

Влияние фитовеществ на биохимический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров

Г. К. Дускаев^{1✉}, М. Я. Курилкина¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉E-mail: gduskaev@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – оценка влияния фитовеществ на биохимический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. **Методы исследований:** атомно-эмиссионная спектрометрия, капиллярный электрофорез, газохроматография. **Научная новизна.** Впервые проведена оценка влияния фитовеществ (гамма-окталактона, ванилиновой кислоты) на биохимический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. **Результаты.** Биохимический состав мышечной ткани характеризовался более низким содержанием аминокислот: тирозина (грудные мышцы), лизина, треонина, аланина, лейцина + изолейцина (бедренные мышцы) во II группе ($P \leq 0,05$), и высоким валина и гистидина (грудные мышцы) в I группе ($P \leq 0,05$) в сравнении с контролем. Также установлено увеличение концентрации жирных кислот в грудной мышце ($P \leq 0,05$): миристиновой и арахидиновой (I и II), стеариновой (III), линолевой (II и III); снижением пальмитиновой (III) и пальмитоолеиновой (II и III). В бедренных мышцах установлено увеличение концентрации миристиновой (III группа, $P \leq 0,05$), олеиновой (II группа, $P \leq 0,05$) жирных кислот. У цыплят-бройлеров I группы в грудной мышце снизились ($P \leq 0,05$) концентрации макроэлементов (Ca, P, K, Na) и микроэлементов (B, Fe). Во II группе установлено увеличение ($P \leq 0,05$) Ca, Co, Mn, Zn, в III – Fe ($P \leq 0,05$). В бедренной мышечной ткани I группы снизились ($P \leq 0,05$) концентрации макроэлементов K, Mg и увеличились ($P \leq 0,05$) Na, Ca, B, Cu, Ni, I, Zn. Во II группе увеличилось ($P \leq 0,05$) содержание B, а в III, наоборот, обнаружено снижение ($P \leq 0,05$) Ca и K. Таким образом, использование ванилиновой кислоты в отдельности или в сочетании с гамма-лактоном способствует повышению биологической ценности мышечной ткани цыплят-бройлеров в части увеличения ряда незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот и важных макро- и микроэлементов.

Ключевые слова: фитовещества, ванилиновая кислота, гамма-лактон, мышечная ткань, цыплята-бройлеры.

Для цитирования: Дускаев Г. К., Курилкина М. Я. Влияние фитовеществ на биохимический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров // Аграрный вестник Урала. 2022. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 9–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-229-14-9-20.

Дата поступления статьи: 05.10.2022, **дата рецензирования:** 28.10.2022, **дата принятия:** 15.11.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Фитобиотики, также известные как фитохимические или фитогенные препараты, обладают широким спектром биологической активности и недавно появились в качестве альтернативы синтетическим антибиотикам – стимуляторам роста. Эти соединения также обладают противовоспалительным, антимикробным и другими воздействиями [1, с. 2]. Известно, что фитобиотики (мука из листьев *Persicaria odorata* и *Piper betle*) улучшали морфологию кишечника, положительно модулировали и поддерживали динамику микробиоты слепой кишки с повышенной усвояемостью питательных веществ, тем самым повышая показатели роста [2, с. 5]. Кроме того, фитобиотики способствуют повышению потребления корма и живой массы ($P \leq 0,05$) в

том числе, как предполагается, за счет увеличения ($P \leq 0,05$) высоты ворсинок и соотношения высоты ворсинок и глубины крипт в подвздошной, тощей и двенадцатиперстной кишках [3, с. 4].

Фитобиотические вещества способны избирательно действовать на отдельные штаммы *Salmonella* spp. [4, с. 3]. Смесь фитобиотиков, содержащую тимол, ментол, линалоол, транс-анетол, метилсалицилат, 1,8-цинеол и п-цимол, проявляла антибактериальную активность в отношении данных патогенных штаммов, выделенных у бройлеров. Некоторые исследования выявили потенциальные возможности введения в рацион перца для повышения продуктивности цыплят-бройлеров [5, с. 3; 6, с. 4], так же как и дубильные вещества каштана модулируют метаболизм, поддерживают рост и эф-

фektivность кормления бройлеров [7, с. 4]. Отмечена положительная роль эфирных масел, особенно экстрактов из семейства *Apiaceae*, на продуктивность бройлеров; раскрыты возможные механизмы, влияющие на здоровье кишечника и показатели роста [8, с. 3]. Изохинолиновые алкалоиды (стандартизированная смесь) растительного происхождения в условиях теплового стресса способствуют повышению показателей роста цыплят-бройлеров, что может быть связано с усилением окислительного стресса, катаболизма белков, барьерной функции кишечника [9, с. 3].

При сравнительном действии антибиотика (авиламицин) и трех фитобиотических кормовых добавок подтверждена эффективность последних в поддержании показателей роста и улучшении мясных характеристик бройлеров, зараженных *S. typhimurium* [10, с. 5].

Фитобиотики (мука листьев *Persicaria odorata*) улучшает гематологические показатели и биохимические профили сыворотки цыплят-бройлеров без какого-либо неблагоприятного воздействия на гистоморфологию печени на фоне увеличения показателей роста [11, с. 5].

Отмечено дозозависимое воздействие фитобиотических (галибиотических) добавок в корме [12, с. 3], а также синергетическое взаимодействие с другими веществами. Так, изучено влияние скармливания бензойной кислоты и куркумовой муки по отдельности или в комбинации на фоне рационов из пшенично-соевой муки. Установлено, что они избирательно улучшали показатели роста, изменяли рН и рост кишечника, а также повышали эффективность использования энергии корма [13, с. 4].

Обнаружен положительный синергетический эффект пробиотиков и фитобиотиков на бактериальный состав кишечника и их метаболическую активность у бройлеров [14, с. 4] на фоне инфекции, вызываемой *S. perfringens* [15, с. 4], на показатели роста и гематологические параметры у бройлеров [16, с. 2; 17, с. 5].

Таким образом целью исследований являлось оценка влияния фитовеществ на биохимический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров.

Методология и методы исследования (Methods)

В исследовании были использованы следующие фитохимические вещества: ванилиновая кислота (4-гидрокси-3-метоксибензойная кислота, 97+%, Acros Organics), гамма-лактон (98 %, Acros Organics); цыплята-бройлеры (кросс Арбор Айкрес).

Экспериментальные исследования были проведены на 120 головах 7-дневных цыплят-бройлеров (Арбор Айкрес, 4 группы, $n = 30$). Контрольная группа – основной рацион (ОР); I опытная – гамма-лактон (доза в среднем 0,07 мл/гол/день); II опытная – ванилиновая кислота (доза в

среднем 0,07 мл/гол/день); III опытная – гамма-лактон + ванилиновая кислота (1:1; доза в среднем 0,07 мл/гол/день). Кормление и поение птицы осуществлялось групповым методом согласно рекомендациям ВНИТИП. Кормление цыплят осуществляли согласно потребности организма в различные возрастные периоды с использованием кормов ПК-5 и ПК-6.

Взвешивание каждой особи осуществлялось индивидуально ежедневно утром до кормления.

Декапитация птицы проводилась под нембуталовым эфиром на 42-е сутки эксперимента, определялась масса внутренних органов цыплят-бройлеров.

Лабораторные исследования проводились в условиях центра коллективного пользования научным оборудованием Федерального научного центра биологических систем и агротехнологии РАН.

Макро- и микроэлементный анализ мышечной и печеночной тканей, а также кормов исследовали на масс-спектрометре с индуктивной связанной плазмой Agilent 7900 с системой ВЭЖХ 1260 Infinity II BIO-Inert.

Определение аминокислотного состава биосубстратов – методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105М».

Определение жирно-кислотного состава биосубстратов – методом газовой хроматографии на автоматическом газовом хроматографе «Кристалл-ЛЮКС-4000».

Работа была выполнена в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики в соответствии с Национальным стандартом Российской Федерации (ГОСТ Р 53434-2009). Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных Федерального научного центра биологических систем и агротехнологии РАН.

