

## Индекс атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка бройлерных кур как фактор здоровьесберегающих технологий

Е. А. Колесник<sup>1</sup>, М. А. Дерхо<sup>2</sup>, М. Б. Ребезов<sup>3, 4</sup>✉, Н. В. Мамылина<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Государственный университет просвещения, Москва, Россия

<sup>2</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

<sup>3</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>4</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>5</sup> Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия

✉ E-mail: rebezov@yandex.ru

**Аннотация.** Цель работы – определение индекса атерогенности (ИА), соотношения атерогенных липопротеинов к антиатерогенным, общего холестерина (ОХС) и белка (ОБ) в раннем постэмбриональном онтогенезе бройлерных кур для характеристики здоровьесберегающих качеств продукции мясного птицеводства. **Методы.** Кровь для исследований брали у цыплят-бройлеров ( $n = 40$ ), выращиваемых промышленным стадом, в возрасте 1, 7, 23 и 42 суток. Взятую кровь анализировали для определения физиолого-биохимических показателей. Учитывали среднесуточный прирост массы тела бройлерных кур. **Результаты.** Установлено, что совокупное применение теста Шапиро – Уилка с расчетом графика нормальной вероятности распределения величин получило доказанное преимущество в эффективности по сравнению с использованием тестов Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса для проверки распределения концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), ммоль/л, у цыплят-бройлеров Hubbard ISA F15 на соответствие закону о нормальном распределении величин. К 7-суточному возрасту ИА в усл. ед. снижался на 56,38 % ( $p \leq 0,001$ ), соотношение холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к ХС-ЛПВП в усл. ед. снижалось на 62,78 % ( $p \leq 0,001$ ). В 23- и 42-суточном возрасте стабилизировалась динамика ИА и ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП. Соотношение ХС-ЛПНП/ОХС к 7-суточному возрасту снижалось на 36,62 % ( $p \leq 0,05$ ) и стабилизировалось без достоверного изменения в периоде 23–42 суток по отношению к возрасту 7 суток в пределах 31,0–41,77 %. Динамика ОХС к ОБ в % (ОХС/ОБ) к 7-суточному возрасту снижалось на 65,45 % ( $p \leq 0,001$ ). Далее к 23-суточному возрасту ОХС/ОБ немного повышалось на 36,34 % ( $p \leq 0,05$ ). **Научная новизна.** Динамика индекса атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка в раннем постэмбриональном периоде бройлерных кур, то есть в технологическом периоде производства мяса птицы, показала тенденцию к стабилизации эффективной концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности, умеренной концентрации холестерина липопротеинов низкой плотности в процессе интенсивного роста и развития скелетной мускулатуры.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, индекс атерогенности, липопротеины, холестерол, постэмбриональный онтогенез, распределение Гаусса, здоровьесберегающие технологии

**Для цитирования:** Колесник Е. А., Дерхо М. А., Ребезов М. Б., Мамылина Н. В. Индекс атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка бройлерных кур как фактор здоровьесберегающих технологий // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1459–1475. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475>.

**Дата поступления статьи:** 12.07.2024, **дата рецензирования:** 12.08.2024, **дата принятия:** 22.08.2024.

## Atherogenicity index, ratio of lipoproteins, total cholesterol and protein of broiler chickens as a factor of health-saving technologies

E. A. Kolesnik<sup>1</sup>, M. A. Derkho<sup>2</sup>, M. B. Rebezov<sup>3,4</sup>✉, N. V. Mamylna<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Federal State University of Education, Moscow, Russia

<sup>2</sup> South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

<sup>3</sup> V. M. Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

<sup>5</sup> South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

✉ E-mail: rebezov@yandex.ru

**Abstract.** The purpose is to determine the atherogenic index (AI), the ratio of atherogenic lipoproteins to antiatherogenic ones, total cholesterol (TC) and protein (TP) were determined in the early postembryonic ontogenesis of broiler chickens to characterize the health-preserving qualities of poultry products. **Methods.** Blood for the studies was taken from broiler chickens ( $n = 40$ ) raised in an industrial flock at the age of 1 day, 7 days, 23 days and 42 days. The collected blood was analyzed to determine physiological and biochemical parameters. The average daily body weight gain of broiler chickens was taken into account. **Results.** It was found that the combined use of the Shapiro – Wilk test with calculation of the normal probability distribution graph of values received a proven advantage in efficiency compared to the use of the Kolmogorov – Smirnov and Lilliefors tests for checking the distribution of the concentration of high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), mmol/l in Hubbard ISA F15 broiler chickens for compliance with the law of normal distribution of values. By the 7th day, AI in conventional units decreased by 56.38 % ( $p \leq 0.001$ ), the ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to HDL-C in conventional units (LDL-C/HDL-C) decreased by 62.78 % ( $p \leq 0.001$ ). On the 23rd and 42nd days, the dynamics of AI and LDL-C/HDL-C stabilized. The LDL-C/TC ratio by the age of 7 days decreased by 36.62 % ( $p \leq 0.05$ ) and stabilized without significant changes in the period from 23 to 42 days in relation to the age of 7 days within the range of 31.0–41.77 %. The dynamics of TC to TP in % (TC/TP) by the age of 7 days decreased by 65.45 % ( $p \leq 0.001$ ). Then by the age of 23 days TC/TP slightly increased by 36.34 % ( $p \leq 0.05$ ). **Scientific novelty.** The dynamics of the atherogenicity index, the ratio of lipoproteins, total cholesterol and protein in the early postembryonic period of broiler chickens, that is, in the technological period of poultry meat production, showed a tendency to stabilise the effective concentration of high-density lipoprotein cholesterol, a moderate concentration of low-density lipoprotein cholesterol, in the process of intensive growth and development of skeletal muscles.

**Keywords:** broiler chickens, atherogenic index, lipoproteins, cholesterol, postembryonic ontogenesis, Gaussian distribution, health-saving technologies

**For citation:** Kolesnik E. A., Derkho M. A., Rebezov M. B., Mamylna N. V. Atherogenicity index, lipoprotein ratio, total cholesterol and protein of broiler chickens as a factor in health-saving technologies. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1459–1475. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 12.07.2024, **date of review:** 12.08.2024, **date of acceptance:** 22.08.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Как отмечается в работе [1], домашняя курица *Gallus gallus* L. является широко используемой биомедицинской моделью и служит основным источником высококачественного пищевого белка для человека.

Мясные продукты играют важную роль в рационе человека [2–4]. Продукты питания животного происхождения – источник полноценных протеинов, жизненно важных жирных кислот и различных питательных микроэлементов для оптимального здоровья [2; 5; 6].

Мясо цыплят-бройлеров является доступным источником животного белка [7; 8]. Мясо птицы содержит питательные вещества, которые могут удовлетворять рекомендуемую суточную норму для человека в витаминах и минералах [9–13].

Жир является самым богатым источником энергии в мясе, однако процентное содержание отдельных липидных фракций, имеющих существенно различное медико-биологическое значение, варьируется в зависимости от типа мяса, вида животных, употребляемых в пищу [2; 14; 15].

Мясо цыплят-бройлеров многие относят к низкокалорийным мясным продуктам питания, так как оно имеет относительно низкое содержание жира [9; 16].

При этом жир сельскохозяйственной птицы включает в себя значительное количество мононенасыщенных жирных кислот и по сравнению с красным мясом значительное количество полиненасыщенных жиров, особенно омега-6, линолевой и арахидоновой кислот, лишь треть всего жира составляют насыщенные жирные кислоты [9; 17].

Куриный жир представляет собой важный источник длинноцепочечных жирных кислот омега-3 [9; 18].

Культура питания – это основа физического и психического составляющих здоровья человека [19–22]. Известно, пища служит энергетической и пластической основой физиологических процессов [19; 23–26].

Разумеется, социальное становление здорового питания (и прежде всего питание детей) будет обеспечивать адекватное умственное и физическое развитие поколений, работоспособность и долголетие в связи с физиологичной, а следовательно, эффективной профилактикой болезней [19; 27–29].

В действительности, как отмечают исследователи в работе [30], по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), частота заболеваний сердечно-сосудистой системы проявляет стабильный рост. Так, по причине сердечно-сосудистых болезней в мире ежегодно погибают более 15 млн человек, причем большинство из них не доживают до 65 лет [30]. На основании данных ВОЗ прогнозируется что в 2030 году до 23,3 млн человек умрут от сердечно-сосудистых патологий [31].

Факторы риска включают табакокурение и злоупотребление алкоголем, малую физическую активность, несбалансированное питание, повышенное артериальное давление, избыточный вес, гипергликемию, гиперлипидемию и дислиппротеинемию [32–36].

Липидный обмен ввиду многофакторной роли его метаболитов на процессы неспецифической резистентности и специфического иммунитета служит сигнальным звеном общего адаптационного синдрома у животных [14; 37–40] и человека [33; 41].

Физиологические и технологические стрессы, неизбежные в промышленном птицеводстве [42–44], стимулируют симпато-адреналовую нейрогуморальную регуляцию обмена веществ [45; 46]. Регуляторная активность симпато-адреналовой системы обеспечивает секрецию катехоламинов, прежде всего дофамина, его производного – норадrenalина и адреналина, которые оказывают системное влияние на депо липидов в организме бройлерной птицы [45; 46]. Действие катехоламинов на депо липидов приводит к липолизу [45; 46]. При этом в

зависимости от качества, продолжительности действия факторов стресса и запасных метаболических и иммунных резервов организма липолиз будет характеризоваться превалированием холестерина липопротеинов низкой и очень низкой плотности или положительным физиологическим эффектом в циркуляции холестерина липопротеинов высокой плотности [32; 45; 46]. Так, соотношения фракций холестерина будут различно влиять на формирование неспецифического и специфического иммунитета в организме растущих и развивающихся цыплят-бройлеров [45–47].

Известный тренд в животноводстве – это постепенное замещение применения антибиотических препаратов [48–52]. С этой целью активно испытывают препараты биотехнологического происхождения способные стимулировать неспецифический иммунитет, снижать концентрацию холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) и повышать концентрацию холестерина высокой плотности (ХС-ЛПВП) [27; 32; 40; 48–50; 53; 54]. Однако данное направление носит паллиативный характер, кардинально не решая проблемы здоровья, связанные с болезнями обмена веществ.

Гиперлипидемия и дислиппротеинемии [30; 35; 41] являются актуальными нарушениями метаболизма, вследствие которых формируются висцеральное ожирение, сахарный диабет, желчнокаменная болезнь, анемия, остеоидистрофия [55], болезни сосудов и самого сердца [33; 35; 50; 56; 57].

Гиперлипидемия и дислиппротеинемии служат диагностическим предиктором и причиной атеросклероза коронарных, церебральных, брыжеечных, почечных артерий [30; 31; 34; 36; 55].

