УДК 577.16:636.5.084

РОЛЬ ВІТАМІНУ Е В ЖИВЛЕННІ ПТИЦІ

А. В. Гунчак, І. Б. Ратич, Л. В. Андреєва,
Я. М. Сірко, Г. М. Стояновська

Інститут біології тварин УААН

У статті узагальнені дані літератури про роль вітаміну Е в регуляції обміну речовин і фізіологічних функцій у птиці та її продуктивність. Наведені оптимальні норми добавок вітаміну Е в раціони птиці. Наведені дані про патогенез захворювань птиці, зумовлених дефіцитом вітаміну Е.

Ключові слова: ВІТАМІН Е, ПТИЦЯ, ЕМБРІОН, АНТИОКСИДАНТНА ФУНКЦІЯ, ІМУННА ФУНКЦІЯ, ВІДТВОРЮВАЛЬНА ФУНКЦІЯ, ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ, СЕЛЕН, ПАТОЛОГІЯ.

Вітамін Е являє собою групу близьких за будовою сполук, похідних токолу. Відомо 8 близьких за структурою природних речовин з активністю α-токоферолу: 4 токофероли (α, β, γ, δ) і 4 токотриєноли (α, β, γ, δ). Найактивніший з них α-токоферол, який являє собою 5,7,8-триметилотокол. Нестача його в раціоні птиці, особливо в ранньому віці, викликає ряд дисфункцій і патологій та зниження продуктивності. Потреба птиці у вітаміні Е частково забезпечується за рахунок його вмісту в кормах, в яких він знаходиться у вигляді токоферолів і їх ефірів, а частково шляхом додавання до комбікорму його синтетичних аналогів [78]. В останні роки вітамін Е додають до комбікорму для птиці незалежно від його вмісту в кормах у вигляді добавок до раціону. Найпоширенішими токоферолами кормів є α- і γ-токоферол.

Ефіри α-токоферолу гідролізуються в кишечнику птиці α-токоферилгідролазою підшлункової залози та кишковими гідролазами [90]. Всмоктування токоферолу ентероцитами відбувається шляхом пасивної дифузії, яка великою мірою залежить від кількості жиру в раціоні [90]. Найвищий рівень вітаміну Е виявлений у слизовій 12-палої і порожньої кишок, тоді як у слизовій клубової та сліпої кишок його значно менше, а в товстій кишці він майже зовсім відсутній [61].

В ентероцитах кишечнику α-токоферол включається в хіломікрони, які транспортуються лімфою в кров портальної вени [89]. Раціон з високим вмістом вітаміну А знижує засвоєння вітаміну Е тваринами [28], що зумовлено підвищеним його окисненням у травному тракті.

Внутрішньоклітинний транспорт α-токоферолу в печінці відбувається за участю специфічних α-токоферолзв'язуючих білків, які забезпечують його включення в ЛДВЩ [13], завдяки чому регулюється його рівень в плазмі крові птиці. Цей білок зв'язує лише α-токоферол і не зв'язує інші гомологи вітаміну Е, внаслідок чого вони не затримуються в печінці і екскретуються з жовчю [78].

Вітамін Е і розвиток ембріона

Вітамін Е відіграє важливу роль у розвитку ембріона. У печінці ембріона морських свинок на пізніх стадіях росту спостерігається високий вміст вітаміну Е [47]. Вміст α-токоферолу в печінці ембріонів значно вищий, ніж у печінці курей [5]. У печінці індиків вміст α-токоферолу значно збільшується в кінці ембріогенезу і досягає максимального рівня у виведених індичат. Протягом перших 2–3-х тижнів життя курчат і молодняку інших видів сільськогосподарської птиці концентрація вітаміну Е в печінці різко знижується і досягає рівня, виявленого в печінці дорослої птиці [5]. Вміст вітаміну Е в залишковому жовтку протягом розвитку ембріонів птиці зменшується одночасно зі збільшенням його кількості в

печінці. У виведених курчат 50–70 % його міститься в жовточному мішку, 12–18 % — в печінці [81]. В процесі ембріогенезу курей відбувається інтенсивне використання вітаміну Е з жовтка яєць, при цьому вміст його за 19 днів інкубації знижується на 45 %, а за останні 2 дні — на 8 % [2].

Близько 75 % α-токоферолу в печінці міститься в паренхіматозних клітинах, 25 % — в непаренхіматозних (зірчастих гепатоцитах, клітинах Купфера, ендотиліальних клітинах) [28]. З печінки α-токоферол транспортується в переферійні органи і тканини за допомогою ЛДНЩ. Поглинання α-токоферолу переферійними органами і тканинами відбувається за участю рецепторів на плазматичні мембрані клітин, експресія яких виражена в жировій тканині, м'язах, серці, нирках [62], а частково — без їх участі. Клітини скелетних м'язів і жирової тканини також мають здатність акумулювати α-токоферол і разом з печінкою містять до 90 % від його загального вмісту в організмі [28]. Хоча жирова тканина містить велику кількість α-токоферолу, його мобілізація з адипоцитів при низькому рівні вітаміну Е в раціоні є дуже повільною [90]. Вміст α-токоферолу в мозку лишається приблизно на однаковому рівні протягом ембріогенезу та постембріогенезу і становить лише 1 % від його вмісту в печінці [23, 88, 42]. Тим не менше, α-токоферол відіграє важливу роль у забезпеченні функції головного мозку. Механізми поглинання α-токоферолу з крові в клітини мозку до кінця не з'ясовані. Є дані що ЛПВЩ відіграють головну роль у транспортуванні α-токоферолу в капіляри ендотеліальних клітин мозку свині [31].

В клітинах α-токоферол окиснюється до токоферолхінону, котрий відновлюється до гідрохінону. При введенні вітаміну Е у великій кількості частина гідрохінону зв'язується з глюкороновою кислотою і секретується в жовч [26]. Крім того, частина гідрохінону розщеплюється в нирках до α-токоферонової кислоти, яка виділяється з сечею, але цим шляхом метаболізується лише 1 % вітаміну Е [90].

