



# Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение III. Факторы, влияющие на качество желтка (обзор)

Алексей Шамилович Кавтарашвили

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

**Аннотация:** Часть 3-я обзора посвящена изучению факторов (генетических, кормовых, технологических и т.д.), влияющих на качество желтка куриных яиц. Качество желтка определяется его массой, плотностью, подвижностью, цветом, эластичностью, индексом желтка и др. На массу желтка яиц влияют генотип, возраст и состояние здоровья птицы, время снесения яиц, питательность рациона. Основным фактором, определяющим цвет желтка, является содержание каротиноидов (в основном, лютеина и зеаксантина) в кормах. Отложение каротиноидов в желтке происходит быстро (<48 ч), но для сохранения стабильного цвета требуется 8-10 дней. Птицы не могут синтезировать каротиноиды, поэтому интенсивность окраски желтка напрямую зависит от состава рациона, т.е. в конечном счете – от потребляемого количества, эффективности переноса и химического состава источника каротиноидов. Кроме того, она зависит от генотипа, возраста, системы содержания птицы, температуры воздуха и т.д. Повышенный уровень в кормах афлатоксина В1, витамина А ухудшает цвет желтка, а витамина Е, репродуктивных гормонов и других каротиноидов – улучшает. Бледные желтки могут быть результатом любого фактора, который изменяет или препятствует усвоению пигментов из рациона или отложению этих пигментов в желтке. Пятнистость желтка возникает, когда содержимое белка и желтка смешивается в результате дегенерации и увеличения проницаемости желточной мембраны под влиянием различных негативных факторов. По этой причине также снижается плотность желтка. Эластичность желтка вызывает сильное охлаждение или замораживание яиц, а также содержание в корме хлопкового масла или семян некоторых сорняков. Степень подвижности желтка зависит от качества окружающего его белка и плотности самого желтка, температуры яйца, условий и продолжительности хранения и транспортировки яиц. Индекс желтка зависит от температуры и продолжительности хранения яиц, кормовых факторов.

**Ключевые слова:** желток яиц кур, качество желтка, масса желтка, цвет желтка, каротиноиды, пятнистость желтка, индекс желтка.

**Для цитирования:** Кавтарашвили, А.Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение III. Факторы, влияющие на качество желтка (обзор) / А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2024. – №10. – С. 61-68.

**doi:** 10.33845/0033-3239-2024-73-10-61-68

**Введение.** Куриное яйцо – один из наиболее дешевых и доступных источников полноценного белка и ряда жирных кислот [1]. Одно яйцо по своей питательности эквивалентно примерно 40 г мяса или 120-150 г молока [2]. Желток – это наиболее важная часть яйца. В нем содержится основная масса питательных веществ. Энергетическая ценность желтка одного яйца, в основном, за счет содержания

жира составляет около 60 ккал, что в 3 раза превышает энергетическую ценность яичного белка. Жир яичного желтка включает насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты в оптимальной пропорции для обеспечения здорового питания человека (удовлетворяет примерно 7% дневной потребности человека, в т.ч. 11% – в незаменимых жирных кислотах). Все

жирорастворимые витамины (А, D, Е и К) содержатся в желтке [3].

В последние 20 лет, благодаря многочисленным исследованиям ученых, идея о том, что следует ограничивать потребление яиц из-за высокого содержания в желтке холестерина, оказалась развенчанной, и сегодня нет никаких оснований сдерживать потребление яиц населением. К тому же, мексиканцы и японцы, потребляющие



больше всего яиц на душу населения, значительно реже болеют сердечнососудистыми заболеваниями, чем, скажем, финны или греки, у которых потребление яиц более чем в 2 раза ниже. Исключение яиц из рациона человека приносит больше вреда, чем их присутствие [3].

В недавнем сообщении [4] нами подробно был описан процесс образования яйца. По приведенным в сообщении данным, продолжительность формирования яйцеклетки-желтка в яичнике до овуляции составляет 7-10 суток [2,5,6]. В общей массе яйца разных категорий кур современных кроссов доля белка составляет 62-67%, желтка – 24-27% и скорлупы – 9-11% [7,8].

Внутреннее качество яиц зависит от качества белка, желтка, наличия пятен крови или мяса и др. [9,10].

Внутреннее качество куриных яиц и, в частности, желтка является серьезной проблемой для производителей и торговых организаций. Ухудшение внутреннего качества яиц приводит к снижению эффективности производства, а в случае попадания некачественных яиц к потребителю – к потере доверия к продукту. Как для производителя, так и для потребителя важно свести к минимуму количество внутренних дефектов яиц на всех уровнях их производства и сбыта.

