

## ВЛИЯНИЕ СОЭКСТРУЗИИ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ И КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ НА СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ\*

Татьяна Николаевна Холодилина<sup>1,2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

Ксения Сергеевна Нечитайло<sup>1,2</sup>, кандидат биологических наук

Анна Анатольевна Мелех<sup>1</sup>, магистрант

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия

E-mail: k.nechit@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследований влияния экструдированных пшеничных отрубей и карбоната кальция на аминокислотный и жирнокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. Установлено, что комбинация экструдированных отрубей с 10 и 15% карбонатом кальция приводит к увеличению насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот на фоне изменения аминокислотного профиля, в частности снижения содержания незаменимых аминокислот. Схожие показатели выявлены при введении экструдированных отрубей с карбонатом кальция (25%). Оптимальная дозировка добавления карбоната кальция в часть экструдированных отрубей – 20% (группа Ca3).

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, кальций, экструдирование, отруби, аминокислоты, жирнокислотный состав, биологическая ценность, аминокислотный состав, мышечная ткань

## INFLUENCE OF WHEAT BRAN AND CALCIUM CARBONATE COEXTRUSION ON THE COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE OF BROILER CHICKENS

T.N. Kholodilina<sup>1,2</sup>, PhD in Agricultural Sciences

K.S. Nechitailo<sup>1,2</sup>, PhD in Biological Sciences

A.A. Melekh<sup>1</sup>, Master Student

<sup>1</sup> Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orenburg State University», Orenburg, Russia

E-mail: k.nechit@mail.ru

**Abstract.** The results of research on the effect of extruded wheat bran and calcium carbonate on amino acid and fatty acid composition of muscle tissue of broiler chickens are presented. It was found that the combination of extruded bran with 10 and 15% calcium carbonate led to an increase in saturated fatty acids and monounsaturated fatty acids against the background of changes in the amino acid profile, in particular, a decrease in the content of essential amino acids. Similar changes were revealed at introduction of extruded bran with calcium carbonate at a dosage of 25%. At the same time, according to the revealed effects, the optimal dosage of calcium carbonate introduction into a part of extruded bran is 20%, Ca3 group.

**Keywords:** broiler chickens, calcium, extruding, bran, amino acids, fatty acid composition, biological value, amino acid composition, muscle tissue

Высокопродуктивным кроссам цыплят-бройлеров необходим рацион, нормированный по содержанию питательных нутриентов, а также макро- и микроэлементов. Пшеница (*Triticum spp.*) – пищевой источник крахмала, клетчатки, минералов, витаминов и фитохимических веществ, таких как фенольные соединения (фенольные кислоты, флавоноиды и алкилрезорцины), фитостеролы и сфинголипиды, большая часть которых сосредоточена во внешних слоях зерна. [8, 20] В рацион сельскохозяйственной птицы чаще включают пшеничные отруби, однако из-за высокого содержания клетчатки их применение ограничено. В них содержится от 10 до 15% протеина и 9...13% клетчатки. Для молодняка птицы ввод отрубей регламентирован – 5...6% (до 10%). [2]

Мясо цыплят-бройлеров пользуется повышенным спросом во всем мире из-за низкого содержания жира и холестерина, а также доступной стоимости. [14]

Качество мяса, на которое влияет множество факторов (генетика, возраст, убойная масса тела и условия окружающей среды) определяет рыночное признание товара потребителями. [3, 13, 19] Химический состав рациона, скармливаемого животным с однокамерным желудком, влияет на пищевую ценность мяса. Целесообразно изучить действие карбоната кальция в комплексе с экструдированными отрубями на качество мышечной ткани цыплят-бройлеров.

Цель работы – оценка аминокислотного и жирнокислотного состава мышечной ткани цыплят-бройлеров при введении в рацион экструдированных пшеничных отрубей и карбоната кальция.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – цыплята-бройлеры кросса Арбор-Айкрес (Авиаген). Экспериментальные ис-

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда проект № 23-16-00165 / The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation project No. 23-16-00165.

следования выполнены на базе вивария ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии». Сформированы контрольная и четыре опытные группы (n=30). Начиная с 21 сут. в рационе цыплят заменяли 10% (100 г/кг рациона) зерна пшеницы на экструдат, состоящий из пшеничных отрубей и карбоната кальция –10% (Ca1), 15 (Ca2), 20 (Ca3) и 25% (Ca4). В контрольной группе – основной рацион (ОР).

Животные выращены по инструкциям и рекомендациям российских нормативных актов и «Guide for the Carre and Use of Laboratory Animals». Соблюдали меры, чтобы уменьшить количество исследованных опытных образцов и свести к минимуму страдания животных.

Метод экструзионной обработки был схож с описанным в ранее проведенных исследованиях. [4]

Анализ аминокислотного профиля проводили с использованием системы капиллярного электрофореза Капель 105/105М (ООО «Люмэкс-Маркетинг», Россия), нормальности распределения данных – по критерию согласия Колмогорова-Смирнова. Содержание жирных кислот определяли на газовом хроматографе Кристалл 2000М с ПИД и капиллярной колонкой ZB-WAX 60м x 0,32мм x 0,5.