Статистический анализ проводился с использованием программы SPSS Statistics версии 20 (IBM, США), которая использовалась для вычисления среднего значения (M), ошибки стандартного отклонения (m). При дальнейшем анализе использовался знаковый ранговый тест Уилкоксона, и результаты были признаны значимыми с уровнем 95 % ($P \leq 0,05$).

Результаты (Results)

Аминокислотный состав грудных мышц (рис. 1) характеризовался более низким содержанием тирозина во II группе ($P \leq 0,05$), и высоким – валина и гистидина в I группе ($P \leq 0,05$) в сравнении с контролем.

Аминокислотный состав бедренных мышц (рис. 2) характеризовался более высоким содержанием лизина, треонина, аланина, лейцина + изолейцина в сумме во II группе ($P \leq 0,05$), низким – валина в I группе ($P \leq 0,05$) в сравнении с контролем.

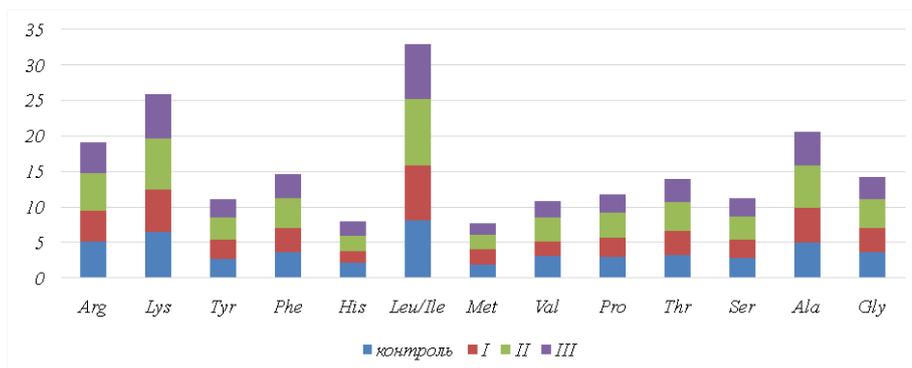


Рис. 1. Результаты аминокислотного состава грудной мышцы цыплят-бройлеров ($n = 5$), %
 Arg – аргинин; Lys – лизин; Tyr – тирозин; Phe – фенилаланин; His – гистидин; Leu/Ile – лейцин + изолейцин (в сумме); Met – метионин; Val – валин; Pro – пролин; Thr – треонин; Ser – серин; Ala – аланин; Gly – глицин

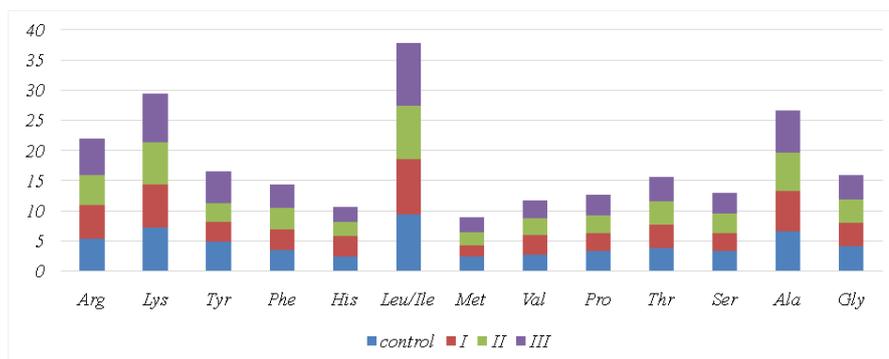


Fig. 1. Amino acid composition of the pectoral muscle of broiler chickens ($n = 5$), %
 Arg – arginine; Lys – lysine; Tyr – tyrosine; Phe – phenylalanine; His – histidine; Leu/Ile – leucine + isoleucine (in aggregate);
 Met – methionine; Val – valine; Pro – proline; Thr – threonine; Ser – serine; Ala – alanine; Gly – glycine

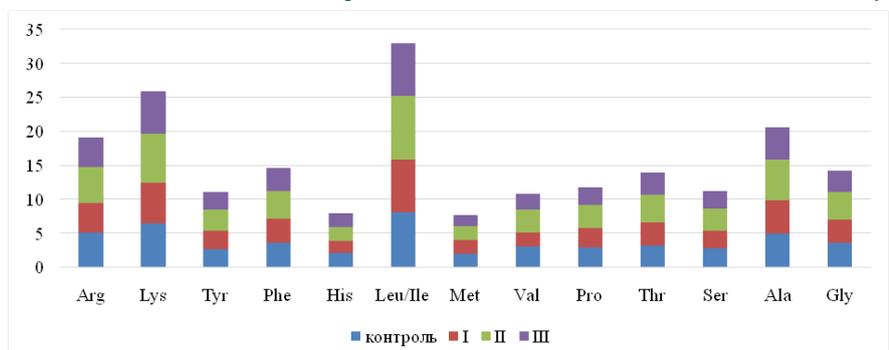


Рис. 2. Результаты аминокислотного состава бедренной мышцы цыплят-бройлеров ($n = 5$), %
 Arg – аргинин; Lys – лизин; Tyr – тирозин; Phe – фенилаланин; His – гистидин; Leu/Ile – лейцин + изолейцин (в сумме); Met – метионин; Val – валин; Pro – пролин; Thr – треонин; Ser – серин; Ala – аланин; Gly – глицин

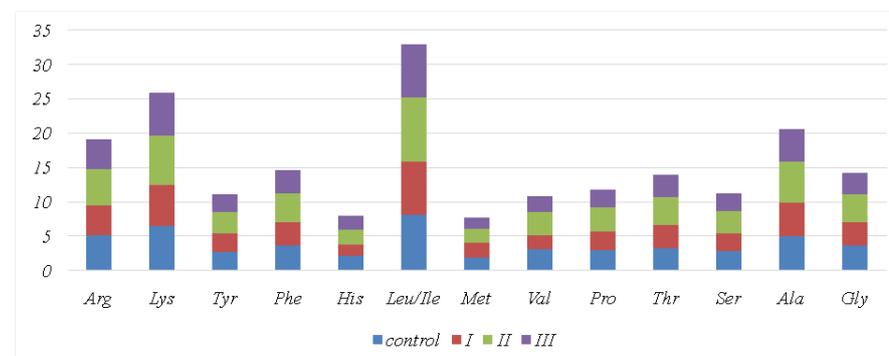


Fig. 2. Amino acid composition of the femoral muscle of broiler chickens ($n = 5$), %
 Arg – arginine; Lys – lysine; Tyr – tyrosine; Phe – phenylalanine; His – histidine; Leu/Ile – leucine + isoleucine (in aggregate);
 Met – methionine; Val – valine; Pro – proline; Thr – threonine; Ser – serine; Ala – alanine; Gly – glycine

Анализ жирнокислотного состава грудных мышц (таблица 1) показывает увеличение ($P \leq 0,05$) концентрации насыщенных: миристиновой в I и II группе, стеариновой в III группе, арахиновой в I и II группах и полиненасыщенной линолевой во II и III группах жирных кислот и снижение ($P \leq 0,05$) насыщенной пальмитиновой в III группе и мононенасыщенной пальмитоолеиновой во II и III группах жирных кислот.

Анализ жирнокислотного состава бедренных мышц (таблица 2) показывает увеличение ($P \leq 0,05$) концентрации, насыщенной миристиновой (III группа), мононенасыщенной олеиновой (II группа) жирных кислот в опытных группах и снижение ($P \leq 0,05$) насыщенных арахиновой (I группа), стеариновой (II и III группы) и мононенасыщенной пальмитоолеиновой (III группа) в сравнении с контролем.

Вес внутренних органов (селезенка и печень) характеризовался более низкими значениями во второй и третьей опытных группах в сравнении с контролем (таблица 3).

