

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ 12-ПЕРСТНОЙ КИШКИ ПЕРЕПЕЛОВ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ КОРРЕКЦИИ РАЦИОНА

Резюме. В статье представлены результаты исследования морфофункциональных изменений слизистой оболочки 12-перстной кишки перепелов яичного направления, которые произошли под влиянием трех различных способов модификации базового рациона: парообработка корма с применением компенсаторных доз жирорастворимых витаминов (А, D₃, Е), включение в рацион различных доз кормовых добавок — Актиген в качестве пребиотического агента и Сал-Зап в качестве подкислителя корма. Установлено, что все изученные приемы модификации рациона оказывают выраженное положительное влияние на морфофункциональное состояние кишечника птицы, проявляющееся в увеличении площади всасывающей поверхности. Комплексное восстановление уровней витаминов А, D₃ и Е, утраченных в процессе термообработки, обеспечило увеличение высоты ворсинок благодаря их ключевой роли в дифференцировке эпителиоцитов, стабилизации клеточных мембран и регуляции межклеточных взаимодействий. Использование Актигена также способствовало улучшению исследуемых показателей, наиболее выраженные результаты по совокупности морфометрических параметров были достигнуты при дозировке 500 г / т корма. Подкислитель Сал-Зап продемонстрировал выраженный дозозависимый эффект с оптимальной концентрацией 750 г / т, при которой зафиксировано максимальное увеличение высоты ворсинок. Данный эффект обусловлен созданием кислой среды, угнетающей рост условно-патогенной микрофлоры, что минимизирует токсическую нагрузку на энтероциты. При этом превышение оптимальной дозировки (1000 г / т) приводит к нивелированию положительного воздействия, вероятно, вследствие чрезмерного закисления химуса и нарушения активности собственных пищеварительных ферментов.

Ключевые слова: жирорастворимые витамины, парообработка корма, Актиген, Сал-Зап, пребиотики, подкислители, яичное птицеводство, перепела, гистология кишечника, 12-перстная кишка, высота ворсинок, глубина крипт.

MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE DUODENAL MUCOSA OF QUAILS UNDER DIFFERENT METHODS OF DIET CORRECTION

Abstract. The article presents the results of a study on the morphofunctional changes in the duodenal mucosa of egg-type quails under the influence of various methods of modifying the basal diet: steam treatment of feed with the inclusion of compensatory doses of fat-soluble vitamins (A, D₃, E); inclusion of various doses of the feed additive Actigen in the diet as a prebiotic agent; inclusion of various doses of the feed additive Sal-Zap in the diet as a feed acidifier. It was found that all studied methods of diet modification have a pronounced positive effect on the morphofunctional state of the poultry intestine, manifested in an increase in its absorptive surface area. The comprehensive restoration of the levels of vitamins A, D₃, and E, lost during heat treatment, ensured the maximum increase in villus height due to their key role in the differentiation of epithelial cells, stabilization of cell membranes, and regulation of intercellular interactions. The inclusion of Actigen also contributed to an improvement in the studied parameters, with the best results in terms of the set of morphometric parameters achieved at a dosage of 500 g / t. The use of the acidifier Sal-Zap demonstrated a pronounced dose-dependent effect with an optimal concentration of 750 g / t, at which a record increase in villus height was recorded. This effect is due to the creation of an acidic environment that inhibits the growth of opportunistic microflora, which minimizes the toxic load on enterocytes; exceeding the optimal dosage (1000 g / t) led to a leveling off of the positive effect, probably due to excessive acidification of the chyme and disruption of the activity of the poultry's own digestive enzymes.

Key words: fat-soluble vitamins, steam treatment of feed, Actigen, Sal-Zap, prebiotics, feed acidifiers in poultry farming, layer farming, quail, intestinal morphology, duodenum, villi height, crypt depth.

УДК 636.59+636.085.64+661.155.3:612.335.2

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2026-03-4-267

АЛМАЗ ГАЗНАВИЕВИЧ МУСИН¹,

кандидат сельскохозяйственных наук,
генеральный директор
ORCID: 0009-0001-3977-624X
E-mail: info@av-ns.com

ЕЛЕНА БАТЫРОВА ТАТЛЫБАЕВА¹,

инженер по качеству
ORCID: 0009-0001-2636-5601
E-mail: e.tatlybaeva@av-ns.com

АЗАТ САГИТОВИЧ МУСТАФИН²,

кандидат сельскохозяйственных наук,
технический консультант группы
«Птицеводство»
ORCID: 0009-0007-5989-2508
E-mail: azmustafin@yandex.ru

¹ООО «ЭйВи НутриСмарт»

460027, Россия, г. Оренбург,
ул. Беляевская, 32

²ООО «Оллтек»

101000, Россия, г. Москва,
пер. Подсосенский, д. 26, стр. 3, этаж 2

Поступила в редакцию:

16.02.2026

Одобрена после рецензирования:

20.02.2026

Принята в публикацию:

25.02.2026

UDC 636.59+636.085.64+661.155.3:612.335.2

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2026-03-4-267

ALMAZ G. MUSIN¹,

Ph.D. of Agricultural Sciences, CEO
ORCID: 0009-0001-3977-624X
E-mail: info@av-ns.com

