

УДК:636.5/.6:577.115:618.11

ВМІСТ ОКРЕМИХ КЛАСІВ ЛІПІДІВ У КРОВІ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ ПРИ ПЕРЕДЗАБІЙНОМУ СТРЕСІ

С. С. Грабовський

grbss@ukr.net

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького, Львів, 79010, вул. Пекарська, 50, Україна

У статті представлені результати дослідження вмісту окремих фракцій ліпідів (фосфоліпіди, моно-, ди- і тригліцероли, неетерифіковані жирні кислоти (НЕЖК), холестерол і його етерифікована форма) у плазмі крові курчат-бройлерів перед забоєм. Додатково до основного раціону птиці дослідних груп за п'ять днів до забою вводили аерозольним методом екстракт селезінки (70° спиртовий розчин біологічно активних речовин об'ємом 1,4 мл на курча), одержаний із застосуванням та без використання ультразвуку. Птиці контрольної групи (третья група) за п'ять днів до забою таким же чином додавали до корму 70° спиртовий розчин в аналогічному об'ємі.

Із фосфоліпідів у крові курчат-бройлерів досліджували вміст: лізолецитину, сфінгомієліну, фосфатидилсерину, фосфатидилхоліну, фосфатидилінозиту, фосфатидилетаноламіну, кардіоліпіну, фосфатидної кислоти.) Встановлено вплив біологічно активних речовин з екстракту селезінки при передзабійному стресі на вміст окремих фракцій ліпідів та підкласів фосфоліпідів у плазмі крові курчат-бройлерів. Перед забоєм у плазмі крові курчат-бройлерів усіх експериментальних груп переважають

фосфоліпіди, а найменше є холестеролу і тригліцеролів. Найвищий рівень фосфоліпідів та НЕЖК встановили у курчат-бройлерів першої дослідної групи, яким додатково до основного раціону вводили екстракт селезінки, одержаний із застосуванням ультразвуку. У плазмі крові курчат-бройлерів усіх досліджуваних груп переважають фосфоліпіди: лізолецитин та фосфатидилетаноламін, тоді як встановлено менший вміст фосфатидилхоліну, фосфатидилінозиту і фосфатидної кислоти. Рівень лізолецитину у плазмі крові курчат-бройлерів першої дослідної групи підвищився, а фосфатидної кислоти — знизився майже у три рази; вміст фосфатидилхоліну децю зменшився. Рівень фосфатидилінозиту знизився, а фосфатидилетаноламіну — підвищився майже вдвічі у плазмі крові курчат-бройлерів обох дослідних груп.

Ключові слова: ПЕРЕДЗАБІЙНИЙ СТРЕС, ЕКСТРАКТ СЕЛЕЗІНКИ, КУРЧАТА-БРОЙЛЕРИ, ПЛАЗМА КРОВІ, КЛАСИ ЛІПІДІВ

SOME LIPID CLASSES CONTENT IN BROILER CHICKENS BLOOD AT PRE-SLAUGHTER STRESS

S. S. Grabovskiy

grbss@ukr.net

Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named
after S. Z. Gzhytskyj, Lviv, 79010, Pekarska st., 50, Ukraine

The results of researches of some lipid
classes content (phospholipids,
monoacylglycerols, diacylglycerols,

triacylglycerols, non-etherified fatty acids
(NEFA), cholesterol and its etherified form) in
broiler chickens blood plasma before slaughter

are presented in the article. The spleen extract (biologically active substances) has been additionally entered to the basic ration of experimental groups of bird by aerosol method which was obtained with and without application an ultrasound. The content of such phospholipids as lysolecithin, sphingomyelin, phosphatidylserine, phosphatidylcholine, phosphatidylinositol, phosphatidylethanolamine, cardiolipin, phosphatidic acid in broiler chickens blood was determined.

The results about influence biologically active compounds from the spleen extract at for pre-slaughter stress on separate lipids and phospholipids classes content in broiler chickens blood plasma were obtained.