Поэтому профилактика заболеваний и лечение болезней с патогенезом, обусловленных гиперлипидемией и дислиппротеинемиями различной этиологии, являются наиболее актуальной задачей ветеринарной и гуманной медицины [52; 53; 55; 58].

Тип жира, то есть его составные фракции, основывающиеся на липопротеинах (липопротеидах) в организме выращиваемых сельскохозяйственных животных, важно учитывать с точки зрения патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний у человека, поскольку не все жиры одинаковы в своем медико-биологическом значении [2; 59].

Липопротеины (липопротеиды) представляют собой мицеллы с комплексом триглицеридов и эфиров холестерина, окруженных гидрофобными фосфолипидами и белками – аполипопротеинами [9; 31; 54; 59]; в зависимости от концентрации, то есть плотности аполипопротеинов и фосфолипидов, липопротеины подразделяют на липопротеины высокой (ЛПВП), низкой (ЛПНП) и очень низкой плотности (ЛПОНП). При этом диагностируют фракции холестерина в составе ЛПВП, ЛПНП, ЛПОНП [9; 19; 30; 35; 36; 40; 50; 60].

Все фракции холестерина в липопротеинах взаимосвязаны в обмене веществ, из ЛПВП образуются последующие фракции со снижением концентрации протеинов.

Поскольку современные кроссы бройлерной птицы являются генетически обусловленными гиперфагами [1; 61] и, следовательно, более склонны к ожирению, они рассматриваются в качестве моделей выбора для изучения липидного обмена и его последующих эффектов в ответ на пищевые синбиотические добавки [47; 49; 62].

Холестерол ЛПНП – наиболее атерогенный липопротеин, получаемый человеком через продукты питания, обладает цитотоксическим эффектом, способствует формированию атеросклеротических бляшек на стенках сосудов и развитию хронического атеросклероза с риском ишемической болезни и инфаркта миокарда сердца [30; 36; 41; 56].

Интегральным информативным показателем характеристики липидного спектра плазмы крови является индекс атерогенности (ИА), отражающий отношение холестерина атерогенных липопротеинов (ХС-ЛПОНП, ХС-ЛПНП) к антиатерогенным (ХС-ЛПВП) [56].

Была установлена высокая прогностическая значимость ИА в отношении риска летального исхода от болезней, связанных с атеросклерозом [56].

Доказано, что соотношение холестерина ЛПНП (ХС-ЛПНП) к холестеролу ЛПВП (ХС-ЛПВП), то есть ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП, является лучшим предиктором тяжести процессов атеросклероза, ишемической болезни сердца по сравнению с учетом концентрации ХС-ЛПНП или ХС-ЛПВП по отдельности [36; 41].

В связи с вышеотмеченной актуальностью и принципом доказательной физиологии и доказательной ветеринарной медицины целью работы явилось определение индекса атерогенности, соотношения атерогенных липопротеинов к антиатерогенным, общего холестерина и белка в раннем постэмбриональном онтогенезе бройлерных кур для характеристики здоровьесберегающих качеств продукции мясного птицеводства.

#### Методология и методы исследования (Methods)

##### Этическое заявление

Данное исследование было разработано и реализовано в соответствии с рекомендациями комитета по биоэтике Южно-Уральского государственного аграрного университета (Челябинская область, Россия), а также было согласовано с ветеринарной службой сельскохозяйственной компании.

##### Животные, дизайн исследования

Экспериментальная часть исследования была выполнена в условиях ООО «Чебаркульская птица» (Чебаркульский район Челябинской области, Россия). Данное птицеводческое предприятие специализируется на выращивании цыплят-бройлеров.

**Избранный объект исследования:** высокопродуктивный имеющий широкое распространение птичий кросс мясной селекции кур-бройлеров Hubbard ISA F15 выращивался промышленным стадом в цехе бройлеров (содержание в клеточных батареях – брудерах) – *генеральная совокупность исследуемой птицы*, из которой, согласно принципам случайной выборки и сбалансированных групп, сформировывали четыре опытные группы ( $n = 40$ ) в зависимости от возраста:

I группа – 1-суточные птенцы;

II – 7-суточные цыплята;

III – 23-суточные бройлеры;

IV – 42-суточные куры.

Экспериментальные группы кур *Gallus gallus L.* по *Anamnesis vitae* клинически (*status praesens*) соответствовали *fusce sanitas status* (статусу здоровых животных). Кормление и содержание подопытной птицы осуществляли в соответствии с алиментарными и зоогигиеническими нормами согласно рекомендациям<sup>1</sup>.

##### Сбор данных

В целях определения экспериментальных физиолого-биохимических параметров у испытуемой птицы производили забор цельной крови.

Цельную кровь собирали в стандартизированные вакуумные пробирки с физиологическим стабилизатором ЭДТА (этилендиаминтетраацетат, EDTA) путем декапитации птицы в 1- и 7-суточном возрасте и прижизненно – пункцией подкрыльцовой вены у 23- и 42-суточных цыплят аналогично, отдельно в сухие пробирки помещали кровь для получения сыворотки.

Биохимические исследования крови экспериментальных групп кур-бройлеров проводили в условиях специализированной лаборатории кафедры естественно-научных дисциплин Южно-Уральского государственного аграрного университета (Челябинская область, Россия). В сыворотке крови электрофоретическим методом блочного типа вертикального диск электрофореза в полиакриламидном геле, определяли общий белок (ОБ), г/л.

В плазме крови с помощью коммерческого набора «Вектор-Бест», каталожный номер «В-8024» (Россия), ферментативным методом определяли холестерин липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП) в ммоль/л; принцип метода заключается в осаждении липопротеинов низкой и очень низкой плотности под действием фосфорновольфрамной кислоты в присутствии ионов магния. При центрифугировании фракция липопротеинов высокой плотности остается в растворе. ХС-ЛПВП, содержащийся в этой фракции, определяли ферментативно.

Также в плазме крови методом преципитации с помощью коммерческого набора «Ольвекс

<sup>1</sup>Руководство Hubbard ISA. URL: <http://hubbardbreeders.com>.



Диагностикум», каталожные номера 013.006 и 013.012/022/032 (Россия), определяли общий холестерол (ОХС) в ммоль/л и холестерин липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) в ммоль/л. Принцип метода состоит в молекулярном связывании и осаждении реагентом набора липопротеидов (липопротеинов) низкой плотности, после центрифугирования в супернатанте остаются холестерин хиломикрон, холестерин липопротеидов очень низкой плотности и холестерин липопротеидов высокой плотности, концентрацию ХС-ЛПНП определяли разницей ОХС и холестерина супернатанта.

Математическим методом вычисляли индекс атерогенности (ИА) в условных единицах (усл. ед.) по формуле:

$$ИА = \frac{(ОХС - ЛПВП)}{ЛПВП}. \quad (1)$$

Рассчитывали соотношения: ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП в усл. ед.,  $(ОХС/ОБ) \times 100\%$  и  $(ХС-ЛПНП/ОХС) \times 100\%$ .

Определяли биотехнологический показатель среднесуточный прирост массы тела  $A_{ссп}$  в г/сут, по формуле:

$$A_{ссп} = \frac{(W_1 - W_0)}{(T_1 - T_0)}. \quad (2)$$

где  $W_0$  – масса тела в начале учетного периода (г) в возрасте  $T_0$  (сут.),

$W_1$  – масса тела в конце учетного периода (г) в последующем возрасте  $T_1$  (сут.).

В программе Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, США) строили диаграммы значений индекса атерогенности и соотношения холестерина липопротеинов низкой плотности к холестерину липопротеинов высокой плотности; значений соотношения холестерина липопротеинов низкой плотности к общему холестеролу и значений соотношения общего холестерола к общему белку в периферической крови бройлерных кур в раннем постэмбриональном онтогенезе.

#### Статистический анализ

Статистический анализ проводили в программе STATISTICA v. 8.0 (StatSoft, Inc., США). Соответствие первичных экспериментальных данных закону нормальности распределения Гаусса определяли тестами Шапиро – Уилка, Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса [63; 64], результаты которых отражали в гистограммах распределения величин учитываемых данных; также, специально строили график нормальной вероятности распределения значений концентраций ХС-ЛПВП [63; 64]. Степень и достоверность различий для полученных результатов, вычисляли с помощью параметрического  $t$ -критерия Стьюдента [63; 64], рассчитывали стандартную ошибку средней изучаемых величин (SEM). Специально для определения уровня значимости различий средних значений ХС-ЛПВП применяли непараметрический знаковый тест (*Sign Test*) [65; 66].

Критический уровень значимости различия значений при проверке статистических гипотез был принят за  $p \leq 0,05$ .

#### Результаты (Results)

Проверка гипотез о нормальном распределении значений экспериментальных данных по возрастным группам птиц показала, что по тесту Шапиро – Уилка и гистограммам распределения величин значений концентрация ОХС (ммоль /л) имела уровень значимости  $p = 0,60531$  ( $W = 0,94461$ ) (рис. 1.1); концентрация ХС-ЛПНП (ммоль /л) имела уровень значимости  $p = 0,70778$  ( $W = 0,95331$ ) (рис. 1.2); значения ИА (усл. ед.) имели уровень значимости  $p = 0,61587$  ( $W = 0,94552$ ) (рис. 1.3); значения соотношения ХС-ЛПНП к ХС-ЛПВП (усл. ед.) имели уровень значимости  $p = 0,90235$  ( $W = 0,97127$ ) (рис. 1.4); значения соотношения ХС-ЛПНП к ОХС (%) имели уровень значимости  $p = 0,48042$  ( $W = 0,93323$ ) (рис. 1.5); концентрация ОБ (г/л) имела уровень значимости  $p = 0,23934$  ( $W = 0,90351$ ) (рис. 1.6); значения соотношения общего ОХС к ОБ (%):  $p = 0,08085$  ( $W = 0,86213$ ) (рис. 1.7); значения  $A_{ссп}$  (г/сут) имели уровень значимости  $p = 0,30182$  ( $W = 0,91294$ ) (рис. 1.8).

Следовательно, обозначенные выше величины показателей экспериментальных выборок соответствуют закону нормального распределения случайных величин.

Согласно результатам теста Колмогорова – Смирнова, уровень значимости концентраций ХС-ЛПВП (ммоль/л) был более 0,2 ( $p > 0,20$ ,  $d = 0,21282$ ). Также по тесту Лиллиефорса уровень значимости концентраций ХС-ЛПВП  $p > 0,20$  (рис. 2.1), следовательно, по данным критериям гипотеза о нормальности распределения подтверждается.

Однако, по результатам теста Шапиро – Уилка, концентрация ХС-ЛПВП имела уровень значимости  $p = 0,02041$  ( $W = 0,81224$ ) (см. рис. 2.1).