Вітамін Е і антиоксидантна функція

Біологічна активність вітаміну Е обумовлена, насамперед, його антиоксидантною функцією. α-токоферол є найактивнішим природним антиоксидантом, який захищає поліненасичені жирні кислоти фосфоліпідів клітинних мембран від окиснення активними формами кисню та деструктивної дії утворених продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) на внутрішньоклітинні біополімери — білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти [93]. Вітамін Е вловлює і знешкоджує супероксидний радикал, попереджаючи тим самим його деструктивну дію. Крім того, вітамін Е інгібує ПОЛ шляхом взаємодії з перекисними окиснювальними радикалами ($LOO^{\bullet}$), які є посередниками у ланцюговій реакції шляхом передачі протону при взаємодії з вільними радикалами: $\alpha\text{-TH} + LOO^{\bullet} \rightarrow \alpha\text{-T} + LOOH$. Незважаючи на низький вміст вітаміну Е в мембранах він діє каталітично і постійно відновлюється з вільнорадикальних форм; при цьому токоферил перетворюється в токоферол [16]. Ряд патологій у птиці, пов'язаних з дефіцитом вітаміну Е, зумовлені насамперед посиленням вільнорадикальних процесів у їхньому організмі. Накопичено багато даних про високу ефективність застосування вітаміну Е для профілактики і лікування патологій, що супроводжуються окиснювальним стресом. Вітамін Е відіграє ключову роль у попередженні вільнорадикально-опосередкованих патологій [90, 26].

При додаванні вітаміну Е до раціону курей-несучок чутливість мозку виведених курчат як до спонтанного, так Fe^{++}-індукованого ПОЛ зменшувалась, що зумовлено збільшенням вмісту вітаміну Е в яйцях та тканинах ембріонів і виведених курчат та його протекторною дією [86]. Введення α- і γ-токоферолів у запліднені яйця курей попереджало збільшення рівня поліненасичених жирних кислот у ліпідах мембран мозку курчат, яким вводили етанол [67]. При додаванні різних доз вітаміну Е до раціону курей-несучок спостерігалось дозозалежне збільшення вмісту вітаміну Е та зниження вмісту малонового діальдегіду, який є індикатором ПОЛ, у плазмі крові курчат і жовтку яєць [35]. При додавання різних доз вітаміну Е до раціону гусок спостерігали збільшення вмісту вітаміну Е в яйцях, печінці і жовточному мішку гусенят та зниження вмісту продуктів ПОЛ, яку носило

дозозалежний характер [6].

Додавання до раціону курей 200 мг/кг вітаміну Е разом з ϖ-3 поліненасиченими жирними кислотами призводить до зменшення Fe^{++}-індукованого ПОЛ в яйцях [87].

При інтоксикації хромом у курчат різко знижувався вміст вітаміну Е в крові і тканинах, проте додаткове введення вітаміну Е і глутатіону призводило до повільного відновлення вмісту вітаміну Е в організмі [24]. Додавання вітаміну Е до раціону курей і перепелів, яких піддавали дії теплового стресу, відновлювало засвоєння корму і несучість, які суттєво знижувались під дією стресу [53, 36, 77].

У дослідах на різних видах тварин і птиці було встановлено, що їх потреба у вітаміні Е підвищується при збільшенні в раціоні вмісту поліненасичених жирних кислот внаслідок посилення перекисного окиснення ліпідів в їхньому організмі [74]. Згодовування курям раціону з 3,5 % вмістом ПЖК з різних джерел (оселедцева, лляна, пальмова та соняшникова олії) призводило до зниження вмісту вітаміну Е в крові і печінці курчат, а також у жовтку курей [85]. Додавання риб‘ячої олії з високим вмістом поліненасичених жирних кислот до раціону бройлерів призводило до активації ПОЛ, інтенсивність якого суттєво знижувалась при введенні в раціон вітаміну Е [13].

Вплив вітаміну Е на імунну функцію

Встановлено стимулюючий вплив вітаміну Е на розвиток і функціональну активність імунної системи у ссавців і птиці та їх стійкість до інфекційних хвороб [90, 66]. Дефіцит вітаміну Е послаблює імунну реактивність, а додавання його до раціону підвищує гуморальний та клітинно-опосередкований імунітет.

Лейкоцити мають високий вміст поліненасичених фосфоліпідів, здатних до окиснювального руйнування. Вітамін Е може діяти на імунну систему як антиоксидант шляхом зниження утворення активних форм кисню або шляхом утворення метаболітів арахідонової кислоти. Імуностимулюючий вплив α-токоферолу не можна повністю пояснити його антиоксидантною функцією, оскільки інші антиоксиданти не проявляють схожого впливу [64].

Стимулюючий вплив вітаміну Е на проліферативну активність імунних клітин було використано для підвищення ефективності вакцинації птиці [4].

Додавання до раціону курчат-бройлерів 150–300 мг/кг вітаміну Е стимулювало у них активність імунної системи [54]. При дослідженні впливу добавок різних доз вітаміну Е до раціону курчат-бройлерів на утворення антитіл проти вірусних інфекцій було встановлено, що помірні добавки (25–50 МО/кг) вітаміну Е були кращими імуномодуляторами, ніж дози 100 і 200 МО/кг [58]. Додавання 250 мг/кг α-токоферолу до раціону курчат підвищувало утворення IgA — антитіл, які захищають слизову кишечнику в птиці від патогенних мікроорганізмів [68]. Додавання вітаміну Е до раціону курей-несучок призводило до зростання титру антитіл у крові курчат, виведених з одержаних від них яєць [42, 52]. Титр антитіл у крові добових курчат, виведених від курей, які споживали раціон з добавками вітаміну Е, був вищий, ніж у 16-денних ембріонів і тримався на такому рівні до 10-денного віку [15]. Додавання 65 МО/кг вітаміну Е до раціону курей-несучок підвищує проліферацію лімфоцитів in vitro в умовах теплового стресу [37].

Вітамін Е і відтворювальна функція

Вітамін Е приймає участь в регуляції багатьох функцій в організмі птиці, в тому числі відтворювальної. Зокрема, дефіцит вітаміну Е у птиці проявляється у підвищеній ембріональній смертності, що обумовлено зменшенням вмісту α-токоферолу в яйцях. Встановлений прямий зв’язок між вмістом вітаміну Е в раціонах племінної птиці та виводимістю і життєздатністю курчат-бройлерів [86]. Виключення добавок вітаміну Е з раціону курей-несучок, качок та перепілок призводить до швидкого зникнення його запасів у жовтку і суттєво знижує виводимість курчат [46, 83]. У процесі інкубації яєць, одержаних від птиці з дефіцитом вітаміну Е в раціоні ріст і розвиток ембріонів сповільнюється і вони

гинуть в перші 2–4 дні інкубації. Курчата, отримані від курей з дефіцитом вітаміну Е не можуть самостійно розбити шкаралупу під час виведення, у них спостерігається патологія серцево-судинної системи [4]. Додавання 80 мг\кг вітаміну Е до раціону курей-несучок приводило до значного підвищення несучості, заплідненості яєць і виводимості курчат [60].

