

Ю.К. Петруша<sup>1</sup>, ✉  
С.В. Лебедев<sup>1</sup>,  
Е.В. Шейда<sup>1, 2</sup>,  
Ш.Г. Рахматуллин<sup>1</sup>,  
В.В. Гречкина<sup>1, 3</sup>,  
О.А. Завьялов<sup>1</sup>,  
А.Н. Фролов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Российская Федерация

✉ fncbst@mail.ru

Поступила в редакцию:  
19.05.2022

Одобрена после рецензирования:  
29.08.2022

Принята к публикации:  
29.09.2022

Research article

 creative commons  
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-57-62

Yuri K. Petrusha<sup>1</sup>, ✉  
Svyatoslav V. Lebedev<sup>1</sup>,  
Elena V. Sheida<sup>1, 2</sup>,  
Shamil G. Rakhmatullin<sup>1</sup>,  
Victoria V. Grechkina<sup>1, 3</sup>,  
Oleg A. Zavyalov<sup>1</sup>,  
Alexey N. Frolov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation,

<sup>2</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation,

<sup>3</sup> Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russian Federation,

✉ fncbst@mail.ru

Received by the editorial office:  
19.05.2022

Accepted in revised:  
29.08.2022

Accepted for publication:  
29.09.2022

# Изучение продуктивных качеств и уровня химических элементов в организме цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс при различной нутриентной обеспеченности рациона

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Оценка энергетической ценности кормов и степени их усвояемости важна для промышленности, поскольку позволяет лучше учитывать влияние дополнительных компонентов в составах рационов и рассчитывать ценность этих добавок в различных составах рационов. Это особенно важно в рационах, содержащих повышенное количество неструктурных углеводов, потому что энергетическую эффективность переваривания или ферментации сахаров нельзя напрямую сравнивать с перевариванием и усвоением крахмала, жира или белка.

**Методика.** Объектом исследования являются цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкросс. Контрольная группа содержалась на основном рационе, а в рацион опытных групп дополнительно вводили 10% казеина (протеинов) от сухого вещества рациона, 10% сахара (углеводов) от сухого вещества рациона и 10% подсолнечного масла (жиров) от сухого вещества рациона. Оценка содержания токсичных элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра «Elan 9000» и атомно-эмиссионного спектрометра «Optima 2000 V».

**Результаты.** В финишный период выращивания в опытных группах отмечено повышение переваримости всех компонентов рациона относительно контрольных показателей. При сравнении с контролем уровни переваримости СВ и ОВ в I группе были выше на 6,8% и 7,1%, во II — на 8,5% и 8,4%, в III — на 5,7% и 5,6% соответственно. Коэффициент переваримости сырого протеина был выше в группе, получавшей казеин, относительно контроля данный показатель был выше на 7,3%. Переваримость СЖ была максимальной в III опытной группе и составила 90,23%, что выше чем в контроле, на 26,5% ( $p \leq 0,05$ ). Степень переваримости углеводов оказалась выше в группе, получавшей сахар, относительно контроля на 9,5%.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, белки, жиры, углеводы, казеин, сахароза, живая масса, прирост

**Для цитирования:** Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Шейда Е.В. Рахматуллин Ш.Г., Гречкина В.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н. Изучение продуктивных качеств и уровня химических элементов в организме цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс при различной нутриентной обеспеченности рациона. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 57-62. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-57-62>

© Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Гречкина В.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н.

## Study of the productive qualities and the level of chemical elements in the body of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutrient supply of the diet

### ABSTRACT

**Relevance.** Estimating the energy content of feeds and their digestibility is important to the industry in order to better account for the effects of additives in diet formulations and to calculate the value of these additives in different diet formulations. This is especially important in diets that are high in non-structural carbohydrates because the energy efficiency of digesting or fermenting sugars cannot be directly compared to the digestion and absorption of starch, fat, or protein.

**Methodology.** The object of the study are broiler chickens of the Arbor Acres cross. The control group was kept on the main diet, and the diet of the experimental groups was supplemented with 10% casein (proteins) from the dry matter of the diet, 10% sugar (carbohydrates) from the dry matter of the diet and 10% sunflower oil (fats) from the dry matter of the diet. The content of toxic elements in the resulting ash was assessed using an "Elan 9000" mass spectrometer and an "Optima 2000 V" atomic emission spectrometer.