Результаты биохимического состава печеночной ткани (таблица 4) показывают, что отдельное использования биологически активных веществ в рационе (I и II группы) цыплят-бройлеров приводит к снижению ($P \leq 0,05$) концентрации макроэлементов кальция и натрия, эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов бора, хрома, никеля и ванадия, токсичных элементов алюминия, свинца, олова и кадмия и увеличению железа ($P \leq 0,05$).

В то же время совместное использование биологически активных веществ в рационе (III группа) цыплят-бройлеров приводит к увеличению ($P \leq 0,05$) кальция и алюминия и снижению ($P \leq 0,05$) железа, натрия, бора, хрома, кадмия.

Таблица 1
Жирнокислотный состав грудной мышцы цыплят-бройлеров ($n = 5$), %

Кислота	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
$C_{13}H_{27}COOH$	$0,2 \pm 0,09$	$0,4 \pm 0,08^*$	$0,5 \pm 0,11^*$	$0,3 \pm 0,17$
$C_{15}H_{31}COOH$	$25,2 \pm 0,18$	$22,8 \pm 0,12$	$21,5 \pm 0,17$	$18,2 \pm 0,13^*$
$C_{15}H_{29}COOH$	$7 \pm 0,11$	$5,8 \pm 0,13$	$3,1 \pm 0,09^*$	$3,8 \pm 0,13^*$
$C_{17}H_{35}COOH$	$7,6 \pm 0,17$	$7,4 \pm 0,23$	$9,3 \pm 0,19$	$10,2 \pm 0,11^*$
$C_{17}H_{33}COOH$	$36,9 \pm 0,14$	$38,1 \pm 0,13$	$34,6 \pm 0,17$	$31,9 \pm 0,14$
$C_{17}H_{31}COOH$	$16,7 \pm 0,13$	$18,3 \pm 0,09$	$24,8 \pm 0,12^*$	$25,1 \pm 0,17^*$
$C_{17}H_{29}COOH$	$6 \pm 0,18$	$5,8 \pm 0,21$	$4,9 \pm 0,27$	$6,9 \pm 0,14$
$C_{19}H_{39}COOH$	$0,4 \pm 0,18$	$0,9 \pm 0,07^*$	$0,8 \pm 0,21^*$	$0,5 \pm 0,13$
$C_{21}H_{43}COOH$	$0,2 \pm 0,11$	$0,5 \pm 0,12^*$	$0,5 \pm 0,17^*$	$0,1 \pm 0,24$

Примечание. $C_{13}H_{27}COOH$ – миристиновая; $C_{15}H_{31}COOH$ – пальмитиновая; $C_{15}H_{29}COOH$ – пальмитолеиновая; $C_{17}H_{35}COOH$ – стеариновая; $C_{17}H_{33}COOH$ – олеиновая; $C_{17}H_{31}COOH$ – линолевая; $C_{17}H_{29}COOH$ – линоленовая; $C_{19}H_{39}COOH$ – арахиновая; $C_{21}H_{43}COOH$ – бегеновая.

* $P \leq 0,05$ в сравнении с контрольной группой.

Table 1
Fatty acid composition of the pectoral muscle of broiler chickens ($n = 5$), %

Acid	Group			
	Control	I experienced	II experienced	III experienced
$C_{13}H_{27}COOH$	0.2 ± 0.09	$0.4 \pm 0.08^*$	$0.5 \pm 0.11^*$	0.3 ± 0.17
$C_{15}H_{31}COOH$	25.2 ± 0.18	22.8 ± 0.12	21.5 ± 0.17	$18.2 \pm 0.13^*$
$C_{15}H_{29}COOH$	7 ± 0.11	5.8 ± 0.13	$3.1 \pm 0.09^*$	$3.8 \pm 0.13^*$
$C_{17}H_{35}COOH$	7.6 ± 0.17	7.4 ± 0.23	9.3 ± 0.19	$10.2 \pm 0.11^*$
$C_{17}H_{33}COOH$	36.9 ± 0.14	38.1 ± 0.13	34.6 ± 0.17	31.9 ± 0.14
$C_{17}H_{31}COOH$	16.7 ± 0.13	18.3 ± 0.09	$24.8 \pm 0.12^*$	$25.1 \pm 0.17^*$
$C_{17}H_{29}COOH$	6 ± 0.18	5.8 ± 0.21	4.9 ± 0.27	6.9 ± 0.14
$C_{19}H_{39}COOH$	0.4 ± 0.18	$0.9 \pm 0.07^*$	$0.8 \pm 0.21^*$	0.5 ± 0.13
$C_{21}H_{43}COOH$	0.2 ± 0.11	$0.5 \pm 0.12^*$	$0.5 \pm 0.17^*$	0.1 ± 0.24

Note. $C_{13}H_{27}COOH$ – myristic; $C_{15}H_{31}COOH$ – palmitic; $C_{15}H_{29}COOH$ – palmitoleic; $C_{17}H_{35}COOH$ – stearic; $C_{17}H_{33}COOH$ – oleic;

$C_{17}H_{31}COOH$ – linoleic; $C_{17}H_{29}COOH$ – linolenic; $C_{19}H_{39}COOH$ – arachin; $C_{21}H_{43}COOH$ – behenic.

* $P \leq 0.05$ compared to the control group.

Таблица 2
Жирнокислотный состав бедренной мышцы цыплят-бройлеров (n = 5), %

Кислота	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
C ₁₃ H ₂₇ COOH	0,3 ± 0,12	0,4 ± 0,17	0,3 ± 0,11	0,5 ± 0,14*
C ₁₅ H ₃₁ COOH	19,3 ± 0,14	18,4 ± 0,18	16,1 ± 0,21	18,3 ± 0,16
C ₁₅ H ₂₉ COOH	0,9 ± 0,21	0,9 ± 0,11	0,9 ± 0,17	0,5 ± 0,11*
C ₁₇ H ₃₅ COOH	16,2 ± 0,12	13,8 ± 0,15	9,3 ± 0,17*	6,6 ± 0,13*
C ₁₇ H ₃₃ COOH	20,1 ± 0,17	21,8 ± 0,14	24,9 ± 0,11*	19,0 ± 0,18
C ₁₇ H ₃₁ COOH	38,8 ± 0,20	35,4 ± 0,18	45,5 ± 0,19	32,5 ± 0,15
C ₁₇ H ₂₉ COOH	4,0 ± 0,14	4,2 ± 0,31	2,6 ± 0,18*	6,1 ± 0,32
C ₁₉ H ₃₉ COOH	0,3 ± 0,11	0,1 ± 0,27*	0,4 ± 0,24	0,3 ± 0,22
C ₂₁ H ₄₃ COOH	0,1 ± 0,11	0,2 ± 0,28*	–	0,5 ± 0,29*

Примечание: C₁₃H₂₇COOH – миристиновая; C₁₅H₃₁COOH – пальмитиновая; C₁₅H₂₉COOH – пальмитолеиновая; C₁₇H₃₅COOH – стеариновая; C₁₇H₃₃COOH – олеиновая; C₁₇H₃₁COOH – линолевая; C₁₇H₂₉COOH – линоленовая; C₁₉H₃₉COOH – арахидиновая; C₂₁H₄₃COOH – бегеновая.

* P ≤ 0,05 в сравнении с контрольной группой.