Додавання до раціону півнів вітаміну Е в кількості 80–160 мг/кг призводить до підвищення запліднювальної здатності сперміїв та інкубаційної якості курячих яєць [65]. Півні при дефіциті вітаміну Е не мають клінічних ознак його нестачі, але їх спермії втрачають запліднюючу здатність. Близько 80 % виявленого в спермі індиків, півнів і гусаків вітаміну Е міститься в сперматозоїдах [4].

Фосфоліпіди сперматозоїдів птиці містять високу кількість арахідонової та докозотетраєнової кислот і дуже чутливі до ПОЛ. Тому α-токоферол є головним компонентом антиоксидантної системи сперматозоїдів. Додавання різних доз вітаміну Е до раціону півнів суттєво підвищує його рівень у сім'яниках і сперматозоїдах [39]. При додаванні вітаміну Е в різних дозах до раціону півнів спостерігається дозозалежне збільшення його вмісту в сперматозоїдах, спермі і сім'яній рідині [39]. При додаванні вітаміну Е в різних дозах до раціону півнів також спостерігається дозозалежне підвищення рухомості і запліднювальної здатності сперматозоїдів [22, 41].

Додавання до раціону півнів гіпердоз вітаміну Е (10 000 і 20 000 МО/кг) призводить до зниження ваги сім'яників, кількості сперматозоїдів, щільності еякуляту, морфологічних змін сперми. Додавання високих доз вітаміну Е до раціону негативно впливало на репродуктивні здатності півнів, незважаючи на зниження в спермі рівня малонового діальдегіду [51].

В основі стабілізуючого впливу вітаміну Е на мембрани сперматозоїдів лежить його висока антиоксидантна активність, завдяки чому наявні в фосфоліпідах поліненасичені жирні кислоти захищаються від перекисного окиснення. При дефіциті вітаміну Е продукти ПОЛ проявляють деструктивний вплив на мембрани сперміїв, що призводить до їх пошкодження [51].

Заморожування сперми ініціює процеси ПОЛ у спермі, що призводить до деградації фосфоліпідів внаслідок ПОЛ поліненасичених жирних кислот, наявних в їх складі [63]. При високому вмісті вітаміну Е в сперміях індиків зменшується вихід аспартатамінотрансферази і лактатдегідрогенази в сім'яникову плазму при їх зберіганні, що свідчить про стабілізуючу роль α-токоферолу в мембранах сперміїв [4].

Вітамін Е та якість продукції

Утворення продуктів перекисного окиснення ліпідів у м'ясі залежить, з одного боку, від вмісту поліненасичених жирних кислот у складі ліпідів, а з другого — від вмісту в них природних антиоксидантів, насамперед вітаміну Е. Особливо чутливі до ПОЛ м'ясні продукти після термічної обробки, що зумовлено втратою антиоксидантних вітамінів Е, А, С і каротиноїдів. Тому важливе значення має оптимальне забезпечення потреби тварин і птиці у вітаміні Е з метою одержання високоякісного м'яса, придатного до зберігання.

Чутливість м'яса до ПОЛ залежить від вмісту в ньому поліненасичених жирних кислот, про що свідчать значні різниці у вмісті продуктів ПОЛ у м'ясі різних видів тварин [58]. Підвищення стійкості м'яса до ПОЛ при зберіганні встановлено при збільшенні вмісту вітаміну Е в раціоні різних видів тварин: свиней, великої рогатої худоби, курчат і індиків. Тому в останні роки значна увага приділяється дослідженню можливості підвищення тривалості зберігання м'яса тварин шляхом збільшення вмісту вітаміну Е в їхньому раціоні в передзабійний період [1]. Додавання токоферолу безпосередньо до м'яса значно меншою мірою впливає на їх стійкість до ПОЛ при зберіганні, ніж додавання його до раціону тварин [27].

Додавання до раціону птиці вітаміну Е в дозі 200 мг/кг суттєво збільшує його вміст в одержуваних продуктах. При цьому вміст вітаміну Е в них зменшувався в ряді: жовток яйця>печінка>жирова тканина>довгий м'яз спини. Ці дані свідчать про те що жовток яйця є найкращим джерелом вітаміну Е в харчуванні людини [58]

При додаванні вітаміну Е до раціону курчат-бройлерів його вміст у стегнових м'язах була вищим, ніж у грудних [10]. При підвищенні рівня вітаміну Е в раціоні курчат-бройлерів терміни зберігання м'яса в замороженому вигляді збільшується. При цьому вітамін Е, який локалізується в мембранах м'язових клітин, гальмує процеси ПОЛ і тим самим захищає м'ясо від утворення специфічного присмаку, який погіршує його смакові якості [21].

Згодовування птиці вітаміну Е в останні 2–4 тижні перед забоєм гальмує ПОЛ у м'ясі лише протягом 1–3-х місяців зберігання його в замороженому вигляді, після чого його захисний ефект знижується [82]. Додавання до раціону птиці вітаміну Е в дозі 200 г/т корму дає можливість зберігати м'ясо при температурі –20 ˚С протягом 3-х місяців [9]. Потреба індичок у вітаміні Е для забезпечення високої якості м'яса і його стійкості до ПОЛ при зберіганні вища, ніж курчат, що зумовлено значно меншим його вмістом у м'ясі індичок, ніж курей [7].

Був запропонований спосіб якісної оцінки добових курчат бройлерів у залежності від запасів вітаміну Е в печінці: при вмісті його більше 400 мкг курчат відносять до 1 категорії, при вмісті 150–400 мкг — до 2 категорії. При загальному вмісті вітаміну Е у печінці менше 150 мкг курчат відносять до некатегорійних [9].

Високий вміст вітаміну Е в яйцях обумовлює їх харчову і біологічну цінність.(Вміст вітаміну Е в курячих яйцях суттєво збільшується при підвищенні рівня вітаміну Е в раціоні. При додаванні вітаміну Е в дозі 400 мкг/кг до раціону курей-несучок вміст його в яєчному жовтку зріс у 2,5 раза [53]. При додаванні 100–200 мкг/кг α-токоферолу до раціону курей-несучок вміст його в жовтку лінійно зростав у залежності від його рівня. Він знижувався через 90 днів при зберіганні яєць при температурі 4 ˚С або через 28 днів — при температурі 25 ˚С. При зберіганні яєць при кімнатній температурі протягом 4-х тижнів у них суттєво збільшується вміст малонового діальдегіду [71].