Экспериментальные данные статистически обрабатывали с помощью программного пакета Statistica 12 и Microsoft Excel. Анализ нормальности распределения данных проводили по критерию согласия Колмогорова-Смирнова. Статистическую значимость оценивали с применением параметрического t-критерия Стьюдента независимых групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Совместная экструзия карбоната кальция (концентрация – 10...25%) с отрубями привела к выраженным изменениям химического состава и показателей биологической ценности мышечной ткани цыплят-бройлеров. При комбинации экструдированных отрубей с 10% карбонатом кальция (Ca1) сухое вещество увеличилось на 3,9 (P<0,05), протеин – 10,95% (P<0,001), по сравнению с контрольной группой (табл. 1). В группе Ca2, при введении 15% карбоната, наблюдали увеличение в теле сухого вещества на 1,3% (P<0,001), протеина – 9,45 (P<0,001), золы – 13,64% (P<0,05). С возрастанием концентрации до 20% (Ca3) происходило снижение жира на 6,54 (P<0,01), сухого вещества – 1,62 при увеличении протеина на 5,97, золы – 22,7% (P<0,05). В группе Ca4 выросло количество сухого вещества на 6,17 и жира – 10,28% (P<0,01).

В группах Ca1 и Ca2 содержание протеина увеличилось на 13,36 и 6,79%, жира – 27,9 и 27,3% соответственно, по сравнению с контролем, Ca3 и Ca4 – снизилось сухое вещество в мышечной ткани из-за уменьшения протеина и золы (рис. 1).

Аминокислотный профиль мышечной ткани представлен в таблицах 2 и 3. Введение в рацион бройлеров карбоната кальция в концентрации 10% (Ca1) снижает содержание незаменимых аминокислот, в частности суммы лейцина и изолейцина на 10,89% (P<0,01), метионина – 9,92 (P<0,01), валина – 14,98 (P<0,001), треонина – 12,07% (P<0,001). Аналогичные изменения были в группе Ca2, по отношению к контролю наблю-

Таблица 1.

Содержание химических веществ в теле бройлеров, %

Группа	Вода	Сухое вещество	Протеин	Жир	Зола
Контроль	69,2 ± 0,01	30,8 ± 0,01	20,1 ± 0,01	10,7 ± 0,00	2,2 ± 0,00
Ca1	68,0 ± 0,38 <sup>c</sup>	32,0 ± 0,38 <sup>c</sup>	22,3 ± 0,09 <sup>a</sup>	11,3 ± 0,33	2,4 ± 0,06
Ca2	68,0 ± 0,77	31,2 ± 0,01 <sup>a</sup>	22,0 ± 0,08 <sup>a</sup>	11,3 ± 0,30	2,5 ± 0,03 <sup>b</sup>
Ca3	69,7 ± 0,05 <sup>c</sup>	30,3 ± 0,05 <sup>c</sup>	21,3 ± 0,15 <sup>c</sup>	10,0 ± 0,14 <sup>b</sup>	2,7 ± 0,04 <sup>c</sup>
Ca4	67,3 ± 0,55 <sup>b</sup>	32,7 ± 0,55 <sup>b</sup>	21,3 ± 0,81	11,8 ± 0,30 <sup>b</sup>	2,8 ± 0,25

Примечание. <sup>c</sup> – P<0,05; <sup>b</sup> – P<0,01; <sup>a</sup> – P<0,001 при сравнении контрольной и опытных групп. То же в табл. 2–4.

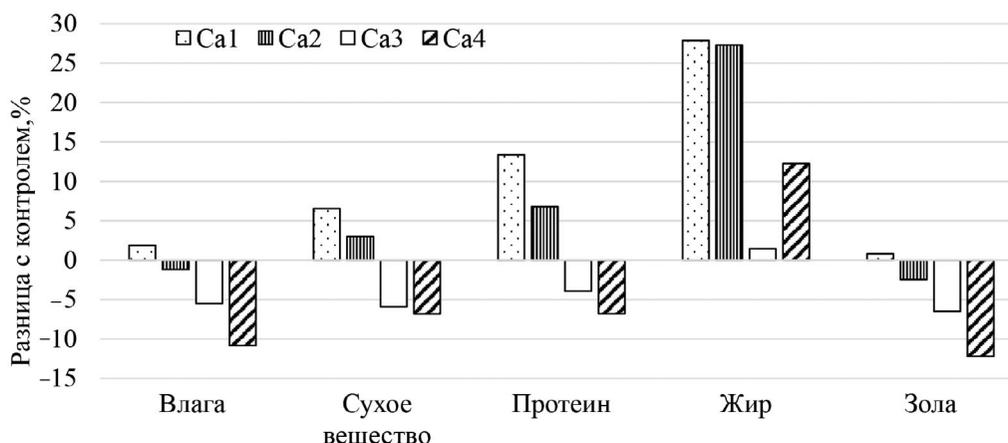


Рис. 1. Диаграмма разницы значений опытных и контрольной групп по содержанию химических веществ в мышечной ткани цыплят-бройлеров.

дали снижение лейцина и изолейцина на 2,82%, метионина – 9,1, лизина – 3,92 (P<0,001), треонина – 1,47 (P<0,05) с одновременным увеличением валина на 1,73% (P<0,001).

Введение карбоната кальция в концентрации 20% (Ca3) сопровождалось изменением профиля незаменимых аминокислот: снижение метионина на 1,28% (P<0,05), увеличение суммы лейцина и изолейцина – 8,74 (P<0,05), фенилаланина и треонина – 9,4 и 9,94% (P<0,001) соответственно.