Также по результатам графика нормальной вероятности распределения значений концентраций ХС-ЛПВП наблюдаются существенные систематические отклонения от теоретической прямой нормального распределения (рис. 2.2).

В итоге можно заключить, что значения концентраций ХС-ЛПВП не соответствуют закону нормального распределения случайных величин.

В связи с тем, что случайные величины концентраций ХС-ЛПВП в выборках экспериментальных возрастных групп птиц имели ненормальное распределение (см. рис. 2.1 и 2.2), то есть нулевая гипотеза о нормальном распределении случайных величин ХС-ЛПВП (ммоль/л) в экспериментальных выборках бройлерных кур была отвергнута, соответственно, для определения уровня значимости различий средних значений ХС-ЛПВП применяли непараметрический знаковый тест (*Sign Test*) (таблица 1).

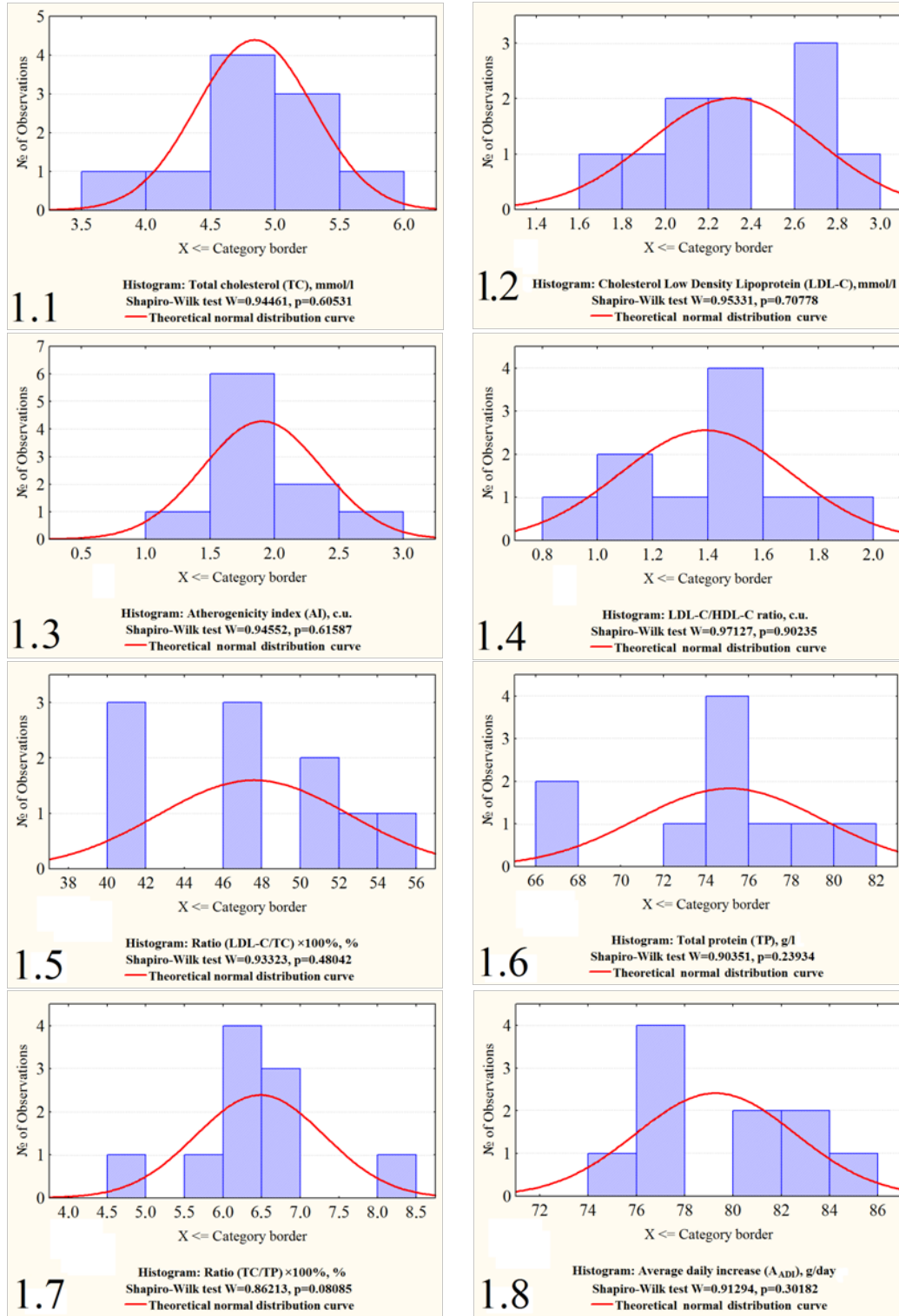


Рис. 1. Данные нормальности распределения значений биохимических показателей бройлерных цыплят по результатам теста Шапиро – Уилка: 1.1 – общий холестерин (ОХС), ммоль /л; 1.2 – холестерин липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП), ммоль /л; 1.3 – индекс атерогенности (ИА), усл. ед; 1.4 – соотношение холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к холестерину липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), усл. ед; 1.5 – соотношение холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к общему холестеролу (ОХС), %; 1.6 – общий белок (ОБ), г/л; 1.7 – соотношение общего холестерола (ОХС) к общему белку (ОБ), %; 1.8 – среднесуточный прирост массы тела  $A_{sp}$ , г/сут

Fig. 1. Data on the normality of distribution of biochemical parameters of broiler chickens based on the Shapiro – Wilk test: 1.1 – total cholesterol (TC), mmol/l; 1.2 – low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), mmol/l; 1.3 – atherogenic index (AI), conventional units; 1.4 – ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), conventional units; 1.5 – ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to total cholesterol (TC), %; 1.6 – total protein (TP), g/l; 1.7 – ratio of total cholesterol (TC) to total protein (TP), %; 1.8 – average daily body weight gain  $A_{sp}$ , g/day

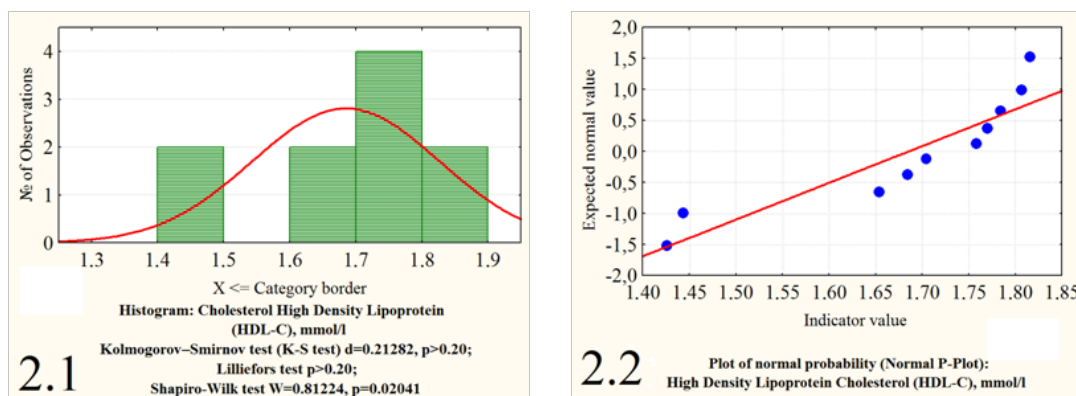


Рис. 2. Проверка нормальности распределения значений концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), ммоль/л, у бройлерных цыплят по результатам: 2.1 – тест Колмогорова – Смирнова, тест Лиллиефорса и тест Шапиро – Уилка; 2.2 – график нормальной вероятности

Fig. 2. Testing the normality of distribution of high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) concentration values, mmol/l in broiler chickens based on the results of: 2.1 – Kolmogorov – Smirnov test, Lilliefors test and Shapiro – Wilk test; 2.2 – normal probability plot

Таблица 1

Индекс атерогенности, соотношения холестерина липопротеинов низкой и высокой плотности, общего холестерина и белка цыплят-бройлеров кросса Hubbard ISA F15 ( $n = 10$ ),  $\bar{X} \pm SEM$

Показатель	Возраст, сутки			
	1	7	23	42
ОХС, ммоль/л	8,67 ± 0,57	3,14 ± 0,25***	4,65 ± 0,32**	4,84 ± 0,14
ОБ, г/л	58,90 ± 0,77	61,90 ± 0,46***	67,20 ± 0,57***	75,10 ± 1,38***
ХС-ЛПВП, ммоль/л	1,79 ± 0,04	1,17 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,36 ± 0,05	1,69 ± 0,04
ХС-ЛПНП, ммоль/л	5,68 ± 0,27	1,39 ± 0,28***	1,81 ± 0,16	2,32 ± 0,13**
ИА, усл. ед.	3,92 ± 0,42	1,71 ± 0,22***	2,53 ± 0,37	1,90 ± 0,15
ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП, усл. ед.	3,17 ± 0,09	1,18 ± 0,22***	1,34 ± 0,10	1,39 ± 0,10
(ОХС/ОБ) × 100 %, %	14,73 ± 0,95	5,09 ± 0,42***	6,94 ± 0,51*	6,48 ± 0,26
(ХС-ЛПНП/ОХС) × 100 %, %	68,98 ± 6,36	43,72 ± 7,51*	40,17 ± 4,08	47,60 ± 1,58
$A_{ssp}$ , г/сут	–	16,37 ± 0,21	49,98 ± 0,11***	79,28 ± 1,05***

Примечание. \*, \*\*, \*\*\* уровни значимости различий средних значений показателей статистически значимы по t-критерию в парном сравнении цыплят в возрасте: 1 и 7 суток, 7 и 23 суток, 23 и 42 суток соответственно при  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$ ;  $p \leq 0,001$ . <sup>a</sup>( $p = 0,004427$ ) – уровень значимости различий средних значений показателей статистически значим по знаковому тесту (Sign Test) в парном сравнении цыплят в возрасте: 1 и 7 суток, 7 и 23 суток, 23 и 42 суток.