**Results.** In the final period of cultivation in the experimental groups, an increase in the digestibility of all components of the diet relative to the control indicators was noted. When compared with the control, the level of digestibility of DM and OM in group I was higher by 6.8% and 7.1%, in II — by 8.5% and 8.4%, in III — by 5.7% and 5.6% respectively. The coefficient of digestibility of crude protein was higher in the group treated with casein, compared to the control, this indicator was higher by 7.3%. Digestibility of SF was maximum in the III experimental group and amounted to 90.23%, which is higher than in the control by 26.5% ( $p \leq 0.05$ ). The degree of digestibility of carbohydrates was higher in the group that received sugar, relative to the control by 9.5%.

**Key words:** broiler chickens, proteins, fats, carbohydrates, casein, sucrose, live weight, gain.

**For citation:** Petrusha Yu.K., Lebedev S.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Grechkina V.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N. Study of the productive qualities and the level of chemical elements in the body of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutrient supply of the diet. Agrarian science. 2022; 363 (10): 57-62. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-57-62> (In Russian).

© Petrusha Yu.K., Lebedev S.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Grechkina V.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N.

## Введение / Introduction

Оценка энергетической ценности кормов и степени их усвояемости важна для промышленности, поскольку позволяет лучше учитывать влияние дополнительных компонентов в составах рационов и рассчитывать ценность этих добавок в различных составах рационов. Это особенно важно в рационах, содержащих повышенное количество неструктурных углеводов, потому что энергетическую эффективность переваривания или ферментации сахаров нельзя напрямую сравнивать с перевариванием и усвоением крахмала, жира или белка [1].

Наиболее важным питательным веществом в рационе домашней птицы считается энергия, полученная от отдельных компонентов корма, хотя сама энергия не преобразуется в глюкозу в мясе или яйцах. Большая часть углеводов, содержащихся в зернах злаков, содержится в виде крахмала, который легко усваивается домашней птицей [2]. На них приходится от 60% до 65% метаболизируемой энергии в рационе домашней птицы; они в рационе птицы представлены зерновыми культурами, такими как кукуруза, сорго, пшеница и ячмень. В рационах домашней птицы зерновые являются наиболее приемлемым источником энергии. Физиологические механизмы, с помощью которых домашняя птица реагирует на различные концентрации энергии в рационе, неизвестны, хотя было предложено несколько возможных механизмов [3, 4]. Для увеличения энергии рациона обычно практикуется добавление масла и жира. В ряде исследований предлагается использовать жирные кислоты в рационе для увеличения энергии [5–11]. Очень мало исследований касалось использования сахарозы в кормах [12–19], хотя NRC предлагал вариант рациона птицы с использованием до 15% чистой сахарозы в 1984 году.

Недавним достижением в области технологии кормов и питания животных является разработка сахарного сиропа, промежуточного продукта переработки сахара в качестве энергетического корма для домашней птицы. В исследовании отмечено, что использование данного продукта обеспечивает мгновенную подачу энергии и является лучшей заменой крахмалу и растительному маслу. Он не имеет физических ограничений на включение в рацион и сохраняет связующий эффект, будучи при этом более ароматным и вкусным. Птице нужна глюкоза для формирования мышечной массы, производства яиц и продолжительной яйценоскости. Поэтому глюкоза является жизненно важным питательным веществом в рационе [20].

Рационы для бройлеров обычно состоят из использования стандартизированных или истинных коэффициентов усвояемости аминокислот. Скорость и место переваривания белка в пищеварительном тракте были исследованы у различных видов, включая жвачных животных и людей [21, 22]. Касательно бройлеров появляется все больше данных того, что место и скорость переваривания белка и поглощения аминокислот влияют на мясную продуктивность бройлеров [23–25]. Liu et. al. определили коэффициенты перевариваемости белка и сообщили, что 79% белка переваривается в тонкой кишке [26]. Скорость переваривания белка наряду со статическими коэффициентами перевариваемости в кишечнике может быть использована для дальнейшего повышения продуктивности бройлеров.