Table 2
Fatty acid composition of the femoral muscle of broiler chickens (n = 5), %

Acid	Group			
	Control	I experienced	II experienced	III experienced
C ₁₃ H ₂₇ COOH	0.3 ± 0.12	0.4 ± 0.17	0.3 ± 0.11	0.5 ± 0.14*
C ₁₅ H ₃₁ COOH	19.3 ± 0.14	18.4 ± 0.18	16.1 ± 0.21	18.3 ± 0.16
C ₁₅ H ₂₉ COOH	0.9 ± 0.21	0.9 ± 0.11	0.9 ± 0.17	0.5 ± 0.11*
C ₁₇ H ₃₅ COOH	16.2 ± 0.12	13.8 ± 0.15	9.3 ± 0.17*	6.6 ± 0.13*
C ₁₇ H ₃₃ COOH	20.1 ± 0.17	21.8 ± 0.14	24.9 ± 0.11*	19.0 ± 0.18
C ₁₇ H ₃₁ COOH	38.8 ± 0.20	35.4 ± 0.18	45.5 ± 0.19	32.5 ± 0.15
C ₁₇ H ₂₉ COOH	4.0 ± 0.14	4.2 ± 0.31	2.6 ± 0.18*	6.1 ± 0.32
C ₁₉ H ₃₉ COOH	0.3 ± 0.11	0.1 ± 0.27*	0.4 ± 0.24	0.3 ± 0.22
C ₂₁ H ₄₃ COOH	0.1 ± 0.11	0.2 ± 0.28*	–	0.5 ± 0.29*

Note: C₁₃H₂₇COOH – myristic; C₁₅H₃₁COOH – palmitic; C₁₅H₂₉COOH – palmitoleic; C₁₇H₃₅COOH – stearic; C₁₇H₃₃COOH – oleic;

C₁₇H₃₁COOH – linoleic; C₁₇H₂₉COOH – linolenic; C₁₉H₃₉COOH – arachidic; C₂₁H₄₃COOH – behenic.

* P ≤ 0.05 compared to the control group.

Таблица 3
Вес внутренних органов цыплят-бройлеров, г (M ± m, n = 30, опыт в условиях вивария)

Орган	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Селезенка	3,20 ± 0,59	3,02 ± 0,99	2,23 ± 0,32	2,95 ± 0,58
Печень	54,65 ± 6,19	61,40 ± 7,44	52,55 ± 2,36	50,77 ± 2,97

Table 3
Mass of internal organs of broiler chickens, g (M ± m, n = 30, experience in a vivarium)

Internal organ	Group			
	Control	I experienced	II experienced	III experienced
Spleen	3.20 ± 0.59	3.02 ± 0.99	2.23 ± 0.32	2.95 ± 0.58
Liver	54.65 ± 6.19	61.40 ± 7.44	52.55 ± 2.36	50.77 ± 2.97

Результаты биохимического состава грудной мышечной ткани показывают, что отдельное использования биологически активного вещества в рационе (I группа) цыплят-бройлеров приводит к снижению (P ≤ 0,05) концентрации макроэлементов кальция, фосфора, калия, натрия, эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов бора, железа, никеля. Использование ванилиновой кислоты (II группа) приводит к увеличению (P ≤ 0,05) каль-

ция, кобальта, марганца, цинка. В то же время совместное использование биологически активных веществ в рационе (III группа) цыплят-бройлеров приводит к увеличению (P ≤ 0,05) железа и снижению бора (P ≤ 0,05) (таблица 5).

Результаты биохимического состава бедренной мышечной ткани показывают (таблица 6), что отдельное использования биологически активного вещества в рационе (I группа) цыплят-бройлеров при-

водит к снижению ($P \leq 0,05$) концентрации макроэлементов калия и магния и увеличению ($P \leq 0,05$) натрия, кальция, бора, меди, никеля, йода и цинка.

Использование ванилиновой кислоты (II группа) приводит к увеличению бора ($P \leq 0,05$). В то же время совместное использование биологически активных веществ в рационе (III группа) цыплят-бройлеров приводит к увеличению ($P \leq 0,05$) никеля на фоне снижения ($P \leq 0,05$) кальция, калия и кремния (таблица 6).

Биохимический анализ сыворотки крови показал (таблица 7) наличие низких концентраций кальция и фосфора ($P \leq 0,05$) в I опытной группе и более высокие значения железа ($P \leq 0,05$) во II опытной группе в сравнении с контролем.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Использованные в эксперименте вещества оказали разнонаправленное действие на аминокислотный состав мышечных тканей цыплят-бройлеров. В частности, более значительные изменения произошли в бедренных мышцах, во II опытной груп-

пе увеличилось содержание четырех незаменимых аминокислот (лизина, треонина, лейцина + изолейцина в сумме). Отмечалось увеличение ненасыщенных жирных кислот в группах с ванилиновой кислотой (грудная мышца – линолевая кислота) и во второй группе (бедренные мышцы – олеиновая кислота), а также ряда важных макро- и микроэлементов.

В качестве вероятного механизма действия в данном случае можно рассматривать способность фитобиотиков модифицировать морфологию кишечника, изменяя усвояемость и всасывание питательных веществ. Так, фитобиотики и добавки, связывающие токсины, улучшили показатели роста и морфологию кишечника цыплят-бройлеров, подвергшихся заражению. Отмечено, что цыплят-бройлеры, получавшие фитобиотическую добавку в сочетании с токсинсвязывающим веществом, имели большую длину ворсинок и глубину крипт [18, с. 4].

Таблица 4
Элементный состав печени цыплят-бройлеров, мкг/г ($M \pm m$, $n = 30$, опыт в условиях вивария)

Элемент	Группа			
	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Концентрация макроэлементов				
Ca	123,0 ± 21,1	96,7 ± 8,69**	93,5 ± 8,6**	215,4 ± 19,6**
P	3948,1 ± 385,6	3949,5 ± 295,6	3713,2 ± 245,7*	3935,2 ± 295,3
K	3872,1 ± 288,6	4220,2 ± 389,3**	3542,1 ± 285,1	4014,2 ± 386,5
Mg	238,4 ± 22,3	236,2 ± 19,4	230,4 ± 18,7	242,5 ± 18,3
Na	1826,3 ± 178,4	1560,3 ± 148,2*	1616,8 ± 158,2*	1537,4 ± 148,6*
Концентрация важных и условно важных микроэлементов				
As	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,003
B	0,24 ± 0,019	0,13 ± 0,016**	0,17 ± 0,021*	0,14 ± 0,017**
Co	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,001
Cr	0,36 ± 0,043	0,2 ± 0,014*	0,17 ± 0,021**	0,19 ± 0,022*
Cu	5,51 ± 0,49	4,69 ± 0,37	4,55 ± 0,32	5,18 ± 0,48
Fe	352,0 ± 33,1	522,1 ± 49,3**	597,3 ± 56,2**	281,4 ± 19,5*
I	0,36 ± 0,043	0,29 ± 0,04	0,25 ± 0,03	0,3 ± 0,026
Li	0,05 ± 0,008	0,05 ± 0,007	0,06 ± 0,009	0,07 ± 0,002
Mn	3,76 ± 0,35	3,39 ± 0,29	3,9 ± 0,28	3,99 ± 0,35
Ni	0,23 ± 0,022	0,08 ± 0,012**	0,1 ± 0,015**	0,16 ± 0,019
Se	0,89 ± 0,11	0,86 ± 0,103	0,8 ± 0,096	0,73 ± 0,088
Si	6,2 ± 0,52	5,38 ± 0,49*	6,28 ± 0,53	6,04 ± 0,55
V	0,02 ± 0,003	0,01 ± 0,002**	0,01 ± 0,002**	0,02 ± 0,004
Zn	32,5 ± 2,85	30,1 ± 3,4	27,7 ± 1,98	41,4 ± 3,25
Al	2,04 ± 0,12	1,1 ± 0,09**	1,75 ± 0,15	4,68 ± 0,38**
Концентрация токсичных микроэлементов				
Cd	0,05 ± 0,008	0,03 ± 0,005*	0,05 ± 0,008	0,02 ± 0,004**
Hg	0,03 ± 0,005	0,03 ± 0,004	0,04 ± 0,006	0,04 ± 0,005
Pb	0,04 ± 0,007	0,03 ± 0,004	0,02 ± 0,003**	0,04 ± 0,006
Sn	0,03 ± 0,005	0,008 ± 0,002*	0,01 ± 0,002*	0,02 ± 0,003
Sr	0,19 ± 0,023	0,12 ± 0,015	0,13 ± 0,015	0,2 ± 0,014

Примечание. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$ в сравнении с контрольной группой.