ELENA B. TATLYBAYEVA¹,

Quality Engineer
ORCID: 0009-0001-2636-5601
E-mail: e.tatlybaeva@av-ns.com

AZAT S. MUSTAFIN²,

Ph.D. of Agricultural Sciences,
Technical Consultant, Poultry Group
ORCID: 0009-0007-5989-2508
E-mail: azmustafin@yandex.ru

¹AVNutriSmart LLC

460027, Russia, Orenburg,
Belyaevskaya Str., 32

²Alltech LLC

101000, Russia, Moscow,
Podsosensky Lane, 26, building 3, floor 2

Received by editor office:

02.16.2026

Approved in revised:

02.20.2026

Accepted for publication:

02.25.2026

ВВЕДЕНИЕ

Современная стратегия развития промышленного птицеводства, в том числе перепеловодства яичного направления, базируется на поиске путей максимальной реализации генетического потенциала птицы при одновременном снижении затрат корма и обеспечении биологической безопасности конечной продукции. В условиях интенсификации производства кишечник птицы подвергается значительному антигенному и технологическому давлению, что делает его морфофункциональное состояние ключевым фактором, определяющим эффективность метаболизма и общую резистентность организма [1, 2].

Слизистая оболочка 12-перстной кишки, которая является первым отделом тонкого кишечника, принимающим химус после желудка, играет доминирующую роль в процессах пристеночного пищеварения и абсорбции нутриентов. Гистоархитектоника этого отдела, характеризующаяся такими параметрами, как высота кишечных ворсинок (ВВ) и глубина крипт (ГК), служит объективным биомаркером физиологического статуса птицы. Увеличение высоты ворсинок свидетельствует о расширении площади всасывающей поверхности, в то время как глубина крипт отражает интенсивность пролиферации энтероцитов и скорость обновления эпителиального пласта. Принимая во внимание тот факт, что традиционные подходы к гигиене кормления и повышению продуктивных качеств птицы сегодня активно замещаются различными методами физической модификации рационов и применением биологически активных добавок направленного действия, актуальным вопросом остается поиск и научное обоснование альтернативных методов стимуляции продуктивности в условиях глобальной тенденции ограничения использования кормовых антибиотиков [2, 3].

Один из наиболее распространенных технологических приемов — парообработка комбикормов, которая согласно многочисленным исследованиям позволяет не только снизить микробную обсемененность корма, но и улучшить его усвояемость, инициировать декстринизацию крахмала и денатурацию ингибиторов ферментов, что теоретически должно способствовать уменьшению нагрузки на ворсинчатый слой кишечника. Однако негативным аспектом данного технологического воздействия выступает частичная инактивация термолабильных компонентов, входящих в состав кормовой матрицы, таких как жирорастворимые витамины [4–6]. Согласно некоторым данным, модификация структуры рациона оказывает непосредственное влияние на микроархитектонику 12-перстной кишки сельскохозяйственной птицы. В частности, установлено, что недостаточность антиоксидантов, прежде всего витамина Е, при потреблении термически обработанных кормов, характеризующихся повышенным содержанием продуктов окисления липидов, способна индуцировать атрофические изменения ворсинчатого аппарата [7–9].

В результате ограниченной эффективности пробиотиков, обусловленной их низкой стабильностью при термической обработке и хранении в составе комбикормов, широкое распространение получили пребиотики на основе маннанолигосахаридов (МОС). Эти соединения, являющиеся производными клеточной стенки дрожжей, характеризуются технологичностью ввода в корма и устойчивостью в кормовых матрицах. Экспериментально подтверждено их положительное влияние на микробный гомеостаз кишечника и продуктивность птицы [10, 11]. Углубление представлений о действии маннанолигосахаридов (в частности, препарата Био-Мос) инициировало разработку Актигена — биоактивной фракции клеточной стенки штамма *Saccharomyces cerevisiae* второго поколения. Препарат реализует антибактериальный эффект посредством селективного исключения энтеропатогенов (*Salmonella* spp., *E. coli* и др.) за счет специфического взаимодействия с лектиноподобными рецепторами бактериальной поверхности, блокируя их адгезию к эпителию кишечника. Подобный механизм позволяет сохранить морфологическую целостность ворсинок, предотвратить гиперплазию крипт и обеспечить перераспределение метаболических ресурсов организма с репаративных процессов на реализацию продуктивного потенциала птицы.

Еще одно перспективное направление — подкисление кормов с помощью комплексных препаратов органических кислот. К ним относится подкислитель Сал-Зап, действие которого основано на синергетическом эффекте органических кислот (муравьиная, пропионовая, сорбиновая). Данный эффект проявляется в снижении pH в верхних отделах пищеварительного тракта птицы, что создает неблагоприятную среду для грамотрицательной микрофлоры (*E. coli*, *Salmonella*, *Campylobacter* и др.) и активирует протеолитические ферменты, повышая усвояемость корма. Применение Сал-Запа также обусловлено необходимостью коррекции негативного влияния высокоэнергетических рационов, обладающих высокой кислотосвязывающей способностью. Такие корма замедляют активацию пепсина, снижают конверсию питательных веществ и экономическую эффективность кормления, а также способствуют развитию патогенов при pH 6–8. При этом подкисление корма органическими кислотами нарушает метаболизм грамотрицательных бактерий за счет изменения внутриклеточного pH и деструкции мембран, что приводит к их гибели и замещению полезной микрофлорой. Оптимизация кислотности химуса дополнительно оказывает трофическое действие на энтероциты: стимулирует рост ворсинок и улучшает архитектуру слизистой, что критически важно для перепелов в пик яйценоскости [12, 13].