Масла и другие жиры обычно используются в рационах домашней птицы для увеличения метаболизируемой энергии, поскольку они дают в 2,3 раза больше калорий, чем углеводы и белки. Увеличение жировых

добавок влияет на эффективность кормов и рентабельность в птицеводстве. Включение масел и жиров в рационы животных увеличивает усвояемость всех питательных веществ [27]. Кроме того, доказано, что включение растительных масел в количестве 6% в рацион птицы повышает эффективность использования корма, выход мяса и уменьшает отложение жира в брюшной полости бройлеров. С другой стороны, Febel et. al. сообщили, что рацион, дополненный маслами, не оказал существенного влияния на рост и продуктивность птицы [28].

Цель исследования: оценить влияние дополнительных добавок — протеинов, углеводов и жиров — на уровень содержания химических элементов в организме цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс и их продуктивные качества.

## Материалы и методы / Materials and method

Комплексные исследования были проведены на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных имени профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (<https://цкп-бст.рф/>).

Объект исследований — цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкросс (ОАО «Птицефабрика Оренбургская», [www.pfo56.ru](http://www.pfo56.ru)).

Работа была выполнена в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (ГОСТ 33044-2014, утвержденный Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1700-ст от 20.11.2014) и The experimental research on animals was conducted according to instructions, recommended by the Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D. C. 1996)». Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

**Схема эксперимента.** По окончании подготовительного периода (7 дней) птиц разделили на четыре группы по 30 голов в каждой. Контрольная группа содержалась на основном рационе. Путем замешивания с комбикормом в рацион I опытной группы дополнительно вводили казеин сверх нормы 10%, II опытной — сахар белый кристаллический, III опытной — подсолнечное масло нерафинированное, первичного холодного отжима, высшего сорта, ТУ 10.41.59-001-95662146-2017. Длительность эксперимента составила 28 дней.

Птица в процессе исследований содержалась в клетках КУН-05 площадью 4050 см<sup>2</sup> (90×45×45 см).

Кормление бройлеров проводилось 1 раз в сутки, учет поедаемости кормов — ежесуточно, нормирование согласно потребности организма в различные возрастные периоды, цыплята-бройлеры всех групп в период эксперимента получали рацион в период 7–10 дней — ПК-0, 11–24 дней — ПК-5, от 25 дней и старше — ПК-6. В рационах использовался промышленный комбикорм ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», который включал пшеницу, кукурузу, шрот соевый, шрот подсолнечный, витаминно-минеральный премикс (микроэлементы — Ca, P, Na, K, Cl, макроэлементы — Fe, Cu, Zn, Mn, J, Se, витамины A, D<sub>3</sub>, E, K<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>–B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, B<sub>9</sub>, H). Микроклимат в помещении соответствовал требованиям ОНТП-4-88. Динамика ростовых показателей оценивалась путем индивидуального взвешивания еженедельно до кормления (±1 г). На основании

результатов взвешиваний рассчитан абсолютный и среднесуточный прирост. Коэффициенты переваримости питательных компонентов корма вычисляли расчетным методом после оценки питательной ценности кормов согласно ГОСТ 51417-99, ГОСТ 13496.15-2016, ГОСТ 26226-95, ГОСТ 26176-2019 и ГОСТ 31675-2012.

Отбор десяти проб грудной мышечной ткани и печени осуществляли на 28 сутки эксперимента согласно ГОСТ 31467-2012 и методическим рекомендациям<sup>1</sup>.

**Элементный статус.** Элементный состав (Al, Cd, Sn, Pb, Hg) проб мышечной ткани и печени был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва. Методика основана на окислительно-кислотной «мокрой» минерализации проб и на последующем анализе на требуемые химические элементы методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием в качестве источника возбуждения высокочастотной индуктивно связанной аргоновой плазмы. При выполнении исследований методами АЭС-ИСП и МС-ИСП озонирование проводилось с использованием микроволновой системы разложения «MD-2000» (США). Оценка содержания химических элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра «Elan 9000» («Perkin Elmer», США) и атомно-эмиссионного спектрометра «Optima 2000 V» («Perkin Elmer», США).

**Статистическая обработка.** Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет «Statistica 10.0», «StatSoft Inc.», США) и «Microsoft Excel». Статистическая обработка включала расчет среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего ( $\pm$ SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по *t*-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на  $p \leq 0,05$ .