Table 4

The elemental composition of the liver of broiler chickens, mcg/g
($M \pm m$, $n = 30$, experience in a vivarium)

Element	Control	I experienced	II experienced	III experienced
Concentration of trace elements				
Ca	123.0 ± 21.1	96.7 ± 8.69**	93.5 ± 8.6**	215.4 ± 19.6**
P	3948.1 ± 385.6	3949.5 ± 295.6	3713.2 ± 245.7*	3935.2 ± 295.3
K	3872.1 ± 288.6	4220.2 ± 389.3**	3542.1 ± 285.1	4014.2 ± 386.5
Mg	238.4 ± 22.3	236.2 ± 19.4	230.4 ± 18.7	242.5 ± 18.3
Na	1826.3 ± 178.4	1560.3 ± 148.2*	1616.8 ± 158.2*	1537.4 ± 148.6*
Concentration of important and conditionally important trace elements				
As	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003
B	0.24 ± 0.019	0.13 ± 0.016**	0.17 ± 0.021*	0.14 ± 0.017**
Co	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.001	0.02 ± 0.001
Cr	0.36 ± 0.043	0.2 ± 0.014*	0.17 ± 0.021**	0.19 ± 0.022*
Cu	5.51 ± 0.49	4.69 ± 0.37	4.55 ± 0.32	5.18 ± 0.48
Fe	352.0 ± 33.1	522.1 ± 49.3**	597.3 ± 56.2**	281.4 ± 19.5*
I	0.36 ± 0.043	0.29 ± 0.04	0.25 ± 0.03	0.3 ± 0.026
Li	0.05 ± 0.008	0.05 ± 0.007	0.06 ± 0.009	0.07 ± 0.002
Mn	3.76 ± 0.35	3.39 ± 0.29	3.9 ± 0.28	3.99 ± 0.35
Ni	0.23 ± 0.022	0.08 ± 0.012**	0.1 ± 0.015**	0.16 ± 0.019
Se	0.89 ± 0.11	0.86 ± 0.103	0.8 ± 0.096	0.73 ± 0.088
Si	6.2 ± 0.52	5.38 ± 0.49*	6.28 ± 0.53	6.03 ± 0.5
V	0.02 ± 0.003	0.01 ± 0.002**	0.01 ± 0.002**	0.02 ± 0.004
Zn	32.5 ± 2.85	30.1 ± 3.4	27.7 ± 1.98	41.4 ± 3.25
Al	2.04 ± 0.12	1.1 ± 0.09**	1.75 ± 0.15	4.68 ± 0.38**
Concentration of toxic trace elements and heavy metals				
Cd	0.05 ± 0.008	0.03 ± 0.005*	0.05 ± 0.008	0.02 ± 0.004**
Hg	0.03 ± 0.005	0.03 ± 0.004	0.04 ± 0.006	0.04 ± 0.005
Pb	0.04 ± 0.007	0.03 ± 0.004	0.02 ± 0.003**	0.04 ± 0.006
Sn	0.03 ± 0.005	0.008 ± 0.002*	0.01 ± 0.002*	0.02 ± 0.003
Sr	0.19 ± 0.023	0.12 ± 0.015	0.13 ± 0.015	0.2 ± 0.014

Note. * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$ compared to the control group.

Фитогенная смесь на основе органических кислот, дубильных веществ, куркумина и эфирных масел в дозе 250 мг/кг снижала насыщенные жирные кислоты и увеличивала ненасыщенные жирные кислоты [19, с. 5], что отмечалось и в наших исследованиях.

Фитобиотический препарат, содержащий масло корицы и лимонную кислоту, положительно влиял на микробиом тонкого кишечника, метаболизм липидов [20, с. 5]. Аналогичный результат наблюдали мы в своих исследованиях.

Также предполагается, что кормовые добавки с фитобиотиками способны улучшать здоровье кишечника за счет снижения общего количества кишечной палочки в слепой кишке [21, с. 5; 22, с. 2], что благоприятно отражается на обмене веществ и отложению ненасыщенных жирных кислот в мышечной ткани.

Известно, что многие фенольные соединения (соединения, использованные в нашем эксперименте. также относятся к данной группе) обладают антимикробными свойствами [23, с. 5]. Механизмы

их антимикробных свойств до конца не выяснены, однако преобладает гипотеза о том, что они делают это путем дестабилизации поверхности микробных клеток и цитоплазматических мембран [24, с. 930].

Полученные в данном эксперименте результаты согласуются с ранее проведенными исследованиями. Так, было отмечено положительное действие фитовеществ и их сочетаний с другими биологически активными добавками на показатели качества мяса бройлеров [25, с. 4].

Кроме того, добавление в рацион цыплят-бройлеров *Boswellia serrata* (2 и 2,5 %), богатой биологически активными компонентами, такими как различные босвеллиевые кислоты, химический состав и питательную ценность получаемого мяса. Был отмечен повышенный уровень Ca в мышцах груди и голени ($P \leq 0,05$) и в печени ($P \leq 0,05$), а также Mg в мышцах голени и печени ($P \leq 0,05$), снижено содержание Cu (в мышцах грудки, голени и печени) ($P \leq 0,05$) [26, с. 300]. В нашем случае увеличение Ca было более высоким во II группе (грудная мышца), уровень Cu не изменился.

Таблица 5
Элементный состав грудной мышцы цыплят-бройлеров, мкг/г
($M \pm m$, $n = 30$, опыт в условиях вивария)

Элемент	Группа			
	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Концентрация макроэлементов				
Ca	68,6 ± 7,65	49,8 ± 3,65**	85,6 ± 7,58*	69,3 ± 5,86
P	3147,2 ± 265,3	2530,1 ± 243,1*	3173,5 ± 289,2	3443,2 ± 256,2
K	6154,2 ± 524,3	4623 ± 356,1*	6440,3 ± 546,2	6477,3 ± 542,3
Mg	395,3 ± 35,2	337,2 ± 33,1	398,2 ± 39,2	451,2 ± 35,6
Na	882,1 ± 78,6	746,2 ± 65,8*	828,3 ± 78,2	926,2 ± 85,2
Концентрация важных и условно важных микроэлементов				
B	0,25 ± 0,031	0,19 ± 0,013*	0,23 ± 0,027	0,14 ± 0,017*
Co	0,002 ± 0,0004	0,002 ± 0,0003	0,009 ± 0,0018*	0,003 ± 0,0007
Cr	0,13 ± 0,015	0,2 ± 0,024	0,27 ± 0,032*	0,14 ± 0,017
Cu	0,53 ± 0,06	0,42 ± 0,05	0,59 ± 0,07	0,49 ± 0,035
Fe	15,2 ± 1,48	10,3 ± 1,11*	17,2 ± 15,2	20,2 ± 1,89*
I	0,15 ± 0,018	0,05 ± 0,007	0,07 ± 0,011	0,1 ± 0,015
Mn	0,27 ± 0,032	0,17 ± 0,02	0,61 ± 0,073*	0,28 ± 0,033
Ni	0,04 ± 0,006	0,01 ± 0,002*	0,01 ± 0,013*	0,03 ± 0,005
Se	0,11 ± 0,013	0,11 ± 0,013	0,11 ± 0,014	0,15 ± 0,018
Si	6,24 ± 0,58	6,31 ± 0,58	6,8 ± 0,59	7,59 ± 0,55
Zn	4,96 ± 0,52	3,35 ± 0,32	9,57 ± 0,85*	5,61 ± 0,63
Al	1,05 ± 0,1	0,82 ± 0,098	0,87 ± 0,11	4,73 ± 0,35**
Концентрация токсичных микроэлементов и тяжелых металлов				
Cd	0,0007 ± 0,0002	0,002 ± 0,0003*	0,0009 ± 0,0003*	0,001 ± 0,0002*
Hg	0,03 ± 0,004	0,03 ± 0,005	0,03 ± 0,004	0,03 ± 0,005
Pb	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,001	0,02 ± 0,003	0,03 ± 0,004
Sn	0,005 ± 0,001	0,002 ± 0,0004**	0,01 ± 0,002	0,009 ± 0,002*
Sr	0,08 ± 0,013	0,05 ± 0,008*	0,09 ± 0,013	0,09 ± 0,013

Примечание. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$ в сравнении с контрольной группой.