Отказ от кормовых антибиотиков повышает значимость поиска альтернативных кормовых добавок, обеспечивающих аналогичный антибактериальный эффект, но за счет

иных механизмов воздействия на организм птицы. В связи с этим сравнительная оценка двух разнонаправленных по механизму действия препаратов в едином технологическом контуре на фоне парообработки корма представляет собой актуальное направление в области разработки научно обоснованных режимов кормления, обеспечивающих сохранность ворсинчатого аппарата и реализацию продуктивного потенциала перепелов.

Цель настоящего исследования — изучение влияния парообработки комбикорма и использования в рационе различных доз препаратов Актиген и Сал-Зап на гистоморфологические показатели (высоту ворсинок, глубину крипт и их соотношение) слизистой оболочки 12-перстной кишки перепелов яичного направления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научно-исследовательская работа была проведена на базе птицеводческого предприятия яичного направления, расположенного в Давлекановском районе Республики Башкортостан. Объект исследования — самки перепелов яичного направления продуктивности породы маньчжурская. Изучалось влияние приемов модификации базового рациона на гистоархитектонику слизистой оболочки 12-перстной кишки (высота ворсинок, глубина крипт) птицы. В качестве экспериментальных факторов рассматривались: парообработка комбикорма; ввод в рацион различных доз пребиотика Актиген; использование в различных дозировках подкислителя Сал-Зап.

Для *первого эксперимента* сформировали четыре группы перепелов в возрасте 105 дней, по 40 голов в каждой. Продолжительность учетного периода составила 5 месяцев. Схема кормления предусматривала четыре варианта рациона. Птица контрольной группы получала в качестве основного рациона полнорационный комбикорм без термического воздействия. В 1 опытной группе — тот же комбикорм, но подвергнутый парообработке. Во 2 опытной группе — парообработанный комбикорм с дополнительным вводом витаминов А, D₃ и Е для компенсации их технологических потерь. В 3 опытной группе — парообработанный комбикорм, обогащенный компенсаторными дозами витаминов А и Е, а также с полной заменой холекальциферола (D₃) на кальцидиол (25(OH)D₃). Компенсаторные уровни жирорастворимых витаминов

определяли на основании предварительных испытаний, выполненных в лабораторных условиях на премиксном заводе ООО «ЭйВи НутриСмарт».

Второй эксперимент предусматривал ввод в комбикорма кормовой добавки Актиген. Формирование групп проводилось по аналогичному принципу: четыре группы по 40 голов птицы в возрасте 105 дней. Структура учетного периода соответствовала условиям первого эксперимента, но его продолжительность составила 6 месяцев. Перепела контрольной группы получали базовый рацион без Актигена. Рацион 1 опытной группы содержал Актиген в дозировке 200 г/т корма, 2 опытной группы — 500 г/т, 3 опытной группы — 800 г/т.

Третий эксперимент был направлен на оценку эффективности кормовой добавки Сал-Зап. Были сформированы четыре группы по 50 перепелов 46-дневного возраста. Учетный период длился 6 месяцев. Контрольной группе скармливали базовый комбикорм без данной добавки. В комбикорм для 1 опытной группы Сал-Зап вводили в дозе 500 г/т, 2 опытной группы — 750 г/т, 3 опытной группы — 1000 г/т корма.

Птица содержалась в типовых безоконных птичниках. Технологические параметры выращивания, условия содержания, параметры микроклимата, режим освещения, плотность посадки и фронт кормления соответствовали общепринятым отраслевым нормативам. В подготовительный период эксперимента все поголовье получало базовый рацион. С началом учетного периода птица контрольной группы оставалась на прежнем рационе кормления, в то время как опытную группу перевели на потребление комбикорма согласно схеме эксперимента (таблица).

Для гистологического исследования брали фрагменты проксимального отдела 12-перстной кишки перепелов. Эвтаназию птицы проводили методом цервикальной дислокации с последующей немедленной срединной лапаротомией и полной эвисцерацией органов брюшной полости с целью предотвращения посмертных аутолитических изменений. Топографическую идентификацию 12-перстной кишки осуществляли по характерной петле, огибающей поджелудочную железу. Иссечение фрагмента кишки длиной 1,0–2,0 см проводили скальпелем от пилорического отдела желудка до места впадения панкреатических и желчных протоков. Во избежание артефактов сдавления

Схема эксперимента

Группа	Характеристика кормления		
	<i>первый эксперимент</i>	<i>второй эксперимент</i>	<i>третий эксперимент</i>
Контрольная	Основной рацион (ОР)	ОР	ОР
1 опытная	ОР + парообработка	ОР + Актиген 200 г/т	ОР + Сал-Зап 500 г/т
2 опытная	ОР + парообработка + Δ(А, D ₃ , Е)	ОР + Актиген 500 г/т	ОР + Сал-Зап 750 г/т
3 опытная	ОР + парообработка + Δ(А, Е) + 25(OH)D ₃	ОР + Актиген 800 г/т	ОР + Сал-Зап 1000 г/т

Примечание: Δ(А, D₃, Е) — дельта термодеструкции витаминов, вводимых сверх нормы в корм с целью компенсации их технологических потерь при парообработке.