Дальнейшее добавление карбоната кальция до 25% (Ca4) угнетало состав незаменимых аминокислот, что выражалось снижением метионина на 4,78 (P<0,001), треонина – 4,86% (P<0,05) с тенденцией к уменьшению лейцина и изолейцина, валина, лизина.

В группе Ca1 снизилось содержание гистидина на 12,94% (P<0,01), аргинина – 8,99 (P<0,01), пролина – 9,54 (P<0,001), тирозина – 10,95, серина – 12,72, аланина – 13,5 (P<0,001), глицина – 7,99 (P<0,05), по сравнению с контролем. В группе Ca2 наблюдали увеличение аргинина на 6,37% (P<0,05), снижение тирозина – 3,52 (P<0,05) и аланина – 4,94% (P<0,001). Введение карбоната кальция в концентрации 20% (Ca3) приводило к увеличению пролина на 11,01% (P<0,01), аланина – 8,57 (P<0,01), глицина – 11,62% (P<0,01). В группе Ca4 было отмечено снижение пролина на 5,54% (P<0,05), тирозина – 2,74 (P<0,01), серина – 2,05 (P<0,05), аланина – 4,6 (P<0,05) и глицина – 5,54% (P<0,001) относительно контроля.

В ходе анализа жирнокислотного профиля мышечной ткани выявлено увеличение доли насыщенных жирных кислот в группах Ca1, Ca3 и Ca4 на 3,1, 2,6 и 2,7% соответственно, по сравнению с контролем (рис. 2). В отношении ненасыщенных жирных кислот незначительно увеличилась доля в группе Ca2 на 1,3%, но снизилась в остальных на 1,5...2,0%.

При более детальном рассмотрении установлено, что введение карбоната кальция (10...25%) изменяло жирнокислотный профиль мышечной ткани (табл. 4). Среди насыщенных жирных кислот увеличивалось содержание пальмитиновой кислоты на 43,72% (P<0,001) в группе Ca1, 30,67 (P<0,01) – Ca2 и 26,58% – Ca3 (P<0,05), по отношению к контролю. Количество стеариновой кислоты повысилось на 35,0 (Ca1) и 22,4% (Ca2) (P<0,01).

Среди мононенасыщенных жирных кислот установлен рост содержания пальмитолеиновой в группах Ca1 на 55,93% (P<0,001), Ca2 – 49,68 (P<0,001) и Ca4 – 27,63% (P<0,05), Ca3 – снижение на 14,39% (P<0,05) относительно контроля.

Жирнокислотный профиль полиненасыщенных жирных кислот характеризовался увеличением количества омега-6-ненасыщенной кислоты (линолевая) в группе Ca2 на 21,11% (P<0,01). Линоленовая кислота (омега-3-ненасыщенная) была увеличена в 2,3 раза (Ca1) и на 74,4% – Ca3 (P<0,001). В группе Ca2 изменение составило 34,2% (P<0,001). Олеиновая кислота выросла практически во всех опытных группах: Ca1 – 30,78% (P<0,01), Ca2 – 36,01 (P<0,001), Ca4 – 25,52% (P<0,05).

Таким образом, внесение в экструдированные отруби карбоната кальция (10...25%) влияет на белковый и жировой состав мышечной ткани, о чем свидетельствует изменение аминок- и жирнокислотного профилей.

Повышенное внимание уделяется функциональной роли и характеристикам продуктов питания для улучшения здоровья потребителей и предотвращения заболеваний, связанных с нутриентной обеспеченностью. [1] В исследовании анализировали аминок- и жирнокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров при введении в рацион экструдированных

Таблица 2.

**Аминокислотный профиль (незаменимые) мышечной ткани цыплят-бройлеров под действием исследуемых факторов, г/100 г белка\***

Группа	Лейцин + изолейцин	Метионин	Валин	Лизин	Фенилаланин	Треонин	Σ незаменимых аминокислот
ОР	31,94 ± 0,261	8,57 ± 0,209	7,68 ± 0,157	24,26 ± 0,209	11,82 ± 0,026	13,59 ± 0,314	98,09 ± 0,758
Ca1	28,46 ± 1,296 <sup>b</sup>	7,72 ± 0,467 <sup>b</sup>	6,53 ± 0,156 <sup>a</sup>	22,94 ± 0,467	10,50 ± 0,481	11,95 ± 0,026 <sup>a</sup>	86,11 ± 1,659
Ca2	31,04 ± 0,320 <sup>a</sup>	7,79 ± 0,213 <sup>a</sup>	7,813 ± 0,08 <sup>a</sup>	23,31 ± 0,320 <sup>a</sup>	11,57 ± 0,053	13,39 ± 0,053 <sup>a</sup>	94,91 ± 0,453
Ca3	34,73 ± 0,793 <sup>c</sup>	8,46 ± 0,056 <sup>a</sup>	8,04 ± 0,476	26,28 ± 1,569	12,94 ± 0,784 <sup>a</sup>	14,90 ± 0,168 <sup>c</sup>	105,35 ± 4,846
Ca4	30,94 ± 0,386	8,16 ± 0,055 <sup>a</sup>	7,58 ± 0,138	23,19 ± 0,248	11,58 ± 0,055	12,93 ± 0,083 <sup>c</sup>	94,25 ± 0,152

Примечание. \*Расчеты приведены на натуральное вещество.

Таблица 3.