Table 5
The elemental composition of the pectoral muscle of broiler chickens, mcg/g
($M \pm m$, $n = 30$, experience in a vivarium)

Element	Control	I experienced	II experienced	III experienced
Concentration of trace elements				
Ca	68.6 ± 7.65	49.8 ± 3.65**	85.6 ± 7.58*	69.3 ± 5.86
P	3147.2 ± 265.3	2530.1 ± 243.1*	3173.5 ± 289.2	3443.2 ± 256.2
K	6154.2 ± 524.3	4623 ± 356.1*	6440.3 ± 546.2	6477.3 ± 542.3
Mg	395.3 ± 35.2	337.2 ± 33.1	398.2 ± 39.2	451.2 ± 35.6
Na	882.1 ± 78.6	746.2 ± 65.8*	828.3 ± 78.2	926.2 ± 85.2
Concentration of important and conditionally important trace elements				
B	0.25 ± 0.031	0.19 ± 0.013*	0.23 ± 0.027	0.14 ± 0.017*
Co	0.002 ± 0.0004	0.002 ± 0.0003	0.009 ± 0.0018*	0.003 ± 0.0007
Cr	0.13 ± 0.015	0.2 ± 0.024	0.27 ± 0.032*	0.14 ± 0.017
Cu	0.53 ± 0.06	0.42 ± 0.05	0.59 ± 0.07	0.49 ± 0.035
Fe	15.2 ± 1.48	10.3 ± 1.11*	17.2 ± 15.2	20.2 ± 1.89*
I	0.15 ± 0.018	0.05 ± 0.007	0.07 ± 0.011	0.1 ± 0.015
Mn	0.27 ± 0.032	0.17 ± 0.02	0.61 ± 0.073*	0.28 ± 0.033
Ni	0.04 ± 0.006	0.01 ± 0.002*	0.01 ± 0.013*	0.03 ± 0.005
Se	0.11 ± 0.013	0.11 ± 0.013	0.11 ± 0.014	0.15 ± 0.018
Si	6.24 ± 0.58	6.31 ± 0.58	6.8 ± 0.59	7.59 ± 0.65
Zn	4.96 ± 0.52	3.35 ± 0.32	9.57 ± 0.85*	5.61 ± 0.42
Al	1.05 ± 0.1	0.82 ± 0.098	0.87 ± 0.11	4.73 ± 0.35**
Concentration of toxic trace elements and heavy metals				
Cd	0.0007 ± 0.0002	0.002 ± 0.0003*	0.0009 ± 0.0003*	0.001 ± 0.0002*
Hg	0.03 ± 0.004	0.03 ± 0.005	0.03 ± 0.004	0.03 ± 0.005
Pb	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.001	0.02 ± 0.003	0.03 ± 0.004
Sn	0.005 ± 0.001	0.002 ± 0.0004**	0.01 ± 0.002	0.009 ± 0.002*
Sr	0.08 ± 0.013	0.05 ± 0.008*	0.09 ± 0.013	0.09 ± 0.013

Note. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$ compared to the control group.

Таблица 6

Элементный состав мышечной ткани бедра цыплят-бройлеров, мкг/г
($M \pm m$, $n = 30$, опыт в условиях вивария)

Элемент	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная
Концентрация макроэлементов				
Ca	66,5 ± 5,89	87,4 ± 7,65**	66,3 ± 5,68	59,7 ± 4,89*
K	6980,2 ± 568,3	6001 ± 586,3*	6106,3 ± 526,3*	6132,2 ± 586,3*
Mg	424,2 ± 39,5	317,4 ± 29,5*	356,2 ± 26,3	421,3 ± 39,2
Na	965,3 ± 85,2	1426,3 ± 139,5*	838,5 ± 78,2	840,2 ± 78,2
Концентрация важных и условно важных микроэлементов				
P	3354,2 ± 296,3	2888,2 ± 245,3	2906,2 ± 198,3	3131,2 ± 286,2
B	0,07 ± 0,011	0,18 ± 0,022*	0,17 ± 0,021*	0,11 ± 0,013
Co	0,002 ± 0,0004	0,003 ± 0,0006	0,003 ± 0,0006	0,002 ± 0,0005
Cr	0,11 ± 0,014	0,14 ± 0,017	0,1 ± 0,015	0,1 ± 0,014
Cu	0,52 ± 0,063	0,78 ± 0,094*	0,49 ± 0,059	0,5 ± 0,06
Fe	11,6 ± 1,05	15,1 ± 1,42	10,2 ± 0,85	8,79 ± 0,75
I	0,09 ± 0,013	0,16 ± 0,02*	0,08 ± 0,012	0,06 ± 0,009
Mn	0,28 ± 0,034	0,39 ± 0,046	0,33 ± 0,04	0,23 ± 0,019
Ni	0,01 ± 0,002	0,05 ± 0,007*	0,01 ± 0,002	0,02 ± 0,003*
Se	0,13 ± 0,016	0,18 ± 0,021	0,14 ± 0,017	0,12 ± 0,015
Si	6,88 ± 0,58	7,19 ± 0,69	6,64 ± 0,58	5,31 ± 0,59*
Zn	8,56 ± 0,75	14,9 ± 1,21*	9,68 ± 0,85	8,26 ± 0,83
Al	0,82 ± 0,099	1,41 ± 0,09**	0,45 ± 0,054	0,65 ± 0,066
Концентрация токсичных микроэлементов и тяжелых металлов				
Cd	0,0005 ± 0,0001	0,003 ± 0,0005**	0,0005 ± 0,0001	0,0006 ± 0,0002
Hg	0,03 ± 0,005	0,03 ± 0,005	0,03 ± 0,005	0,02 ± 0,003
Pb	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,003	0,01 ± 0,002	0,01 ± 0,002
Sn	0,006 ± 0,0013	0,005 ± 0,0009	0,002 ± 0,0004	0,04 ± 0,006
Sr	0,07 ± 0,011	0,13 ± 0,016**	0,08 ± 0,012	0,06 ± 0,009

Примечание. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$ в сравнении с контрольной группой.

Table 6

Elemental composition of thigh muscle tissue of broiler chickens, mcg/g
($M \pm m$, $n = 30$, experience in a vivarium)

Element	Control	I experienced	II experienced	III experienced
Concentration of trace elements				
Ca	66.5 ± 5.89	87.4 ± 7.65**	66.3 ± 5.68	59.7 ± 4.89*
K	6980.2 ± 568.3	6001 ± 586.3*	6106.3 ± 526.3*	6132.2 ± 586.3*
Mg	424.2 ± 39.5	317.4 ± 29.5*	356.2 ± 26.3	421.3 ± 39.2
Na	965.3 ± 85.2	1426.3 ± 139.5*	838.5 ± 78.2	840.2 ± 78.2
Concentration of important and conditionally important trace elements				
P	3354.2 ± 296.3	2888.2 ± 245.3	2906.2 ± 198.3	3131.2 ± 286.2
B	0.07 ± 0.011	0.18 ± 0.022*	0.17 ± 0.021*	0.11 ± 0.013
Co	0.002 ± 0.0004	0.003 ± 0.0006	0.003 ± 0.0006	0.002 ± 0.0005
Cr	0.11 ± 0.014	0.14 ± 0.017	0.1 ± 0.015	0.1 ± 0.014
Cu	0.52 ± 0.063	0.78 ± 0.094*	0.49 ± 0.059	0.5 ± 0.06
Fe	11.6 ± 1.05	15.1 ± 1.42	10.2 ± 0.85	8.79 ± 0.75
I	0.09 ± 0.013	0.16 ± 0.02*	0.08 ± 0.012	0.06 ± 0.009
Mn	0.28 ± 0.034	0.39 ± 0.046	0.33 ± 0.04	0.23 ± 0.019
Ni	0.01 ± 0.002	0.05 ± 0.007*	0.01 ± 0.002	0.02 ± 0.003*
Se	0.13 ± 0.016	0.18 ± 0.021	0.14 ± 0.017	0.12 ± 0.015
Si	6.88 ± 0.58	7.19 ± 0.69	6.64 ± 0.58	5.31 ± 0.48*
Zn	8.56 ± 0.75	14.9 ± 1.21*	9.68 ± 0.85	8.26 ± 0.73
Al	0.82 ± 0.099	1.41 ± 0.09**	0.45 ± 0.054	0.65 ± 0.077
Concentration of toxic trace elements and heavy metals				
Cd	0.0005 ± 0.0001	0.003 ± 0.0005**	0.0005 ± 0.0001	0.0006 ± 0.0002
Hg	0.03 ± 0.005	0.03 ± 0.005	0.03 ± 0.005	0.02 ± 0.003
Pb	0.02 ± 0.003	0.02 ± 0.003	0.01 ± 0.002	0.01 ± 0.002
Sn	0.006 ± 0.0013	0.005 ± 0.0009	0.002 ± 0.0004	0.04 ± 0.006
Sr	0.07 ± 0.01	0.13 ± 0.016**	0.08 ± 0.012	0.06 ± 0.009

Note. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$ compared to the control group.