образец фиксировали исключительно за брыжеечный край, исключая травматизацию тканей пинцетом. Извлеченный фрагмент немедленно помещали в охлажденный до температуры 4°C изотонический раствор хлорида натрия для удаления химуса и предотвращения высыхания серозной оболочки, после чего фиксировали в 10%-ом растворе нейтрального формалина (рис. 1).

Исследование гистологического среза 12-перстной кишки (высота ворсинок, глубина крипт) проводилось на базе ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, сектор патоморфологии. Гистологические препараты готовили при помощи парафиновой заливки, после чего блоки нарезали толщиной 5 мкм и окрашивали гематоксилином и эозином, покрывали покровным стеклом с использованием монтирующей среды «Витрогель». Морфометрическое исследование высоты ворсинок и глубины крипт выполняли при 100-кратном увеличении микроскопа (три пробы, в двух повторностях для каждой).

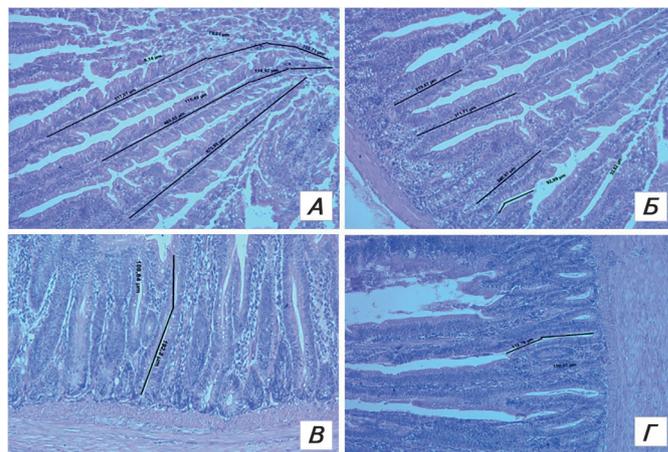
Статистический анализ результатов проводили с использованием программного пакета Microsoft Office Excel. Распределение показателей на нормальность проверялось по критерию Шапиро-Уилка. Достоверность различий между группами оценивали с применением t-критерия Стьюдента.



Рис. 1. Процесс извлечения фрагмента 12-перстной кишки перепелов для проведения гистоморфологического исследования

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку состояние слизистой оболочки 12-перстной кишки сельскохозяйственной птицы напрямую коррелирует с интенсивностью пристеночного пищеварения и всасывания, изучение ее гистоархитектоники (высоты ворсинок и глубины крипт) является информативным критерием оценки эффективности изучаемых рационов.



*А, Б — изображения ворсинок;
В, Г — изображения крипт (гематоксилин и эозин, x100)*

Рис. 2. Гистологическое строение стенки 12-перстной кишки перепелов по истечении опытного периода (обобщенные данные)

Гистологическое исследование препаратов 12-перстной кишки перепелов выявило единообразие морфологической картины, соответствующей нормальной гистоархитектонике органа. В слизистой оболочке птицы как контрольной, так и опытных групп, вне зависимости от применяемой схемы кормления, сохранялась четкая гистологическая структура. Во всех препаратах визуализировалось значительное количество удлиненных и узких ворсинок с широкими полнокровными капиллярами. Гистоархитектоника подслизистого слоя была равномерная, крипты хорошо выражены и структурированы (рис. 2).

Морфометрическое исследование слизистой оболочки 12-перстной кишки перепелов яичного направления показало выраженное положительное влияние на гистоархитектонику пароваренного корма с последующей витаминной коррекцией и кормовых добавок Актиген и Сал-Зап, от дозировки которых зависели характер и степень выявленных изменений.

● Влияние пароваренки

На рисунке 3 приведены результаты гистоморфологического исследования 12-перстной кишки перепелов при потреблении пароваренного корма.

В контрольной группе, получавшей базовый рацион без термической обработки, высота ворсинок составила $808,02 \pm 37,07$ мкм, глубина крипт — $212,88 \pm 8,91$ мкм, а их соотношение — $3,80 \pm 0,19$. В 1 опытной группе, где применялся корм, подвергнутый пароваренке, наблю-

далась тенденция к незначительному увеличению высоты ворсинок — до $895,92 \pm 43,30$ мкм, однако различия с контролем не достигали уровня статистической значимости ($P > 0,05$). При этом глубина крипт в этой группе достоверно уменьшилась до $166,60 \pm 11,27$ мкм ($P < 0,01$), что привело к увеличению соотношения ВВ:ГК до $5,40 \pm 0,33$ ($P < 0,001$). Данный эффект свидетельствует о том, что паробработка корма, вероятно за счет денатурации антипитательных факторов либо частичной деструкции сложных углеводов, способствует снижению пролиферативной активности в криптах. Однако для значимого увеличения всасывающей поверхности требуются дополнительные факторы.