Before slaughter the phospholipids are prevailed in broiler chickens blood plasma of all experimental groups, less content of free cholesterol and triglycerides content was observed.

The highest level of phospholipids and NEFA content was observed before slaughter

crucial period in broiler chickens blood of the first experimental group, which additionally to the basic ration entered the spleen extract, obtained with the application of ultrasound. Such fractions of phosphotides prevail in broiler chickens blood plasma of all groups: lysolecithin and phosphatidylethanolamine, while less than there is phosphatidylcholine, phosphatidylinositol and phosphatidic acid.

The lysolecithine level rose in broiler chickens blood plasma of the first experimental group, and phosphatidic acid — reduced almost in three times; phosphatidylcholine content diminished a little. The phosphatidylinositol level reduced, and phosphatidylethanolamine — rose almost twice in broiler chickens blood plasma of all experimental groups.

Keywords: PRE-SLAUGHTER STRESS, SPLEEN EXTRACT, BROILER CHICKENS, BLOOD PLASMA, LIPID CLASSES

СОДЕРЖАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КЛАССОВ ЛИПИДОВ В КРОВИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ПЕРЕДУБОЙНОМ СТРЕССЕ

С. С. Грабовский
grbss@ukr.net

Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого, Украина, г. Львов 79010, ул. Пекарская, 50

В статье представлены результаты исследования содержания отдельных фракций липидов (фосфолипиды, моно-, ди- и триглицеролы, незатерифицированные жирные кислоты (НЭЖК), холестерол и его этерифицированная форма) в плазме крови цыплят-бройлеров перед убоем. Дополнительно к основному рациону птице опытных групп за пять суток до убоя аэрозольным методом вводили экстракт селезенки (70° спиртовой раствор биологически активных веществ в объеме 1,4 мл на цыпленка), полученный с использованием ультразвука и не используя ультразвук. Птице контрольной группы за (третья группа) за пять суток до убоя таким же образом добавляли к корму 70° спиртовой раствор в аналогическом объеме.

Из фосфолипидов в плазме крови цыплят-бройлеров исследовали содержание: лизолецитина, сфингомиелина,

фосфатидилсерина, фосфатидилхолина, фосфатидилинозитола, фосфатидиэтаноламина, кардиолипина, фосфатидной кислоты.

Установлено влияние биологически активных веществ из экстракта селезенки при передубойном стрессе на содержание отдельных фракций липидов и подклассов фосфолипидов в плазме крови цыплят-бройлеров. Перед убоем в плазме крови цыплят-бройлеров всех экспериментальных групп преобладают фосфолипиды, а наименьшее количество наблюдается холестерола и триглицеролов. Самый высокий уровень фосфолипидов и НЭЖК наблюдали перед убоем у цыплят-бройлеров первой опытной группы, которым дополнительно к основному рациону вводили экстракт селезенки, полученный с использованием ультразвука. В плазме крови цыплят-бройлеров всех исследуемых групп

превалируют фосфолипиды: лизолецитин и фосфатидилэтанолламин, тогда как установлено меньшее содержание фосфатидилхолина, фосфатидилинозитола и фосфатидной кислоты. Уровень лизолецитина в плазме крови цыплят-бройлеров первой опытной группы повысился, а фосфатидной кислоты — снизился почти в три раза; содержание фосфатидилхолина незначительно снизилось. Уровень фосфатидилинозитола снизился, а фосфатидилэтанолламина — повысился почти в два раза в плазме крови цыплят-бройлеров обеих опытных групп.