При додаванні вітаміну Е 50; 100 і 200 мг/кг до раціону курей-несучок його вміст в яєчному жовтку збільшувався в 3; 5 і 8 разів, відповідно. Сушіння спреєм цих яєць значно знижувало вміст вітаміну Е та підвищувало ПОЛ в яйцях [12]).

Зберігання протягом 28 днів яєць курей-несучок, до раціону яких додавали 100 і 200 мкг/кг вітаміну Е, не призводило до зміни його вмісту в яєчному жовтку [30].

При додаванні 125; 250 і 500 мг/кг вітаміну Е та 0,1; 0,2 мг/кг селену до раціону перепелів спостерігали підвищення маси їх яєць, товщини їх шкаралупи та одиниць Хау [76].

Широко проводяться дослідження впливу добавок вітаміну Е до раціонів курей-несучок з високим вмістом (ω-3) поліненасичених жирних кислот (ПНЖК). Ця проблема є актуальною, оскільки ПНЖК проявляють антихолестерогенну дію в організмі людини, але вони є високочутливі до ПОЛ, яке попереджується шляхом підвищення рівня вітаміну Е в раціонах курей-несучок [12, 40].

Вітамін Е і селен

Вітамін Е і селен проявляють синергічну дію в організмі тварин, впливаючи на їх антиоксидантну й імунну системи. Селен є складовою частиною різних селенопротеїнів, найважливішим з яких є антиоксидантний фермент — селенозалежна глутатіонпероксидаза [8]. Дефіцит селену в раціоні птиці призводить до значного погіршення імунітету, при цьому порущуються функції фагоцитів, проліферація лімфоцитів і продукція антитіл [80].

У курчат в умовах дефіциту вітаміну Е і селену спостерігається зниження активності Se-залежної глутатіонпероксидази і рівня токоферолу в крові, яке попереджувалось при додаванні до їх раціону 200 МО/кг вітаміну Е та 0,2 ppm селену [85]. Активність Se-залежної глутатіонпероксидази в еритроцитах курчат в умовах 6-тиневого дефіциту селену і вітаміну Е знижувалась на 46 %, а активність каталази — підвищувалась на 28 %. При цьому рівень ПОЛ у мембранах еритроцитів підвищувався на 32 % [33]. При додаванні до раціону курчат 70 мг/кг вітаміну Е або 0,07 мг/кг селену спостерігали суттєве збільшення активності Se-залежної глутатіонпероксидази та зниження рівня ПОЛ в їх крові [72].

При додаванні до раціону курчат-бройлерів 150 МО/кг вітаміну Е та 0,06 мг/кг селену

було відмічено суттєве підвищення клітинної імунної відповіді та підвищення їх приростів [84]. При збільшенні вмісту селену в раціоні курчат спостерігається підвищення активності Se-залежної глутатіонпероксидази в еритроцитах на 35 %, а при одночасномуному додаванні до раціонуселену і вітаміну Е — на 46 %, зниження рівня ПОЛ на 42 % [32].

Природною формою селену є селенометіонін, який міститься в різних кормах, в тому числі зернових і олійних культурах [79]. Головною його перевагою перед неоганічною формою селену — селенітом натрію, який до цього часу використовують як джерело селену в раціонах птиці, є його краща абсорбція в тканинах і створення резервів в організмі [49]. При включенні органічної форми селену в раціон курей-несучок спостерігається підвищення активності глутатіонпероксидази в органах і тканинах ембріонів і значне зниження інтенсивності ПОЛ в печінці виведених курчат [29].

Особливе значення має антиоксидантна захисна роль добавок вітаміну Е і селену до раціонів птиці в умовах стресу, коли відбувається підвищене утворення вільних радикалів у її організмі. У перепелів в умовах холодового стресу при утриманні їх при 6 ˚С спостерігали зниження несучості та погіршення якості знесених яєць. Додавання до раціону перепелів 250–500 мг/кг вітаміну Е та 0,2 мг/кг селену призводить до відновлення їх яйцепродуктивності, зниженої внаслідок холодового стресу при утриманні при 6 °С [76]. Аналогічні результати були отримані при додаванні 250 мг/кг вітаміну Е і 0,2 мг/кг селену до раціону перепелів, яких утримували в умовах хронічного теплового стресу при температурі 34 ˚С [73, 75].

Норми добавок вітаміну Е в раціонах птиці

Потреба птиці у вітаміні Е забезпечується недостатньо внаслідок низького вмісту в зернових складових раціонів. Тому в раціони птиці вводять гарантовані добавки вітаміну Е. Згідно норм Національної дослідної ради США [69], потреба курей-несучок у вітаміні Е становить 5–10 мг/кг, курчат-бройлерів — 10, промислових і племінних курей — відповідно 5 і 10 мг/кг корму. Потреба індиків і промислових індичок у вітаміні Е складає 10–12 мг/кг, а племінних індичок – 25 мг/кг корму. Потреба промислових японських перепілок у вітаміні Е складає 12 мг/кг, а племінних перепілок — 25 мг/кг корму.

Однак сучасні норми забезпечення птиці жиророзчинними вітамінами, в тому числі вітаміном Е, вимагають корегування в зв’язку з посиленням метаболізму в організмі птиці, викликаного суттєвими змінами генетичного її потенціалу, які відбулися протягом останніх років. Завдяки високій яєчній продуктивності сучасних кросів курей та дуже високій конверсії корму в бройлерів, споживання вітамінів на одиницю продукції суттєво знижується. Для курей-несучок споживання вітаміну Е в розрахунку на 1 знесене яйце кожен рік знижується на 1 %. Для бройлерів щорічне зниження споживання вітаміну Е складає 0,8 %, а для індичок — 0,6 % на 1 кг приросту живої ваги [57].

Тому норми добавок вітаміну Е до комбікормів, які використовують у годівлі птиці в ряді країн, значно більші за норми NRC. Зокрема, канадські вчені рекомендують додавати вітамін Е в кількості 50 мг/кг корму до раціонів як курей-несучок, так і курчат-бройлерів [56].

Норми, розроблені в Інституті птахівництва УААН в 1996 році, рекомендують додавати вітамін Е в комбікорми курчат-бройлерів, качок, гусей і індичок у період росту в кількості 20 мг/кг корму.