Наиболее выраженные изменения были зафиксированы во 2 опытной группе, где в термически обработанный корм вводили дополнительные уровни жирорастворимых витаминов А, D₃ и Е с целью компенсации их технологических потерь при паробработке. Высота ворсинок достигла максимального значения — $1157,24 \pm 48,11$ мкм ($P < 0,001$), что на 43% выше контроля, глубина крипт снизилась до $162,27 \pm 7,09$ мкм ($P < 0,001$). Интегральный показатель ВВ:ГК увеличился до $7,28 \pm 0,37$ ($P < 0,001$), что почти в два раза превысило контрольные значения. Подобный эффект, по-видимому, обусловлен синергизмом термической модификации корма и оптимизации витаминного питания. Известно, что витамин А играет ключевую роль в дифференцировке эпителиоцитов, витамин Е стабилизирует клеточные мембраны, а витамин D₃ участвует в регуляции клеточной пролиферации и всасывании кальция, необходимого для формирования межклеточных контактов [14–16].

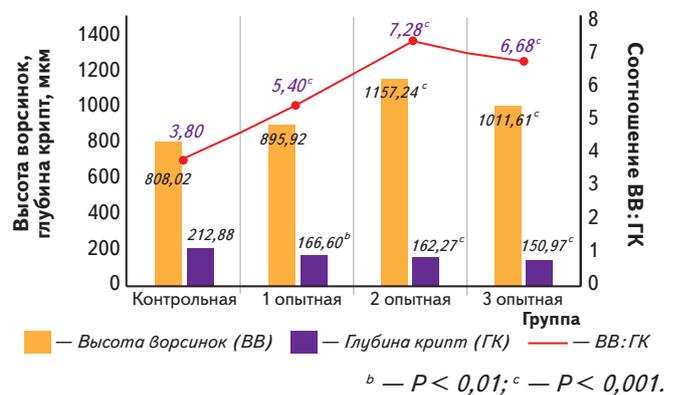


Рис. 3. Результаты гистоморфологического исследования 12-перстной кишки перепелов при потреблении паробработанного корма

В 3 опытной группе, где на фоне паробработки и добавления витаминов А и Е был полностью заменен витамин D₃ его аналогом 25(OH)D₃, также отмечено достоверное улучшение всех показателей. Высота ворсинок увеличилась до $1011,61 \pm 28,01$ мкм ($P < 0,001$), глубина крипт снизилась до наименьшего среди всех групп значения — $150,97 \pm 7,60$ мкм ($P < 0,001$), соотношение ВВ:ГК составило $6,68 \pm 0,32$ ($P < 0,001$). Несмотря на то что абсолютная высота ворсинок в 3 опытной группе уступала таковой во 2 опытной группе, минимальная глубина крипт указывает на высокую стабильность эпителиального пласта и снижение потребности в его регенерации. Данный факт может быть обусловлен более эффективным использованием 25(OH)D₃, который, являясь активной формой витамина D₃, не требует гидроксирования в печени

Литература/Literature

- Фисинин, В. И. Кормление сельскохозяйственной птицы [Текст] / В. И. Фисинин, И. А. Егоров, И. Ф. Драганов — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 344 с.
- Azizi, M. N. Poultry gut health: industry drivers, management determinants, and emerging research directions [Text] / M. N. Azizi, N. Aminullah, S. Alam, F. Danish // Veterinary and Animal Science. — 2026. — № 31. — 11 p. — <https://doi.org/10.1016/j.vas.2026.100566>.
- Русакова, Е. А. Оценка морфофункционального состояния тонкого отдела кишечника цыплят-бройлеров при введении фитазы в рацион [Текст] / Е. А. Русакова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2017. — № 6 (68). — С. 138–141.
- Yang, P. Evaluation of Extrusion Temperatures, pelleting parameters, and vitamin forms on vitamin stability in feed [Text] / P. Yang, H. Wang, M. Zhu, Y. Ma // Animals. — 2020. — 10, 894. — 19 p. — <https://doi.org/10.3390/ani10050894>.
- Riaz, M. Stability of Vitamins during Extrusion [Text] / M. Riaz, M. Asif, R. Ali // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. — 2009. — № 49. — P. 361–368. — <https://doi.org/10.1080/10408390802067290>.
- Borojeni, F. G. The Effects of Hydrothermal Processing on Feed Hygiene, Nutrient Availability, Intestinal Microbiota and Morphology in Poultry — A Review [Text] / F. G. Borojeni, B. Svihus, H. G. von Reichenbach, J. Zentek // Animal Feed Science and Technology. — 2016. — 220. — P. 187–215. — <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.010>.
- Yoo, J. Growth performance, intestinal morphology, and meat quality in relation to alpha-lipoic acid associated with vitamin C and E in broiler chickens under tropical conditions [Text] / J. Yoo, Y. J. Yi, B. Koo, S. Jung, J. U. Yoon, H. B. Kang, D. H. Lee, J. M. Heo // Revista Brasileira de Zootecnia. — 2016. — № 45 (3). — P. 113–120. — <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902016000300005>.
- Good, L. The effects of Actigen and threonine supplementation on growth parameters, immune function, and intestinal health in monogastrics [Text] / L. Good // Theses and Dissertations. Animal and Food Sciences. 24. — 2013. — https://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/24.
- Wan, Y. Effect of the pellet and mash feed forms on the productive performance, egg quality, nutrient metabolism, and intestinal morphology of two laying hen breeds [Text] / Y. Wan, R. Ma, A. Khalid, L. Chai, R. Qi, W. Liu, J. Li, Y. Li, K. Zhan // Animals. — 2021. — 11, 701. — <https://doi.org/10.3390/ani11030701>.
- Musin, A. Effective Approach to Improve the Quality of Quail