**Аминокислотный профиль (заменимые) мышечной ткани цыплят-бройлеров под действием исследуемых факторов, г/100 г белка**

Группа	Гистидин	Аргинин	Пролин	Тирозин	Серин	Аланин	Глицин	Σ заменимых аминокислот
ОР	7,11 ± 0,418	19,45 ± 1,150	12,26 ± 0,183	15,34 ± 0,288	10,22 ± 0,183	23,68 ± 0,261	16,26 ± 0,052	104,31 ± 0,235
Ca1	6,19 ± 0,752 <sup>b</sup>	17,70 ± 0,441 <sup>c</sup>	11,09 ± 0,207 <sup>c</sup>	13,66 ± 0,181 <sup>c</sup>	8,92 ± 0,207 <sup>c</sup>	20,48 ± 0,363 <sup>c</sup>	14,96 ± 0,441 <sup>a</sup>	93,00 ± 1,089
Ca2	7,04 ± 0,001	20,69 ± 0,053 <sup>b</sup>	12,56 ± 0,240	14,80 ± 0,293 <sup>b</sup>	10,13 ± 0,213 <sup>a</sup>	22,51 ± 0,107 <sup>c</sup>	16,51 ± 0,027	104,24 ± 0,347
Ca3	7,51 ± 0,224	23,53 ± 1,120	13,61 ± 0,280 <sup>b</sup>	15,91 ± 0,728	11,34 ± 0,701	25,71 ± 0,112 <sup>b</sup>	18,15 ± 0,224 <sup>b</sup>	115,77 ± 1,148
Ca4	7,28 ± 0,441	18,37 ± 0,165	11,58 ± 0,001 <sup>c</sup>	14,92 ± 0,083 <sup>b</sup>	10,01 ± 0,138 <sup>c</sup>	22,59 ± 0,083 <sup>c</sup>	15,36 ± 0,193 <sup>a</sup>	96,50 ± 3,668

Примечание. Гистидин и аргинин как условно-незаменимые аминокислоты.

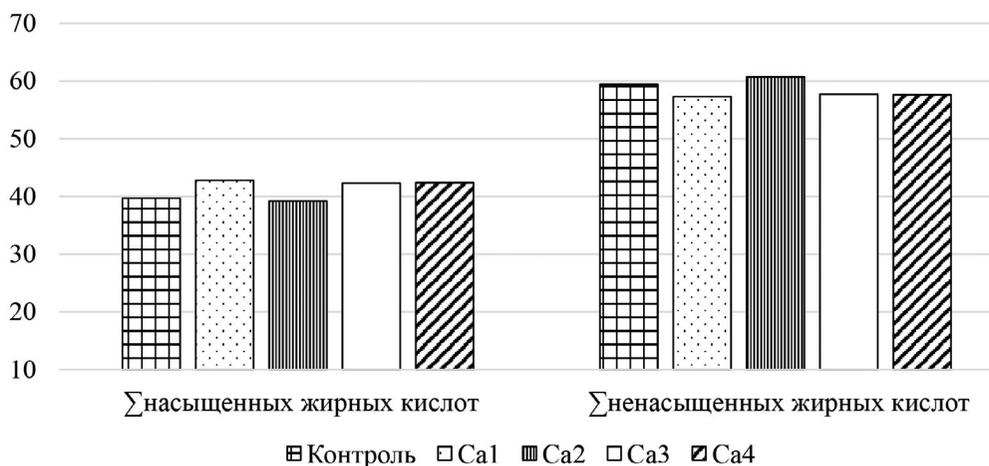


Рис. 2. Пропорции жирных кислот в общем пуле внутримышечного жира цыплят-бройлеров, %.

Содержание отдельных жирных кислот во внутримышечном жире цыплят-бройлеров, г/100 г

Таблица 4.

Жирная кислота	ОР	Ca1	Ca2	Ca3	Ca4
C16:0 пальмитиновая	4,846 ± 0,137	6,964 ± 0,449 <sup>a</sup>	6,332 ± 0,375 <sup>b</sup>	5,226 ± 0,390	6,134 ± 0,551 <sup>c</sup>
C16:1 пальмитолеиновая	0,461 ± 0,013	0,720 ± 0,046 <sup>a</sup>	0,691 ± 0,041 <sup>a</sup>	0,395 ± 0,029 <sup>c</sup>	0,589 ± 0,053 <sup>c</sup>
C18:0 стеариновая	2,201 ± 0,062	2,971 ± 0,192 <sup>b</sup>	2,694 ± 0,160 <sup>b</sup>	2,370 ± 0,177	2,478 ± 0,222
C18:1 олеиновая	5,857 ± 0,166	7,660 ± 0,494 <sup>b</sup>	7,967 ± 0,472 <sup>a</sup>	5,782 ± 0,431	7,352 ± 0,660 <sup>c</sup>
C18:2 линолевая	4,278 ± 0,121	4,689 ± 0,302	5,181 ± 0,307 <sup>b</sup>	4,005 ± 0,299	3,656 ± 0,328
C18:3 линоленовая	0,103 ± 0,007	0,232 ± 0,015 <sup>a</sup>	0,138 ± 0,008 <sup>a</sup>	0,180 ± 0,013 <sup>a</sup>	0,102 ± 0,009

