



Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение I. Формирование и строение яйца; факторы, влияющие на массу яиц (обзор)

Алексей Шамилович Кавтарашвили

ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук (ФНЦ «ВНИТИП» РАН)

Аннотация: Настоящий обзор посвящен механизмам формирования и строению куриных яиц и оценке факторов, влияющих на массу яиц. Яйцо формируется в яичнике (яйцеклетка-желток) и яйцеводе (белок и скорлупа). Продолжительность созревания предовуляторного фолликула в яичнике составляет 7-10 дней, а формирования яйца в яйцеводе – 22,5-26,2 ч, в том числе в воронке – 20-30 мин (внутренний плотный слой белка), белковом отделе – 2,0-3,2 ч (внутренний жидкий, наружные плотный и жидкий слои белка), перешейке – 1,0-1,3 ч (подскорлупные оболочки), матке – 16-21 ч (скорлупа с кутикулой). Рост, созревание и овуляция яйцеклетки, образование и снесение яиц детерминированы геномом кур и зависят от скоординированного действия гормонов гипоталамуса, гипофиза и яичника при взаимодействии с условиями окружающей среды. Масса является одним из основных показателей качества пищевого яйца. С изменением массы яйца меняется и его качество. На массу яиц в значительной степени влияют генотип, возраст, живая масса, время яйцекладки, продолжительность срока продуктивного использования, принудительная линька, интенсивность яйценоскости, стресс и способ содержания птицы; состав и питательность рациона, однородность стада по живой массе и развитию, микроклимат помещений; продолжительность, температура и влажность хранения яиц.

Ключевые слова: куриное яйцо, механизм образования яйца, строение яйца, факторы, влияющие на массу яиц.

Для цитирования: Кавтарашвили, А.Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение I. Формирование и строение яйца; факторы, влияющие на массу яиц (обзор) / А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2023. – №6. – С. 36-43.

doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-6-36-43

Введение. Куриное яйцо является весьма ценным продуктом питания для человека, который в оптимальном соотношении содержит все жизненно важные питательные, биологически активные и минеральные вещества. Усвояемость содержимого пищевого яйца человеком составляет 97-98%; по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), белку яйца присвоен индекс биологической ценности 100, в то время как у белка молока он составляет всего 88-91 [1].

Производство яиц хорошего качества имеет решающее значе-

ние для экономической жизнеспособности яичной промышленности во всем мире. Питательная ценность пищевого яйца зависит от его качества, а оно, в свою очередь, обуславливается строением яйца и его составными элементами.

Качество яиц определяет комплекс разнообразных факторов [2]. Подавляющее большинство из них действует в период формирования яйца, другие – после его снесения (в процессе сбора, транспортировки, обработки и хранения яиц и т.д.). Сложности с качеством яиц могут быть результатом влияния не только

какого-то одного фактора, но и сочетания различных факторов [3].

Настоящий обзор посвящен механизму формирования и строению яйца, а также факторам, влияющим на массу яиц кур.

Формирование яйца. Куры-несушки современных яичных кроссов имеют продуктивность более 330 яиц в год. У суточного цыпленка в яичнике присутствует от 3500 до 12000 фолликулов, т.е. значительно больше, чем курица может снести яиц за всю жизнь. До половозрелого возраста птицы фолликулы представляют собой



яйцеклетку с оболочкой без желтка. С достижением половой зрелости происходит последовательное увеличение фолликулов [4-6].

Рост, созревание и овуляция яйцеклетки, образование и снесение яиц детерминированы генетически и зависят от скоординированного действия гормонов гипоталамуса, гипофиза и яичника при взаимодействии с условиями окружающей среды [5,7]. В процессе образования яйцеклетки в яичнике гипоталамус инициирует гормональный каскад, высвобождая гонадотропин-рилизинг гормон (ГнРГ), который вызывает усиление секреции передней доли гипофиза (аденогипофиз) фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), регулирующего рост и развитие фолликулов, и лютеинизирующего гормона (ЛГ), индуцирующего овуляцию. В свою очередь, ФСГ и ЛГ стимулируют выработку эстрогенов и прогестерона в яичнике, которые затем запускают производство печени предшественников яичного желтка, вителлогенина и желточно-целового липопротеина очень низкой плотности, поступающих затем в кровотоки. Эстрогены яичника, наряду с их рецепторами, играют большую роль в развитии и функционировании яйцевода, ускоряют переход липидов в желток, а прогестерон с родным рецептором после овуляции стимулирует функциональную активность яйцевода [7,8].