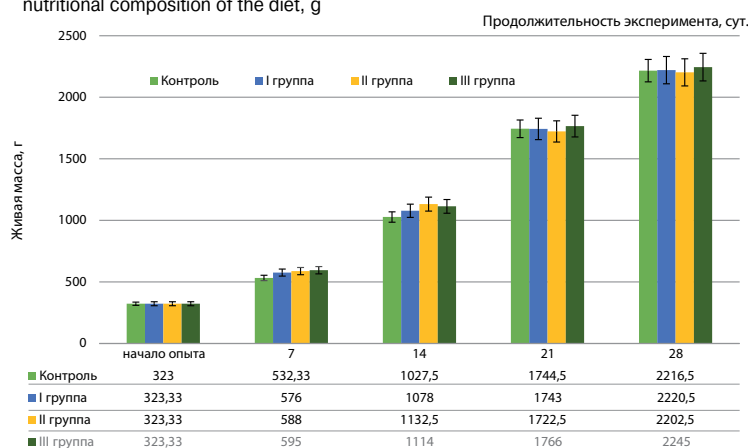
## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Питательная ценность комбикорма для разных возрастных групп в эксперименте представлена в таблице 1.

Скармливание цыплятам рационов, включающих дополнительно 10% протеинов, углеводов и жиров, оказывало различное влияние на формирование живой массы тела у подопытной птицы (рис. 1). Так, в опытах постановочная живая масса молодняка всех групп была практически одинакова и составляла 323,3 г. Спустя 7

**Рисунок 1.** Динамика живой массы цыплят бройлеров кросса Арбор Айкросс в эксперименте, г

**Fig1.** Dynamics of live weight of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutritional composition of the diet, g



дней эксперимента масса цыплят опытных групп относительно контрольной группы была выше. Максимальное увеличение веса было зафиксировано в группе, получавшей подсолнечное масло, живая масса относительно контроля увеличилась на 10,5%. На 14-й день эксперимента живая масса была выше во II группе, получавшей сахар относительно контрольных значений она была выше на 9,3%. В I группе прибавка в весе относительно контроля была на 4,7%, в III группе — на 7,8%. К 21-м суткам экспериментального исследования следует отметить прибавку в весе в большей степени в III группе, затем во II и I, в контрольной группе птица медленнее набирала вес и была меньшей. К 28-м суткам эксперимента (конец учетного периода) максимальное увеличение живой массы цыплят было отмечено в III опытной группе, относительно контроля — на 1,3%. В группе, получавшей сахар масса птицы снизилась на 0,6%, а группе, получавшей казеин, была на одном уровне с контролем.

Прирост живой массы за учетный период (28 дней) относительно контроля был выше в III группе на 1,3%, в I и II группах живая масса птицы отличалась менее чем на 1% от контрольной группы.

Среднесуточный и абсолютный прирост живой массы был выше в группе, получавшей растительный жир, при этом поедаемость кормов была меньше. В группе, получавшей казеин, среднесуточный и абсолютный прирост были незначительно выше, чем в контроле, а при включении сахарозы, напротив, были ниже (табл. 2).

Расход корма на прирост 1 кг живой массы был ниже в I и III группах и составил 1,59 кг/гол. ( $p \leq 0,05$ ) и 1,64 кг/гол., при этом в контроле он составил 1,8 кг/гол.

Установлено, что при кормлении цыплят-бройлеров опытными рационами с дополнительным содержанием протеина и жиров, повышались среднесуточный привес, абсолютный прирост живой массы, потребление сухого вещества и переваримость питательных веществ.

В ростовой период выращивания (11–28-й дней) в I группе отмечено повышение переваримости СВ и СП относительно контроля на 1,2% и 11,7% соответственно, при этом переваримость сырого жира и углеводов была ниже, чем в контроле (табл. 3). При включении в рацион цыплят сахара отмечено повышение переваримости СЖ на 2,8% и СП на 3,1%, переваримость углеводов относительно контроля была ниже на 1,4%.