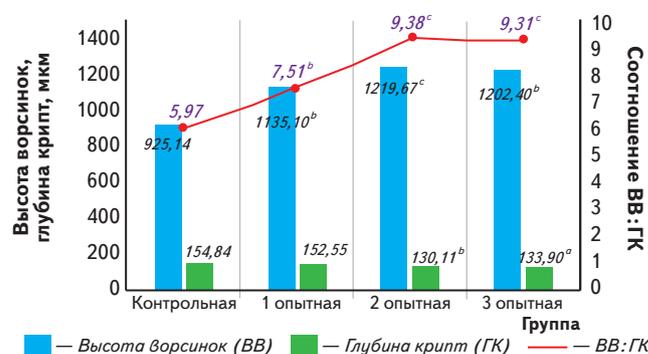
и быстрее включается в метаболические процессы, под-держивая гомеостаз кишечного эпителия [17, 18].

Таким образом, парообработка корма создает предпосылки для улучшения морфофункционального состояния кишечника, однако ее потенциал в полной мере раскрывается только при дополнительной витаминной коррекции. Наилучший эффект с точки зрения увеличения всасывающей поверхности (высота ворсинок) достигается при комплексном восстановлении уровней витаминов А, D₃ и Е (2 опытная группа). В то же время замена витамина D₃ на 25(OH)D₃ (3 опытная группа) позволяет максимально уменьшить глубину крипт, что может способствовать снижению энергозатрат на обновление эпителия и повышению его устойчивости.

● Влияние пребиотика Актиген

Как показано на рисунке 4, во всех опытных группах наблюдалось увеличение высоты ворсинок по сравнению с контролем (925,14 ± 19,67 мкм): в 1 опытной группе — до 1135,10 ± 57,73 мкм (P < 0,01), во 2 опытной группе было зафиксировано максимальное значение — 1219,67 ± 24,45 мкм (P < 0,001), в 3 опытной группе высота ворсинок также была на высоком уровне — 1202,40 ± 63,25 мкм (P < 0,01).

При оценке глубины крипт установлено, что во 2 и в 3 опытных группах происходило достоверное уменьшение данного показателя — соответственно до 130,11 ± 4,83 мкм (P < 0,01) и 133,90 ± 5,98 мкм (P < 0,05). Тогда как в 1 опытной группе глубина крипт (152,55 ± 5,47 мкм) существенно не отличалась от контроля (154,84 ± 6,71 мкм).



^a — P < 0,05; ^b — P < 0,01; ^c — P < 0,001.

Рис. 4. Результаты гистоморфологического исследования 12-перстной кишки перепелов при потреблении рациона с кормовой добавкой Актиген

Наиболее информативный показатель соотношение высоты ворсинок к глубине крипт, который характеризует функциональную активность кишечника, также претерпел закономерные изменения. В контрольной группе это соотношение составляло 5,97 ± 0,18. При вводе в комбикорм Актигена в дозировке 200 г/т оно увеличилось до 7,51 ± 0,41 (P < 0,01). Наилучшие результаты были достигнуты при дозе 500 и 800 г/т: соотношение ВВ:ГК во 2 и в 3 опытных группах повысилось соответственно до 9,38 ± 0,14 (P < 0,001) и 9,31 ± 0,54 (P < 0,001), что свидетельствует о значительном увеличении всасывательной поверхности слизистой оболочки.

Таким образом, кормовая добавка Актиген оказывает положительное влияние на морфофункциональное со-

Eggshells [Text] / A. Musin, A. Mustafin // 7th International Conference on food, agriculture and animal sciences, 13–16 Nov. — 2025. — Antalya, TURKEY. — P. 440–444.