Table 1

Atherogenicity index, ratio of low- and high-density lipoprotein cholesterol, total cholesterol and protein in Hubbard ISA F15 broiler chickens ( $n = 10$ ),  $\bar{X} \pm SEM$

Indicator	Age, days			
	1	7	23	42
TC, mmol/l	8.67 ± 0.57	3.14 ± 0.25***	4.65 ± 0.32**	4.84 ± 0.14
TP, g/l	58.90 ± 0.77	61.90 ± 0.46***	67.20 ± 0.57***	75.10 ± 1.38***
HDL-C, mmol/l	1.79 ± 0.04	1.17 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.36 ± 0.05	1.69 ± 0.04
LDL-C, mmol/l	5.68 ± 0.27	1.39 ± 0.28***	1.81 ± 0.16	2.32 ± 0.13**
AI, conventional units	3.92 ± 0.42	1.71 ± 0.22***	2.53 ± 0.37	1.90 ± 0.15
LDL-C/HDL-C, conventional units	3.17 ± 0.09	1.18 ± 0.22***	1.34 ± 0.10	1.39 ± 0.10
(TC/TP) × 100 %, %	14.73 ± 0.95	5.09 ± 0.42***	6.94 ± 0.51*	6.48 ± 0.26
(LDL-C/TC) × 100 %, %	68.98 ± 6.36	43.72 ± 7.51*	40.17 ± 4.08	47.60 ± 1.58
$A_{ssp}$ , g/day	–	16.37 ± 0.21	49.98 ± 0.11***	79.28 ± 1.05***

Note. \*, \*\*, \*\*\* the levels of significance of differences in the mean values of the indicators are statistically significant according to the t-test in paired comparison of chickens aged: 1 and 7 days, 7 and 23 days, 23 and 42 days, respectively, at  $p \leq 0.05$ ;  $p \leq 0.01$ ;  $p \leq 0.001$ . <sup>a</sup>( $p = 0.004427$ ) – the level of significance of differences in the mean values of the indicators is statistically significant according to the Sign Test in paired comparison of chickens aged: 1 and 7 days, 7 days and 23 days, 23 and 42 days.

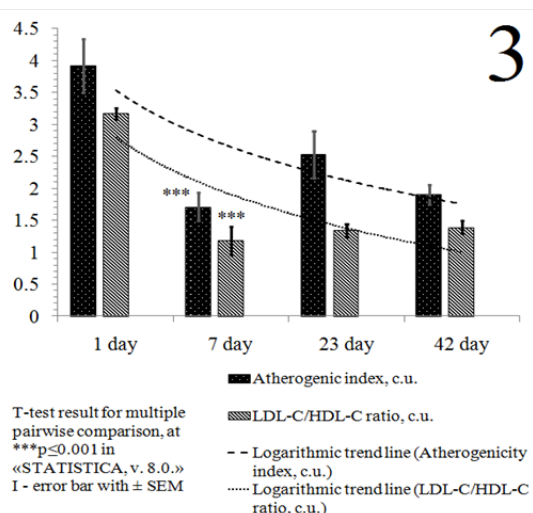


Рис. 3. Значения индекса атерогенности и соотношения холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к холестерину липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛПВП) (в условных единицах) в периферической крови цыплят-бройлеров в раннем постэмбриональном онтогенезе. SEM – стандартная ошибка среднего

Fig. 3. The values of the atherogenic index and the ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) (in conventional units) in the peripheral blood of broiler chickens in early postembryonic ontogenesis. SEM – standard error of the mean

Совместное применение теста Шапиро – Уилка с расчетом графика нормальной вероятности распределения величин имело доказанное преимущество в эффективности по сравнению с использованием тестов Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса для проверки распределения случайных величин концентраций ХС-ЛПВП (ммоль/л) в экспериментальных выборках возрастных групп цыплят-бройлеров на соответствие закону Гаусса о нормальном распределении случайных величин в генеральной совокупности.

Чем выше ИА, тем выше потенциал возникновения атеросклероза и распространенность сердечно-сосудистых болезней [31]. Повышение уровня ХС-ЛПНП в пуле общего холестерина также может непосредственно приводить к повреждению эндотелия сосудов, способствуя проникновению ХС-ЛПНП в эндотелий с образованием атеросклеротических бляшек на стенке артерий и формированию тромба, в то время как ХС-ЛПВП может укреплять окружающие ткани артериальной стенки, предотвращая отложение холестерина в артериальной стенке и способствуя восстановлению поврежденной эндотелиальной мембраны. С другой стороны, низкий уровень ХС-ЛПВП не позволяет эффективно выводить холестерин, что может привести к раннему развитию атеросклероза. Повышение уровня соотношения ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП является фактором риска развития коронарного атеросклероза [36].

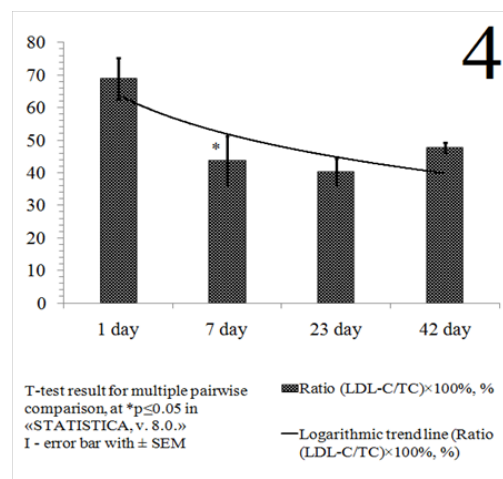


Рис. 4. Соотношение холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к общему холестерину (ОХ) (в %) в периферической крови цыплят-бройлеров в раннем постэмбриональном онтогенезе. SEM – стандартная ошибка среднего

Fig. 4. The ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to total cholesterol (TC) (in %) in the peripheral blood of broiler chickens in early postembryonic ontogenesis. SEM – standard error of the mean

К 7-суточному возрасту бройлерных кур ИА достоверно снижался на 56,38 % ( $p \leq 0,001$ ), соотношение ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП достоверно снижалось на 62,78 % ( $p \leq 0,001$ ) (таблица 1, рис. 3).

В 23- и 42-суточном возрасте цыплят-бройлеров стабилизировалась клинически нормальная [34] не повышенная динамика ИА и ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП. Так, хотя к 23-суточному возрасту по сравнению с 7-суточным периодом величина ИА повышалась на 47,95 %, ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП повышалось на 13,55 %, разница не была достоверной (таблица 1, рис. 3).

Соотношение ХС-ЛПНП/ОХ к 7-суточному возрасту достоверно снижалось на 36,62 % ( $p \leq 0,05$ ) и стабилизировалось без достоверного изменения в периоде 23–42 суток по отношению к возрасту 7 суток в пределах 31,0–41,77 % (таблица 1, рис. 4).

Также предлагают использовать амарантовый и цитрусовый пектины для производства низкохолестериновой продукции птицеводства [55]. При введении рыбьего жира и порошка зеленого чая в рацион бройлерных кур, регистрировалось существенное снижение уровня соотношения ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП, это было связано со значительным снижением концентрации ХС-ЛПНП в плазме крови [58]. Включение в рацион цыплят-бройлеров *Lactobacillus casei* и рыбьего жира способствовало снижению ОХ и ХС-ЛПНП и повышению концентрации ХС-ЛПВП [48].

Однако, по данным [1; 61], современная селекция по живой массе у цыплят мясного типа оказывает сильное влияние на фенотип, обусловленный абдоминальной жирностью и массой тела. На протяжении ювенильного развития висцеральный жир



цыплят-бройлеров сверхэкспрессирует несколько факторов транскрипции, которые способствуют липогенезу и адипогенезу [1]. Эти регуляторы транскрипции ответственны за повышенную регуляцию биосинтеза жирных кислот, холестерина и триглицеридов [1].

Отмечено [1], что жировая ткань за счет гормональной продукции может регулировать скорость роста скелетных мышц в организме бройлерной птицы.

Динамика соотношения ОХС/ОБ соответствовала среднесуточному приросту массы тела, конституциональным особенностям и адаптационным реакциям функциональных систем, в том числе скелетной мускулатуры бройлерной птицы [54] (таблица 1, рис. 5).

Соотношение ОХС/ОБ к 7-суточному возрасту бройлерных цыплят достоверно снижалось на 65,45 % ( $p \leq 0,001$ ), далее к 23-суточному возрасту ОХС/ОБ сравнительно немного повышалось на 36,34 % ( $p \leq 0,05$ ), достоверного изменения ОХС/ОБ к 42-суточному периоду не регистрировалось (таблица 1, рис. 5).

Проводилась оценка роли потребления продуктов птицеводства, обогащенных омега-3 жирными кислотами в изменениях биохимических, сердечно-сосудистых показателей и развитии антропометрических параметров у человека [67]. Было установлено, что потребление продуктов птицеводства с добавками омега-3 приводило к повышению концентрации ХС-ЛПВП и снижению ИА, в итоге – к улучшению общего состояния здоровья у испытуемой популяции [67].

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По итогам сравнения критериев нормальности распределения ХС-ЛПВП (ммоль/л) у бройлерных кур Hubbard ISA F15 по тесту Колмогорова – Смирнова уровень значимости составил более двух десятых:  $p > 0,20$ ,  $d = 0,21282$ . Аналогично по тесту Лиллиефорса уровень значимости концентраций ХС-ЛПВП  $p > 0,20$ . Поэтому по данным критериям гипотеза о нормальности распределения подтверждается.

При этом по результатам теста Шапиро – Уилка концентрация ХС-ЛПВП имела уровень значимости  $p = 0,02041$ ,  $W = 0,81224$ . Также по графику нормальной вероятности распределения величин установлены системные отклонения от теоретической прямой нормального распределения значений ХС-ЛПВП.

Следовательно, совокупное применение теста Шапиро – Уилка с расчетом графика нормальной вероятности распределения величин получило доказанное преимущество в эффективности по сравнению с использованием тестов Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса для проверки распределения концентрации ХС-ЛПВП (ммоль/л) у цыплят-бройлеров Hubbard ISA F15 на соответ-

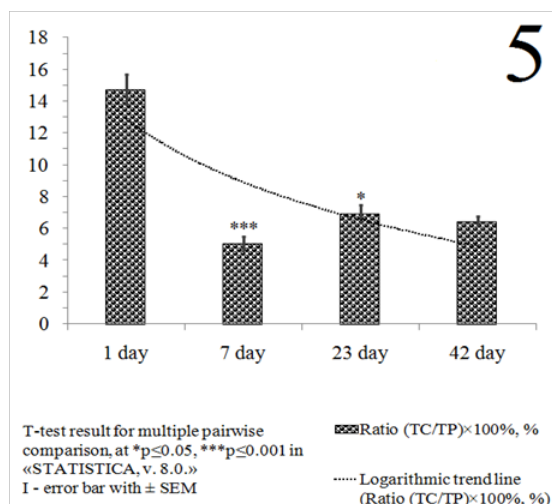


Рис. 5. Значения соотношения общего холестерина (ОХ) к общему белку (ОБ) (в %) в периферической крови цыплят-бройлеров в раннем постэмбриональном онтогенезе. SEM – стандартная ошибка среднего  
Fig. 5. Values of the ratio of total cholesterol (TC) to total protein (TP) (in %) in the peripheral blood of broiler chickens in early postembryonic ontogenesis. SEM – standard error of the mean

ствии закону Гаусса о нормальном распределении величин.