**Таблица 1. Питательная ценность основного рациона птицы в эксперименте, %**  
**Table 1. Nutritional value of the main diet of poultry in the experiment, %**

Показатели	ПК-0	ПК-5	ПК-6
Сухое вещество (СВ)	89,29	89,29	91,57
Сырая клетчатка (СК)	1,1	1,8	2,3
Сырой жир (СЖ)	3,85	4,76	4,78
Сырой протеин (СП)	23,38	23,00	21,69
Сырая зола (СЗ)	6,1	5,7	6,1

<sup>1</sup> Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: Методические указания. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. — 56 с.

Таблица 2. Показатели поедаемости кормов и привесов цыплят бройлеров кросса Арбор Айкросс при различной нутриентной обеспеченности рациона

Table 2. Indicators of feed consumption and weight gain of broiler chickens of the Arbor Acres cross with different nutritional composition of the diet

Показатели	Контроль	I группа	II группа	III группа
Среднесуточный прирост, г/гол./сут	90,17±6,95	90,34±4,24	89,48±8,09	91,51±4,78
Абсолютный прирост, кг/гол./опыт	1,89±0,15	1,90±0,09**	1,88±0,17*	1,92±0,10**
Поедаемость, кг/гол./опыт	3,41±0,26	3,01±0,14*	3,24±0,29*	3,15±0,16*
Расход корма на прирост 1 кг живой массы, кг/гол.	1,80	1,59*	1,72	1,64

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$ , при сравнении с контролем

Таблица 3. Коэффициенты переваримости питательных компонентов корма, %

Table 3. Coefficients of digestibility of nutritional components of feed, %

Показатели	СВ	ОВ	СЖ	СП	Углеводы
Ростовой рацион					
Контроль	69,81±0,93	71,28±0,88	65,43±1,06	73,96±0,80	70,77±0,90
I группа	71,00±1,23	72,02±1,19	25,81±3,15	85,70±0,61	67,93±1,36
II группа	69,98±1,07	71,19±1,03	68,21±1,14	77,05±0,82	69,38±1,10
III группа	69,86±0,84	71,07±0,81	91,01±0,25*	67,85±0,90	67,17±0,91
Финишный рацион					
Контроль	66,84±2,12	67,73±2,06	63,72±2,32	76,79±1,48	65,10±2,23
I группа	73,61±0,59	74,82±0,56	80,13±0,44	84,04±0,35*	69,29±0,68
II группа	75,30±0,49	76,17±0,47	79,70±0,40	80,32±0,39	74,59±0,50*
III группа	72,50±0,50	73,29±0,49	90,23±0,18*	80,98±0,35	66,03±0,62

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$  при сравнении с контролем

Дополнительное включение растительного жира способствовало достоверному повышению переваримости СЖ на 25,6% ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля.

В финишный период выращивания (22–28-й день эксперимента) в опытных группах отмечено повышение переваримости всех компонентов рациона относительно контрольных показателей. При сравнении с контролем уровни переваримости СВ и ОВ в I группе были выше на 6,8% и 7,1%, во II — на 8,5% и 8,4%, в III — на 5,7% и 5,6% соответственно. Коэффициент переваримости сырого протеина был выше в группе, получавшей казеин, относительно контроля данный показатель был выше на 7,3%. Переваримость СЖ была максимальной в III опытной группе и составила 90,23%, что выше, чем в контроле на 26,5% ( $p \leq 0,05$ ). Степень переваримости углеводов оказалась выше в группе, получавшей сахар, относительно контроля на 9,5%.

При анализе содержания некоторых химических элементов в мышечной ткани и печени цыплят-бройлеров нами были получены следующие данные (рисунок 2 и 3). Интенсивность выведения химических элементов в мышечной ткани была выше в опытных группах. Так, в I группе относительно контроля достоверно снижались уровень кадмия на 31,4% и свинца на 50% ( $p \leq 0,05$ ), при этом химические элементы олово и стронций имели стабильные значения. В I и II опытных группах отмечено достоверное повышение алюминия на 25% ( $p \leq 0,05$ )

относительно контроля (рис. 2). Дополнительное включение сахара способствовало выведению кадмия, свинца и стронция, их уровень был ниже чем в контроле на 31,4% ( $p \leq 0,05$ ), 10%, 20% ( $p \leq 0,05$ ), соответственно. Во II группе отмечено значительное увеличение олова в мышцах цыплят на 62,5% ( $p \leq 0,05$ ) относительно контрольного значения.