Таблица 7

Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров ($M \pm m$, $n = 30$, опыт в условиях вивария)

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Кальций, мкмоль/л	3,67 ± 0,08	3,02 ± 0,06*	3,65 ± 0,28	3,63 ± 0,09
Фосфор, ммоль/л	10,86 ± 0,37	3,01 ± 0,39*	7,28 ± 1,19	10,03 ± 0,16
Железо, мкмоль/л	15,67 ± 0,99	26,47 ± 4,94	29,93 ± 2,13*	24,30 ± 3,64

Примечание. * $P \leq 0,05$ в сравнении с контрольной группой.

Table 7

Biochemical blood parameters of broiler chickens ($M \pm m$, $n = 30$, experience in a vivarium)

Indicator	Group			
	Control	I experienced	II experienced	III experienced
Calcium, mmol/l	3.67 ± 0.08	3.02 ± 0.06*	3.65 ± 0.28	3.63 ± 0.09
Phosphorus, mmol/l	10.86 ± 0.37	3.01 ± 0.39*	7.28 ± 1.19	10.03 ± 0.16
Iron, mmol/l	15.67 ± 0.99	26.47 ± 4.94	29.93 ± 2.13*	24.30 ± 3.64

Note. * $P \leq 0.05$ compared to the control group.

Изменение химического состава мышечной ткани наблюдалось и при добавлении семян льна, они способствовали увеличению содержания Ca (грудная мышца и печень), Cu (грудная мышца и желудочек) и Fe (голень и сердце), изменили содержание Fe и Ca в плазме крови цыплят-бройлеров [27, с. 4].

У цыплят-бройлеров, получавших питьевую воду с добавлением натурального эфирного масла лаванды, не изменялись биохимические показатели крови [28, с. 360]. В нашем эксперименте введение вещества в I группе способствовало снижению Ca и P в сыворотке крови. Таким образом, изучение влияния химически чистых веществ, выделенных из лекарственных растений, целесообразнее, чем про-

сто этих растений, так как позволяет учесть более точные изменения химических веществ в организме цыплят-бройлеров.

Выводы: использование ванилиновой кислоты в отдельности или в сочетании с гамма-лактоном способствует увеличению биологической ценности мышечной ткани цыплят-бройлеров в части увеличения ряда незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот и важных макро- и микроэлементов.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в рамках НИР ФНЦ БСТ РАН, проект № 0761-2019-0005.

Библиографический список (References)

1. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity // *Animal Bioscience*. 2021. Vol. 34 (3). Pp. 345–353. DOI: 10.5713/ab.20.0842.
2. Basit M. A., Kadir A. A., Loh T. C. et al. Comparative Efficacy of Selected Phytobiotics with Halquinol and Tetracycline on Gut Morphology, Ileal Digestibility, Cecal Microbiota Composition and Growth Performance in Broiler Chickens // *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10 (11). Article number 2150. DOI: 10.3390/ani10112150.
3. Gilani S. M. H., Rashid Z, Galani S. et al. Growth performance, intestinal histomorphology, gut microflora and ghrelin gene expression analysis of broiler by supplementing natural growth promoters: A nutrigenomics approach // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. Vol. 28 (6). Pp. 3438–3447. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.03.008.
4. Iwiński H., Wódz K., Chodkowska K. et al. In Vitro Evaluation of Antimicrobial Effect of Phytobiotics Mixture on *Salmonella* spp. Isolated from Chicken Broiler [e-resource] // *Antibiotics (Basel)*. 2022. Vol. 11 (7). Article number 868. DOI: 10.3390/antibiotics11070868.
5. Ogbuewu I. P., Okoro V. M., Mbajorgu C. A. Meta-analysis of the influence of phytobiotic (pepper) supplementation in broiler chicken performance // *Tropical Animal Health and Production*. 2020. Vol. 52 (1). Pp. 17–30. DOI: 10.1007/s11250-019-02118-3.
6. Abd El-Hack M. E., El-Saadony M. T., Elbestawy A. R. et al. Hot red pepper powder as a safe alternative to antibiotics in organic poultry feed: an updated review [e-resource] // *Poultry Science*. 2022. Vol. 101 (4). Article number 101684. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101684.
7. Lee A., Dal Pont G. C., Farnell M. B. et al. Supplementing chestnut tannins in the broiler diet mediates a metabolic phenotype of the ceca [e-resource] // *Poultry Science*. 2021. Vol. 100 (1). Pp. 47–54. DOI: 10.1016/j.psj.2020.09.085.
8. Ali U., Naveed S., Qaisrani S. N. et al. Characteristics of Essential Oils of *Apiaceae* Family: Their Chemical Compositions, *in vitro* Properties and Effects on Broiler Production [e-resource] // *Poultry Science*. 2022. Vol. 59 (1). Pp. 16–37. DOI: 10.2141/jpsa.0210042.