К 7-суточному возрасту бройлерных кур Hubbard ISA F15 ИА достоверно снижался на 56,38 % ( $p \leq 0,001$ ), соотношение ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП достоверно снижалось на 62,78 % ( $p \leq 0,001$ ). В 23- и 42-суточном возрастном периоде стабилизировалась физиологическая динамика ИА и ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП. Так, хотя к 23-суточному возрасту по сравнению с 7-суточным периодом величина ИА повышалась на 47,95 %, ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП повышалось на 13,55 %, разница не была достоверной. Соотношение ХС-ЛПНП/ОХС к 7-суточному возрасту достоверно снижалось на 36,62 % ( $p \leq 0,05$ ) и стабилизировалось без достоверного изменения в периоде 23–42 суток по отношению к возрасту 7 суток в пределах 31,0–41,77 %.

Динамика ОХС/ОБ соответствовала среднесуточному приросту массы тела и физиологическим особенностям бройлерной птицы; ОХС/ОБ к 7-суточному возрасту достоверно снижалось на 65,45 % ( $p \leq 0,001$ ). Далее к 23-суточному возрасту ОХС/ОБ немного повышалось на 36,34 % ( $p \leq 0,05$ ). Достоверного изменения ОХС/ОБ к 42-суточному периоду не регистрировалось.

Таким образом, динамика индекса атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка в раннем постэмбриональном периоде бройлерных кур, то есть в технологическом периоде производства мяса птицы, показала тенденцию к стабилизации эффективной концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности, умеренной концентрации холестерина липопротеинов низкой плотности в процессе интенсивного роста и развития скелетной мускулатуры.

## Библиографический список

1. Resnyk C. W., Carré W., Wang X., Porter T. E., Simon J., Le Bihan-Duval E., Duclos M. J., Aggrey S. E., Cogburn L. A. Transcriptional analysis of abdominal fat in chickens divergently selected on bodyweight at two ages reveals novel mechanisms controlling adiposity: validating visceral adipose tissue as a dynamic endocrine and metabolic organ // *BMC Genomics*. 2017. No. 18. Article number 626. DOI: 10.1186/s12864-017-4035-5.
2. Idoko A. S., Zaharaddeen A., Imam N. U., Nura S., Abdulazeez B., Sunday H., Ugwu K. U., Olaiya H. A. Physicochemical Assessment of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with a Mixture of Ginger, Garlic and Cinnamon // *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2020. No. 24 (5). Pp. 809–814. DOI: 10.4314/jasem.v24i5.12.
3. Okuskhonova E., Rebezov M., Yessimbekov Z., Suychinov A., Semenova N., Rebezov Y., Gorelik O., Zinina O. Study of Water Binding Capacity, pH, Chemical Composition and Microstructure of Livestock Meat and Poultry // *Annual Research & Review in Biology*. 2017. No. 14 (3). Pp. 1–7. DOI: 10.9734/ARRB/2017/34413.
4. Белооков А. А., Белоокова О. В., Стволос С. С., Гриценко С. А., Ребезов М. Б., Зяблицева М. А. Оценка мясных качеств помесного молодняка свиней разной селекции // *Аграрная наука*. 2023. № 4. С. 70–74. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74.
5. Makhonina V. N., Agafonychev V. P. The scientific approach of determination poultry grade and poultry products // *Theory and practice of meat processing*. 2017. No. 2 (4). Pp. 114–128. DOI: 10.21323/2414-438X-2017-2-4-114-128.
6. Kabdylzhar B. K., Kakimov A. K., Yessimbekov Zh. S., Gurinovich G. V., Suychinov A. K. Research of compositions of amino acids, fatty acids and minerals in meat pate with addition of meat-and-bone paste // *Theory and practice of meat processing*. 2022. No. 7 (1). Pp. 66–72. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-1-66-72.
7. Гриценко С. А., Белоокова О. В., Ребезов М. Б., Видякин Ю. Ю. Показатели убоя и химического состава мяса товарного молодняка мясной птицы в зависимости от живой массы в суточном возрасте // *Аграрная наука*. 2023. № 11. С. 82–87. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87.
8. Бакаева Л. Н., Топурия Г. М., Топурия Л. Ю., Полькин В. В., Ребезов М. Б. Химический состав и биологическая ценность мяса цыплят-бройлеров при применении селеносодержащей кормовой добавки // *Вестник АПК Ставрополя*. 2015. № S1. С. 189–192.
9. Attia Y. A., Al-Harhi M. A., Korish M. A., Shiboob M. M. Fatty acid and cholesterol profiles, hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of broiler meat in the retail market // *Lipids in Health and Disease*. 2017. No. 16. Article number 40. Pp. 1–11. DOI: 10.1186/s12944-017-0423-8.
10. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Galimov D., Khayrullin M., Burkov P. Physicochemical, Functional, and Technological Properties of Protein Hydrolysates Obtained by Microbial Fermentation of Broiler Chicken Gizzards // *Fermentation*. 2022. No. 8. Article number 317. DOI: 10.3390/fermentation8070317.
11. Фан В. К., Ватников Ю. А., Ленченко Е. М. Динамика гематологических, биохимических, иммунологических изменений при болезнях органов пищеварения перепелов // *Аграрная наука*. 2021. № 346 (3). С. 21–25. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-346-3-21-25.
12. Фисинин В. И., Салеева И. П., Лукашенко В. С., Волик В. Г., Исмаилова Д. Ю., Журавчук Е. В., Овсейчик Е. А. Аминокислотный и жирнокислотный состав мяса при различных способах и сроках выращивания цыплят-бройлеров // *Аграрная наука*. 2018. № 3. С. 32–36.
13. Ребезов Я. М., Горелик О. В., Ребезов М. Б., Харлап С. Ю. Химический состав мяса индеек разных породных групп // *Обеспечение технологического суверенитета АПК: подходы, проблемы, решения: сборник статей Международной научно-методической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук*. Екатеринбург, 2023 С. 193–195.
14. Wu X. L., Zou X. Y., Zhang M., Hu H. Q., Wei X. L., Jin M. L., Cheng H. W., Jiang S. Osteocalcin prevents insulin resistance, hepatic inflammation, and activates autophagy associated with high-fat diet-induced fatty liver hemorrhagic syndrome in aged laying hens // *Poultry Science*. 2021. No. 100 (1). Pp. 73–83. DOI: 10.1016/j.psj.2020.10.022.
15. Комарова Н. К., Рахимжанова И. А., Кошкин И. П., Быкова О. А., Ребезов М. Б., Седых Т. А. Энергетическая ценность, йодное число и температура плавления жировой ткани туши баранчиков романовской породы и ее помесей разных поколений с эдильбаевской // *Мичуринский агрономический вестник*. 2023. № 2. С. 12–15.
16. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov Kh., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat // *III International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-III-2024): conference proceedings*. Karshi, 2024. Article number 1013. DOI: 10.1051/bioconf/20249501013.

17. Фисинин В. И., Салеева И. П., Лукашенко В. С., Волик В. Г., Исмаилова Д. Ю., Журавчук Е. В., Овсейчик Е. А. Аминокислотный и жирнокислотный состав мяса при различных способах и сроках выращивания цыплят-бройлеров // *Аграрная наука*. 2018. № 3. С. 32–36.
18. Кудинов С. А., Хохлов М. И., Кощаев И. А. Кальциевые соли жирных кислот в кормлении цыплят-бройлеров: влияние на продуктивность и сохранность // *Аграрная наука*. 2023. № 6. С. 65–70. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-371-6-65-70.
19. Ганиева Е. С., Канарейкина С. Г., Хабирова Ф. А., Канарейкин В. И. Сравнительный анализ биологической и пищевой ценности молока разных сельскохозяйственных животных // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2021. № 1 (57). С. 49–55. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-49-55.
20. Karkh D., Abbazova V. The value of nutrition rationalization and its impact on ensuring the quality of life of the population // *BIO Web of Conferences*. 2023. Vol. 76. Article number 05003. DOI: 10.1051/bioconf/20237605003.
21. Surkhaeva Z. Z., Ibumaskhudova P. M., Magomedova U. A., Suleimanova R. G., Rabadanova P. M., Bagandova D. Sh., Aminova A. A., Esedova A. E., Magdieva A. S. Evaluation of the actual nutrition of preschool children // *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*. 2023. Vol. 30. No. 8. Pp. 450–458. DOI: 10.47750/jptcp.2023.30.08.048.
22. Миронова И. В., Галиева З. А., Ребезов М. Б., Мотавина Л. И., Смольникова Ф. Х. Основы лечебно-профилактического питания. Алматы: Международное агентство печати, 2015. 109 с.
23. Gavrilova N., Chernopolskaya N., Rebezov M., Schetinina E., Dogareva N., Likhodeevskaya O., Knysh I., Sanova Z. Specialized sports nutrition foods: Review // *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020. Vol. 12, No. 2. Pp. 998–1003. DOI: 10.31838/IJPR/2020.12.02.0152.
24. Жукова А. Ю. Функциональное и специализированное питание – ключ к улучшению здоровья населения // *Все о мясе*. 2017. № 6. С. 32–33.
25. Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Хайруллин М. Ф., Альхамова Г. К., Лукин А. А. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания // *Пищевая промышленность*. 2011. № 5. С. 13–15.
26. Асенова Б. К., Амирханов К. Ж., Ребезов М. Б. Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов // *Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства*. 2013. № 1. С. 313–316.
27. Kolberg N. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Kudryashov L. S. Effect of peptides from the bursa of Fabricius in broiler chickens on the functional activity of subpopulations of lymphocytes in immunosuppressed mice // *Theory and Practice of Meat Processing*. 2022. No. 7 (2). Pp. 83–90. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-2-83-90.
28. Abdullaev K., Juraev B., Khabibova G. Food quality and safety control as an important factor of physical development // *E3S Web of Conferences*. Vol. 460. EDP Sciences, 2023. Article number 11001. DOI: 10.1051/e3sconf/202346011001.
29. Semenov E. V., Nikitin I. A., Lobanov E. Y., Terentyev S. E., Avtuyhova O. V. An assessment of a nutritionally appropriate diet for adolescents' nutrition // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Yekaterinburg, 2022. Article number 012060. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012060.
30. Ажунова Т. А., Лемза С. В. Влияние многокомпонентного растительного средства на течение экспериментальной дислипидотеидемии // *Acta Biomedica Scientifica (Бюллетень ВСНЦ СО РАМН)*. 2015. № 2 (102). С. 66–69.
31. Sa'adah N. N., Purwani K. I., Nurhayati A. P. D., Ashuri N. M. Analysis of Lipid Profile and Atherogenic Index in Hyperlipidemic Rat (*Rattus norvegicus Berkenhout*, 1769) that Given The Methanolic Extract of Parijoto (*Medinilla speciosa*) // *Proceeding of International Biology Conference*. 2017. No. 1854 (1). Article number 020031. DOI: 10.1063/1.4985422.
32. Asghar M. U., Rahman A., Hayat Z., Rafique M. K., Badar I. H., Yar M. K., Ijaz M. Exploration of Zingiber officinale effects on growth performance, immunity and gut morphology in broilers // *Brazilian Journal of Biology*. 2021. No. 83. Article number e250296. DOI: 10.1590/1519-6984.250296.
33. Велибеков Р. Т., Михайлов А. А. Характеристика липидного обмена у военнослужащих-мужчин контрактной службы // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2022. № 41 (S2). С. 94–98.
34. Dal Bosco A., Cartoni Mancinelli A., Vaudo G., Cavallo M., Castellini C., Mattioli S. Indexing of Fatty Acids in Poultry Meat for Its Characterization in Healthy Human Nutrition: A Comprehensive Application of the Scientific Literature and New Proposals // *Nutrients*. 2022. No. 14 (3110). Pp. 3–18. DOI: 10.3390/nu14153110.
35. Da Silva A., Cabrera M. C., Saadoun A. Atherogenic, thrombogenic and hyper/hypo cholesterolemic indices in meat of chickens fed chia (*Salvia hispanica*) seeds // *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2021. No. 71 (1). Article number 158. DOI: 10.37527/2021.71.S1.