Включение в рацион цыплят-бройлеров подсолнечного масла способствовало выведению токсичных элементов и Sr. Так в мышечной ткани относительно данных показателей в контрольной группе отмечено достоверное снижение Al на 50%, Cd на 31,4%, Pb на 60% и Sr на 40% ( $p \leq 0,05$ ).

Уровень большинства химических элементов в печени цыплят-бройлеров при дополнительном включении в рацион белков, углеводов и жиров, был ниже чем в контроле (рис. 3). Так, относительно контрольных значений в I группе снижались Al на 36%, Cd — на 10%, Pb — на 40%, Sr — на 46,2%, во II группе Al — на 16%, Pb — на 40%, Sr — на 38,5%, в III группе Al — на 38%, Sn — на 40%, Sr — на 61,5%, Sn — на 40% ( $p \leq 0,05$ ). Введение сахара в рацион цыплят способствовало накоплению свинца в печени, а дополнительное введение жира — накоплению кадмия, относительно контроля данный элемент был выше на 50% ( $p \leq 0,05$ ).

Согласно техническому регламенту Таможенного союза 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» гигиеническими требованиями безопасности продуктов убоя, предназначенных для производства мясной продукции, предъявлен допустимый уровень содержания токсичных элементов:

Таблица 4. Содержание химических элементов в мышечной ткани цыплят-бройлеров в эксперименте, мкг/г

Table 4. The content of chemical elements in the muscle tissue of broiler chickens in the experiment, mcg/g

Химический элемент	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Al	0,44±0,001	0,55±0,0001*	0,55±0,0002*	0,22±0,0001*
Cd	0,0007±0,001	0,0005±0,001*	0,0005±0,000001*	0,0005±0,000001*
Hg	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002
Pb	0,01±0,0001	0,005±0,0002*	0,009±0,0001	0,004±0,0001*
Sn	0,003±0,0002	0,003±0,0001	0,0083±0,0001*	0,003±0,0006
Sr	0,05±0,0002	0,05±0,0004	0,04±0,0002	0,03±0,0001*

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$ , при сравнении с контролем

Таблица 5. Содержание химических элементов в печени цыплят-бройлеров при различной нутриентной обеспеченности рационов, мкг/г

Table 5. The content of chemical elements in the liver of broiler chickens with different nutritional composition of diets, mcg/g

Химический элемент	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Al	0,5±0,001	0,32±0,002*	0,42±0,002	0,31±0,001*
Cd	0,01±0,0002	0,009±0,0003	0,01±0,0002	0,02±0,0001*
Pb	0,01±0,001	0,006±0,001*	0,006±0,001*	0,01±0,002
Sn	0,005±0,0006	0,005±0,0002	0,006±0,0002	0,003±0,0001*
Sr	0,13±0,003	0,07±0,002*	0,08±0,002*	0,05±0,001*
Hg	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002	0,0036±0,0002

Примечание: \* —  $p \leq 0,05$  при сравнении с контролем



в мясе не более Pb 0,1–0,2 мг/кг, Cd 0,03 мг/кг, Hg 0,01–0,02 мг/кг, в субпродуктах (печени) — не более Pb 0,5 мг/кг, Cd 0,3 мг/кг, Hg 0,1 мг/кг. Полученные в нашем исследовании данные не превышают предельно допустимых концентраций токсичных элементов при производстве мясной продукции.