пшеничных отрубей и карбоната кальция. Пшеничные отруби состоят из внешней цветочной и семенной оболочек, алейронового слоя и зернового зародыша. Их используют для увеличения доли клетчатки, в составе которой выделяют углеводные полимеры (целлюлоза, арабиноксилан). [9] Из-за прочных связей с другими компонентами отрубей и высокой молекулярной массы они устойчивы к воздействию эндогенных ферментов в тонком кишечнике, в толстом наблюдается частичная ферментация клетчатки. При экструзии происходят структурные изменения и физико-химическая модификация (декстринизация крахмала, денатурация белков, окисление липидов). [21] Экструзия выступает эффективной стратегией для модификации и солюбилизации клетчатки, открывая алейроновые клетки, разлагая фитат и увеличивая содержание экстрагируемого водой арабиноксилана и β-глюкана. [5, 21] Сложноэфирные связи между фенольными соединениями и другими клеточными компонентами частично гидролизуются, указывая на высокий антиоксидантный потенциал. [17]

В нашем исследовании цыплят-бройлеров кормили пшенично-кукурузным комбикормом. Концентрация фитиновой кислоты в пшеничных отрубях – 2,0...5,3%. Высокое ее количество ограничивает доступность фосфора. [7, 16] У птицы отсутствует значительное количество эндогенной фитазы (фермент, необходимый для расщепления фитата и высвобождения связанного с ним фосфора). Экструзионная обработка снижает уровень фитина, что впоследствии делает фосфор более доступным для цыплят. [22] Это может нарушить соотношение с ним кальция, поставить под угрозу продуктивность бройлеров. Ввод дополнительного карбо-

ната кальция способствовал нивелированию данного эффекта.

Фитат несет сильный отрицательный заряд и имеет большое сродство с некоторыми двухвалентными катионами. При увеличении кальция в рационе, Ca<sup>2+</sup> как доминирующий катион, соответственно вступая в хелатное взаимодействие с фитатом, будет образовывать Са-фитатные комплексы. Их формирование снижает биодоступность как Са, так и Р. Карбонат кальция – наиболее распространенный источник Са в рационе птицы, а благодаря своей высокой кислотосвязывающей способности повышает рН желудочно-кишечного тракта, что благоприятствует образованию комплексов Са-фитат и фитат-Са-протеин, приводит к снижению переваримости Р и аминокислот. [7] Установлено, что экструзионная обработка способствует распаду фитатов и снижению их содержания в пшеничных отрубях. [12] Мы ввели комплекс экстрадированных отрубей и карбоната кальция. Изменение amino- и жирнокислотного профилей связаны с пищеварительными процессами (снижение Са-фитатных комплексов, нивелирование дисбаланса Са/Р взаимоотношений).

Рассматривая механизмы гомеостаза кальция и то, что солюбилизация Са в желудочно-кишечном тракте зависит от рН, можно предположить еще один механизм воздействия введенного комплекса. Экструзия повышает содержание экстрагируемого водой арабиноксилана и β-глюкана, а также влияет на пребиотический потенциал компонентов. [5, 12] Растительные волокна, попадающие в нижний отдел кишечника, приводят к изменению его микробиома из-за ферментации клетчатки до короткоцепочечных жирных

кислот. Абсорбция кальция в кишечнике в ионной форме – важный процесс для поддержания гомеостаза кальция. Пассивное всасывание характеризуется перемещением ионов Ca из просвета кишечника в кровоток по химическому градиенту через пространства между клетками, активное – проходит в тощей и подвздошной кишках при низких концентрациях кальция в пище. [11] Когда потребление кальция высокое или адекватное, преобладает пассивный транспорт. [18] Среда с пониженным рН также снижает образование комплексов минералов (фосфаты кальция). Внеклеточный кальций обеспечивает метаболические процессы. Он входит в состав желчных солей и принимает участие в активации пищеварительных ферментов. Секрция эндогенных ферментов – высокоэнергетический процесс, требующий выработки митохондриями достаточного количества АТФ. Глюкоза играет центральную роль в обеспечении клеток энергией, вступая в гликолиз превращением в глюкозо-6-фосфат с помощью гексокиназы. Это первый этап гликолитической цепи, ведущий к выработке пирувата, обеспечивающий образование митохондриальной АТФ, которое считается Ca<sup>2+</sup>-зависимым процессом. В матриксе Ca<sup>2+</sup> стимулирует ферменты цикла Кребса, участвующие в активации продукции АТФ. [15]

Таким образом, с добавлением кальция в рацион, содержащий экструдированные пшеничные отруби, происходит цикл каскадных реакций оптимизации метаболических процессов жирового и белкового обмена, что отражается на пищевой ценности мяса. [1]

Существуют доказательства того, что энергетический баланс – важнейший фактор поддержания здоровья и обеспечения оптимального питания, независимо от распределения макронутриентов в процентном отношении к общему количеству жиров и углеводов. Известно, что жирнокислотный состав продуктов животного происхождения зависит не только от биосинтеза в тканях, но и от жирнокислотного состава поступивших в организм липидов. У моногастричных животных состав липидов мышечной ткани – результат абсорбции, синтеза *de novo* и β-окисления жирных кислот в ходе экспрессии липогенных ферментов. [10, 14] Преобладающие жирные кислоты в составе мышечной ткани – пальмитиновая (С16:0), олеиновая (С18:1) и линолевая (С18:2). На их долю приходилось более 80% общего количества жирных кислот, что согласуется с результатами более ранних исследований. [13] Введение экструдата в сочетании с карбонатом кальция (10 и 15%) приводило к увеличению содержания внутримышечного жира, что непосредственно отразится на сочности и текстуре мяса. [16] Важно учитывать состав жирных кислот на основании характера связи атомов углерода. Во всех группах, за исключением Ca3, установлено увеличение содержания насыщенных жирных кислот, в частности пальмитиновой. Мононенасыщенные жирные кислоты были повышены в группах Ca1, Ca2 и Ca4. Сдвиг насыщенных жирных кислот в сторону полиненасыщенных приводит к снижению концентрации холестерина, связанного с липопротеинами низкой плотности, что уменьшает риск развития атеросклероза у потребителей.