36. Sun T., Chen M., Shen H., Yin P., Fan L., Chen X., Wu J., Xu Z., Zhang J. Predictive value of LDL/HDL ratio in coronary atherosclerotic heart disease // *BMC Cardiovascular Disorders*. 2022. No. 22. Article number 273. DOI: 10.1186/s12872-022-02706-6.
37. Мифтахутдинов А. В., Аминева Э. М., Колобкова Н. М., Колобков Д. М. Адаптационные механизмы и особенности липидного обмена у кур с разной устойчивостью к стрессам // *Аграрная наука*. 2018. № 10. С. 15–19. DOI: 10.3263/0869-8155-2018-319-10-15-19.
38. Miftakhutdinov E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Timakova R. T. An effect of anti-stress feed additives on broiler productivity and meat quality // *Theory and practice of meat processing*. 2020. No. 5 (2). Pp. 4–11. DOI: 10.21323/2414-438X-2020-5-2-4-11.
39. Nasr M. A. F., Alkheadaide A. Q., Ramadan A. A. I., Hafez A. S. E., Hussein M. A. Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds // *Poultry Science*. 2020. No. 100 (11). Article number 101442. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101442
40. Rahnama M., Bouyeh M., Kadim I., Seidavi A., Elghandour M. M. M. Y., Reddy P. R. K., Monroy J. C., Salem A. Effect of dietary inclusion of lecithin with choline on physiological stress of serum cholesterol fractions and enzymes, abdominal fat, growth performance, and mortality parameters of broiler chickens // *Animal Biotechnology*. 2020. No. 31 (6). Pp. 483–490. DOI: 10.1080/10495398.2019.1622557
41. Di Taranto M. D., de Falco R., Guardamagna O., Massini G., Giacobbe C., Auricchio R., Malamisura B., Proto M., Palma D., Greco L., Fortunato G. Lipid profile and genetic status in a familial hypercholesterolemia pediatric population: exploring the LDL/HDL ratio // *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. 2019. No. 57 (7). Pp. 1102–1110. DOI: 10.1515/cclm-2018-1037.
42. Харлап С. Ю., Лоретц О. Г., Горелик О. В., Ребезов М. Б., Максимюк Н. Н. Изменение лейкоцитарных индексов при оценке воздействия стресс-фактора // *Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых*. Иркутск, 2017. С. 419–429.
43. Gorelik O., Harlap S., Lopaeva N., Bezhinar T., Kosilov V., Burkov P., Ivanova I., Gritsenko S., Dolmatova I., Tsareva O., Safronov S., Ali Shariati M., Rebezov M. Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. No. 2. Pp. 264–267.
44. Gorelik O., Harlap S., Derkho M., Dolmatova I., Eliseenkova M., Vinogradova N., Knysh I., Ermolov S., Burkov P., Lopaeva N., Bezhinar T., Ali Shariati M., Rebezov M. Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. No. 2. Pp. 260–263.
45. Virden W. S., Kidd M. T. Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses // *Journal of Applied Poultry Research*. 2009. No. 18 (2). Pp. 338–347. DOI: 10.3382/japr.2007-00093.
46. Wasti S., Sah N., Mishra B. Impact of Heat Stress on Poultry Health and Performances, and Potential Mitigation Strategies // *Animals (Basel)*. 2020. No. 10 (8). Article number 1266. DOI: 10.3390/ani10081266.
47. Kolesnik E. A., Derkho M. A. To the Problem of Physiological Adaptive Homeostasis In the Model of the Organism of Warm-Blooded Animals (a review) // *Bulletin of Chelyabinsk State University. Education and Healthcare*. 2020. No. 4 (12). Pp. 15–30. DOI: 10.6084/m9.figshare.16866820.v2.
48. Yulianto A. B., Lokapirnasari W. P., Najwan R., Wardhani H. C. P., Rahman N. F. N., Huda K., Ulfah N. Influence of *Lactobacillus casei* WB 315 and crude fish oil (CFO) on growth performance, EPA, DHA, HDL, LDL, cholesterol of meat broiler chickens // *Iranian Journal of Microbiology*. 2020. No. 12 (2). Pp. 148–155.
49. Obajuluwa O. V., Sanwo K. A., Egbeyale L. T., Fafolu A. O. Performance, blood profile and gut morphology of broiler chickens fed diets supplemented with Yohimbe (*Pausynistalia yohimbe*) and Larvacide // *Veterinary and Animal Science*. 2020. No. 10. Article number 100127. DOI: 10.1016/j.vas.2020.100127.
50. Симоненко Е. С., Купаева Н. В., Симоненко С. В., Мануйлов Б. М. Изучение функциональных свойств кисломолочного продукта на основе кобыльего молока // *Пищевые системы*. 2022. № 5 (1). С. 114–120. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-114-120.
51. Mir N. A., Tyagi P. K., Biswas A. K., Tyagi P. K., Mandal A. B., Kumar F., Sharma D., Biswas A., Verma A. K. Inclusion of flaxseed, broken rice and distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler chicken ration alters the fatty acid profile, oxidative stability and other functional properties of meat // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2018. Article number 1700470. DOI: 10.1002/ejlt.201700470.
52. Javid S. F., Moravej H., Ghaffarzadeh M., Esfahani M. B. Comparison of Zinc Sulfate and Zinc Threonine Based on Zn Bioavailability and Performance of Broiler Chicks // *Biological Trace Element Research*. 2020. No. 199 (6). Pp. 2303–2311. DOI: 10.1007/s12011-020-02354-x.
53. Zhang B., Hao J., Yin H., Duan C., Wang B., Li W. Effects of dietary nicotinic acid supplementation on meat quality, carcass characteristics, lipid metabolism, and tibia parameters of Wulong geese // *Poultry Science*. 2021. No. 100 (11). Article number 101430. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101430.



54. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Involvement of cholesterol, progesterone, cortisol and lipoproteins in metabolic changes during early ontogenesis of broiler chicks of an industrial cross // *Agricultural biology (Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya)*. 2017. No. 52 (4). Pp. 749–756. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.749eng.
55. Хасина Э. И., Кривоногова А. С. Гиполипидемический эффект зостерина – пектина из морской травы зостеры // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. № 45 (6). С. 71–75.
56. Кудаева И. В., Дьякович О. А., Маснавиева Л. Б., Дьякович М. П., Шаяхметов С. Ф. Прогнозирование значений индекса атерогенности у работающих при воздействии ртути // *Медицина труда и промышленная экология*. 2017. № 10. С. 34–38.
57. Olarotimi O. J. Quality parameters, lipids and antioxidant profiles of eggs from hens fed diets with varied inclusions of monosodium glutamate // *Journal of Poultry Research*. 2021. No. 18 (1). Pp. 5–12. DOI: 10.34233/jpr.813355.
58. Alimohammadi Saraei M. H., Seidavi A. R., Dadashbeiki M., Edens F. W. Response of plasma constituents and body measurement in broiler chickens fed fish oil and green tea powder // *Archivos de Medicina Veterinaria*. 2016. No. 48 (1). Pp. 61–68. DOI: 10.4067/S0301-732X2016000100008.
59. Pornanek P., Phoemchalard C. Feed added curcumin with increased solubility on plasma lipoprotein, meat quality, and fat content in broiler chicks // *Tropical Animal Health and Production*. 2020. No. 52 (2). Pp. 647–652. DOI: 10.1007/s11250-019-02052-4.
60. Tan B. K., Foo H. L., Loh T. C., Norhani A., Zulkifli I. Purification and Characterization of Very Low Density Lipoprotein in Commercial Broiler and Crossbred Village Chickens by Fast Protein Liquid Chromatography // *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005. No. 18 (12). Pp. 1780–1785. DOI: 10.5713/ajas.2005.1780.
61. Zhang H. L., Xu Z. Q., Yang L. L., Wang Y. X., Li Y. M., Dong J. Q., Zhang X. Y., Jiang X. Y., Jiang X. F., Li. H., Zhang D. X., Zhang H. Genetic parameters for the prediction of abdominal fat traits using blood biochemical parameters in broilers // *British Poultry Science*. 2017. No. 59 (1). Pp. 28–33. DOI: 10.1080/00071668.2017.1379052.
62. Dev K., Begum J., Biswas A., Mir N. A., Singh J., Prakash R., Sonowal J., Bharali K., Tomar S., Kant R., Ahlawat N. Hepatic transcriptome analysis reveals altered lipid metabolism and consequent health indices in chicken supplemented with dietary *Bifidobacterium bifidum* and mannan-oligosaccharides // *Scientific Reports*. 2021. No. 11 (1). Article number 17895. DOI: 10.1038/s41598-021-97467-1.
63. Razali N. M., Wah Y. B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests // *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2011. No. 2 (1). Pp. 21–33.
64. Wandji Tanguet E. D., Njamen Njomen D. A. Kolmogorov-Smirnov APF Test for Inhomogeneous Poisson Processes with Shift Parameter // *Applied Mathematics*. 2021. No. 12. Pp. 322–335. DOI: 10.4236/am.2021.124023.
65. Corder G. W., Foreman D. I. *Nonparametric statistics: a step-by-step approach*. 2nd edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2014. 288 p.
66. Sherwani R. A. K., Shakeel H., Saleem M., Awan W. B., Aslam M., Farooq M. A new neutrosophic sign test: An application to COVID-19 data // *PLOS One*. 2021. No. 16 (8). Article number e0255671. DOI: 10.1371/journal.pone.0255671.
67. Arias-Rico J., Cerón-Sandoval M. I., Sandoval-Gallegos E. M., Ramírez-Moreno E., Fernández-Cortés T., Jaimez, J., Lopez, E., Añorve M. J. Evaluation of Consumption of Poultry Products Enriched with Omega-3 Fatty Acids in Anthropometric, Biochemical, and Cardiovascular Parameters // *Journal of Food Quality*. 2018. Article number 9620104. DOI: 10.1155/2018/9620104.