Результаты усвояемости компонентов рациона не всегда являются показателем роста животных или эффективности корма, и поэтому исследования производительности необходимы для получения общих выводов о ценности дополнительных компонентов в различных типах рациона. В текущем исследовании проводили оценку дополнительного введения белка, углеводов и жира в состав стандартного рациона на продуктивные качества цыплят-бройлеров.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ № 21-16-0009.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Kurantowicz N, Sawosz E, Halik G, Strojny B, Hotowy A, Grodzik M, Piast R, Pasanphan W, Chwalibog A. Toxicity studies of six types of carbon nanoparticles in a chicken-embryo model. *International Journal of Nanomedicine*, 2017 Apr 7;12:2887-2898. doi: 10.2147/IJN.S131960.
- Guo Y, Xu T, Li N, Cheng Q, Qiao D, Zhang B, Zhao S, Huang Q, Lin Q. Supramolecular structure and pasting/digestion behaviors of rice starches following concurrent microwave and heat moisture treatment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019 Aug 15;135:437-444. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.189.
- Ahmadi H. A mathematical function for the description of nutrient-response curve. *PLoS One*, 2017 Nov 21;12(11):e0187292. doi: 10.1371/journal.pone.0187292.
- de Lima MB, da Silva EP, Pereira R, Romano GG, de Freitas LW, Dias CTS, Menten JFM. Estimate of choline nutritional requirements for chicks from 1 to 21 days of age. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2018 Jun;102(3):780-788. doi: 10.1111/jpn.12881.
- Hillmann A, Paebst F, Brehm W, Piehler D, Schubert S, Tárnok A, Burk J. A novel direct co-culture assay analyzed by multicolor flow cytometry reveals context- and cell type-specific immunomodulatory effects of equine mesenchymal stromal cells. *PLoS One*, 2019 Jun 27;14(6):e0218949. doi: 10.1371/journal.pone.0218949.
- Nguyen TM, Agbohossou PS, Nguyen TH, Tran Thi NT, Kestemont P. Immune responses and acute inflammation in common carp *Cyprinus carpio* injected by *E. coli* lipopolysaccharide (LPS) as affected by dietary oils. *Fish & Shellfish Immunology*, 2022 Mar;122:1-12. doi: 10.1016/j.fsi.2022.01.006.
- Shahid MS, Raza T, Wu Y, Hussain Mangi M, Nie W, Yuan J. Comparative Effects of Flaxseed Sources on the Egg ALA Deposition and Hepatic Gene Expression in Hy-Line Brown Hens. *Foods*, 2020 Nov 14;9(11):1663. doi: 10.3390/foods9111663.
- Xiao X, Wang Y, Liu W, Ju T, Zhan X. Effects of different methionine sources on production and reproduction performance, egg quality and serum biochemical indices of broiler breeders. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2017 Jun;30(6):828-833. doi: 10.5713/ajas.16.0404.
- Castellini C, Mattioli S, Moretti E, Cotozzolo E, Perini F, Dal Bosco A, Signorini C, Noto D, Belmonte G, Lasagna E, Brecchia G, Collodel G. Expression of genes and localization of enzymes involved in polyunsaturated fatty acid synthesis in rabbit testis and epididymis. *Scientific Reports*, 2022 Feb 16;12(1):2637. doi: 10.1038/s41598-022-06700-y.
- Cetingul IS, Inal F, Gultepe EE, Uyarlar C, Bayram I. The Effects of Different Dietary Oil Sources on Broiler Chicken Bone Mineralization. *Biological Trace Element Research*, 2022 May;200(5):2321-2328. doi: 10.1007/s12011-021-02833-9.
- Al-Rabadi GJ, Al-Rawashdeh MS, Al-Hijazeen MA, Al-Omari HY. Effects of Sucrose-based High-Lysine Diet on Blood Chemistry, Growth Performance, and Gastrointestinal Morphology of Broiler Chickens During the Growing Stage. *The Journal of Poultry Science*, 2018;55(4):263-268. doi: 10.2141/jpsa.0170206.
- Erlin TJ, Adewole DI. Fruit pomaces—their nutrient and bioactive components, effects on growth and health of poultry species, and possible optimization techniques. *Animal nutrition*, 2022 Mar 9;9:357-377. doi: 10.1016/j.aninu.2021.11.011.
- Stokvis L, Kwakkel RP, Hendriks WH, Kals J. Proteolytic enzyme-treated seaweed co-product (*Ulva lactuca*) inclusion in corn-soybean and European broiler diets to improve digestibility, health, and performance. *The Journal of Poultry Science*, 2022 Jun;101(6):101830. doi: 10.1016/j.psj.2022.101830.
- Röhe I, Zentek J. Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2021 Jun 17;12(1):82. doi: 10.1186/s40104-021-00594-y.
- Nguyen HT, Bedford MR, Wu SB, Morgan NK. Dietary Soluble Non-Starch Polysaccharide Level Influences Performance, Nutrient Utilisation and Disappearance of Non-Starch Polysaccharides in Broiler Chickens. *Animals (Basel)*, 2022 Feb 22;12(5):547. doi: 10.3390/ani12050547.