Важливим фактором збільшення норми вітаміну Е в раціонах птиці є його позитивний вплив на здоров’я і особливо імунітет у різних видів птиці, що призводить до збільшення їх продуктивності. Додавання вітаміну Е, в кількостях набагато більших від рекомендацій NRC (500 мг/кг корму) до раціону курей-несучок приводило до 7 % або навіть 20 % підвищення яйцепродуктивності [21, 91].

Вітамін Е і патологія

Посилення утворення гідроперекисів ліпідів у організмі тварин і птиці, яке виникає в умовах дефіциту вітаміну Е, лежить в основі різних патологій, зокрема дистрофії скелетних і серцевого м'язів, енцефаломаляції, й ексудативного діатезу [70]. Дефіцит вітаміну Е та наявність великої кількості поліненасичених жирних кислот у раціоні курчат призводить до порушення функції центральної нервової системи та захворювання енцефаломаляцією, яка характеризується атаксією, порушенням координації та летальним наслідком. У молодняку птиці найчутливіший до дефіциту вітаміну Е є мозок, який містить низький рівень вітаміну Е і антиоксидантних ферментів (каталази, глутатіонпероксидази), особливо при наявності великої кількості поліненасичених жирних кислот у раціоні [70]. При гострій формі захворювання курчата гинуть через 6–12 год. — 1–3 дні, при хронічній — через 20–25 днів після появи симптомів захворювання. При цьому в мозочку і великих півкулях головного мозку та спинному мозку курчат виявляються крововиливи і набряки, а також руйнування клітин Пуркіньє [3].

У курчат, яким згодовували дефіцитний за вітаміном Е раціон з високим вмістом лінолевої кислоти, спостерігали перші прояви кормової енцефаломаляції на 9-й день після виведення [43]. При згодовуванні курчатам-бройлерам дефіцитного за вітаміном Е-раціону з 10 % жирних кислот (олеїнової, лінолевої, ліноленової) симптоми кормової енцефаломаляції спостерігали у 7-денному віці. Збільшення вмісту малонового діальдегіду спостерігали лише в головному мозку курчат, до раціону яких додавали ліноленову кислоту [44, 87].

Ексудативний діатез у курчат виникає при згодовуванні їм раціону, дефіцитного за вітаміном Е і селеном. Він характеризується підшкірними набряками в різних ділянках тіла й утрудненням дихання у курчат. У 80 % випадків хвороба закінчується летальним наслідком [3]. В основі патогенезу захворювання лежить підвищення проникності стінки капілярів внаслідок посилення ПОЛ, викликаного інгібуванням синтезу глутатіонпероксидази в умовах дефіциту селену

У курчат при дефіциті вітаміну Е і селену спостерігається некроз грудних м'язів [18].

У курчат, яким згодовували раціон, дефіцитний за вмістом вітаміну Е і селену, виявлені зовнішні ознаки ексудативного діатезу в грудних м'язах, а також зниження вмісту відновленого глутатіону та активності глутатіонпероксидази в цій тканині [38]. У курчат виведених з яєць, від курей, які споживали раціон з низьким вмістом вітаміну Е і селену виявлені зовнішні ознаки ексудативного діатезу в підшкірній тканині та скелетних м'язах, а також зниження рівня селену в м'язах та вітаміну Е і селен-залежної глутатіонпероксидази в печінці [48].

Дефіцит селену та вітаміну Е призводить до виникнення окиснювального стресу в підшлунковій залозі курчат та атрофії цього органу внаслідок дисбалансу між системою антиоксидантів та прооксидантів [17].

Дефіцит вітаміну Е, сірковмісних амінокислот і селену та високий вміст поліненасичених жирних кислот у раціонах птиці призводить до захворювання її кормовою м'язовою дистрофією, яка характеризується ураженням смугастих м'язів з дегенерацією грудних і стегнових м'язових фібрил [3]. У курчат захворювання попереджується шляхом додавання до раціону вітаміну Е або цистину, в індичат — селену, в страусенят — вітаміну Е і селену [20, 92].

A. V. Gunchak, I. B. Ratych, L. V. Andrejeva, Ja. M. Sirko, G. M. Stojanowska:

ROLE OF VITAMIN E IN POULTRY NUTRITION

S u m m a r y

The article summarizes the bibliographic data about the role of vitamin E in regulation of metabolism and phisiological functions in poultry and its productivity. Nutrient requirements of vitamin E in poultry diets are presented. Data about pathogenesis of vitamin E-deficit origin poultry diseases are considered.

1. Витамин Е и качество мяса птиц / П. Сурай, И. Ионов, Н. Сахацкий, Ф. Ярошенко — Донецк, 1994. — 168 с.

2. Вплив складу раціону для племінних курей на якість інкубаційних яєць, рівень

каротиноїдів і жиророзчинних вітамінів А і Е у жовтку яєць і тканинах ембріонів і курчат /Гунчак А. В., Андреєва Л. В., Стояновська Г. М. та ін. // Птахівництво. Матеріали V Українськоїконференції по птахівництву з міжнародною участю. — 2004. — 55. — С. 234–243.

3. *Двинская Л., Шубин А.* Использование антиоксидантов в животноводстве. – М., Агропромиздат, 1986. – 160 с.

4. Жирорастворимые витамины в промышленном птицеводстве /Сурай П., Бужин А., Ярошенко Ф., Ионов И. — Черкассы, 1997. — 295 с.

5. *Іонов І., Сурай П., Шаповалов С.* Формування антиоксидантного статусу птиці в ембріогенезі // Біологія тварин. — 1999. — 1, N2. — С. 79–84.

6. *Куткіна Л. Б.*, *Янович В. Г.* Вміст вітаміну Е і продуктів перекисного окиснення ліпідів у яйцях, печінці і жовточному мішку гусенят за різного вмісту вітаміну Е в раціоні гусок // Біологія тварин. — 2004. — 6, N1-2 — С. 140–143.

7. Повышенные дозы жирорастворимых витаминов для бройлеров /Сурай П., Ионов И., Панченко Т. и др. // Птицеводство, М. — 1990. — №11. — С. 17–18.

8. *Сурай П., Дворская Ф.* Органический селен и его роль в птицеводстве // Птахівництво. Мат. V Укр. конф. по птахівництву з міжнар. уч. — 2004. — 55. — С. 362–369.

9. *Ярошенко Ф.* Вміст і розподіл вітамінів А та Е в організмі м'ясних курей залежно від їх рівню в раціоні. Автореф. дис. канд. с.-г. н. — Харків, 2002. — 19 с.