Ключевые слова:
ПЕРЕДУБОЙНЫЙ СТРЕСС, ЭКСТРАКТ СЕЛЕЗЕНКИ, ЦЫПЛЯТА-БРОЙЛЕРЫ, ПЛАЗМА КРОВИ, КЛАССЫ ЛИПИДОВ

Відомо, що ліпіди є одними з найважливіших біологічних ефекторів, регуляторами та медіаторами, які беруть участь майже у всіх фізіологічних процесах організму. Вивченню ліпідного обміну у курей присвячено багато робіт. Зокрема розглядається вплив транспортування птиці і температурних чинників на якість м'яса курей-бройлерів: рН м'яса, колір, внутрішній жир [1–3]. Зацікавлення викликає вивчення оксидативного стресу у контексті розгляду відсутності рівноваги між прооксидантами та антиоксидантами. Протягом останніх десяти років дослідники визначили роль оксидативного стресу при запальній відповіді, особливо, за ураження підшлункової залози під час гострого панкреатиту. За цих умов вільні радикали Оксигену, (активні форми Оксигену (АФО)), безумовно, відіграють ключову роль, як ініціатори підсилення їх негативної дії. Шкідливий вплив (АФО) і Нітрогену опосередкований їх прямою дією на біомолекули (ліпіди, білки і нуклеїнові кислоти) і активацією прозапальних каскадних сигналів, які згодом призводять до активування імунних реакцій. Оксидативний і нітрозаційний стреси є не тільки причиною оксидативного пошкодження при гострому

панкреатиті, але й можуть бути внутрішньоклітинним сигналом запальних процесів [4], особливо, у підвищеному регулюванні генів прозапальних факторів [5]. Відомо, що АФО є запальними медіаторами через активацію, міграцію і адгезію лейкоцитів, а також збільшують експресію інших медіаторів, зокрема цитокінів, хемокінів і молекул адгезії [6].

Продукти перекисного окиснення ліпідів можуть модулювати сигнальні шляхи стресу, пошкоджувати ДНК (включаючи мДНК), інгібувати активність міграції клітин кісткового мозку і викликати їх апоптоз [7, 8].

З літературних джерел відомо про вплив стресових факторів на курей у пренатальний період [9]. Для того, щоб зменшити вплив стресорів у передзабійний період окремі науковці використовували вітамін С [10], який не вплинув на концентрацію кортизолу в плазмі крові курей [11, 12] і людей [13, 14], вітамінне доповнення не змінювало і активність креатинкінази. Науковці пояснювали це тим, що вітамін С не впливає на зняття окиснювального стресу [15]. У літературі є дослідження з впливу генотипу та концентрації глікогену в грудині курей у передзабійний період [16–18], але відносно мало даних про вплив стресу перед забоєм на вміст окремих класів ліпідів: фосфоліпідів, моно-, ди- і тригліцеролів, НЕЖК, холестеролу та його етерифікованої форми у крові птиці, зокрема курей-бройлерів.

Власне тому, метою нашої роботи було дослідження змін рівня різних фракцій ліпідів у плазмі крові курчат-бройлерів перед забоєм і їх кореляція біологічно активними речовинами природного походження (екстракту селезінки).

Матеріали і методи

Дослід провели на 15 курчатах-бройлерах, які утримувалися на стандартному раціоні ТзОВ

«Великолюбінське» смт Великий Любінь Городоцького району Львівської області. Для дослідження було сформовано три групи птиці 3-місячного віку (по 5 курчат у кожній).

Як біологічно активні речовини у передзабійний період (за п'ять діб до забою) використовували екстракт селезінки, одержаний із застосуванням ультразвуку (перша дослідна група) та без використання ультразвуку (друга дослідна група). Екстракти наносили на комбікорм аерозольним методом (70° спиртовий розчин об'ємом 1,4 мл на курча). Птиці контрольної групи (третя група) таким же чином додавали до корму 70° спиртовий розчин в аналогічному об'ємі. Контроль за поїданням комбікорму здійснювали щоденно. Курчата-бройлери корм поїдали повністю. Забій птиці проводили у ранковий час.

Утримання, годівлю, догляд та усі маніпуляції з птицею здійснювали згідно з Європейською конвенцією «Про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей» (Страсбург, 1986 р.) і «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001). Експерименти проводили з дотриманням принципів гуманності, викладених у директиві Європейської Спільноти [19].