#### Выводы / Conclusion

Обогащение рационов цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкросс на 10% белковыми, углеводными и жировыми ингредиентами способствовало лучшей поедаемости корма и снижению его расхода на получение 1 кг массы. Так, включение в рацион казеина в количестве 10% способствовало увеличению абсолютного прироста на 0,53%, а жиров — на 1,59% соответственно, при этом расход основного рациона на прирост одного килограмма живой массы уменьшился при добавлении белков на 11,67%, при добавлении углеводов — на 4,44%, при добавлении жиров — на 8,33%. Также нами отмечено снижение уровня токсичных элементов и Sr в грудных мышцах и печени птицы в эксперименте.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

#### FUNDING:

The work was carried out within the framework of RNF № 21-16-0009.

## ОБ АВТОРАХ:

**Юрий Константинович Петруша,**  
младший научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация  
тел. 8-905-887-72-00,  
e-mail: shadow752@yandex.ru, <https://doi.org/0000-0002-8283-2972>.

**Святослав Валерьевич Лебедев,**  
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 89123458738,  
e-mail: lsv74@list.ru,  
<https://doi.org/0000-0001-9485-7010>.

**Шейда Елена Владимировна,**  
кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация; старший научный сотрудник института биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, 13, пр. Победы, Оренбург, 460018, Российская Федерация, тел.: 8-922-862-64-02,  
e-mail: elena-shejjda@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0002-2586-613X>.

**Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович,**  
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 8-922-815-72-25,  
e-mail: shahm2005@rambler.ru, <https://doi.org/0000-0003-0143-9499>.

**Виктория Владимировна Гречкина,**  
кандидат биологических наук, И.о. заведующего лабораторией биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация; доцент кафедры незаразных болезней животных, Оренбургский государственный аграрный университет, 18, ул. Челюскинцев, Оренбург 460000, Российская Федерация, тел. 8-922-877-14-97,  
e-mail: Viktoria1985too@mail.ru, <https://doi.org/0000-0002-1159-0531>.

**Олег Александрович Завьялов,**  
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: oleg-zavyalov83@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-2033-3956>.

**Алексей Николаевич Фролов,**  
доктор биологических наук, И.о. заведующего отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, Оренбург, 460000, Российская Федерация, тел.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: forleh@mail.ru, <https://doi.org/0000-0003-4525-2554>.

## ABOUT THE AUTHORS:

**Yuri Konstantinovich Petrusha,**  
Junior Researcher at the Laboratory of Biological Testing and Expertise, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation,  
tel. 8-905-887-72-00,  
e-mail: shadow752@yandex.ru, <https://doi.org/0000-0002-8283-2972>.

**Svyatoslav Valeryevich Lebedev,**  
Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation, tel.: 89123458738,  
e-mail: lsv74@list.ru,  
<https://doi.org/0000-0001-9485-7010>.

**Sheida Elena Vladimirovna,**  
Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation; Senior Researcher at the Institute of Bioelementology, Orenburg State University, 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation, tel.: 8-922-862-64-02,  
e-mail: elena-shejjda@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0002-2586-613X>.

**Rakhmatullin Shamil Gafiullovich,**  
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation tel.: 8-922-815-72-25,  
e-mail: shahm2005@rambler.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-0143-9499>.

**Victoria Vladimirovna Grechkina,**  
Candidate of Biological Sciences, Acting Head of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences; 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Non-Infectious Animal Diseases, Orenburg State Agrarian University, 18, Chelyuskintsev str., Orenburg, 460000, Russian Federation, tel. 8-922-877-14-97,  
e-mail: Viktoria1985too@mail.ru, <https://doi.org/0000-0002-1159-0531>.

**Oleg Aleksandrovich Zavyalov,**  
Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation tel.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: oleg-zavyalov83@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-2033-3956>.

**Alexey Nikolaevich Frolov,**  
Doctor of Biological Sciences, Acting Head of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, January 9, Orenburg, 460000, Russian Federation tel.: 8 (3532) 30-81-78,  
e-mail: forleh@mail.ru,  
<https://doi.org/0000-0003-4525-2554>.