#### Об авторах:

**Евгений Анатольевич Колесник**, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, экологии человека и медико-биологических знаний, Государственный университет просвещения, Москва, Россия; ORCID 0000-0002-2326-651X, AuthorID 791884. *E-mail: evgeniy251082@mail.ru*

**Марина Аркадьевна Дерхо**, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой естественно-научных дисциплин Института ветеринарной медицины, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0003-3818-0556, AuthorID 310613. *E-mail: derkho2010@yandex.ru*

**Максим Борисович Ребезов**, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия; профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764. *E-mail: rebezov@ya.ru*

**Наталья Владимировна Мамылина**, доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия; ORCID 0000-0002-5880-439X, AuthorID 377131.

*E-mail: tamilyina71@mail.ru*

## References

1. Resnyk C. W., Carré W., Wang X., Porter T. E., Simon J., Le Bihan-Duval E., Duclos M. J., Aggrey S. E., Cogburn L. A. Transcriptional analysis of abdominal fat in chickens divergently selected on bodyweight at two ages reveals novel mechanisms controlling adiposity: validating visceral adipose tissue as a dynamic endocrine and metabolic organ. *BMC Genomics*. 2017; 18: 626. DOI: 10.1186/s12864-017-4035-5.
2. Idoko A. S., Zaharaddeen A., Imam N. U., Nura S., Abdulazeez B., Sunday H., Ugwu K. U., Olaiya H. A. Physicochemical Assessment of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with a Mixture of Ginger, Garlic and Cinnamon. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2020; 24 (5): 809–814. DOI: 10.4314/jasem.v24i5.12.
3. Okuskhanova E., Rebezov M., Yessimbekov Z., Suychinov A., Semenova N., Rebezov Y., Gorelik O., Zinina O. Study of Water Binding Capacity, pH, Chemical Composition and Microstructure of Livestock Meat and Poultry. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 14 (3): 1–7. DOI: 10.9734/ARRB/2017/34413.
4. Belookov A. A., Belookova O. V., Stvolov S. S., Gritsenko S. A., Rebezov M. B., Zyablitseva M. A. Evaluation of meat qualities of crossbred young pigs of different breeding. *Agrarian Science*. 2023; 4: 70–74. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74. (In Russ.)
5. Makhonina V. N., Agafonychev V. P. The scientific approach to determination poultry grade and poultry products. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2017; 2 (4): 114–128. DOI: 10.21323/2414-438X-2017-2-4-114-128.
6. Kabdylzhar B. K., Kakimov A. K., Yessimbekov Zh. S., Gurinovich G. V., Suychinov A. K. Research of compositions of amino acids, fatty acids and minerals in meat pate with the addition of meat-and-bone paste. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2022; 7 (1): 66–72. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-1-66-72.
7. Gritsenko S. A., Belookova O. V., Rebezov M. B., Vidyakin Yu. Yu. Slaughter indicators and chemical composition of meat of commercial young poultry depending on live weight at day old. *Agrarian Science*. 2023; 11: 82–87. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87. (In Russ.)
8. Bakaeva L. N., Topuria G. M., Topuria L. Yu., Polkin V. V., Rebezov M. B. Chemical composition and biological value of broiler chicken meat with the use of selenium-containing feed additive. *Agrarian Bulletin of Stavropol Region*. 2015; S1: 189–192. (In Russ.)
9. Attia Y. A., Al-Harhi M. A., Korish M. A., Shiboob M. M. Fatty acid and cholesterol profiles, hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of broiler meat in the retail market. *Lipids in Health and Disease*. 2017; 16. Article number 40: 1–11. DOI: 10.1186/s12944-017-0423-8.
10. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Galimov D., Khayrullin M., Burkov P. Physicochemical, Functional, and Technological Properties of Protein Hydrolysates Obtained by Microbial Fermentation of Broiler Chicken Gizzards. *Fermentation*. 2022; 8. 317. DOI: 10.3390/fermentation8070317.
11. Fan V. K., Vatnikov Yu. A., Lenchenko E. M. Dynamics of hematological, biochemical, immunological changes in diseases of the digestive organs of quails. *Agrarian Science*. 2021; 346 (3): 21–25. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-346-3-21-25. (In Russ.)
12. Fisinin V. I., Saleeva I. P., Lukashenko V. S., Volik V. G., Ismailova D. Yu., Zhuravchuk E. V., Ovseychik E. A. Amino acid and fatty acid content in meat after various techniques and periods of rearing broiler chickens. *Agrarian Science*. 2018; 3: 32–36. (In Russ.)
13. Rebezov Ya. M., Gorelik O. V., Rebezov M. B., Kharlap S. Yu. Chemical composition of meat of turkeys of different breed groups. *Ensuring technological sovereignty of the agro-industrial complex: approaches, problems, solutions: collection of articles of the International scientific and methodological conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences*. Ekaterinburg, 2023. Pp. 193–195. (In Russ.)
14. Wu X. L., Zou X. Y., Zhang M., Hu H. Q., Wei X. L., Jin M. L., Cheng H. W., Jiang S. Osteocalcin prevents insulin resistance, hepatic inflammation, and activates autophagy associated with high-fat diet-induced fatty liver hemorrhagic syndrome in aged laying hens. *Poultry Science*. 2021; 100 (1): 73–83. DOI: 10.1016/j.psj.2020.10.022.
15. Komarova N. K., Rakhimzhanova I. A., Koshkin I. P., Bykova O. A., Rebezov M. B., Sedykh T. A. Energy value, iodine number and melting point of carcass fat tissue of Romanov rams and its crosses of different generations with Edilbaevskaya. *Michurinsky Agronomic Bulletin*. 2023; 2: 12–15. (In Russ.)
16. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov Kh., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat. *III International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-III-2024): conference proceedings*. Karshi, 2024. Article number 1013. DOI: 10.1051/bioconf/20249501013.
17. Fisinin V. I., Saleeva I. P., Lukashenko V. S., Volik V. G., Ismailova D. Yu., Zhuravchuk E. V., Ovseychik E. A. Amino acid and fatty acid composition of meat under different methods and terms of growing broiler chickens. *Agrarian Science*. 2018; 3: 32–36. (In Russ.)

18. Kudinov S. A., Khokhlov M. I., Koshchaev I. A. Calcium salts of fatty acids in feeding broiler chickens: influence on productivity and survivability. *Agrarian Science*. 2023; 6: 65–70. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-371-6-65-70. (In Russ.)
19. Ganieva E. S., Kanareykina S. G., Khabirova F. A., Kanareykin V. I. Comparative analysis of the biological and nutritional value of milk of different farm animals. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2021; 1 (57): 49–55. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-49-55. (In Russ.)
20. Karkh D., Abbazova V. The value of nutrition rationalization and its impact on ensuring the quality of life of the population. *BIO Web of Conferences*. 2023; 76: 05003. DOI: 10.1051/bioconf/20237605003.
21. Surkhaeva Z. Z., Ibumaskhudova P. M., Magomedova U. A., Suleimanova R. G., Rabadanova P. M., Bagandova D. Sh., Aminova A. A., Esedova A. E., Magdieva A. S. Evaluation of the actual nutrition of preschool children. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*. 2023; 8: 450–458. DOI: 10.47750/jptcp.2023.30.08.048.
22. Mironova I. V., Galieva Z. A., Rebezov M. B., Motavina L. I., Smolnikova F. Kh. Fundamentals of therapeutic and prophylactic nutrition. Almaty: International Press Agency, 2015. 109 p. (In Russ.)
23. Gavrilova N., Chernopolskaya N., Rebezov M., Schetinina E., Dogareva N., Likhodeevskaya O., Knysh I., Sanova Z. Specialized sports nutrition foods: Review. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 2: 998–1003. DOI: 10.31838/IJPR/2020.12.02.0152.
24. Zhukova A. Yu. Functional and specialized Nutrition is the key to improving public health. *All about Meat*. 2017; 6: 32–33. (In Russ.)
25. Rebezov M. B., Naumova N. L., Khairullin M. F., Alkhamova G. K., Lukin A. A. Study of consumer attitudes towards fortified food products. *Food Industry*. 2011; 5: 13–15. (In Russ.)
26. Asenova B. K., Amirkhanov K. Zh., Rebezov M. B. Technology of production of functional food products for ecologically unfavorable regions. *Trade and Economic Problems of Regional Business Space*. 2013; 1: 313–316. (In Russ.)
27. Kolberg N. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Kudryashov L. S. Effect of peptides from the bursa of Fabricius in broiler chickens on the functional activity of subpopulations of lymphocytes in immunosuppressed mice. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2022; 7 (2): 83–90. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-2-83-90.
28. Abdullaev K., Juraev B., Khabibova G. Food quality and safety control as an important factor of physical development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 460: 11001. DOI: 10.1051/e3sconf/202346011001.
29. Semenov E. V., Nikitin I. A., Lobanov E. Y., Terentyev S. E., Avtuyhova O. V. An assessment of a nutritionally appropriate diet for adolescents' nutrition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Yekaterinburg, 2022. Article number 012060. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012060.
30. Azhunova T. A., Lemza S. V. Effect of a multicomponent herbal remedy on the course of experimental dyslipoproteinemia. *Acta Biomedica Scientifica (Bulletin VSRC SB RAMS)*. 2015; 2 (102): 66–69. (In Russ.)
31. Sa'adah N. N., Purwani K. I., Nurhayati A. P. D., Ashuri N. M. Analysis of Lipid Profile and Atherogenic Index in Hyperlipidemic Rat (*Rattus norvegicus Berkenhout, 1769*) that Given The Methanolic Extract of Parijoto (*Medinilla speciosa*). *Proceeding of International Biology Conference*. 2017; 1854 (1): 020031. DOI: 10.1063/1.4985422.
32. Asghar M. U., Rahman A., Hayat Z., Rafique M. K., Badar I. H., Yar M. K., Ijaz M. Exploration of Zingiber officinale effects on growth performance, immunity and gut morphology in broilers. *Brazilian Journal of Biology*. 2021; 83: e250296. DOI: 10.1590/1519-6984.250296.
33. Velibekov R. T., Mikhailov A. A. Characteristics of lipid metabolism in male contract servicemen. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2022; 41 (S2): 94–98. (In Russ.)
34. Dal Bosco A., Cartoni Mancinelli A., Vaudo G., Cavallo M., Castellini C., Mattioli S. Indexing of Fatty Acids in Poultry Meat for Its Characterization in Healthy Human Nutrition: A Comprehensive Application of the Scientific Literature and New Proposals. *Nutrients*. 2022; 14 (3110): 3–18. DOI: 10.3390/nu14153110.
35. Da Silva A., Cabrera M. C., Saadoun A. Atherogenic, thrombogenic and hyper/hypo cholesterolemic indices in meat of chickens fed chia (*Salvia hispanica*) seeds. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2021; 71 (1): 158. DOI: 10.37527/2021.71.S1.
36. Sun T., Chen M., Shen H., Yin P., Fan L., Chen X., Wu J., Xu Z., Zhang J. Predictive value of LDL/HDL ratio in coronary atherosclerotic heart disease. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2022; 22: 273. DOI: 10.1186/s12872-022-02706-6.
37. Miftakhutdinov A. V., Amineva E. M., Kolobkova N. M., Kolobkov D. M. Adaptation mechanisms and features of lipid metabolism in chickens with different resistance to stress. *Agrarian Science*. 2018; 10: 15–19. DOI: 10.3263/0869-8155-2018-319-10-15-19. (In Russ.)



