744 p. (In Ukrainian).