Еще один фактор, который мы учитывали при анализе мышечной ткани – состав и количество аминокислот. В группе Ca3 были более высокие показатели

незаменимых аминокислот (лейцин+изолейцин, метионин, фенилаланин, треонин) и заменимых (пролин, аланин, глицин). Аминокислотный профиль в группах Ca1 и Ca2 характеризовался снижением незаменимых и заменимых кислот. В группе Ca4 изменения носили схожий характер в отношении заменимых аминокислот, среди незаменимых снижались треонин.

Установлено, что комбинация экструдированных отрубей с 10 и 15% карбонатом кальция приводила к увеличению насыщенных жирных кислот и мононенасыщенных на фоне изменения аминокислотного профиля (снижение содержания незаменимых аминокислот). То же выявлено при введении экструдированных отрубей с карбонатом кальция в дозировке 25%.

Таким образом, перечисленные стратегии неоднородно влияли на аминокислотный и жирнокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. С учетом изложенных фактов и рекомендаций Всемирной организации здравоохранения по увеличению потребления полиненасыщенных жирных кислот и снижению насыщенных, оптимальная дозировка ввода карбоната кальция в часть экструдированных отрубей – 20% (Ca3).

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нечитайло К.С., Сизова Е.А. Влияние мультиэнзимной кормовой добавки на продуктивные показатели, переваримость и химический состав тела цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 148–157. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-148>
2. Околелова Т.М., Енгашев С.В., Салгереев С.М. Факторы питания, влияющие на состояние органов пищеварения у птицы // Птицеводство. 2017. № 6. С. 44–49.
3. Сизова Е.А., Нечитайло К.С. Формирование антибиотикорезистентности в условиях интенсивного птицеводства // Птицеводство. 2024. № 5. С. 57–62. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62>
4. Холодилина Т.Н., Курилкина М.Я., Атландерова К.Н. Экструзионная обработка как фактор, определяющий аминокислотный состав различных компонентов корма для цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 74–81.
5. Andersson AAM, Andersson R., Jonsäll A. et al. Effect of Different Extrusion Parameters on Dietary Fiber in Wheat Bran and Rye Bran // J Food Sci. 2017. № 82(6). P. 1344–1350. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13741>
6. Antunes IC, Quaresma MAG, Ribeiro MF et al. Effect of immunocastration and caponization on fatty acid composition of male chicken meat // Poult Sci. 2019. № 98(7). P. 2823–2829. <https://doi.org/10.3382/ps/pez034>
7. Bradbury EJ, Wilkinson SJ, Cronin GM et al. Nutritional geometry of calcium and phosphorus nutrition in broiler chicks. Growth performance, skeletal health and intake arrays // Animal. 2014. № 8(7). P. 1071–9. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001037>
8. Cheng W., Sun Y., Fan M. et al. Wheat bran, as the resource of dietary fiber: a review // Crit Rev Food Sci Nutr. 2022. № 62(26). P. 7269–7281. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913399>
9. Dalile B., La Torre D, Kalc P. et al. Extruded Wheat Bran Consumption Increases Serum Short-Chain Fatty Acids but Does Not Modulate Psychobiological Functions in Healthy Men: A Randomized, Placebo-Controlled Trial // Front Nutr. 2022. № 26(9). P. 896154. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.896154>