38. Miftakhutdinov E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Timakova R. T. An effect of anti-stress feed additives on broiler productivity and meat quality. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2020; 5 (2): 4–11. DOI: 10.21323/2414-438X-2020-5-2-4-11.
39. Nasr M. A. F., Alkheadaide A. Q., Ramadan A. A. I., Hafez A. S. E., Hussein M. A. Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poultry Science*. 2021; 100 (11): 101442. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101442
40. Rahnama M., Bouyeh M., Kadim I., Seidavi A., Elghandour M. M. M. Y., Reddy P. R. K., Monroy J. C., Salem A. Effect of dietary inclusion of lecithin with choline on physiological stress of serum cholesterol fractions and enzymes, abdominal fat, growth performance, and mortality parameters of broiler chickens. *Animal Biotechnology*. 2020; 31(6): 483–490. DOI: 10.1080/10495398.2019.1622557.
41. Di Taranto M. D., de Falco R., Guardamagna O., Massini G., Giacobbe C., Auricchio R., Malamisura B., Proto M., Palma D., Greco L., Fortunato G. Lipid profile and genetics status in a familial hypercholesterolemia pediatric population: exploring the LDL/HDL ratio. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. 2019; 57 (7): 1102–1110. DOI: 10.1515/cclm-2018-1037.
42. Kharlap S. Yu., Loretts O. G., Gorelik O. V., Rebezov M. B., Maksimyuk N. N. Changes in leukocyte indices when assessing the impact of a stress factor. *Current issues of biotechnology and veterinary medicine: Proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists*. Irkutsk, 2017. Pp. 419–429. (In Russ.)
43. Gorelik O., Harlap S., Lopaeva N., Bezhinar T., Kosilov V., Burkov P., Ivanova I., Gritsenko S., Dolmatova I., Tsareva O., Safronov S., Ali Shariati M., Rebezov M. Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 2: 264–267.
44. Gorelik O., Harlap S., Derkho M., Dolmatova I., Eliseenkova M., Vinogradova N., Knysht I., Ermolov S., Burkov P., Lopaeva N., Bezhinar T., Ali Shariati M., Rebezov M. Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 2: 260–263.
45. Virden W. S., Kidd M. T. Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses. *Journal of Applied Poultry Research*. 2009; 18 (2): 338–347. DOI: 10.3382/japr.2007-00093.
46. Wasti S., Sah N., Mishra B. Impact of Heat Stress on Poultry Health and Performance, and Potential Mitigation Strategies. *Animals (Basel)*. 2020; 10 (8): 1266. DOI: 10.3390/ani10081266.
47. Kolesnik E. A., Derkho M. A. To the Problem of Physiological Adaptive Homeostasis in the Model of the Organism of Warm-Blooded Animals (a review). *Bulletin of Chelyabinsk State University. Education and Health-care*. 2020; 4 (12): 15–30. DOI: 10.6084/m9.figshare.16866820.v2.
48. Yulianto A. B., Lokapirnasari W. P., Najwan R., Wardhani H. C. P., Rahman N. F. N., Huda K., Ulfah N. Influence of *Lactobacillus casei* WB 315 and crude fish oil (CFO) on growth performance, EPA, DHA, HDL, LDL, cholesterol of meat broiler chickens. *Iranian Journal of Microbiology*. 2020; 12 (2): 148–155.
49. Obajuluwa O. V., Sanwo K. A., Egbeyale L. T., Fafolu A. O. Performance, blood profile and gut morphology of broiler chickens fed diets supplemented with Yohimbe (*Pausynistalia yohimbe*) and Larvacide. *Veterinary and Animal Science*. 2020; 10: 100127. DOI: 10.1016/j.vas.2020.100127.
50. Simonenko E. S., Kupaeva N. V., Simonenko S. V., Manuilov B. M. Study of the functional properties of a fermented milk product based on mare's milk milk. *Food Systems*. 2022; 5 (1): 114–120. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-114-120.
51. Mir N.A., Tyagi P.K., Biswas A.K., Tyagi P.K., Mandal A.B., Kumar F., Sharma D., Biswas A., Verma A. K. Inclusion of flaxseed, broken rice and distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler chicken ration alters the fatty acid profile, oxidative stability and other functional properties of meat. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2018: 1700470. DOI: 10.1002/ejlt.201700470.
52. Javid S. F., Moravej H., Ghaffarzadeh M., Esfahani M. B. Comparison of Zinc Sulfate and Zinc Threonine Based on Zn Bioavailability and Performance of Broiler Chicks. *Biological Trace Element Research*. 2021; 199 (6): 2303–2311. DOI: 10.1007/s12011-020-02354-x.
53. Zhang B., Hao J., Yin H., Duan C., Wang B., Li W. Effects of dietary nicotinic acid supplementation on meat quality, carcass characteristics, lipid metabolism, and tibia parameters of Wulong geese. *Poultry Science*. 2021; 100 (11): 101430. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101430.
54. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Involvement of cholesterol, progesterone, cortisol and lipoproteins in metabolic changes during early ontogenesis of broiler chicks from an industrial cross. *Agricultural Biology*. 2017; 52 (4): 749–756. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.4.749eng.
55. Khasina E. I., Krivonogova A. S. Hypolipidemic effect of zosterin – pectin from sea grass *Zostera*. *Agricultural Biology*. 2010; 45 (6): 71–75. (In Russ.)



56. Kudayeva I. V., Dyakovich O. A., Masnavieva L. B., Dyakovich M. P., Shayakhmetov S. F. Prediction of atherogenicity index values in workers exposed to mercury. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 2017; 10: 34–38. (In Russ.)
57. Olarotimi O. J. Quality parameters, lipids and antioxidant profiles of eggs from hens fed diets with varied inclusions of monosodium glutamate. *Journal of Poultry Research*. 2021; 18 (1): 5–12. DOI: 10.34233/jpr.813355.
58. Alimohammadi Saraei M. H., Seidavi A. R., Dadashbeiki M., Edens F. W. Response of plasma constituents and body measurement in broiler chickens fed fish oil and green tea powder. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 2016; 48 (1): 61–68. DOI: 10.4067/S0301-732X2016000100008.
59. Pornanek P., Phoemchalard C. Feed added curcumin with increased solubility on plasma lipoprotein, meat quality, and fat content in broiler chicks. *Tropical Animal Health and Production*. 2020; 52 (2): 647–652. DOI: 10.1007/s11250-019-02052-4.
60. Tan B. K., Foo H. L., Loh T. C., Norhani A., Zulkifli I. Purification and Characterization of Very Low Density Lipoprotein in Commercial Broiler and Crossbred Village Chickens by Fast Protein Liquid Chromatography. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005; 18 (12): 1780–1785. DOI: 10.5713/ajas.2005.1780.
61. Zhang H. L., Xu Z. Q., Yang L. L., Wang Y. X., Li Y. M., Dong J. Q., Zhang X. Y., Jiang X. Y., Jiang X. F., Li H., Zhang D. X., Zhang H. Genetic parameters for the prediction of abdominal fat traits using blood biochemical parameters in broilers. *British Poultry Science*. 2017; 59 (1): 28–33. DOI: 10.1080/00071668.2017.1379052.
62. Dev K., Begum J., Biswas A., Mir N. A., Singh J., Prakash R., Sonowal J., Bharali K., Tomar S., Kant R., Ahlawat N. Hepatic transcriptome analysis reveals altered lipid metabolism and consequent health indices in chicken supplemented with dietary Bifidobacterium bifidum and mannan-oligosaccharides. *Scientific Reports*. 2021; 11 (1): 17895. DOI: 10.1038/s41598-021-97467-1.
63. Razali N. M., Wah Y. B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2011; 2 (1): 21–33.
64. Wandji Tanguép E. D., Njamen Njomen D. A. Kolmogorov-Smirnov APF Test for Inhomogeneous Poisson Processes with Shift Parameter. *Applied Mathematics*. 2021; 12: 322–335. DOI: 10.4236/am.2021.124023.
65. Corder G. W., Foreman D. I. *Nonparametric statistics: a step-by-step approach*. 2nd edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2014. 288 p.
66. Sherwani R. A. K., Shakeel H., Saleem M., Awan W. B., Aslam M., Farooq M. A new neutrosophic sign test: An application to COVID-19 data. *PLOS One*. 2021; 16 (8): e0255671. DOI: 10.1371/journal.pone.0255671.
67. Arias-Rico J., Cerón-Sandoval M. I., Sandoval-Gallegos E. M., Ramírez-Moreno E., Fernández-Cortés T., Jaimez, J., Lopez, E., Añorve M. J. Evaluation of Consumption of Poultry Products Enriched with Omega-3 Fatty Acids in Anthropometric, Biochemical, and Cardiovascular Parameters. *Journal of Food Quality*. 2018: 9620104. DOI: 10.1155/2018/9620104.

#### **Autors' information:**

**Evgeniy A. Kolesnik**, doctor of biological sciences, professor of the department of physiology, human ecology and medical and biological knowledge, Federal State University of Education, Moscow, Russia;

ORCID 0000-0002-2326-651X, AuthorID 791884. *E-mail: evgeniy251082@mail.ru*

**Marina A. Derkho**, doctor of biological sciences, professor, head of the department of natural sciences of the Institute of Veterinary Medicine, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

ORCID 0000-0003-3818-0556, AuthorID 310613. *E-mail: derkho2010@yandex.ru*

**Maksim B. Rebezov**, doctor of agricultural sciences, candidate of veterinary sciences, professor, leading researcher, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia; professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764. *E-mail: rebezov@ya.ru*

**Natalya V. Mamylyna**, doctor of biological sciences, professor at the department of life safety and medical and biological disciplines, South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia;

ORCID 0000-0002-5880-439X, AuthorID 377131. *E-mail: mamylyna71@mail.ru*