Для визначення вмісту фракцій ліпідів (фосфоліпідів, моно-, ди- і тригліцеролів, НЕЖК, холестеролу та його етерифікованої форми) брали 1 мл плазми крові та екстрагували за методом Фолча [20]. Для розділення нейтральних ліпідів і у т. ч. фосфоліпідів на фракції використовували метод тонкошарової хроматографії [21]. Ідентифікацію фосфоліпідів (лізолецитин, сфінгомієлін, фосфатидилсерин, фосфатидилхолін, фосфатидилінозитол, фосфатидилетаноламін, кардіоліпін, фосфатидна кислота) проводили за R_f та кольоровими реакціями. Математичну обробку результатів опрацьовували статистично за допомогою пакету програм Statistica6.0 и Microsoft Excel for Windows XP. Вірогідність різниць оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Результати вважали достовірними при $P \leq 0,05$.

Результати й обговорення

При аналізі отриманих даних щодо вмісту окремих фракцій ліпідів у плазмі крові курчат-бройлерів у перед забоєм та при додаванні до раціону біологічно активних речовин виявлено, що в усіх досліджуваних групах серед нейтральних ліпідів переважають фосфоліпіди, найменшу кількість встановлено холестеролу і тригліцеролів (рис. 1).

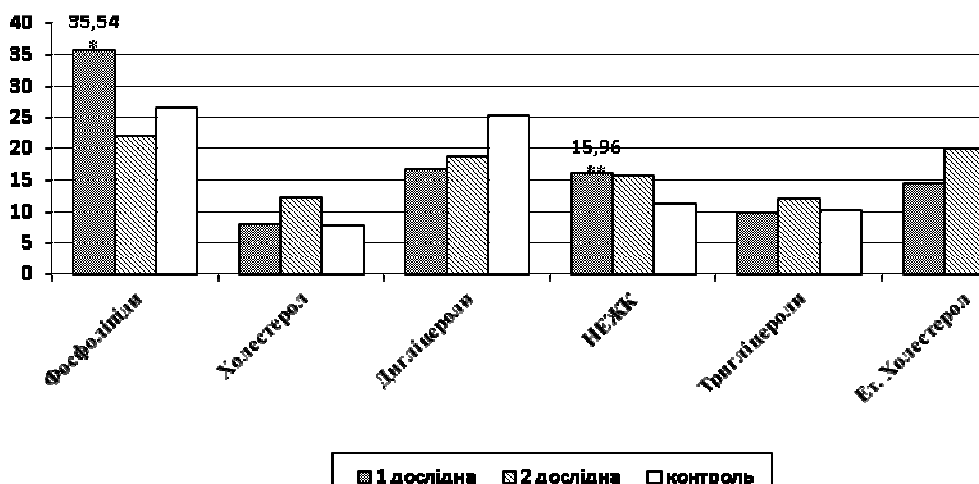


Рис. 1. Вміст нейтральних ліпідів у плазмі крові курчат-бройлерів перед забоєм (%)

Примітка: тут та у наступному рисунку * — $P \leq 0,05$; ** — $P \leq 0,01$

Невисокий вміст вільного холестеролу, можливо, пояснюється значним використанням його у синтезі стероїдних гормонів у курчат-бройлерів усіх досліджуваних груп.

У курчат-бройлерів I дослідної групи, яким додатково до основного раціону вводили екстракт селезінки, одержаний із застосуванням ультразвуку, вміст фосфоліпідів становив $35,54 \pm 2,46$ % ($P \leq 0,05$), що є вірогідним порівняно з контрольною групою ($26,59 \pm 3,30$ %). Значно нижчий рівень фосфоліпідів ($21,91 \pm 8,80$ %) встановили у курчат другої дослідної групи, яким додатково до раціону вносили екстракт селезінки, одержаний без застосування ультразвуку, хоча ці дані невірогідні у порівнянні з контрольною групою. Збільшення вмісту фосфоліпідів, можливо, зумовлене інтенсивнішим використанням не тільки екзогенних, а й ендогенних жирних кислот внаслідок посиленого ліполізу у курчат-бройлерів.