11. Мусин, А. Г. Перспективные подходы к улучшению качества скорлупы яиц кур несушек [Текст] / А. Г. Мусин, Р. Р. Гадиев, А. С. Мустафин // Высшая школа: научные исследования. Материалы Межвузовского международного конгресса (г. Москва, 22 января 2026 г.). — Москва: Издательство Инфинити, 2026. — С. 9–14.
12. Мусин, А. Г. Оценка прочности скорлупы яиц кур-несушек и перепелов при помощи комбинированного устройства для контроля качества яиц [Текст] / А. Г. Мусин, А. С. Мустафин, Р. Р. Гадиев, Д. Д. Хазиев // Перспективы развития современного агропромышленного комплекса: материалы V Международной научно-практической конференции. 30 ноября 2025 г. — Уфа: Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН, 2025. — С. 401–408.
13. Zhang, S. The dietary combination of essential oils and organic acids reduces *Salmonella* enteritidis in challenged chicks [Text] / S. Zhang, Y. R. Shen, S. Wu, Y. Q. Xiao, Q. He, S. R. Shi // Poultry Science (98). — 2019. — P. 6349–6355. — <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez457>.
14. Combs, G. F. The Vitamins. Fundamental aspects in Nutrition and Health. Third edition [Text] / G. F. Combs // Jr. Nutritional Sciences Cornell University Ithaca, New York. Elsevier Academic Press. — 2008. — 583 p.
15. Никулин, В. Н. Биологически активные вещества и добавки в птицеводстве: учеб. пособие для магистров направления подготовки 36.04.02 Зоотехния [Текст] / В. Н. Никулин, Т. В. Коткова. — Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2016. — 202 с.
16. Челур, С. В. Механизмы реализации антиоксидантных эффектов альфа-токоферола [Текст] / Н. Н. Плужников, С. А. Сайганов, О. В. Чубарь, Л. С. Бакулина, И. В. Литвиненко, М. А. Юдин, А. С. Никифоров // Успехи современной биологии. — 2020. — Т. 140. — № 2. — С. 149–165.
17. Эрнандес, Х.-М. Различные метаболиты витамина D₃ в питании животных [Текст] / Х.-М. Эрнандес, Г. Литта, Т.-К. Чунг, Э. Фолгатти, Х.-М. Лувицотто, Я. Лей, М. Энгстрем // Комбикорма. — 2020. — № 5. — С. 44–46.
18. Abascal-Ponciano, G. A. Dietary 25-Hydroxyvitamin D₃ Supplementation Modulates Intestinal Cytokines in Young Broiler Chickens [Text] / G. A. Abascal-Ponciano, S. F. Leiva, J. J. Flees, L. P. Avila, J. D. Starkey, C. W. Starkey // Frontiers in Veterinary Science. — 2022 (9). — 11 p. — <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.947276>.

стояние 12-перстной кишки перепелов, способствуя увеличению высоты ворсинок и оптимизации соотношения ВВ:ГК. Наилучший эффект наблюдался при дозировке 500 г Актигена на 1 т корма, что проявлялось максимальным увеличением высоты ворсинок, достоверным уменьшением глубины крипт и наибольшим значением их соотношения. Дальнейшее повышение дозировки кормовой добавки до 800 г/т не приводило к дополнительному значимому улучшению изучаемых показателей, что позволяет рассматривать дозировку 500 г/т как оптимальную для практического применения.

● Влияние подкислителя Сал-Зап

На рисунке 5 представлены данные об использовании кормовой добавки Сал-Зап.

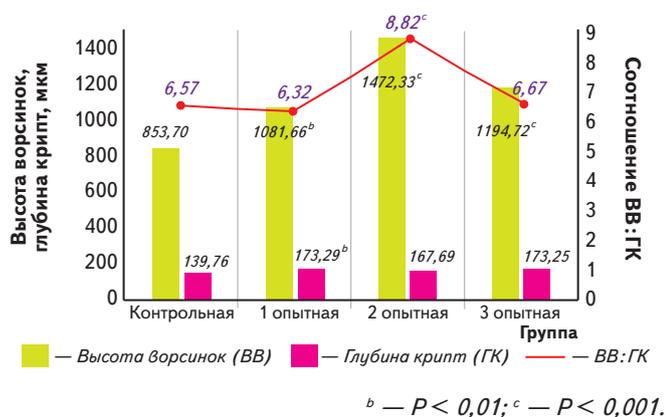


Рис. 5. Результаты гистоморфологического исследования 12-перстной кишки перепелов при потреблении рациона с подкислителем Сал-Зап

В контрольной группе высота ворсинок составила $853,7 \pm 17,04$ мкм при глубине крипт $139,76 \pm 10,33$ мкм, что обеспечивало соотношение ВВ:ГК на уровне $6,57 \pm 0,38$. Применение дозы 500 г/т корма (1 опытная группа) сопровождалось достоверным увеличением высоты ворсинок до $1081,66 \pm 53,12$ мкм ($P < 0,01$) и глубины крипт до $173,29 \pm 11,06$ мкм ($P < 0,05$), однако соотношение ВВ:ГК осталось на уровне контроля — $6,32 \pm 0,34$. Наиболее выраженный положительный эффект был зафиксирован во 2 опытной группе, птица которой получала в составе комбикорма 750 г/т Сал-Запа. Высота ворсинок достигла максимальных значений — $1472,33 \pm 46,17$ мкм ($P < 0,001$), что на 72,5% превысило контрольные показатели. Глубина крипт увеличилась незначительно ($167,69 \pm 10,62$ мкм, $P > 0,05$), вследствие чего соотношение ВВ:ГК возросло до $8,82 \pm 0,11$ ($P < 0,001$), что свидетельствует о существенном увеличении всасывательной поверхности кишечника. Дальнейшее повышение дозировки кормовой добавки до 1000 г/т корма (3 опытная группа) не привело к усилению положительного эффекта. Высота ворсинок снизилась до

$1194,72 \pm 30,78$ мкм ($P < 0,001$), глубина крипт составила $173,25 \pm 14,91$ мкм ($P > 0,05$), а соотношение ВВ:ГК вернулось к уровню $6,67 \pm 0,51$, что сопоставимо с контролем и 1 опытной группой. Это дает основание рассматривать дозировку 750 г Сал-Запа на 1 т корма как оптимальную, обеспечивающую наиболее значимое увеличение высоты ворсинок и улучшение интегрального показателя ВВ:ГК, что создает морфофункциональные предпосылки для повышения эффективности всасывания питательных веществ и, как следствие, потенциального роста продуктивности перепелов.

Проведенные исследования, направленные на сравнительную оценку влияния трех различных подходов к модификации базового рациона перепелов яичного направления на гистоархитектонику слизистой оболочки 12-перстной кишки — физического (парообработка корма в сочетании с витаминной коррекцией), пребиотического (ввод в рацион кормовой добавки Актиген) и химического (подкисление корма кормовой добавкой Сал-Зап), подтвердили положительный эффект всех изученных факторов, проявляющийся в увеличении всасывательной поверхности кишечника.

Парообработка корма создает предпосылки для улучшения состояния кишечника, вероятно, за счет денатурации антипитательных веществ и частичной деструкции сложных углеводов. Это проявляется в достоверном уменьшении глубины крипт и свидетельствует о снижении пролиферативной нагрузки на эпителий. Однако для значимого увеличения высоты ворсинок и, следовательно, всасывающей поверхности одной термической обработки недостаточно, ключевым фактором здесь выступает витаминная коррекция. Добавление жирорастворимых витаминов А, D₃ и Е к термически обработанному корму обеспечило максимальный прирост высоты ворсинок (+43%), что объясняется их синергетическим воздействием на процессы дифференцировки энтероцитов (витамин А), стабилизации клеточных мембран (витамин Е) и поддержания межклеточных контактов (витамин D₃). Замена витамина D₃ на его активный метаболит 25(OH)D₃ не привела к дальнейшему росту ворсинок, но позволила достичь минимальной глубины крипт, что указывает на оптимизацию энергозатрат организма на обновление эпителия за счет более быстрого включения активной формы витамина в метаболизм. Таким образом, данный подход реализует физико-метаболический механизм, направленный на улучшение переваримости корма и обеспеченности клеток кишечника веществами, необходимыми для их роста и созревания.

Принципиально иной механизм действия лежит в основе действия кормовой добавки Актиген. Она, блокируя адгезию условно-патогенных и патогенных бактерий, предотвращает колонизацию слизистой оболочки кишечника и развитие воспаления, действуя по принципу «ловушки» для патогенов. Снижение антигенной и токсической на-

грузки закономерно привело к уменьшению глубины крипт и увеличению высоты ворсинок, причем максимальный эффект (рост ВВ:ГК до 9,38) был достигнут при дозировке Актигена 500 г/т. Дальнейшее повышение дозы не усиливало эффект, что, вероятно, связано с насыщением рецепторных сайтов связывания.

Применение подкислителя Сал-Зап при дозировке 750 г/т позволило достичь наибольшей высоты ворсинок — 1472,33 мкм (+72,5% к контролю). Однако данный подход имеет выраженную зависимость от дозировки. Так, при увеличении ее до 1000 г/т наблюдались некоторые ухудшения показателей, что, по-видимому, связано с чрезмерным закислением химуса, нарушающим активность пищеварительных ферментов и оказывающим прямое повреждающее действие на слизистую.

ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ трех подходов к модификации рациона перепелов яичного направления позволяет заключить, что улучшение морфофункционального состояния кишечника может быть достигнуто различными путями.

Парообработка в сочетании с витаминной коррекцией является наиболее комплексным подходом, позволяющим одновременно улучшить качество корма и поддержать метаболические возможности кишечного эпителия. Этот метод обеспечивает увеличение всасывающей поверхности (высоты ворсинок) и может быть

рекомендован как базовый технологический прием при производстве комбикормов, особенно в условиях дефицита витаминов либо их технологических потерь.

Кормовая добавка Актиген реализует узкоспециализированный, но высокоэффективный механизм защиты слизистой оболочки кишечника от бактериальной адгезии. Ее применение наиболее оправдано в условиях повышенного бактериального фона либо для профилактики кишечных инфекций, вызванных адгезивными энтеропатогенами. Оптимальная дозировка Актигена 500 г/т комбикорма обеспечивает стабильное улучшение всех морфометрических показателей без негативных последствий для организма птицы.

Подкислитель Сал-Зап обладает высоким потенциалом в стимулировании роста кишечных ворсинок, что делает его мощным инструментом для увеличения всасывательной поверхности кишечника. Оптимальной дозой данного препарата является 750 г/т, ее превышение может снизить положительный эффект и привести к обратной динамике по состоянию слизистой.

Выбор способа модификации рациона должен определяться конкретными производственными задачами и условиями содержания сельскохозяйственной птицы. Комбинирование нескольких подходов может обеспечить более выраженный синергетический эффект и способствовать реализации генетического потенциала продуктивности птицы. ■