9. Kikusato M., Xue G., Pastor A. et al. Effects of plant-derived isoquinoline alkaloids on growth performance and intestinal function of broiler chickens under heat stress // *Poultry Science*. 2021. Vol. 100 (2). Pp. 957–963. DOI: 10.1016/j.psj.2020.11.050.
10. Aljumaah M. R., Suliman G. M., Abdullatif A. A. et al. Effects of phytobiotic feed additives on growth traits, blood biochemistry, and meat characteristics of broiler chickens exposed to *Salmonella typhimurium* // *Poultry Science*. 2020. Vol. 99 (11). Pp. 5744–5751. DOI: 10.1016/j.psj.2020.07.033.
11. Abdul Basit M., Abdul Kadir A., Loh T.C. et al. Effects of Inclusion of Different Doses of *Persicaria odorata* Leaf Meal (POLM) in Broiler Chicken Feed on Biochemical and Haematological Blood Indicators and Liver Histomorphological Changes [e-resource] // *Animal Bioscience*. 2020. Vol. 10 (7). Article number 1209. DOI: 10.3390/ani10071209.
12. Ripon M. M. R., Rashid M. H., Rahman M. M. et al. Dose-dependent response to phytobiotic supplementation in feed on growth, hematology, intestinal pH, and gut bacterial load in broiler chicken [e-resource] // *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 2019. Vol. 6 (2). Pp. 253–259. DOI: 10.5455/javar.2019.f341.
13. Olukosi O. A., Dono N. D. Modification of digesta pH and intestinal morphology with the use of benzoic acid or phytobiotics and the effects on broiler chicken growth performance and energy and nutrient utilization // *Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 92 (9). Pp. 3945–3953. DOI: 10.2527/jas.2013-6368.
14. Ren H., Vahjen W., Dadi T. et al. Effects of Probiotics and Phytobiotics on the Intestinal Microbiota in Young Broiler Chicken // *Microorganisms*. 2019. Vol. 7 (12). Article number 684. DOI: 10.3390/microorganisms7120684.
15. Hussein E. O. S., Ahmed S.H., Abudabos A. M. et al. Effect of Antibiotic, Phytobiotic and Probiotic Supplementation on Growth, Blood Indices and Intestine Health in Broiler Chicks Challenged with *Clostridium perfringens* // *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10 (3). Article number 507. DOI: 10.3390/ani10030507.
16. Ferdous M. F., Arefin M. S., Rahman M. M. et al. Beneficial effects of probiotic and phytobiotic as growth promoter alternative to antibiotic for safe broiler production [e-resource] // *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 2019. Vol. 6 (3). Pp. 409–415. DOI: 10.5455/javar.2019.f361.
17. Duskaev G., Rakhmatullin, S., Kvan O. Effects of bacillus cereus and coumarin on growth performance, blood biochemical parameters, and meat quality in broilers [e-resource] // *Veterinary World*. 2020. Vol. 13 (11). Pp. 2484–2492. DOI: 10.14202/VETWORLD.2020.2484-2492.
18. Tavangar P., Gharahveysi S., Rezaeipour V. et al. Efficacy of phytobiotic and toxin binder feed additives individually or in combination on the growth performance, blood biochemical parameters, intestinal morphology, and microbial population in broiler chickens exposed to aflatoxin B₁ [e-resource] // *Tropical Animal Health and Production*. 2021. Vol. 53 (3). Article number 335. DOI: 10.1007/s11250-021-02778-0.
19. Armanini E. H., Boiago M. M., de Oliveira P. V. et al. Inclusion of a phytogenic bend in broiler diet as a performance enhancer and anti-aflatoxin agent: Impacts on health, performance, and meat quality [e-resource] // *Research in Veterinary Science*. 2021. Vol. 137. Pp. 186–193. DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.05.004.
20. Krauze M., Cendrowska-Pinkosz M., Matusevičius P. et al. The Effect of Administration of a Phytobiotic Containing Cinnamon Oil and Citric Acid on the Metabolism, Immunity, and Growth Performance of Broiler Chickens // *Animals (Basel)*. 2021. Vol. 11 (2). Article number 399. DOI: 10.3390/ani11020399.
21. Erdoğan Z., Erdoğan S., Aslantaş Ö. et al. Effects of dietary supplementation of synbiotics and phytobiotics on performance, caecal coliform population and some oxidant/antioxidant parameters of broilers [e-resource] // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2010. Vol. 94 (5). Article number e40-8. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2009.00973.x.
22. Karimov I., Kondrashova K., Duskaev G. et al. Evaluation of effects of rumen fluid in combination with probiotic preparations and vanillin on the luminescence of a recombinant strain *E. coli* // Paper presented at the E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 143. DOI: 10.1051/e3sconf/202014302034.
23. Rempe, C. S.; Burris, K. P.; Lenaghan, S. C. et al. The potential of systems biology to discover antibacterial mechanisms of plant phenolics [e-resource] // *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. Article number 422. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00422.
24. Pisoschi A. M., Pop A., Georgescu C. et al. An overview of natural antimicrobials role in food // *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2018. Vol. 143. Pp. 922–935. DOI: 10.1016/j.ejmech.2017.11.095.
25. Konkol D., Korzeniowska M., Różański H. et al. The Use of Selenium Yeast and Phytobiotic in Improving the Quality of Broiler Chicken Meat [e-resource] // *Foods*. 2021. Vol. 10 (11). Article number 2558. DOI: 10.3390/foods10112558.
26. Al-Yasiry A. R. M., Kiczorowska B., Samolińska W. Effect of *Boswellia serrata* Resin Supplementation on Basic Chemical and Mineral Element Composition in the Muscles and Liver of Broiler Chickens // *Biological Trace Element Research*. 2017. Vol. 179 (2). Pp. 294–303. DOI: 10.1007/s12011-017-0966-6.
27. Zając M., Kiczorowska B., Samolińska W. et al. Supplementation of Broiler Chicken Feed Mixtures with Micronised Oilseeds and the Effects on Nutrient Contents and Mineral Profiles of Meat and Some Organs, Carcass

Composition Parameters, and Health Status // *Animals* (Basel). 2022. Vol. 12 (13). Article number 1623. DOI: 10.3390/ani12131623.

28. Adaszynska-Skwirzynska M, Szczerbinska D. The effect of lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil as a drinking water supplement on the production performance, blood biochemical parameters, and ileal microflora in broiler chickens // *Poultry Science*. 2019. Vol. 98 (1). Pp. 358–365. DOI: 10.3382/ps/pey385.

Об авторах:

Галимжан Калиханович Дускаев¹, доктор биологических наук, первый заместитель директора, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-9015-8367, AuthorID 316084; +7 922 829-19-76, gduskaev@mail.ru

Марина Яковлевна Курилкина¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0253-7867, AuthorID 623232; +7 951 036-68-88, K_marina4@mail.ru

¹ Федеральное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», Оренбург, Россия

The effect of phytomaterials on the biochemical composition of the muscle tissue of broiler chickens

G. K. Duskaev[✉], M. Ya. Kurilkina¹

¹ Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

[✉]E-mail: gduskaev@mail.ru

Abstract. The aim of the study is to evaluate the effect of phytobiotics on the biochemical composition of the muscle tissue of broiler chickens. **Research methods:** atomic emission spectrometry, capillary electrophoresis, gas chromatography. **Scientific novelty.** The influence of phytomaterials (gamma-octalactone, vanillic acid) on the biochemical composition of the muscle tissue of broiler chickens was evaluated for the first time. Results: biochemical composition of muscle tissue the composition was characterized by a lower content of amino acids: tyrosine (pectoral muscles), lysine, threonine, alanine, leucine + soleucine (femoral muscles) in group II ($P < 0.05$) and a high content of valine and histidine (pectoral muscles) in group I ($P < 0.05$), according to compared to the control. There was also an increase in the concentration of fatty acids in the pectoral muscle ($P < 0.05$): myristic and arachin (I and II), stearic (III), linoleic (II and III) and a decrease in palmitic (III) and palmitoleic (II and III). An increase in the concentration of myristic (III group, $P < 0.05$), oleic (II group, $P < 0.05$) fatty acids was found in the thigh muscles. In group I broiler chickens, the concentration of macronutrients (Ca, P, K, Na) and trace elements (B, Fe) in the pectoral muscle decreased ($P \leq 0.05$). In group II, an increase was found ($P \leq 0.05$) – Ca, Co, Mn, Zn, in group III – Fe ($P \leq 0.05$). In the thigh muscle tissue of group I, the concentrations of macronutrients – K, Mg decreased ($P \leq 0.05$) and increased ($P \leq 0.05$) Na, Ca, B, Cu, Ni, I, Zn. In II, there was an increase in the content of B ($P < 0.05$), and in III, on the contrary, a decrease ($P \leq 0.05$) in Ca and K. Thus, the use of vanillin acid alone or in combination with gamma-lactone contributes to the biological value of the muscle tissue of broiler chickens in terms of increasing the amount of essential amino acids, unsaturated fatty acids and important macro- and microelements.

Keywords: phytomaterials, vanillic acid, gamma lactone, muscle tissue, broiler chickens.

For citation: Duskaev G. K., Kurilkina M. Ya. Vliyanie fitoveshchestv na biokhimicheskiy sostav myshechnoy tkani tsyplyat-broylerov [The effect of phytomaterials on the biochemical composition of the muscle tissue of broiler chickens] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. Special issue “Biology and biotechnologies”. Pp. 9–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-229-14-9-20. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.10.2022, **date of review:** 28.10.2022, **date of acceptance:** 15.11.2022.

Authors' information:

Galimzhan K. Duskaev¹, doctor of biological sciences, first deputy director, leading researcher, ORCID 0000-0002-9015-8367, AuthorID 316084; +7 922 829-19-76, gduskaev@mail.ru

Marina Ya. Kurilkina¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0003-0253-7867, AuthorID 623232; +7 951 036-68-88, K_marina4@mail.ru

¹ Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia