Научная статья

УДК 636.5:636.084.524:636.087.7

Повышение качества скорлупы яиц с помощью оптимизации витаминного питания кур-несушек

Алмаз Газнавиевич Мусин[1], Ринат Равилович Гадиев[2], Азат Сагитович Мустафин[3]

[1]ООО «ЭйВи НутриСмарт», г. Оренбург; [2]ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа; [3]ООО «Оллтек», г. Москва

Аннотация: *Давно известно, что качество яиц и, в частности, скорлупы в значительной мере зависит от рациона несушек, включая содержание в нем витаминов. Целью двух опытов на курах-несушках кросса Супер Ник (21 голова в каждой группе) была экспериментальная проверка двух стратегий повышения качества скорлупы яиц кур при помощи оптимизации их витаминного питания. В опыте 1 (возраст несушек 34-72 недели) было изучено влияние парообработки корма и компенсации содержания витаминов в парообработанном корме до исходного уровня (контроля) на показатели качества яиц и скорлупы. Установлено, что парообработка полнорационного комбикорма для несушек (85±1°С, 300 сек), несмотря на потери витаминов, позволяет повысить по сравнению с контролем среднюю массу яиц на 1,48%, единицы Хау – на 0,40%, толщину скорлупы – на 1,61%, прочность скорлупы – на 5,71% (p≤0,05), содержание Са в скорлупе – на 2,74% а также снизить упругую деформацию скорлупы на 6,16% (p≤0,01). Дополнительный ввод жирорастворимых витаминов (А, Е, D3) в парообработанный корм привел к дальнейшему достоверному повышению качества яиц: средняя масса яиц была выше контроля на 2,33% (p≤0,05), единицы Хау – на 0,59% (p≤0,05), толщина скорлупы – на 2,15% (p≤0,05), прочность скорлупы – на 7,96% (p≤0,01), содержание Са в скорлупе – на 5,45% (p≤0,05), упругая деформация снизилась на 7,56% (p≤0,001). В опыте 2 (возраст несушек 25-74 недели) было изучено влияние на эти показатели 50%- и 100%-ной замены витамина D3 в рационе контроля на 25-OH-D3. Установлено, что данные уровни замены привели к увеличению по сравнению с контролем средней массы яиц на 1,61 (p≤0,05) и 2,88% (p≤0,001) соответственно, единиц Хау – на 0,28% и на 0,39% (p≤0,05), толщины скорлупы – на 1,30% и на 1,91% (p≤0,05), прочности скорлупы – на 3,86 (p≤0,05) и 5,78% (p≤0,01), содержания Са в скорлупе – на 3,91 (p≤0,05) и 8,48% (p≤0,01) при снижении упругой деформации скорлупы на 4,40 (p≤0,05) и 6,58% (p≤0,01). Таким образом, обе изученные стратегии позволяют повысить качество скорлупы яиц за счет оптимизации витаминного питания несушек.*

Ключевые слова: *куры-несушки, содержание витаминов в рационе, парообработка комбикорма, замена витамина D3 в рационе на 25-OH-D3, качество яиц, масса яиц, единицы Хау, толщина скорлупы яиц, прочность и упругая деформация скорлупы яиц, содержание кальция в скорлупе яиц.*

Для цитирования: *Мусин, А.Г. Повышение качества скорлупы яиц с помощью оптимизации витаминного питания кур-несушек / А.Г. Мусин, Р.Р. Гадиев, А.С. Мустафин // Птицеводство. – 2026. – №6. – С. 25-29.*
doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-6-25-29

Введение. Обеспечение высокого качества скорлупы является одним из важнейших аспектов производства как пищевого, так и племенного яйца сельскохозяйственной птицы. Скорлупа является, своего рода, внешней «упаковкой» содержимого яйца (белка и желтка), предохраняющей его от механических повреждений и заражения микроорганизмами, а также регулирующей газообмен; поэтому повреждения скорлупы снижают товарное качество пищевых яиц и, как следствие, их цену при реализации, а также снижают пригодность племенных яиц для инкубации [1].

Витаминное питание кур-несушек играет важную роль в обеспечении качества яиц. Витамины из кормов после всасывания в кровоток откладываются в яйца с высоким коэффициентом переноса, улучшая как их диетические свойства, так и эффективность их инкубации [2]. При этом витаминная обеспеченность несушек может влиять не только на яйценоскость и концентрацию витаминов в содержимом яиц, но и на качество скорлупы. Жирорастворимые витамины А и Е являются антиоксидантами, и влияют, прежде всего, на антиоксидантный статус содержимого яиц, а также могут влиять на яйценоскость кур, массу, оплодотворенность и выводимость яиц [3,4]. Витамин D, в свою очередь, непосредственно участвует в метаболизме кальция (Са) в организме несушек, и поэтому оказывает прямое и значительное влияние на качество скорлупы – в частности, на ее толщину, прочностные характеристики и на содержание в ней кальция [5].

Используемая обычно в кормах для птицы форма витамина D, холекальциферол (витамин D3), является, фактически, провитамином, который в организме птицы трансформируется в активные метаболиты: сперва в 25-OH-D3 в печени, и затем в 1,25$(OH)_2$-D3 в почках [6]. Исследования показали, что использование в кормах этих метаболитов более эффективно, чем самого D3: так, эффективность кишечной абсорбции 25-OH-D3 у птицы на 20% выше, чем D3 [7], а его активность в различных метаболических процессах выше в 2-5 раз [8]; при этом, в связи с более высокой стоимостью 25-OH-D3 по сравнению с D3, практикуется также частичная замена. Кроме того, во многих исследования подчеркивалась, что замена D3 на 25-OH-D3 особенно эффективна для несушек более старого возраста, в связи с возрастным снижением эффективности метаболизма витамина D и Са [9].

С целью санации кормов от нежелательных и/или патогенных микроорганизмов в кормопроизводстве часто

Таблица 1. Показатели качества яиц кур-несушек при парообработке корма

Показатель	Группы		
	контрольная	опытная 1	опытная 2
Прочность скорлупы, Н	35,76±0,83	37,8±0,62*	38,61±0,72**
% к контролю	100	105,71	107,96
Упругая деформация скорлупы, мкм	21,52±0,36	20,19±0,34**	19,89±0,32***
% к контролю	100	93,84	92,44
Толщина скорлупы, мм	0,373±0,003	0,379±0,002	0,381±0,003*
% к контролю	100	101,61	102,15
Средняя масса яиц, г	60,04±0,42	60,93±0,40	61,44±0,33**
% к контролю	100	101,48	102,33
Единицы Хау	87,54±0,20	87,89±0,17	88,06±0,17*
% к контролю	100	100,40	100,59
Содержание Са в скорлупе, % на АСВ	34,69±0,45	35,64±0,86	36,58±0,26*
% к контролю	100	102,74	105,45

Примечание: здесь и далее различия с контролем достоверны при: *p≤0,05, **p≤0,01, ***p≤0,001.

используется парообработка готовых кормов; при правильном подборе условий такой обработки также повышается доступность питательных веществ [10]. Однако не все питательные и биоактивные вещества в составе кормов хорошо переносят парообработку. Так, термолабильные витамины в той или иной степени разрушаются и/или теряют активность при практически любых условиях обработки; по нашим данным, потери жирорастворимых витаминов (A, E, D3) в практических условиях могут составлять 10-20% от их начального содержания в корме [11].

Исходя из изложенного выше, нами были предложены и экспериментально проверены две разные стратегии повышения качества скорлупы яиц кур при помощи оптимизации их витаминного питания. Целью опыта 1 было изучение влияния парообработки корма для кур-несушек и компенсации сопутствующих потерь жирорастворимых витаминов (ЖРВ) на качество скорлупы яиц. Целью опыта 2 было изучение влияния частичной и полной замены витамина D3 на 25-OH-D3 в рационе кур-несушек на качество скорлупы яиц.

Материал и методика исследований. Оба опыта были проведены в 2025 г. на курах-несушках кросса Супер Ник в условиях экспериментального птичника Башкирского ГАУ. Птица была отобрана в группы (по 21 голове в каждой) методом групп-аналогов и получала рассыпные комбикорма. Опыты включали подготовительный период длительностью 1 неделя, в течение которого куры всех групп получали рационы соответствующих контрольных групп; затем следовал учетный период, когда контрольные группы получали такие же рационы, а опытные получали экспериментальные рационы согласно схемам опытов. Методика определения качества яиц и скорлупы была одинаковой в обоих опытах.

Опыт 1 был проведен на 3 группах 34-недельных кур в течение 38 недель. Контрольная группа получала рацион для несушек в соответствии с рекомендациями для использованного в опыте кросса; базовые уровни ЖРВ были следующими: витамины A и D3 – 10,0 и 2,5 тыс. МЕ/кг соответственно, витамин E – 41,34 мг/кг. Опытная группа 1 получала аналогичный рацион, прошедший парообработку (85±1^{0}C, 300 сек), а опытная группа 2 – рацион, аналогичный группе 1, но с дополнительными добавками ЖРВ для компенсации их термических потерь при парообработке. Уровни термодеструкции ЖРВ были предварительно изучены в рекогносцировочном опыте методом ВЭЖХ в условиях производственной лаборатории премиксного завода ООО «ЭйВи НутриСмарт»; уровни компенсаторных добавок ЖРВ были подобраны так, чтобы довести конечные концентрации ЖРВ в готовом корме до вышеуказанных базовых значений.

Опыт 2 был проведен на 3 группах 25-недельных кур в течение 49 недель. Контрольная группа получала рацион для несушек в соответствии с рекомендациями для использованного в опыте кросса; базовый уровень витамина D3 был аналогичен опыту 1. Опытные группы 1 и 2 получали аналогичные рационы с 50%- и 100%-ной заменой D3 на 25-OH-D3 соответственно.

Показатели качества яиц в обоих опытах определяли на 1-е сутки после снесения, ежемесячно на всем протяжении обоих опытов, для чего взвешивали и вскрывали по 10 яиц от каждой группы. Абсолютные массы яйца, белка, желтка и скорлупы определяли взвешиванием на электронных весах с точностью до 0,01 г. Дополнительно оценивали качество белка, для чего были рассчитаны единицы Хау.

Были оценены следующие физические параметры качества скорлупы яиц. Толщину скорлупы (мм) определяли электронным микрометром, с предварительным удалением подскорлупных мембран. Прочность скорлупы (Н) определяли на разработанном нами ранее приборе [12] с диапазоном прилагаемого усилия рабочего наконечника 0-196 Н; усилие, необходимое для разрушения скорлупы, фиксируется прибором с точностью 0,1 Н. Упругую деформацию скорлупы (мкм) определяли с помощью модернизированного прибора ПУД-3 с рабочим давлением груза в точке приложения 0,5 кг.

Содержание кальция в скорлупе яиц определяли один раз в каждом опыте, в середине экспериментального периода. Образцы скорлупы, очищенные от подскорлупных мембран, тщательно промывали деионизированной водой, высушивали до натуральной влажности и гидролизовали разбавленным (1:1) раствором соляной кислоты; содержание ионов кальция в гидролизате определяли капиллярным электрофорезом с использованием системы «Капель 105-М» в соответствии с адаптированной методикой М 04-65-2010 (косвенная детекция при длине волны 267 нм). Для более точного приведения получаемых результатов на абсолютно сухое вещество (АСВ) скорлупы предварительно определяли содержание в ней влаги при помощи галогенного анализатора влажности HE53 (Mettler Toledo, США).

Полученные в экспериментах численные данные были обработаны статистически с использованием приложе-

ния MS Excel; достоверность различий между группами определяли с помощью параметрического *t*-критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. ***Опыт 1.*** Данные по массе яиц, единицам Хау и показателям качества скорлупы, полученные в опыте 1, представлены в табл. 1. Средняя масса яиц в опытных группах 1 и 2 была выше контроля на 1,48 и 2,33% соответственно, а единицы Хау – на 0,40 и 0,59% Положительное влияние парообработки корма на эти показатели, видимо, были связаны с улучшением бактериологической безопасности кормов и доступности питательных веществ; при этом достоверные улучшения (p≤0,05-0,01) отмечены только в группе 2, где уровни ЖРВ в парообработанном корме были доведены до рекомендуемых.

То же относится и к толщине скорлупы: в опытных группах 1 и 2 она была выше контроля на 1,61 и 2,15%, причем достоверным (p≤0,05) ее повышение было только в группе 2. При этом прочностные характеристики скорлупы достоверно улучшались по сравнению с контролем в обеих опытных группах: прочность скорлупы в группах 1 и 2 повысилась по сравнению с контролем на 5,71 (p≤0,05) и 7,96% (p≤0,01) соответственно, а упругая деформация снизилась на 6,16 (p≤0,01) и 7,56% (p≤0,001). Содержание кальция в скорлупе яиц кур опытных групп 1 и 2 также превышало показатель контроля на 2,74% и на 5,45% (p≤0,05) соответственно (табл. 1, рис. 1).

Несмотря на снижение содержания витамина D3 в рационе опытной группы 1 вследствие его термодеструкции при парообработке, содержание Са в скорлупе яиц от этой группы было выше, чем в контроле, как и прочностные характеристики скорлупы. Возможно, это связано с улучшением переваримости и использования протеина рациона после парообработки, что привело к увеличению массы яиц и улучшению состояния органического матрикса скорлупы и, как следствие, качества скорлупы; известно, что структура и качество органического матрикса напрямую влияют на структуру и качество всей скорлупы в целом [13].

Наилучшие результаты по всем изученным параметрам качества яиц и скорлупы были получены в опытной группе 2, где уровни ЖРВ после парообработки корма были доведены до базовых.

Опыт 2. Данные по качеству яиц кур при 50%- и 100%-ной замене D3 на 25-OH-D3 в рационе приведены в табл. 2. Оба уровня замены достоверно улучшали среднюю массу яиц – на 1,61 (p≤0,05) и 2,88% (p≤0,001) соответственно; подобный эффект отмечался и другими исследователями [9]. Повышение качества белка (единиц Хау) в опытных группах по сравнению с контролем в данном опыте было менее выраженным, чем в опыте 1, и составило 0,28% в группе 1 и 0,39% (p≤0,05) в группе 2.

Толщина скорлупы в опытных группах 1 и 2 увеличилась по сравнению с контролем на 1,30% и на 1,91% (p≤0,05) соответственно, прочность скорлупы – на 3,86 (p≤0,05) и 5,78% (p≤0,01), упругая деформация улучшилась на 4,40 (p≤0,05) и 6,58% (p≤0,01). Таким образом, толщина и механические характеристики скорлупы последовательно улучшались при увеличении степени замены D3 на 25-OH-D3.

Таблица 2. Показатели качества яиц кур-несушек при 50%- и 100%-ной замене D3 на 25-OH-D3 в рационе

Показатель	Группы		
	контрольная	опытная 1	опытная 2
Прочность скорлупы, Н	35,81±0,50	37,19±0,49*	37,88±0,48**
% к контролю	100	103,86	105,78
Упругая деформация скорлупы, мкм	21,18±0,31	20,25±0,32*	19,79±0,30**
% к контролю	100	95,60	93,42
Толщина скорлупы, мм	0,375±0,002	0,380±0,002	0,382±0,002*
% к контролю	100	101,30	101,91
Средняя масса яиц, г	60,32±0,35	61,29±0,34*	62,06±0,39***
% к контролю	100	101,61	102,88
Единицы Хау	89,59±0,11	89,84±0,11	89,95±0,1*
% к контролю	100	100,28	100,39
Содержание Са в скорлупе, % на АСВ	33,98±0,43	35,31±0,19*	36,86±0,24**
% к контролю	100	103,91	108,48

Данная замена также последовательно и достоверно увеличивала содержание Са в скорлупе (табл. 2, рис. 1): в опытных группах 1 и 2 этот показатель превышал уровень контроля на 3,91 (p≤0,05) и 8,48% (p≤0,01), что свидетельствует о более существенном влиянии 25-OH-D3 на метаболизм Са по сравнению с D3, о чем сообщали и другие авторы [8].

Таким образом, опыт 2 подтвердил биологическую и зоотехническую эффективность замены D3 на 25-OH-D3 в рационе несушек с точки зрения влияния на качество яиц и скорлупы, причем наиболее эффективной была 100%-ная замена. Однако выбор оптимальной степени этой замены на практике будет определяться также экономическими соображениями, т.е. доступностью и стоимостью разных препаратов витамина D3.

Выводы. По результатам опыта 1 установлено, что парообработка полнорационного комбикорма для несушек (85±1°С, 300 сек) позволила повысить по сравнению с контролем среднюю массу яиц на 1,48%, единицы Хау – на 0,40%, толщину скорлупы – на 1,61%, прочность скорлупы – на 5,71% (p≤0,05), содержание Са в скорлупе – на 2,74% а также снизить упругую деформацию скорлупы на 6,16% (p≤0,01). Дополнительный ввод ЖРВ в парообработанный корм для компенсации термодеструктивных потерь витаминов до уровня конт-

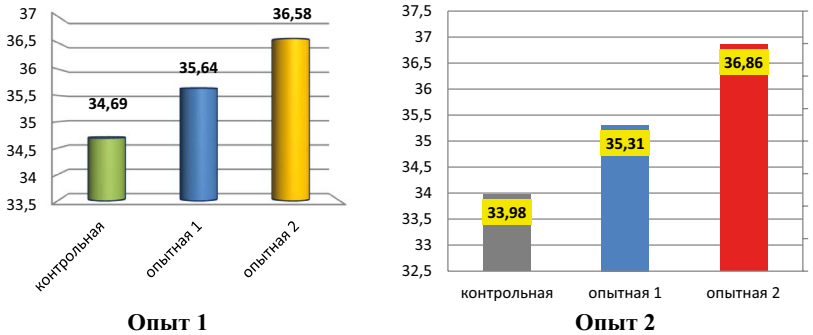

Рис. 1. Содержание кальция в скорлупе яиц кур (% на АСВ) в опытах 1 и 2

роля привел к дальнейшему достоверному повышению качества яиц: средняя масса яиц была выше контроля на 2,33% ($p \leq 0,05$), единицы Хау – на 0,59% ($p \leq 0,05$), толщина скорлупы – на 2,15% ($p \leq 0,05$), прочность скорлупы – на 7,96% ($p \leq 0,01$), содержание Са в скорлупе – на 5,45% ($p \leq 0,05$), упругая деформация снизилась на 7,56% ($p \leq 0,001$).

Результаты опыта 2 показали, что 50%- и 100%-ная замена витамина D3 на 25-OH-D3 в рационах несушек привела к увеличению по сравнению с контролем средней массы яиц на 1,61 ($p \leq 0,05$) и 2,88% ($p \leq 0,001$) соответственно, единиц Хау – на 0,28% и на 0,39% ($p \leq 0,05$), толщины скорлупы – на 1,30% и на 1,91% ($p \leq 0,05$), прочности скорлупы – на 3,86 ($p \leq 0,05$) и 5,78% ($p \leq 0,01$), содержания Са в скорлупе – на 3,91 ($p \leq 0,05$) и 8,48% ($p \leq 0,01$), при снижении упругой деформации скорлупы на 4,40 ($p \leq 0,05$) и 6,58% ($p \leq 0,01$).

Таким образом, обе изученные стратегии позволяют повысить качество скорлупы яиц за счет оптимизации витаминного питания несушек.

Литература / References

1. Кавтарашвили, А.Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение II. Формирование и строение скорлупы; факторы, влияющие на ее качество (обзор) / А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. - 2023. - №7-8. - С. 37-45. [Kavtarashvili AS (2023). doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-7-8-37-45 (in Russ.)]
2. Zang. H. Effects of different dietary vitamin combinations on the egg quality and vitamin deposition in the whole egg of laying hens / H. Zang, K. Zhang, X. Ding, S. Bai, J.M. Hernández, B. Yao // Rev. Bras. Ciênc. Avíc. - 2011. - V. 13. - No 3. - P. 189-196. doi: 10.1590/S1516-635X2011000300005
3. Zhao, H. Effects of dietary natural vitamin E supplementation on laying performance, egg quality, serum biochemical indices, tocopherol deposition and antioxidant capacity of laying hens / H. Zhao, Y. Chen, S. Wang, C. Wen, Y. Zhou // Ital. J. Anim. Sci. - 2021. - V. 20. - No 1. - P. 2254-2262. doi: 10.1080/1828051X.2021.2002733
4. Kljak, K. Production performance and properties of eggs from hens fed diets differing in corn grain hardness, vitamin A supplementation level, and mineral form / K. Kljak, D. Zurak, G. Kiš, Z. Janječić, D. Bedeković, H. Medić, V. Pirgozliev, N. Marušić Radovčić // Foods. - 2026. - V. 15. - No 4. - P. 692. doi: 10.3390/foods15040692
5. Soares Jr., J.H. 25-hydroxycholecalciferol in poultry nutrition / J.H. Soares Jr., J.M. Kerr, R.W. Gray // Poult. Sci. - 1995. - V. 74. - No 12. - P. 1919-1934. doi: 10.3382/ps.0741919
6. Norman, A.W. The vitamin D endocrine system / A.W. Norman // Physiologist. - 1985. - V. 28. - No 4. - P. 219-232.
7. Garcia, A.F.Q.M. Use of vitamin D3 and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality / A.F.Q.M. Garcia, A.E. Murakami, C.R. do Amaral Duarte, I.C.O. Rojas, K.P. Picoli, M.M. Puzotti // Asian-Australas. J. Anim. Sci. - 2013. - V. 26. - No 3. - P. 408-415. doi: 10.5713/ajas.2012.12455
8. Chen, C. Role of long-term supplementation of 25-hydroxyvitamin D3 on egg production and egg quality of laying hen / C. Chen, B. Turner. T.J. Applegate, G. Litta, W.K. Kim // Poult. Sci. - 2020. - V. 99. - No 12. - P. 6899-6906. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.020
9. Świątkiewicz, S. Dietary factors improving eggshell quality: an updated review with special emphasis on microelements and feed additives / S. Świątkiewicz, A. Arczewska-Włosek, J. Krawczyk, M. Puchała, D. Józefiak // World's Poult. Sci. J. - 2015. - V. 71. - No 1. - P. 83-94. doi: 10.1017/S0043933915000082
10. Iravani, S. Feed processing: a review of the impacts of conditioning time and temperature on feed quality and broilers performance / S. Iravani, F. Aziz-Aliabadi, R. Vakili // World's Poult. Sci. J. - 2024. - V. 80. - No 3. - P. 657-679. doi: 10.1080/00439339.2024.2341276
11. Татлыбаева, Е.Б. Оценка термолабильности жирорастворимых витаминов при термической обработке кормов / Е.Б. Татлыбаева, А.Г. Мусин // Изв. Оренбургского ГАУ. - 2026. - №1. - С. 294 - 299. [Tatlybaeva EB, Musin AG (2026). doi: 10.37670/2073-0853-2026-117-1-294-299 (In Russ.)]
12. Мустафин, А.С. Патент RU 233838. Комбинированное устройство для контроля качества яиц / А.С. Мустафин, А.Г. Мусин. - Заявка №2024136959: заявл. 09.12.2024: опубл. 06.05.2025, бюл. № 13. [Mustafin AS, Musin AG (2024) Pat. RU 233838. Combined device for control of egg quality. Priority 09.12.2024 (in Russ.)]
13. Rose, M.L. Protein constituents of the eggshell: eggshell-specific matrix proteins / M.L. Rose, M.T. Hincke // Cell. Mol. Life Sci. - 2009. - V. 66. - No 16. - P. 2707-2719. doi: 10.1007/s00018-009-0046-y

Сведения об авторах:

Мусин А.Г.: кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор; almas-musin@yandex.ru. **Гадиев Р.Р.:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор; rgadiev@mail.ru. **Мустафин А.С.:** кандидат сельскохозяйственных наук, технический консультант группы «Птицеводство»; azmustafin@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 06.04.2026; одобрена после рецензирования 27.04.2026; принята к публикации 29.05.2026.

Research article

Improvement of Eggshell Quality by Optimization of Vitamin Nutrition of Laying Hens

Almaz G. Musin[1], Rinat R. Gadiev[2], Azat S. Mustafin[3]

[1]AVNutriSmart, LLC, Orenburg; [2]Bashkir State Agrarian University, Ufa; [3]Alltech, LLC, Moscow

Abstract. *It is well known that egg and eggshell quality strongly depend on the hens' diet, including dietary concentration of vitamins. Two trials were performed on laying hens (cross Super Nick, 21 birds per treatment) to examine the effectiveness of two different strategies aimed at the improvement of eggshell quality by optimization of vitamin nutrition of layers. In Trial 1 (hens' age 34-74 the effects of steam conditioning of feed*

and compensation of vitamin losses in steam-conditioned feed on the parameters of egg and eggshell quality were studied. It was found that stream conditioning (85±1°C for 300 seconds) of feed, despite obvious vitamin losses, resulted in the improvement of all studied parameters: average egg weight was higher in compare to control by 1.48%, Haugh units by 0.40%, eggshell thickness by 1.61%, eggshell breaking strength by 5.71% (p≤0.05), Ca content in eggshell by 2.74%; elastic deformation of eggshell was lower by 6.16% (p≤0.01). Additional supplementation of steam-conditioned feed with fat-soluble vitamins (A, E, D3) resulted in the further significant improvements: average egg weight was higher in compare to control by 2.33% (p≤0.05), Haugh units by 0.59% (p≤0.05), eggshell thickness by 2.15% (p≤0.05), eggshell breaking strength by 7.96% (p≤0.01), Ca content in eggshell by 5.45% (p≤0.05); elastic deformation of eggshell was lower by 7.56% (p≤0.001). In Trial 2 (hens' age 25-74 weeks) the effects of 50 and 100% substitution of 25-OH-D3 for dietary D3 (used in control at 100%) were studied. It was found that average egg weight with these substitution rates was higher in compare to control by 1.61 (p≤0.05) and 2.88% (p≤0.001), respectively; Haugh units by 0,28% and by 0.39% (p≤0.05); eggshell thickness by 1.30% and by 1.91% (p≤0.05); eggshell breaking strength by 3.86 (p≤0.05) and 5.78% (p≤0.01); Ca content in eggshell by 3.91 (p≤0.05) and 8.48% (p≤0.01); elastic deformation of eggshell was lower by 4.40 (p≤0.05) and 6.58% (p≤0.01). It was concluded that both strategies studied allowed for the improvement of eggshell quality by the optimization of vitamin nutrition of layers.

Keywords: *laying hens, dietary vitamin content, steam conditioning of compound feeds, substitution of 25-OH-D3 for dietary vitamin D3, egg quality, egg weight, Haugh units, eggshell thickness, breaking strength and elastic deformation of eggshell, calcium content in eggshell.*

For Citation: *Musin A.G., Gadiev R.R., Mustafin A.S. (2026) Improvement of eggshell quality by optimization of vitamin nutrition of laying hens. Ptitsevodstvo,* ***75****(6): 25-29. (in Russ.)*
doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-6-25-29

(*For references see above*)

Authors:

Musin A.G.: Cand. of Agric. Sci., General Director; almas-musin@yandex.ru. **Gadiev R.R.:** Dr. of Agric. Sci., Prof.; rgadiev@mail.ru. **Mustafin A.S.:** Cand. of Agric. Sci., Technical Consultant of Division "Poultry"; azmustafin@yandex.ru.

Submitted 06.04.2026; revised 27.04.2026; accepted 29.05.2026.

© Мусин А.Г., Гадиев Р.Р., Мустафин А.С., 2026