Фолликулярное развитие в репродуктивном процессе кур-несушек включает 2 основные группы фолликулов. *Первая группа* – предьерархическая, которая включает мелкие белые (менее 2 мм в диаметре), крупные белые (от 2 до 4 мм) и мелкие желтые фолликулы (от 4 до 8 мм). *Вторая группа* – иерархическая, состоит из 5-7 крупных желтых быстрорастущих

фолликулов (9-35 мм), которые достигают предовуляторного размера за 7-10 дней. Чем меньше крупных фолликулов в этой последней группе, тем быстрее происходит накопление в них желтка и созревание яйцеклетки. Каждый из фолликулов, принадлежащих к иерархической группе, идентифицируется уменьшающейся цифрой в зависимости от его размера (т.е. самый большой фолликул – F1, второй – F2, третий – F3 и т.д.). Как только фолликул входит в иерархическую категорию, он не может претерпевать атрезию [9-12]. Каждый раз овулирует самый большой фолликул, а новый фолликул для входа в иерархическую группу набирается из предыерархических мелких желтых фолликулов [7].

Необходимым условием для развития и созревания фолликулов также является равновесие между активными формами кислорода (АФК) и антиоксидантами. Выработка АФК высока в репродуктивной ткани из-за активного метаболизма и стероидогенеза, которые находятся под контролем антиоксидантной системы организма [13].

После овуляции яйцеклетка-желток переходит в яйцевод (длина более 60 см), который состоит из пяти различных функционально и гистоморфологически самостоятельных сегментов: воронки, белкового отдела, перешейка (истмуса), скорлуповой железы (матки) и влагалища. Продолжительность формирования яйца в яйцеводе обычно составляет 22,5-26,2 ч, в том числе в воронке – 20-30 мин, белковом отделе – 2,0-3,2 ч, перешейке – 1,0-1,3 ч, матке – 16-21 ч (в среднем – 18-19 ч), влагалище – мгновение. Движение желтка по яйцеводу – вращательно-поступательное, оно обуславливается перистальтикой (сокращениями) яйцевода. После снесения яйца

очередная овуляция происходит через 15-45 мин [3,5,12,14].

Воронка – первый отдел яйцевода, расположенный около яичника. Она захватывает вышедшую из самого крупного фолликула яйцеклетку-желток. Здесь происходит оплодотворение яйцеклетки, а затем образование вокруг нее плотного волокнистого тонкого (первого) белкового слоя, часть которого при винтообразном движении желтка скручивается в виде спиральных полупрозрачных образований – градинок (халаз), а затем через ее шейку (узкую часть) переходит в наиболее длинный белковый отдел [3,14,15].

После попадания желтка в белковый отдел он создает механическое растяжение стенки, которое стимулирует секрецию и высвобождение белков из трубчатых желез. В белковом отделе на желток накладывается белок, формируя белковый слой яйца. Непродолжительное время присутствия яйца в белковом отделе скоординировано с ускоренным отложением белка и высокой интенсивностью обменных процессов. Слой белков обеспечивает механическую и антибактериальную защиту желтка [8,14,15].

Затем яйцо попадает в перешеек, где образуются внутренняя и внешняя подскорлупные оболочки. Очевидно, здесь определяется форма яйца, так как она зависит от подскорлупных оболочек, а не скорлупы. Подскорлупные оболочки представляют собой слои переплетенных и сшитых между собой волокон, составляющих довольно прочную волокнистую сетку. Эта сетка обеспечивает места нуклеации для начала минерализации скорлупы. Нарушения формирования и организации этих сшитых волокон могут негативно повлиять на прочность яичной скорлупы [14,15].



На границе перешейка и матки (скорлуповой железы) находится сравнительно небольшой участок, так называемая «красная зона», его некоторые исследователи относят к перешейку, а другие – к матке яйцевода. Именно в «красной зоне» откладываются первые порции карбоната кальция. В дальнейшем кальцификация протекает в матке [14,15].

В исходный период нахождения яйца в матке через подскорлупные оболочки происходит усиленный процесс перемещения в яичный белок жидкости совместно с некоторыми ионами. Это приводит к набуханию белка, плотному обхвату подскорлупных оболочек, которые придают белку устойчивую форму, на ней происходит процесс кальцификации скорлупы. В матке яйцевода непосредственно перед снесением яйца (за 1,5-2,0 ч) синтезируется и откладывается на скорлупе кутикула [6,16].

После завершения формирования яйца, благодаря скоординированной активности скорлуповой железы и влагалища, выводится из репродуктивного тракта наружу [3,15].

Строение яйца. Куриное яйцо состоит из желтка (28-32%), белка (56-62%) и скорлупы (10-12%) при примерном их соотношении 6:3:1 [17].

Сердцевину яйца занимает желток, который покрыт гибкой оболочкой (вителлиновой мембраной) толщиной не более 0,05 мм. В желтке содержатся основные питательные вещества. На поверхности желтка находится бластоиск (зародышевый диск) – небольшое белковое пятно диаметром около 3-5 мм. Желток имеет слегка продолговатую форму, вытянутую в сторону полюсов яйца, и немного сжат у зародышевого диска. Он состоит из чередующихся 5-6 слоев желтого и светлого цвета с об-

щим центром. Полагают, что в течение одних суток откладываются каждые два смежных слоя желтка. В центре желтка находится более светлая латэбра, соединенная с помощью шейки с бластодиском. Латэбра легче, чем желтые слои, и поэтому желток всегда ориентирован бластодиском вверх [3,18].

Яичный белок – прозрачное вещество желтоватого или слегка зеленоватого оттенка (содержит порядка 148 различных протеинов), расположенное вокруг желтка. Он состоит из четырех фракций. Непосредственно вокруг желтка находится тонкий слой внутреннего градиноквого или плотного белка, от которого в сторону тупого и острого конца яйца тянутся халазы. Они прочно прикреплены с одной стороны к поверхности желтка, а с другой – к наружному плотному белку, и как бы на растяжках удерживают желток в центре яйца. Внутренний градиноквый слой белка окружен более толстым слоем внутреннего жидкого белка. Внутренний плотный и жидкий белок совместно с желтком сфокусированы в «белочный мешок», который окружен толстым слоем наружного плотного белка. Между белочным мешком и подскорлупными оболочками (за исключением полюсов) находится четвертый наружный жидкий слой белка, который по консистенции сильно схож с внутренним жидким белком. Эволюционно белок является более поздним образованием, и потому по сравнению с желтком имеет меньшую стабильность строения. Белок, в основном, выполняет защитную функцию, а также является резервуаром для воды [3].

Белок обхватывают две подскорлупные оболочки (толщина – 40-70 мкм). Внутренняя оболочка облекает весь белок и плотно прилегает к наружной. На тупом

конце яйца связь между подскорлупными оболочками ослаблена. Сразу после снесения и остывания яйца объем желтка и белка слегка уменьшается, на тупом конце подскорлупные оболочки расходятся, и между ними образуется воздушная камера с диаметром менее 1 см. В зависимости от сроков хранения, температуры и влажности воздуха диаметр воздушной камеры увеличивается. Величина воздушной камеры является показателем свежести яиц [3].

Скорлупа защищает содержимое яйца от механических повреждений и является труднопреодолимым барьером для проникновения микроорганизмов снаружи и испарения воды изнутри яйца. Она состоит из трех слоев с различной кристаллической структурой: мамиллярного, палисадного и вертикального. Скорлупа пронизана порами, число которых у куриного яйца находится в пределах 7-10 тыс. (на 1 см² – более 100). Поры сильно различаются по величине, что с учетом их количества определяет скорость потери массы яйца при хранении. Толщина скорлупы куриных яиц составляет в среднем 360-370 мкм. Скорлупа состоит, в основном, из кальцита (наиболее стабильной кристаллической формы карбоната кальция) – 96%, остальное приходится на органический матрикс (2%), магний, фосфор и ряд микроэлементов [3,19].

Кутикула – самая внешняя оболочка яйца, которая тонким слоем (толщиной от 5 до 10 мкм) покрывает наружную поверхность скорлупы. Она состоит из внутреннего кальцинированного и наружного некальцинированного (протеинового, в основном, муцина) слоев. Кутикула плотно связана со скорлупой, однако довольно легко смывается горячей водой и разрушается при трении. В процессе хранения



яиц она также разрушается, и поэтому по мере старения поверхность яйца становится блестящей. Кутикула играет важную роль в предотвращении проникновения через яичную скорлупу микроорганизмов и пыли, регулировании газообмена и испарения воды. В предотвращении порчи яиц кутикула наиболее эффективна в первую неделю после снесения. Удаление кутикулы с яйца ускоряет его старение и порчу [3,19,20].

Таким образом, сложный характер строения и процесса образования яйца говорит о том, что проблемы с качеством могут возникнуть на любой стадии его формирования и после снесения. Они могут быть результатом влияния не только какого-то одного фактора, но и сочетания факторов.

Факторы, влияющие на массу яиц. Масса является одним из основных показателей качества пищевого яйца. Чем выше масса яиц, тем больше его рыночная стоимость (за счет увеличения категориальности) и его привлекательность для потребителя. С изменением массы яйца меняется и его качество [1,3,22].