Нами відзначено, що вміст дигліцеролів та етерифікованого холестеролу знаходився практично на однаковому рівні у плазмі крові усіх курчат-бройлерів перед забоєм.

Виявлене збільшення вмісту неетерифікованих жирних кислот (НЕЖК) у курчат-бройлерів I дослідної групи ($15,96 \pm 0,57$ %) ($P \leq 0,01$), що було вірогідним порівняно з контрольною групою ($11,13 \pm 4,37$ %), можна пояснити інтенсивнішим розщепленням у них тригліцеролів. Вміст тригліцеролів практично не зазнавав жодних змін у плазмі крові птиці усіх досліджуваних груп і перебував у межах величин від $9,76 \pm 1,90$ % (перша дослідна група), $10,23 \pm 4,02$ % — контрольна група, до $11,87 \pm 5,22$ % (друга дослідна група).

Аналізуючи отримані дані, наведені на рисунку 2, нами встановлено, що у плазмі крові курчат-бройлерів усіх досліджуваних груп переважають фосфоліпіди: лізолецитин та фосфатидилетаноламін, тоді як вміст фосфатидилхоліну, фосфатидилінозитолу і фосфатидної кислоти є меншим.

Рівень лізолецитину у плазмі крові курчат-бройлерів першої дослідної групи ($24,78 \pm 3,30$; $P \leq 0,05$), яким до основного раціону додавали екстракт селезінки, одержаний із застосуванням ультразвуку, перед забоєм підвищився майже у три рази порівняно з контрольною групою ($8,24 \pm 3,26$).

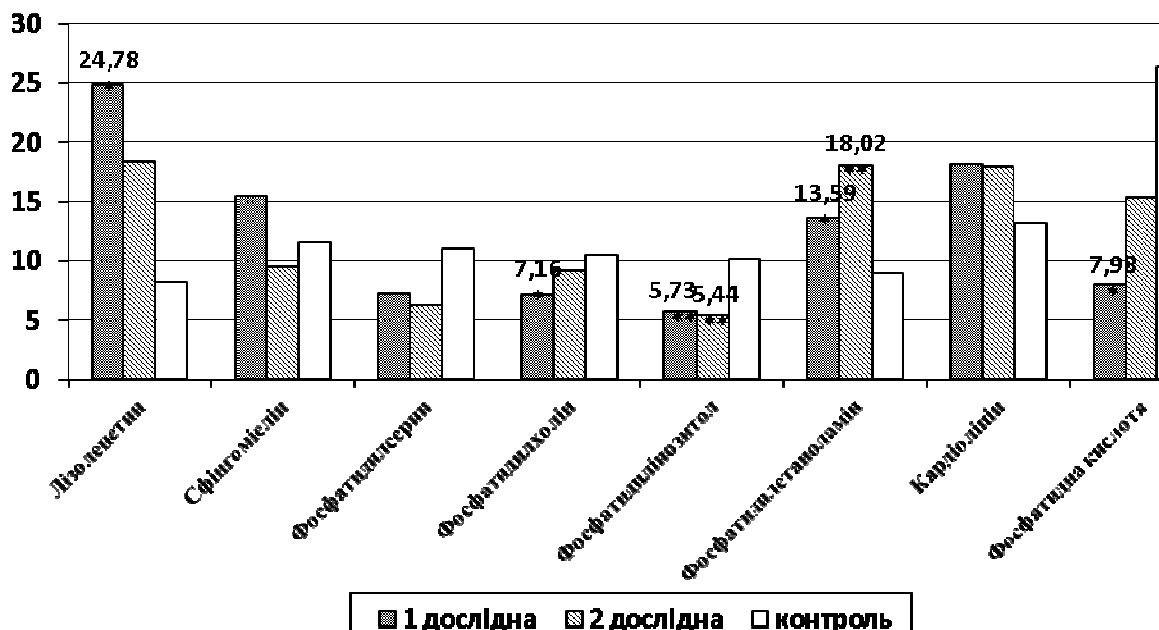


Рис. 2. Вміст фосфоліпідів у плазмі крові курчат-бройлерів перед забоєм (%)

Виявлене нами вірогідне зниження вмісту фосфатидилхоліну у плазмі крові курчат-бройлерів перед забоєм із використанням екстракту селезінки, одержаного із застосуванням ультразвуку (перша дослідна група ($7,16 \pm 1,91$; $P \leq 0,05$)) вказує на активацію фосфоліпази Д — ферменту, що каталізує його гідроліз з утворенням фосфатидної кислоти [22, 23]. Встановлене нами зменшення вмісту фосфатидилхоліну може бути зумовлено також пригніченням його реакціювання.

На відміну від описаних вище фракцій фосфоліпідів, рівень фосфатидилінозитулу знижувався майже вдвічі у плазмі крові курчат-бройлерів як першої ($5,73 \pm 2,17$; $P \leq 0,01$), так і другої дослідної ($5,44 \pm 2,56$; $P \leq 0,01$) груп порівняно з контрольною групою ($10,19 \pm 3,68$) (рис. 2). Відомо, що фосфоінозитолі є залученими у процеси сигнальної трансдукції та є джерелом таких важливих месенджерів, як диацилгліцерол, інозитолфосфати та арахідонова кислота [24]. Виходячи з вищезазначеного, виявлені нами зміни вмісту фосфатидилінозитулу можна пояснити інгібуванням активності фосфоліпази С. Встановлене нами збільшення вмісту фосфатидилетаноламіну на 4,65 % ($P \leq 0,05$) у плазмі крові курчат-бройлерів першої дослідної групи та на 9,08 % ($P \leq 0,01$) — другої дослідної групи може бути пов'язане з тим, що цей фосфоліпід менш залучений до різних фізіологічних процесів: реакції дезінтоксикації, енергетичного обміну, активації ліпази та регуляції активності різних трансмембранних білків, що є суперечливим з даними літератури [25].

Зміна вмісту, а саме: зменшення у три рази (з $26,34 \pm 9,72$ — у контрольної групи до $7,98 \pm 2,16$ ($P \leq 0,05$) — у плазмі крові курчат-бройлерів першої дослідної групи) фосфатидної кислоти можна пояснити тим, що вона є продуктом дії ензимів: фосфоліпази С та фосфоліпази Д, виступаючи у клітинному матриксі як вторинний месенджер [26].

Спостерігається тенденція до зменшення вмісту сфінгомієліну у плазмі крові птиці контрольної групи. Це може бути пов'язане з використанням сфінголіпідів, як сигналізаторних посередників у біосинтезі кортизолу, що узгоджується з дослідженнями [27].

Проведені нами дослідження показали, що вміст окремих підкласів фосфоліпідів дещо відрізняється залежно від фізіологічного стану (передзабійний стрес) курчат-бройлерів і від того, які саме біологічно активні речовини використовували у передзабійний період: екстракт селезінки, одержаний із застосуванням ультразвуку (перша дослідна група) чи без використання ультразвуку (друга дослідна група).

Висновки

1. Виявлено вплив біологічно активних речовин, одержаних з екстракту селезінки із застосуванням чи без використання ультразвуку, при передзабійному стресі на вміст окремих фракцій ліпідів та підкласів фосфоліпідів у плазмі крові курчат-бройлерів.

2. Перед забоєм у плазмі крові курчат-бройлерів усіх експериментальних груп переважають фосфоліпіди, а найменше є холестеролу і тригліцеролів.

3. Найвищий рівень фосфоліпідів та НЕЖК у плазмі крові спостерігали перед забоєм у курчат-бройлерів першої дослідної групи, яким додатково до основного раціону вводили екстракт селезінки, одержаний із застосуванням ультразвуку.

4. У плазмі крові курчат-бройлерів усіх груп переважають фосфоліпіди: лізолецитин та фосфатидилетаноламін, тоді як менше є фосфатидилхоліну, фосфатидилінозитулу і фосфатидної кислоти.

5. Рівень лізолецитину у плазмі крові курчат-бройлерів першої дослідної групи перед забоєм підвищився, а фосфатидної кислоти знизився майже у

три рази; вміст фосфатидилхоліну дещо зменшився.

6. Перед забоєм рівень фосфатидилінозитулу у плазмі крові знизився, а фосфатидилетаноламіну — підвищився майже вдвічі у курчат-бройлерів дослідних груп.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому буде досліджено вміст фосфоліпідів та їх фракцій, моно-, ди- і тригліцеролів, НЕЖК, холестеролу, етерифікованої форми холестеролу у тканинах курчат-бройлерів залежно від екзогенних чинників з метою: покращення якості м'яса, та створення нових ефективних ветеринарних препаратів природного походження для підвищення природної резистентності та попередження перед забійного стресу.

1. Collin A., Berri C., Tesseraud S., Requena Rodron F. E., Skiba-Cassy S., Crochet S., Duclos M. J., Rideau N., Tona K., Buyse J., Bruggeman V., Decuypere E., Picard M., and Yahav S. Effects of Thermal Manipulation During Early and Late Embryogenesis on Thermotolerance and Breast Muscle Characteristics in Broiler Chickens. *Poultry Science*, 2007, 86:795–80.

2. Garriga, C., Hunter R. R., Amat C., Planas J. M., Mitchell M. A. and Moreto M. Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. *Am. J. Physiol.* 2006. 290:R195–R201.

3. Loyau T., Berri C., Bedrani L., Métayer-Coustard S., Praud C., Duclos M. J., Tesseraud S., Rideau N., Everaert N., Yahav S., Mignon-Grasteau S. and Collin A. Thermal manipulation of the embryo modifies the physiology and body composition of broiler chickens reared in floor pens without affecting breast meat processing quality. *Journal of Animal Science*. August 2013. 91:3674-3685; published ahead of print June 4, 2013.

4. Lundberg J., Weitzberg E., Gladwin M. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nat. Rev. Drug Discov.* 2008, Vol. 7. P. 156–167.

5. Leung P, Chan Y. Role of oxidative stress in pancreatic inflammation. *Antioxid. Redox Signal.* 2009, Vol. 11. P. 135–165.

6. Begriche, K., Massart, J., Robin, M. A., Borgne-Sanchez, A., & Fromenty, B. Drug-induced toxicity on mitochondria and lipid metabolism: mechanistic diversity and deleterious consequences for the liver. *Journal of hepatology*. 2011. 54(4), 773–794.

7. Esterbauer H., Schaur RJ, Zollner H. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radic BiolMed.* 1991;11:81–128.

8. Sampey BP, Stewart BJ, Petersen DR. Ethanol-induced modulation of hepatocellular extracellular signal-regulated kinase-1/2 activity via 4-hydroxynonenal. *J. Biol. Chem.* 2007;282:1925–1937.

9. Lay D. C. Jr., Wilson M. E. Development of the chicken as a model for prenatal stress [Physiology and Endocrinology]. *J. Anim. Sci.*, July 2002, 80:1954–1961.

10. Satterlee D. G., Aguileraquintana I., Munn B. J., and Krautmann B. A. Vitamin-C amelioration of the adrenal stress response in broiler-chickens being prepared for slaughter. *Comp. Bioch. Physiol. A Physiol.* 1989, 94:569–574.

11. Pion S. J., van Heugten E., See M. T., Larick D. K., and Pardue S. Effects of vitamin C supplementation on plasma ascorbic acid and oxalate concentrations and meat quality in swine. *J. Anim. Sci.* 2004.82:2004–2012.

12. Lauridsen, C., Jensen C., Jakobsen K., Engberg R. M., Andersen J. O., Jensen S. K., Sørensen P., Henckel P., Skibsted L. H., and Bertelsen G. The influence of vitamin C on the antioxidative status of chickens in vivo, at slaughter and on the oxidative stability of broiler meat products. *Acta Agric. Scand. Sect. A-Anim. Sci.* 1997. 47:187–196.

13. Thompson D., Williams C., McGregor S. J., Nicholas C. W., McArthur F., Jackson M. J., and Powell J. R. Prolonged vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2001. 11:466–481.

14. Dawson B., Henry G. J., Goodman C., Gillam I., Beilby J. R., Ching S., Fabian V., Dasig D., Morling P. and Kakulus B. A. Effect of vitamin C and E supplementation on biochemical and ultrastructural indices of muscle damage after a 21 km run. 2002. *Int. J. Sports Med.* 23:10–15.

15. Peeters E., Driessen B., and Geers R. Meat Science and Muscle Biology Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, vitamin E, and herbs on stress responses and pork

quality. *J. ANIM. SCI.*, July 2006, 84:1827–1838; doi:10.2527/jas.2005–600.

16. Berri C., Debut M., Santre-Lhoutellier V., Arnould C., Boutten B., Sellier N., Baeza E., Jehl N., Jrego Y., Duclos M. J., and Le Bihan-Duval E. Variations in chicken breast meat quality: Implications of struggle and muscle glycogen content at death. *Br. Poult. Sci.* 2005, 46:572–579.

17. Debut M., Berri C., Baeza E., Sellier N., Arnould C., Guemene D., Jehl N., Boutten B., Jrego Y., Beaumont C., and Le Bihan-Duval E. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions. *Poult. Sci.* 2003, 82:1829–1838

18. Le Bihan-Duval, E., Berri C., Baeza E., Millet N., and Beaumont C. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. *Poult. Sci.* 2001, 80:839–843.

19. Official Journal of the European Union L276/33. DIRECTIVE 2010/63/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. — 86/609/EC. —20.10.2010.

20. Folch J., Lees M., Stauley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [text]. *J. Biol. Chem.* 1957. V. 226. P. 497.

21. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Ratych I. B. et al. Laboratorni metody doslidzhen

u biolohiyi, tvarynnytstvi ta veterynarniy medytsyni [Laboratory methods of investigation in biology, stock-breeding and veterinary] : *Dovidnyk — Reference book* ; Za red. V. V. Vlizla — Edited by V. V. Vlizlo. Lviv : SPOLOM, 2012, 764 p. (in Ukrainian).

22. Corrotte M., Chasserot-Golaz S., Huang P. et al. Dynamics and function of phospholipase D and phosphatidic acid during phagocytosis. *Traffic*. 2006, N 7. P. 365–377.

23. Jenkins G. M., Frohman M. A. Phospholipase D: a lipid centric review. *Cell Mol. Life Sci.* 2005, N 6. P. 2305–2316.

24. Bance J. E. Phosphatidylserine and Phosphatidyl ethanolamine in mammalian cells: two metabolically related aminophospholipids syndrome. *J. Lipid Res.* 2008. № 49. P. 1377–1387.

25. Shivendra D. Shukla Metabolic turnover of ethanol into cellular lipids and platelet activating factor. *Alcohol Clin. Exp. Res.* 2001. Vol. 25, N 5, Suppl ISBRA. P. 33–39.

26. Hodgkin M., Pettitt T., Martin A., Michell R., Pemberton A., Wakelam M. Diacylglycerols and phosphatidates: which molecular species are intracellular messengers? *Biochem. Sci.* 1998, № 23 (6). P. 387–393.

27. Ozbay T, Merrill AH Jr, Sewer MB. ACTH regulates steroidogenic gene expression and cortisol biosynthesis in the human adrenal cortex via sphingolipid metabolism. *Endocr Res.* 2004, Nov;30(4):787–94.