10. Daszkiewicz T., Murawska D., Kubiak D., Han J. Chemical Composition and Fatty Acid Profile of the Pectoralis major Muscle in Broiler Chickens Fed Diets with Full-Fat Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal. *Animals (Basel)*. 2022. № 12(4). P. 464. <https://doi.org/10.3390/ani12040464>.
11. David LS, Anwar MN, Abdollahi MR et al. Calcium Nutrition of Broilers: Current Perspectives and Challenges // *Animals (Basel)*. 2023. № 13(10). P. 1590. <https://doi.org/10.3390/ani13101590>.
12. Demuth T., Edwards V., Bircher L. et al. In vitro Colon Fermentation of Soluble Arabinoxylan Is Modified Through Milling and Extrusion // *Front Nutr*. 2021. № 8. P. 707763. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.707763>
13. El-Tarabany MS, Ahmed-Farid OA, El-Bahy SM et al. Muscle oxidative stability, fatty acid and amino acid profiles, and carcass traits of broiler chickens in comparison to spent laying hens // *Front Vet Sci*. 2022. № 9. P. 948357. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.948357>
14. Gallardo MA, Pérez DD, Leighton FM. Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil // *Biol Res*. 2012. № 45(2). P. 149–161. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602012000200007>
15. Gerasimenko JV, Gerasimenko OV. The role of Ca<sup>2+</sup> signaling in the pathology of exocrine pancreas // *Cell Calcium*. 2023. № 112. P. 102740. <https://doi.org/10.1016/j.ceca.2023.102740>
16. Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains // *J Food Sci Technol*. 2015. № 52(2). P. 676–84. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>
17. Kong C., Duan C., Zhang S. et al. Effects of Co-Modification by Extrusion and Enzymatic Hydrolysis on Physicochemical Properties of Black Wheat Bran and Its Prebiotic Potential // *Foods*. 2023. № 12(12). P. 2367. <https://doi.org/10.3390/foods12122367>
18. Matuszewski A., Łukasiewicz M., Niemiec J. et al. Calcium Carbonate Nanoparticles-Toxicity and Effect of In Ovo Inoculation on Chicken Embryo Development, Broiler Performance and Bone Status // *Animals (Basel)*. 2021. № 11(4). P. 932. <https://doi.org/10.3390/ani11040932>
19. Mir NA, Rafiq A., Kumar F. et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *J Food Sci Technol*. 2017. № 54(10). P. 2997–3009. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z>
20. Mottet A., Tempio G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges // *World's Poultry Science Journal*. 2017. № 73. P. 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>.
21. Roye C., Henrion M., Chanvrier H. et al. Extrusion-Cooking Modifies Physicochemical and Nutrition-Related Properties of Wheat Bran // *Foods*. 2020. № 9(6). P. 738. <https://doi.org/10.3390/foods9060738>
22. Zare-Sheibani A.A., Arab M., Zamiri M.J. et al. Effects of extrusion of rice bran on performance and phosphorous bioavailability in broiler chickens // *J Anim Sci Technol*. 2015. № 57. P. 26. <https://doi.org/10.1186/s40781-015-0059-z>
2. Okolelova T.M., Engashev S.V., Salgereev S.M. Faktory pitaniya, vliyayushchie na sostoyanie organov pishchevareniya u pticy // *Pticevodstvo*. 2017. № 6. S. 44–49
3. Sizova E.A., Nechitajlo K.S. Formirovanie antibiotikorezistentnosti v usloviyah intensivnogo pticevodstva // *Pticevodstvo*. 2024. № 5. S. 57–62. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62>
4. Holodilina T.N., Kurilkina M.Ya., Atlanderova K.N. Ekstruzionnaya obrabotka kak faktor, opredelyayushchij aminokislrotnyj sostav razlichnyh komponentov korma dlya cyplyat-brojlerov // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2022. T. 105. № 1. S. 74–81.
5. Andersson AAM, Andersson R., Jonsäll A. et al. Effect of Different Extrusion Parameters on Dietary Fiber in Wheat Bran and Rye Bran // *J Food Sci*. 2017. № 82(6). P. 1344–1350. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13741>
6. Antunes IC, Quaresma MAG, Ribeiro MF et al. Effect of immunocastration and caponization on fatty acid composition of male chicken meat // *Poult Sci*. 2019. № 98(7). P. 2823–2829. <https://doi.org/10.3382/ps/pez034>
7. Bradbury EJ, Wilkinson SJ, Cronin GM et al. Nutritional geometry of calcium and phosphorus nutrition in broiler chicks. Growth performance, skeletal health and intake arrays // *Animal*. 2014. № 8(7). P. 1071–9. <https://doi.org/10.1017/S175173114001037>
8. Cheng W., Sun Y., Fan M. et al. Wheat bran, as the resource of dietary fiber: a review // *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2022. № 62(26). P. 7269–7281. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913399>
9. Dalile B., La Torre D, Kalc P. et al. Extruded Wheat Bran Consumption Increases Serum Short-Chain Fatty Acids but Does Not Modulate Psychobiological Functions in Healthy Men: A Randomized, Placebo-Controlled Trial // *Front Nutr*. 2022. № 26(9). P. 896154. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.896154>
10. Daszkiewicz T., Murawska D., Kubiak D., Han J. Chemical Composition and Fatty Acid Profile of the Pectoralis major Muscle in Broiler Chickens Fed Diets with Full-Fat Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal. *Animals (Basel)*. 2022. № 12(4). P. 464. <https://doi.org/10.3390/ani12040464>.
11. David LS, Anwar MN, Abdollahi MR et al. Calcium Nutrition of Broilers: Current Perspectives and Challenges // *Animals (Basel)*. 2023. № 13(10). P. 1590. <https://doi.org/10.3390/ani13101590>.
12. Demuth T., Edwards V., Bircher L. et al. In vitro Colon Fermentation of Soluble Arabinoxylan Is Modified Through Milling and Extrusion // *Front Nutr*. 2021. № 8. P. 707763. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.707763>
13. El-Tarabany MS, Ahmed-Farid OA, El-Bahy SM et al. Muscle oxidative stability, fatty acid and amino acid profiles, and carcass traits of broiler chickens in comparison to spent laying hens // *Front Vet Sci*. 2022. № 9. P. 948357. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.948357>
14. Gallardo MA, Pérez DD, Leighton FM. Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil // *Biol Res*. 2012. № 45(2). P. 149–161. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602012000200007>
15. Gerasimenko JV, Gerasimenko OV. The role of Ca<sup>2+</sup> signaling in the pathology of exocrine pancreas // *Cell Calcium*. 2023. № 112. P. 102740. <https://doi.org/10.1016/j.ceca.2023.102740>
16. Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains // *J Food Sci Technol*. 2015. № 52(2). P. 676–84. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>

REFERENCES

1. Nechitajlo K.S., Sizova E.A. Vliyanie mul'tienzimnoj kormovoj dobavki na produktivnye pokazateli, perevarimost' i himicheskoj sostav tela cyplyat-brojlerov // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2021. T. 104. № 4. S. 148–157. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-148>