С повышением массы яйца его форма немного удлиняется. Прибавка каждых 10 г к массе яйца приводит к уменьшению индекса формы на 0,2-0,5%. Масса яиц у одновозрастных кур имеет более высокую связь с массой белка, чем с массой желтка. Увеличение массы яйца на каждый 1 г соответствует повышению в среднем массы желтка на 0,25 г, белка – на 0,65 г и скорлупы – на 0,10 г [3,21]. У кур одного возраста по мере повышения массы яиц относительное содержание желтка снижается, а белка – увеличивается [23].

Масса яиц значительно увеличивается с возрастом кур, особенно в первые месяцы продуктивно-

го периода. С увеличением живой массы кур одновременно нарастает масса яиц. Куры, начавшие нестись рано, откладывают яйца с меньшей массой, и наоборот. В конце продуктивного цикла несушек масса яиц также может несколько снизиться [21,23].

Большие перепады по массе яиц в первый месяц продуктивности вызваны разным временем вступления курочек в яйцекладку [3].

Молодняк, выращиваемый в оптимальных условиях кормления и содержания, развивается практически однородным, как в отношении половой зрелости, так и в отношении живой массы. При этом время начала яйценоскости соответствует особенностям данного кросса кур, и масса яиц в этом случае будет нормальной почти с самого начала продуктивности. Для большинства современных кроссов следует считать нормальным возраст начала яйцекладки 120-125 дней [24,25].

Перекорм молодняка приведет к его ожирению и ранней половой зрелости, а в результате этого снижается масса яиц [23].

Перевод молодняка на режим освещения взрослых кур в более поздний период приводит к увеличению массы яиц. Так, задержка начала увеличения светового дня на 12 дней способствует повышению массы яиц на пике продуктивности на 2 г, а за весь продуктивный период кур – на 0,5-1,0 г [3].

Повышать массу яиц можно путем сокращения продолжительности освещения в светочувствительную фазу (начинается спустя 11 ч после первого включения света и длится в течение 5 ч) и увеличения его продолжительности в предшествующий ей период, а также путем применения агемеральных режимов освещения, с продолжительностью суток 27-28 ч [21].

Яйца становятся несколько крупнее по мере снижения яйценоскости, хотя низкопродуктивные куры очень часто откладывают мелкие яйца. Если не учитывать последнее, то связь между яйценоскостью и массой яиц достоверно отрицательна (выше интенсивность яйценоскости – меньше масса яиц). Насколько тесно связаны эти два показателя в конкретном стаде кур, зависит от многих факторов, в том числе и от условий выращивания молодняка, возраста наступления половой зрелости, динамики яйценоскости [23].

Обычно куры сносят яйца так называемыми кладками, то есть сериями от 2 и более последовательных дней, когда курица сносит по яйцу ежедневно, разделяемыми одним или несколькими днями без снесения (межкладковая пауза). Первое яйцо в кладке, которое сносится обычно утром (после отдыха птицы), всегда тяжелее, чем яйца, снесенные в более поздний период дня. С увеличением порядкового номера яйца в кладке его масса несколько снижается. Однако в длинных кладках (более 4 яиц) масса последнего яйца, как правило, больше, чем предпоследнего. Чем длиннее кладка, тем больше разница по массе между первым и предпоследним яйцом [3].

Между живой массой и массой яиц кур имеется положительная коррелятивная связь. Повышение живой массы яичных кур на каждые 100 г приводит к увеличению массы яиц примерно на 0,5-0,8 г. Однако следует помнить, что увеличение ожиренности кур не способствует повышению массы яиц [21,24].

Эффективным способом повышения массы яиц является увеличение потребления корма и оптимизация его состава. Любые факторы (микроклимат, способ содержа-



ния, качество кормов и др.), приводящие к ухудшению аппетита, одновременно снижают и массу яиц. В конечном счете, масса яиц зависит от количества усвоенной энергии и протеина. Значительно увеличивается масса яиц при включении в рацион птицы таких источников энергии, как кукуруза и растительное масло (до 2,0%), а также при доведении содержания линолевой кислоты до 1,2-1,5%. Дефицит линолевой кислоты приводит к снижению массы яиц. Рацион, содержащий желтую кукурузу без добавления жиров, считается дефицитным. На каждый процент дополнительно потребленной обменной энергии масса яиц увеличивается примерно на 0,2%. Уменьшение обменной энергии в рационе кур на 5-10% по сравнению с нормой приводит к снижению на 0,5-0,7 г массы яиц. При увеличении в рационе уровня сырого протеина масса яиц также возрастает. Если источником протеина являются корма животного происхождения, это увеличение бывает более заметным. Так, повышение уровня сырого протеина в корме на каждый процент в диапазоне от 12 до 18% приводит к увеличению массы яиц на 0,8%. Оптимизация аминокислотного состава рациона кур приводит к повышению массы яиц на 1-2 г, а ухудшение аминокислотной сбалансированности – к неминусовому ее снижению. Потребление протеина курами в период интенсивной яйцекладки должно быть 18-19 г/гол./сут. Увеличенное (на 0,1% от нормы) включение в рацион доступного метионина также способствует повышению массы яйца [3,23,25].

Масса яиц увеличивается при введении в рацион качественной травяной муки, витаминов D₃ и С, антибиотиков [21].

Повышение содержания в кормосмесях рапса, ржи, фосфора, лекарственных или ядовитых веществ (госсипол, никарбазин, фуриганты, афлатоксины), а также снижение аппетита птицы приводят к снижению массы яиц [3,21,24].

При клеточном содержании кур масса яиц на 1,0-2,7 г выше по сравнению с напольным, причем в одноярусных клетках она выше, чем в многоярусных [21,23].

Из факторов микроклимата наибольшее влияние на массу яиц оказывает температура. С повышением температуры масса яиц снижается. В этой связи в регионах с жарким климатом, по сравнению с холодным, масса яиц кур одного и того же кросса на 1,0-2,5 г ниже. При увеличении температуры от 25 до 30°C масса яиц снижается на 1,5-2,0% на каждый «лишний» градус. Снижение температуры воздуха в птичнике, наоборот приводит к увеличению массы яиц. Так, понижение температуры воздуха с 22-23 до 2-3°C способствует увеличению массы яиц на 3,0%, а расхода корма – в 1,4 раза; поэтому из-за неоправданно высоких затрат кормов повышать массу яиц путем снижения температуры воздуха нецелесообразно [21].

Другие показатели микроклимата (газовый состав воздуха, запыленность, шум и др.) влияют на массу яиц менее заметно, но большая загазованность воздуха вызывает сильную потерю аппетита, что приводит к снижению массы яиц [3]. Любой стресс также значительно снижает массу куриных яиц [25].

Селекция кур является наиболее эффективным методом повышения массы яиц, которая на 55% определяется генотипом и на 45% – условиями кормления и содержания птицы. Прогрессу селекции яичных кур по массе яиц способствует относительно высокая изменчивость

этого признака (коэффициент изменчивости массы куриных яиц в среднем составляет 7%). В стаде кур одного кросса и возраста самые мелкие яйца отличаются от самых крупных в среднем на 15 г, и, следовательно, возможности отбора очень большие. Сложность селекции кур по массе яиц заключается, главным образом, в том, что этот показатель тесно связан с живой массой птицы, повышать которую экономически нецелесообразно. Кроме того, масса яиц и яйценоскость являются отрицательно коррелирующими признаками. Поэтому селекция только на повышение массы яиц приводит к неминусовому снижению яйценоскости. Отсутствие селекции на повышение или на поддержание на определенном уровне массы яиц приводит к довольно быстрому уменьшению этого показателя. Селекционная работа на увеличение массы яиц, прежде всего, должна быть направлена на уменьшение в стаде процента кур с низкой массой яиц. Помимо этого, необходимо добиться резкого стартового увеличения массы яиц. Некоторые несушки в начале продуктивного периода откладывают относительно крупные яйца, а в конце – умеренно крупные. Именно такие куры характеризуются особой селекционной ценностью, так как дают практически однородные по массе крупные яйца. Селекционно-генетическая работа должна быть направлена также на создание линий и кроссов кур с более длинными циклами яйценоскости (до 90-100 недель жизни). Продление цикла яйценоскости позволяет, помимо других выгод, снизить относительное количество мелких яиц, и в целом повысить массу яиц по стаду. Повышение срока продуктивного использования кур-несушек только на 2 мес. (с 14 до 16 месяцев жизни) приво-



дит к увеличению средней массы яиц на 1 г [3,23,25].

Перевод молодняка на рацион взрослых несушек слишком рано (при начале яйцекладки) или слишком поздно (при 10% яйценокости) может привести к уменьшению средней массы первых яиц на 1-7%, поэтому норма – перевод при 5% яйценокости [3,21].

Из технологических приемов повышения массы яиц наиболее эффективными являются применение принудительной линьки. Во 2-м и 3-м циклах продуктивности начальная и конечная масса куриных яиц почти одинакова и на 1,5-3,0 г превосходит среднюю массу яиц 1-го цикла [25].

На массу яиц после их снесения оказывают влияние температура, влажность и продолжительность хранения [26,27]. Этому способствует неполная изоляция белка и желтка от внешней среды по причине проницаемости скорлупы яйца для микробов, газов и влаги. Масса яиц быстро теряется при высокой температуре и низкой влажности, главным образом, за счет испарения влаги из белка. При температуре 28°C и влажности 82% за 2 месяца хранения масса яиц снижается на 13% (около 7 г), а при температуре 0,5°C – на менее чем 1%. При температуре 15°C и влажности 75% снижение массы яиц за сутки составляет в среднем 0,1%. При той же температуре

снижение влажности с 75 до 50% ускоряет потерю массы яиц в 1,5 раза. Безусловно, потеря массы яиц при хранении будет также зависеть от толщины скорлупы и числа пор на 1 см² ее поверхности [3].

Заключение. Итак, яйцо формируется в яичнике (яйцеклетка-желток) и яйцеводе (белок и скорлупа). Продолжительность созревания преовуляторного фолликула (яйцеклетки-желтка) в яичнике составляет 7-10 дней, а формирования яйца в яйцеводе – 22,5-26,2 ч, в том числе в воронке – 20-30 мин (здесь откладывается внутренний плотный слой белка), белковом отделе – 2-3,2 ч (внутренний жидкий, наружные плотный и жидкий слои белка), перешейке – 1-1,3 ч (подскорлупные оболочки), матке – 16-21 ч (скорлупа с кутикулой).

Рост, созревание и овуляция яйцеклетки, образование и снесение яйца детерминированы геномом кур и зависят от скоординированного действия гормонов гипоталамуса, гипофиза и яичника при взаимодействии с условиями окружающей среды.

Куриное яйцо состоит из желтка (28-32%), белка (56-62%) и скорлупы (10-12%) при примерном их соотношении 6:3:1. В желтке содержатся основные питательные вещества. Желток окружает белок, который состоит из четырех фракций и выполняет защитную роль и роль депо воды. Белок обхва-

тывают подскорлупные оболочки. С наружной стороны яйцо покрыто скорлупой, пронизанной порами (7-10 тыс. на 1 яйцо или более 100 на 1 см²). Самая внешняя оболочка яйца – кутикула, которая тонким слоем прикрывает поры и поверхность скорлупы. Скорлупа с кутикулой защищают содержимое яйца от механических повреждений, проникновения внутрь микроорганизмов и испарения воды изнутри.

Масса является одним из основных показателей качества пищевого яйца. Чем выше масса яиц, тем больше его рыночная стоимость (за счет увеличения категоричности) и его привлекательность для потребителя. С изменением массы яйца меняется и его качество. На массу яиц в значительной степени влияют генотип, возраст, живая масса, время яйцекладки, продолжительность срока продуктивного использования, принудительная линька, интенсивность яйценокости, стресс и способ содержания птицы; состав и питательность рациона, однородность стада по живой массе и развитию, микроклимат помещений; продолжительность, температура и влажность хранения яиц.

Знание механизма формирования яйца, его строения и факторов, влияющих на массу яиц, может позволить исследователям и практикам-птицеводам эффективно управлять массой яиц в условиях промышленного производства.

Литература / References

1. Фисинин, В. Качество пищевых яиц и здоровое питание / В. Фисинин, А. Штеле, Г. Ерастов // Птицеводство. - 2008. - №2. - С. 2-6. [Fisinin V, Shtele A, Erastov G (2008) Quality of table eggs and healthy nutrition. *Ptitsevodstvo*, (2):2-6 (in Russ.)]
2. Tůmová, E. The effect of time of oviposition and age on egg weight, egg components weight and eggshell quality / E. Tůmová, Z. Ledvinka // Arch. Geflügelk. - 2009. - V. 73. - No 2. - P. 110-115.
3. Царенко, П.П. Повышение качества продукции птицеводства: пищевые и инкубационные яйца / П.П. Царенко. - Л.: Агропромиздат, 1988. - 240 с. [Tsarenko PP (1988) Improvement of Quality of Poultry Products: Table Eggs and Eggs for Incubation. Leningrad, Agropromizdat Publ., 240 pp. (in Russ.)]
4. Lukić, M. Adequate calcium nutrition and quality of egg shell and bones in layers: innovative approach / M. Lukić, Z. Pavlovski, Z. Škrbić // Biotechnol. Anim. Husb. - 2011. - V. 27. - No 3. - P. 485-497. doi: 10.2298/BAH1103485L



5. Штеле, А.Л. Образование биологически полноценных яиц и продуктивность кур яичных кроссов / А.Л. Штеле // Птица и птицепродукты. - 2011. - №6. - С. 19-23. [Shtele AL (2011) Formation of biologically full-value eggs and productivity in crosses of layers. *Poult. Chicken Prod.*, (6):19-23 (in Russ.)]
6. Kaspers, B. An egg a day – the physiology of egg formation / B. Kaspers // *Lohmann Information*. - 2016. - V. 50. - No 2. - P. 12-16.
7. Rangel, P.L. Reproduction in hens: Is testosterone necessary for the ovulatory process? / P.L. Rangel, C.G. Gutierrez // *Gen. Comp. Endocrinol.* - 2014. - V. 203. - P. 250-261. doi: 10.1016/j.ygcen.2014.03.040
8. Mishra, B. Genetic and hormonal regulation of egg formation in the oviduct of laying hens / B. Mishra, N. Sah, S. Wasti // *Poultry - An Advanced Learning*; Kamboh A.A., Ed. - IntechOpen, 2019. - Chpt. 3. - 94 pp. doi: 10.5772/intechopen.78844
9. Johnson, A.L. Regulation of follicle differentiation by gonadotropins and growth factor / A.L. Johnson // *Poult. Sci.* - 1993. - V. 72. - No 5. - P. 867-873. doi: 10.3382/ps.0720867
10. Johnson, A.L. The avian ovarian hierarchy: a balance between follicle differentiation and atresia / A.L. Johnson // *Avian Poult. Biol. Rev.* - 1996. - V. 7. - No 2-3. - P. 99-110.
11. Johnson, A.L. Reproduction in the female / A.L. Johnson // *Sturkie's Avian Physiology*, 6th ed. - London, UK: Academic Press (Elsevier), 2015. - P. 635-665.
12. Кавтарашвили, А.Ш. Влияние освещения на время яйцекладки и качество куриных яиц (обзор) / А.Ш. Кавтарашвили, В.И. Фисинин, В.С. Буйаров, Т.Н. Колокольникова // *С.-х. биология*. - 2019. - Т. 54. - №6. - С. 1095-1109. [Kavtarashvili AS, Fisinin VI, Buyarov VS, Kolokolnikova TN (2019) *Agric. Biol.*, **54**(6):1095-109; doi 10.15389/agrobiology.2019.6.1095rus (in Russ.)]
13. Kala, M. Equilibrium between anti-oxidants and reactive oxygen species: a requisite for oocyte development and maturation / M. Kala, M.V. Shaikh, M. Nivsarkar // *Reprod. Med. Biol.* - 2017. - V. 16. - No 1. - P. 28-35. doi: 10.1002/rmb2.12013
14. Nys, Y. Egg formation and chemistry / Y. Nys, N. Guyot // *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products Vol. 1 Egg Chemistry, Production, and Consumption*; Nys Y., Bain M., Van Immerseel F., Eds. - Woodhead Publ. Ser. Food Sci. Technol. Nutr. - 2011. - Chpt. 6. - P. 83-132. doi: 10.1533/9780857093912.2.83
15. Сидоренко, Л.И. Биология кур / Л.И. Сидоренко, В.И. Щербатов. - Краснодар, 2016. - 244 с. [Sidorenko LI, Shcherbatov VI (2016) *Biology of Chickens*. Krasnodar, 244 pp. (in Russ.)]
16. Романов, А.Л. Птичье яйцо / А.Л. Романов, А.И. Романова - Пер. с англ. - М.: Пищепромиздат, 1959. - 540 с. [Romanoff AL, Romanoff AJ (1949) *The Avian Egg*. NY, Wiley Publ.; Russ. transl., Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1959, 540 pp. (in Russ.)]
17. Штеле, А. Пищевая ценность яиц различной массы и моделирование их калорийности / А Штеле, А. Филатов // *Птицеводство*. - 2012. - №6. - С. 40-43. [Shtele A, Filatov A (2012) Nutritive value of table eggs of different weight and modeling of their caloric content. *Ptitsevodstvo*, (6):40-3 (in Russ.)]
18. Штеле, А.Л. Яичное птицеводство / А.Л. Штеле, А.К. Османян, Г.Д. Афанасьев. - СПб., М., Краснодар: Лань, 2011. - 275 с. [Shtele AL, Osmanyak AK, Afanasyev GD (2011) *Production of Poultry Eggs*. St-Petersburg etc., Lan Publ., 275 pp. (in Russ.)]
19. Ruiz, J. Ultrastructural analysis of the eggshell: contribution of the individual calcified layers and the cuticle to hatchability and egg viability in broiler breeders / J. Ruiz, C.A. Lunam // *Br. Poult. Sci.* - 2000. - V. 41. - No 5. - P. 584-592. doi: 10.1080/713654975
20. Samiullah, S. The eggshell cuticle of the laying hen / S. Samiullah, J.R. Roberts // *World's Poult. Sci. J.* - 2014. - V. 70. - No 4. - P. 693-708. doi: 10.1017/S0043933914000786
21. Кавтарашвили, А.Ш. Методы регулирования массы яиц кур / А.Ш. Кавтарашвили // *Феникс-Кус (Казахстан)*. - 2010. - №5. - С. 25-27. [Kavtarashvili AS (2010) Methods for regulation of egg weight in chicken. *Feniks Kus (Kazakhstan)*, (5):25-7 (in Russ.)]
22. Штеле, А.Л. Качество пищевых яиц в зависимости от массы / А.Л. Штеле // *Сб. науч. тр. «Повышение качества продуктов птицеводства»*. - М.: Колос, 1983. - С. 123-127. [Shtele AL (1983) Quality of table eggs as affected by egg weight. In: *Improvement of Quality of Poultry Products*, Moscow, Kolos Publ.:123-7 (in Russ.)]
23. Штеле, А.Л. Качество яиц и пути его повышения: обзорная информация / А.Л. Штеле. - М. 1977. - 54 с. [Shtele AL (1977) *Egg Quality and the Ways to Improve It: A Review*. Moscow, 54 pp. (in Russ.)]
24. Bouvarel, I. Optimizing egg mass and quality traits in modern laying hens through nutrition / I. Bouvarel, Y. Nys // *Proc 19th Eur. Symp. Poult. Nutr.*, Potsdam, Germany, 2013. - Abstr. 0320.
25. Кавтарашвили, А.Ш. Как управлять массой яиц в промышленном птицеводстве / А.Ш. Кавтарашвили // *Ефективне птахівництво*. - 2008. - №4. - С. 38-40. [Kavtarashvili AS (2008) How to manage egg weight in commercial egg production. *Effect. Poult. Prod. (Ukraine)*, (4):38-40 (in Russ.)]

26. Jin, Y.H. Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production / Y.H. Jin, K.T. Lee, W.I. Lee, Y.K. Han // Asian-Aust. J. Anim. Sci. - 2011. - V. 24. - No 2. - P. 279-284. doi: 10.5713/ajas.2011.10210
27. Perić, L. The effect of storage and age of hens on the quality of table eggs / L. Perić, M. Đukić Stojčić, S. Bjedov // Adv. Res. Life Sci. - 2017. - V. 1. - No 1. - P. 64-67. doi: 10.1515/arls-2017-0011.

Сведения об авторе:

Кавтарашвили А.Ш.: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корр. РАН, главный научный сотрудник – зав. лабораторией технологии производства яиц, alexk@vnitip.ru.

Статья поступила в редакцию 21.04.2023; одобрена после рецензирования 15.05.2023; принята к публикации 20.05.2023.



Review article

**Factors Affecting Internal and External Parameters of Egg Quality in Chicken.
I. Formation and Structure of an Egg and Factors Affecting Egg Weight (A Review)**

Alexey Sh. Kavtarashvili

Federal Scientific Center “All-Russian Research and Technological Institute of Poultry”
of Russian Academy of Sciences

Abstract. *In the review presented the mechanisms of the formation and structure of chicken eggs are briefly reviewed; factors affecting egg weight are analyzed. Formation of an egg occurs in the ovary (yolk and oocyst) and oviduct (albumen and shell). Maturation of the pre-ovulatory follicle in the ovary takes 7-10 days and formation of egg in the oviduct takes 22.5-26.2 hrs, including 20-30 min in the infundibulum (where deposition of inner thick layer of the albumen occurs), 2.0-3.2 hrs in the magnum (other three layers of the albumen: inner thin, outer thick and thin), 1.0-1.3 hrs in the isthmus (shell membranes) and 16-21 hrs in the shell gland (shell and outer cuticle). All these processes and oviposition are genetically predetermined and depend on the tight coordination of the effects of hormones of hypothalamus, pituitary, and ovary as well as interactions of these effects with the conditions of management and nutrition of layers. Weight is an important characteristic of table chicken eggs affecting their quality, price, and attractability for consumers. Egg weight can be affected prior to the oviposition by layer genotype, age, live bodyweight, oviposition time, length of laying season, artificially induced molting, intensity of lay, management system, stresses, composition and nutritive density of diet, uniformity of bodyweight and individual physiological development within the flock, microclimatic parameters in poultry house, as well as storage time, temperature, and relative humidity after the oviposition.*

Keywords: *chicken egg, mechanism of egg formation, egg structure, factors affecting egg weight.*

For Citation: Kavtarashvili A.Sh. (2023) Factors affecting internal and external parameters of egg quality in chicken. I. Formation and structure of an egg and factors affecting egg weight (A review). Ptitsevodstvo, 72(6): 36-43. (in Russ.)

doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-6-36-43

(For references see above)

Author:

Kavtarashvili A.Sh.: Dr. of Agric. Sci., Prof., Corr. Member of RAS, Chief Research Officer – Head of Lab. of Egg Production; alexk@vnitip.ru.

Submitted 21.04.2023; revised 15.05.2023; accepted 20.05.2023.