10. *Ярошенко Ф., Іонов І, Сурай П.* Вітамін Е і якість добового молодняка // Тез. доп. Всеукр. конф. з фізіології і біохімії тварин. — Львів, 1994. — С.187.

11. *Aitken R/.* Effect of vitamin E on lipid peroxidation suspectibility in cockerel semen // Reprod. Fert. Dev. — 1994. — N6 — P.24.

12. Accumulation of α-tocopherol in eggs enriched with ω-3 and ω-6 PUFA / Galobart J., Barroeta A., Cortinas L. et al. // Poult. Sci. — 2002. — V. 81. — N 12. — P.1873–1876.

13. Affinity for alpha-tocopherol transfer protein as a determinant of the biological activities of vitamin E analogs / Hosomi A., Arita M., Sato Y. et al. // FEBS Lett. —1997. — V. 409. — P. 105 – 108

14. Alpha-tocopherol transfer efficiency and lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with ω-3 PUFA /Galobart J., Barroeta A., Baucells M. et al. // Poult. Sci. — 2001 — V. 80. — N10. — P. 1496–1505.

15. Antibody responses of hens fed vitamin E and passively asquired antibodies of their chicks / Boa-Amponsem K., Price S., Geraert P. et al. // Avian Dis. — 2001. — V. 45. — N1. — P. 122–127.

16. Antioxidant action of α- tocopherol and α-tocotrienol in membranes. Vitamin E in Health and Disease / Serbinova E., Tsuchiya M., Goth S. et al. — Packer L., Fuchs N.Y. Marcel Dekker, 1992. — P. 235–246.

17. *Avanzo J., Mendonca J. C., Cerqueira C.* Role of antioxidant systems in induced nutritional pancreatic atrophy in chicken // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. — 2002. — V.131. — N4. — P. 815–823.

18. *Bartholomew A., Latshaw D., Swayne D.* Changes in blood chemistry, hematology and histology caused by a selenium/vitamin E deficiency and recovery in chicks // Biol. Trace Elem. Res. — 1998. — V.62. — N1–2. — P. 7–16.

19. *Bjorneboe A., Bjorneboe G., Drevon C.* Absorption, transport and distribution of vitamin E // J. Nutr. — 1990. — V. 120. — N5. — P.233–242.

20. *Bondi A.* Animal Nutrition. Ch.11. Fat- soluble vitamins. — Chichester. — N.Y., John Wiley and sons, 1987. — P. 222–236.

21. Broiler meat stabilisation by vitamin E / Ionov I., Yaroshenko F., Buzhin A. et al. — Proc. of the VIII-th International Symposium of Young Poultry Scientists, Poland, Bydgoszcz., 1994. – P. 165-166

22. *Cerolini S.*. Dietary fish and evening primrose oil with vitamin E effects on semen variables in cockerels // Br. Poult. Sci. — 2005. — V.46. — N2. — P. 214–222

23. Changes in lipid metabolism during development and growth: relationship between PFA and vitamin E concentration. / Noble R. C., Cocchi M., Bath H. et al. // Role of free radicals in

biological systems, Budapest, 1993. — P.99–106

24. *Cherian G.*, *Sim J.*. Maternal dietary α-linolenic acid (18:3 n-3) alters (n-3) PUFA metabolism and liver enzyme activity in hatched chicks // Poult. Sci. — 2001. —V.80. — N7. — P.901–905.

25. *Chundawat R.*, *Saed P.* Vitamins deficiency in developing chick during chromium intoxication and protection thereof // Toxicology. — 2005. — V.211, N1–2. — P. 124–131.

26. *Debier C., Larondelle J.*. Vitamins A and E: metabolism, roles and transfer to offspring // Brit. J. Nutrit. — 2005. — V.93. — N2. — P. 153–174.

27. *Decker E., Crum A.*. α-tocopherol and meat quality // J. Food Sci. — 1991. — V. 56. — P. 11–79.

28. Dietary vitamin A modulates the concentrations of RRR-α-tocopherol in plasma lipoproteins from calves fed milk replacer / Ametaj B. N., Nonnecke B. J., Franklin S. T. et al. // J. Nutr. — 2000. — V. 130. — P. 629–636.

29. *Edens F.* Practical applications for selenomethionine: broiler breeder production / Proc. of 18-th Alltech Annual Symp. — Ed. by Lyons, T. and Jacques K., Nottingcham, University Press, Nottingcham, UK, 2002. — P.29–42

30. Effects of dietary vitamin E on the quality of table eggs enriched with n-3 long-chain fatty acids / Meluzzi A., Sirri F., Manfreda G.et al. // Poult. Sci. — 2000.—V. 79 — N4. — P. 539–545..

31. Effects of lipoprotein lipase on uptake and transcytosis of low density lipoprotein (LDL) and LDL-associated α-tocopherol in a porcine in vitro blood-brain barrier model / Goti D., Balazs Z., Panzenboeck U. et al. // J. Biol. Chem. — 2002. — V. 277. — P. 28537 – 28544.

32. Effects of antioxidant vitamins A,C,E and trace elements Cu, Se on CuZnSOD, GSH-Px, CAT and LPO levels in chickens erythrocytes / Aydemir T., Ozturk R., Bozkava L. et al. // Cell Biochem. Funct. — 2000. — V. 18. —N2. — P. 109–115.

33. Effects of Se, Cu and Se + vitamin E deficiency on the activities of Cu ZnSOD, GSH-Px, CAT and LPO levels in chicken erythrocytes. / Bozkava L., Ozturk-Urek R., Avdemir T., Tarhan L. // Cell Biochem. Funct. — 2001. — 19 (3). — P.153-157.

34. Effect of satured and unsatured fats with vitamin E supplementation on the antioxidant status of broiler chick tissues/ Husveth F., Manilla H., Gaal T. et al. // Acta Vet. Hung. — 2000. — V. 48. — N1. — P. 69–79

35. Effects of supplemental vitamin E during the mature period on the reproduction performance of Taiwan Native Chicken cockerels / Lin Y., Chang S., Yang J. et al. // Br. Poult. Sci. — 2005.— V.46, N3. — P.366–373.

36. Effects of vitamin C and vitamin E on lipid peroxidation status, serum hormone, metabolite and mineral concentrations of Japanese quails reared under heat stress (34 ^{0}C) / Sahin K. Kucuk O., Sahin N. et al. // Int. J. Vitam. Nutr. Res. — 2002. — V. 72 — N2. — P. 91–100.