17. Kong C., Duan C., Zhang S. et al. Effects of Co-Modification by Extrusion and Enzymatic Hydrolysis on Physicochemical Properties of Black Wheat Bran and Its Prebiotic Potential // Foods. 2023. № 12(12). P. 2367. <https://doi.org/10.3390/foods12122367>
18. Matuszewski A., Łukasiewicz M., Niemiec J. et al. Calcium Carbonate Nanoparticles-Toxicity and Effect of In Ovo Inoculation on Chicken Embryo Development, Broiler Performance and Bone Status // Animals (Basel). 2021. № 11(4). P. 932. <https://doi.org/10.3390/ani11040932>
19. Mir NA, Rafiq A., Kumar F. et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. J Food Sci Technol. 2017. № 54(10). P. 2997–3009. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z>
20. Mottet A., Tempio G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges // World's Poultry Science Journal. 2017. № 73. P. 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
21. Roye C., Henrion M., Chanvrier H. et al. Extrusion-Cooking Modifies Physicochemical and Nutrition-Related Properties of Wheat Bran // Foods. 2020. № 9(6). P. 738. <https://doi.org/10.3390/foods9060738>
22. Zare-Sheibani A.A., Arab M., Zamiri M.J. et al. Effects of extrusion of rice bran on performance and phosphorous bio-availability in broiler chickens // J Anim Sci Technol. 2015. № 57. P. 26. <https://doi.org/10.1186/s40781-015-0059-z>

Поступила в редакцию 21.06.2024  
Принята к публикации 05.07.2024

УДК 547.745:542.91:615.014.43

DOI: 10.31857/S2500208224060194, EDN: WSNCSK

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТАБОЛИТНОГО ПРОБИОТИКА БИОСИБ МЕТАПРО НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Александр Николаевич Швыдков<sup>1,2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук

Ольга Игоревна Себежко<sup>1</sup>, кандидат биологических наук

Анна Ивановна Калмыкова<sup>1</sup>, доктор биологических наук

Юлия Александровна Гуляева<sup>2</sup>, кандидат химических наук

Александр Дмитриевич Ткачёв<sup>1,2</sup>, аспирант

Полина Евгеньевна Кожевникова<sup>1,2</sup>, магистрант

Диана Алексеевна Александрова<sup>1</sup>, аспирант

Виктория Валерьевна Домнышева<sup>1</sup>, аспирант

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>ООО ПО «Сиббиофарм», Новосибирская обл., Россия

E-mail: humertrack@mail.ru

**Аннотация.** В работе изучено влияние метаболитного пробиотика (метапробиотик) Биосиб МЕТАПРО, разработанного на основе комплекса культур *Vifidobacterium longum* и *Lactobacillus plantarum* в ООО ПО «Сиббиофарм» на показатели белкового обмена у цыплят-бройлеров. Исследование проводили на цыплятах кросса Росс 308 с 6- до 35-дневного возраста контрольной и трех опытных групп, которым дополнительно выпаивали Биосиб МЕТАПРО в разных дозах. Количественную оценку показателей белкового обмена в сыворотке крови птицы осуществляли фотометрически с помощью наборов реагентов Вектор-Бест. Содержание общего белка, альбумина, глобулина, соотношения альбумин/глобулин, активность аланинаминотрансферазы (АлТ) и аспартатаминотрансферазы (АсТ), коэффициента де Ритуса и креатинина у цыплят-бройлеров находились в общепринятых границах физиологической нормы для птицы данного возраста или отклонялись незначительно. Статистический анализ выявил влияние метапробиотика на общий белок, А/Г соотношение, АлТ, АсТ, коэффициент де Ритуса и креатинин. Наиболее выраженные изменения наблюдали у цыплят, получавших Биосиб МЕТАПРО в дозе 0,05%. Максимальное число различий установлено между контрольной и первой опытной (Биосиб МЕТАПРО – 0,05%) группами. При выпаивании препарата в этой дозировке у цыплят-бройлеров повышается уровень общего белка на 9,97 г/л, изменяется А/Г соотношение, увеличивается активность АлТ на 1,32 ммоль/л·ч, уменьшается АсТ на 3,76 ммоль/л·ч, нормализуется коэффициент де Ритуса и повышается уровень креатинина на 13,2 мкмоль/л ( $p < 0,05$ ). Результаты исследования демонстрируют положительное действие метаболитного пробиотика Биосиб МЕТАПРО на белковый обмен у цыплят-бройлеров, что может способствовать повышению эффективности и устойчивости производства мяса птицы.

**Ключевые слова:** метапробиотик, цыплята-бройлеры, кросс Росс 308, белковый обмен

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE METABOLITIC PROBIOTIC BIOSIB METAPRO ON PROTEIN METABOLISM INDICATORS IN BROILER CHICKENS

A.N. Shvydkov<sup>1,2</sup>, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

O.I. Sebezko<sup>1</sup>, *PhD in Biological Sciences*

A.I. Kalmykova<sup>1</sup>, *Grand PhD in Biological Science*

Yu.A. Gulyaeva<sup>2</sup>, *PhD in Chemical Science*

A.D. Tkachev<sup>1,2</sup>, *PhD Student*

P.E. Kozhevnikova<sup>1,2</sup>, *Master Student*