37. Effects of vitamins E and C supplementation on performance in vitro lymphocyte proliferation and antioxidant status of laying hens during heat stress / Puthpongsiriporn U., Schiedeler S., Sell J. et al. // Poult. Sci. — 2001. — V. 80. — N8. — P. 1190–2000.

38. Effect of vitamin E and selenium on resistance to oxidative stress in chicken superficial pectoralis muscle / Avanzo J., Mendonca J. C, Pugiene S. et al. // Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol. — 2001. — V. 129. — N2. — P. 163–173.

39. Effect of vitamin E and selenium supplementation of cockerel diets on glutathione peroxidase activity and lipid peroxidation susceptibility in sperm, testes and liver / Surai P., Kostjuk I., Wishart G. et al. // Biol. Trace Elem. Res. — 1998. —V.64. —N1–3. — P. 119–132.

40. Enrichment of eggs with n-3 PUFA: effects of vitamin E supplementation / Grune T, Kramer K., Hoppe P. et al. // Lipids. — 2001. — V. 36. — N8. — P. 833–838.

41. Evaluation of the ratio of ω-6: ω-3 fatty acids and vitamin E levels in the diet on the reproductive performance of cockerels / Zanini S., Torres C., Bragagnolo // Arch Tierernahr. — 2003. — V. 57. — N6. — P. 429–442.

42. Fatty acid composition and lipid peroxidation induced by ascorbate Fe^{2+}— in different organs of goose (Anser Anser) / Gutierrez A., Reboredo G., Mosca S. et al. // Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol. — 2004. — V. 137. — N2. — P. 123–132.

43. *Fuhrmann H., Sallmann H.* Brain, liver and plasma unsaturated aldehydes in nutritional encephalomalacia of chicks //J. Vet. Med. A. Physiol.Pathol. Clin. Med. — 2000. — V.47. — N3. — P. 149–155.

44. *Fuhrmann H., Sallmann H.* The influence of dietary fatty acids and vitamin E on plasma prostanoids and liver microsomal alkane production in broiler chickens with regard to nutritional encephalomalacia // J. Nutr. Sci. Vitaminol (Tokyo). — 1995. — V. 41. — N5. — P. 553–561.

45. *Haq A., Balley C., Chinnan A.*. Effect of β-carotene, canthaxanthin, lutein and vitamin E on neonatal immunity of chicks when supplemented in the broiler breeder diets // Poult. Sci. — 1996. — V. 75. — N9. — P. 1092–1097.

46. *Hennig A., Marckwardt E., Richter G.* Relation between vitamin E supply and the fertility of laying hens // Arch. Tierernahr. — 1986. — V. 36. — N6. — P. 519–529

47. *Hidiroglou N., Madere R., Mc Dowell L.* Maternal transfer of vitamin E to fetal and neonatal guinea pigs utilizing a stable isotopic technique // Nutr. Res. — 2001. — V. 21. — P. 771 – 783.

48. Histopathological and biochemical changes associated with selenium and vitamin E deficiency in chicks / Hassan S., Hakkarainen J., Jonsson I., et al. // Zentralbl. Veterinarmed A. — 1990. — V.37. — N9. — P. 708–720.

49. Identification and characterization of new mammalian selenoproteins / Behne D., Rothlein D., Pfeifer H. et al. // J. of Trace Elem. in Met. and Biol. — 2000. — V. 14. — P. 117.

50. Influence of high-dietary vitamin E supplementation on egg production and plasma characteristics of hens subjected to heat stress / Bollengier-Lee S., Mitchell M., Utomo D. et al. // Brit. Poult. Sci. — 1998. — V. 39. — P. 106–112.

51. . Influence of high level of vitamin E on semen parameters of cocks / Danikowski S., Sallman H., Halle I. // J. Anim. Physiol. Nutr. (Berl.). — 2002. — V. 86. — N11-12. — P. 376–382.

52. Interactions of dietary PUFA and vitamin E with regard to vitamin E status, fat composition and antibody responsiveness in layer hens / Sijben J., Schrama J., Nieuwland M. et al. // Br. Poult. Sci. — 2002. — V. 43. — N2. – P. 297–305.

53. *Jiang Y., McGeachin R., Bailey C.* α-tocopherol, β-carotene and retinol enrichment of chicken eggs // Poult. Sci. — 1994.— V. 73. —N7. — P. 1137–1143.

54. *Kirunda D., Scheideler S., McKee S.* The efficacy of vitamin E (DL- α-tocopheryl acetate) supplementation in hen diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure // Pout. Sci. — 2001. — V. 80. — N9. — P. 1378–1383.

55. *Kolb E., Seehawer J.* Significance and application of vitamin E in broilers and laying hens, especially during supplementation with fish oil // Berl. Munch. Tierarztl. Wochenachr. — 2002. — V. 115. — N11-12. — P. 458–464.

56. *Leeson S., Summers J.* Commercial Poultry Nutrition. — University Books, Guelph, Ontario, Canada, 2005. — 43pp.

57. *Leeson S.* Vitamin requirements: is there basis for re-evaluating dietary specifications? // World's Poult. Sci. J. — 2007. — V. 63. — N2. — P. 255–266.

58. *Leonhardt M., Gebert S., Wenk C.* Vitamin E content of different animal products: influence of animal nutrition // Z. Ernahrungswiss. — 1997. — V. 36. — N1. — P. 23–27.

59. *Leshchinsky T., Klasing K.* Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens // Poult. Sci. — 2001. — V. 80. — N11. — P. 1590–1599.

60. *Lin J., Chang S., Hsu A.* Effect of supplemental vitamin E during the laying period on the reproductive performance of Taiwan native chickens // Br. Poult. Sci. — 2004. — V. 45. — N6. — P. 807–814.

61. Lipid-soluble and water-soluble antioxidant activities of the avian intestinal mucosa at different sites along the intestinal tract / McLean J., Karadas F., Surai P., // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. —2005. — V. 141. — N3.— P. 366–372.

62. Localization and regulation of the human very low density lipoprotein/apolipoprotein-E receptor: trophoblast expression predicts a role for the receptor in placental lipid transport / Wittmaack F. M., Gafvels M. E., Bronner M. et al. // Endocrinology. —

1995. — 136. — P. 340–348.
63. *Long J., Kramer M.* Effect of vitamin E on lipid peroxidation and fertility after artificial insemenation with liquid-stored turkey semen // Poult. Sci. — 2003. — V. 82. — N11. — P. 1802–1807.
64. Low vitamin E in diet reduses stress resistance of gilthead seabream juveniles. Fish shellfish / Monter D., Tort L., Rabana L. et al. //Immunol. — 2001. — V. 11. — N6. — P. 473–490.
65. Maternal vitamin E supplementations affects the antioxidant capability and oxidative status of hatching chicks / Lin Y., Tsai H., Lee Y. et al. // J. Nutr. — 2005. — V. 135. — N10. — P. 2457–2461.
66. *Meydani S. N., Terngerdy R. P.* Vitamin E and immune response Vitamin E in Health and Disease. — Packer L Fuchs J New York Marcel Dekker, 1992. — P. 549–563.
67. *Miller R., Slathar I., Luvisotto M.* α-tocopherol and γ-tocopherol attenuate ethanol-induced changes in membrane fatty acid composition in embryoic chick brains // Teratology. — 2000. — 62. — N1. — P. 26–35.
68. *Muir W., Husband A., Bryden W.* Dietary supplementation with vitamin E modulates avian intestinal immunity // Br. J. Nutr. — 2002. — V.87. —N6. — P. 579–585.
69. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry, 9th Ed. — NAS-NRC, Washington D. C., 1994.
70. Nutritional metabolic diseases of poultry and disorders of the biological antioxidant defence system / Mezes M., Surai P., Salvi G. et al. // Acta Vet. Hung. — 1997. — V.45. — N3. — P. 349–360..
71. Oxidative stability and sensory and functional properties of eggs from laying hens fed supranutrional doses of vitamins E and C / Franchini A., Sirri F., Tallarico N. et al. // Poult. Sci. — 2002. — V.81. — N11. — P.1744–1750.
72. *Ozturk-Urek R., Bozkava L., Tarhan L.* The effects of some antioxidant vitamin and trace element-supplemented diets on activities of SOD, CAT, GSH-Px and LPO levels in chicken tissues// Cell Biochem. Funct. — 2001. — V.19. — N2. — P. 125–132.
73. Protective role of supplemental vitamin E and selenium on lipid peroxidation, vitamin E, vitamin A, and some mineral concentrations of Japanese quails reared under heat stress / Sahin K., Sahin N., Yaralioglu S. et al. // Biol. Trace Elem. Res. — 2002. — V.85. —1. — P. 59–70.
74. Relationship between dietary unsaturation and vitamin E in poultry / Villaverde C., Cortinas L., Barroeta A. et al. // J.Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl). — 2004. — V. 88 — N3–4. — P. 143–149.
75. *Sahin N., Kucuk O.* Effect of vitamin E and selenium in on performance, digestibility of nutrients and carcass characteristics of Japanese quails reared under heat stress (34 degrees C) // J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.). — 2001. — V. 85. — N11–12. — P. 342–348.
76. *Sahin N., Sahin K., Onderci M.* Vitamin E and selenium supplementation to alleviate cold-stress-associated deterioration in egg quality and egg yolk mineral concentrations of Japanese quails // Biol. Trace Elem Res. — 2003. — V. 96 — N 1–3. — P. 179–183.
77. *Sahin K., Sahin N., Yaralioglu S.* Effects of vitamin C and vitamin E on lipid peroxidation, blood serum metabolites, and mineral concentrations of laying hens reared at high ambient temperature // Biol. Trace Elem. Res. — 2002. — V. 85. — N1. — P. 35–45.
78. *Stahl W., Berg H., Arthur J.* Bioavailability and metabolism //Mol. Aspecs Med. — 2002. — V. 23. — P. 39–100.
79. *Surai P.* Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick // Br. Poult. Sci. — 2000. — V. 41. — N2. — P. 235–243.
80. *Surai P.* Natural Antioxidans in Avian Nutrition and Reproduction. — Nottingham University Press, 2002. — 105 pp.
81. *Surai P., Gaal T., Mezes M.* How does the brain of chick embryo obtain antioxidant defence? - // Society of free radical research. Summer Meeting. — Budapest, Hungary,1995. — P. 159.

82. *Surai P., Ionov I., Yaroshenko F.* Vitamin E and broiler meat quality // 2nd Baltik Poultry Conference. — Vilnius, 1994. — P. 45

83. *Surai P., .Noble R., Speake B.* Relationship between vitamin E content and susceptibility to lipid peroxidation in tissues of the newly hatched chick // Br. Poult. Sci. — 1999. — V. 40. — N3. — P. 406–410.

84. *Swain B., Johri T., Majumdar S.* Effect of supplementation of vitamin E, selenium and their different combinations on the performance and immune response of broilers // Br. Poult. Sci. — 2000. — V. 41. — N3. — P. 287–292.

85. The effects of dietary vitamin E and selenium deficiencies on plasma thyriod and thymic hormone concentrations in the chicken / Chang W., Combs G., Scanes C. et al. // Dev. Comp. Immunol. — 2005. — V. 29. — N3. — P. 265–273.

86. Tissue content of α-tocopherol and oxidative stability of broilers receiving dietary α-tocopheryl acetate supplement for various periods pre-slaughter / Morrissev P., Brandon S., Buckley D. et al. // Br. Poult. Sci. — 1997. — 38. — N1. — P. 84–88.

87. Tissue lipid peroxidation in nutritional encephalomalacia of broiler chickens / Fuhrmann H., Schultheis S., Drommer W. et al. // Zentralbl. Veterinarmed A. — 1996. — V. 43. — N1. — P. 9–21.

88. Tissue-specific antioxidant profiles and susceptibility to lipid peroxidation of the newly hatched chick / Surai P., Speake B., Noble R. et al. // Biol. Trace Elem. Res. — 1999. — V.68. — N1. — P. 63–78.

89. *Traber M. G., Cohn W., Muller D.* Absorption, transport and delivery to tissues. Vitamin E in Health and Disease. — Packer L Fuchs J., New York, Marcel Dekker, 1992. — P. 35–53.

90. Vitamin E / Bramley P. M., Elmadfa I., Kafatos A. et al. // J. Sci. Food Agric. — 2000. — 80. — P. 913–938.

91. Vitamin E can alleviate the depressed egg production on heat-stressed laying hens / Whitehead C., Bollengier-Lee S., Mitchell M. et al. // Brit. Poult. Sci. — 1998. — V. 39. — N1. — P. 44–46.

92. *Vorster B.* Nutritional muscular dystrophy in a clutch of ostrich chicks // J. S. Afr. Vet. Assoc. — 1984. — V. 1. — N1. — P. 39–40.

93. *Wang X., Quinn P.* The location and function of vitamin E in membranes. // Mol. Membr. Biol. — 2000. — V. 17. — N3. — P. 143–156.