Целью 3-й части нашего обзора является анализ факторов, влияющих на качество желтка куриных яиц.

#### **Строение и состав желтка.**

Желток куриного яйца представляет собой почти сферическое тело желтого или оранжевого цвета, расположенное в центре яйца и заключенное в нежную, эластич-

ную, блестящую желточную оболочку толщиной не более 0,05 мм. В нем содержится основная масса питательных веществ яйца. Он состоит из чередующихся 5-6 слоев желтого и светлого цвета с общим центром, причем желтый слой значительно шире светлого (до 2,8 мм, против 0,25-0,40 мм). Считают, что каждые два смежных слоя (желтый и светлый) откладываются в течение одних суток. В центре желтка расположено светлое почти сферическое ядро диаметром около 6 мм (латебра). От латебры к бластодиску тянется скопление светлого желтка, имеющее форму вазы («шейка» латебры), наружная часть которой выступает зади бластодиска. Латебра легче, чем желтые слои, и поэтому желток всегда ориентирован бластодиском вверх [2]. По своему составу светлый слой желтка отличается от желтого меньшим содержанием жира и пигментов. Полагают, что светлый слой желтка откладывается в темные часы раннего утра, когда кровь несущки обеднена веществами, необходимыми для образования желтого желтка [11].

Желток куриного яйца (разных категорий) современных яичных кроссов на 48-51% состоит из воды и на 49-52% – из сухих веществ. На липиды приходится 27-30% от общей массы сухих веществ, на белки – 15-16%, на углеводы – 5-6% и на минеральные вещества – 1,4-1,6% [7,8].

Качество желтка определяется комплексом показателей: массой, плотностью, подвижностью, цветом, индексом желтка, концентрацией водородных ионов (pH), кислотностью и т.д. [2,12,13]. Ниже мы рассмотрим основные из этих показателей и влияющие на них факторы.

**Масса желтка.** На массу желтка яиц влияет несколько факторов, причем наиболее значимым является генотип птицы. Разные породы и кроссы кур производят яйца разного размера, что напрямую влияет на массу желтка [2,14].

С увеличением возраста кур, параллельно с повышением массы яиц, растет как абсолютная, так и относительная масса желтка [15]. У кур одного и того же возраста с увеличением массы яиц абсолютная масса желтка повышается, а относительная – снижается [7,8]. На массу желтка оказывает влияние время яйцекладки. Так, в яйцах, снесенных с 5 (время первого включения света) до 8 ч утра, абсолютная и относительная масса желтка была достоверно выше, чем в остальные периоды дня [16].

Кроме того, такие факторы, как питательность рациона и общее состояние здоровья кур также могут повлиять на массу желтка [17].

**Окраска желтка.** Цвет желтка является одним из самых важных органолептических характеристик яиц для потребителей и часто воспринимается как компонент здоровья и качества продукта [18,19]. Он занимает третье место среди параметров качества яиц, после свежести и качества яичной скорлупы. Потребители обычно предпочитают однородный цвет желтка в диапазоне от умеренного золотисто-желтого до оранжевого [20].

Основным фактором, определяющим цвет желтка, является содержание растительных пигментов – каротиноидов, в частности ксантофиллов (в основном, лютеина и зеаксантина) в кормах [21]. Следует отметить, что такие каротиноиды, как β-криптоксантин, кантаксантин, ликопин и астаксантин придают яичному желтку цвет от оранжево-



го до красного, тогда как лютеин и зеаксантин – желтый цвет [22,23].

Птицы не могут синтезировать каротиноиды, поэтому интенсивность окраски желтка напрямую зависит от состава рациона, т.е., в конечном счете – от потребляемого количества, эффективности переноса и химического состава источника каротиноидов [20]. Отложение каротиноидов в желтке происходит быстро (<48 ч), но для сохранения стабильного цвета требуется 8-10 дней, что соответствует продолжительности образования желтка в яичнике [24].

Для улучшения усвояемости классически используется омыление различных природных источников каротиноидов, которое переводит диэферы в свободную форму, что значительно повышает эффективность окрашивания желтка [25].

Обнаружено [26], что содержание и скорость отложения зеаксантина и лютеина в яичном желтке зависят от генотипа кур; так, у кур шелковистой породы содержание каротиноидов было выше, чем у красных род-айлендов. Аналогичным образом, несушки кросса «Иза Браун» имели более высокую скорость отложения каротиноидов в яйцах, чем куры кросса «Хай-Лайн» [27].

Содержание лютеина и зеаксантина, как в единице массы желтка, так и в расчете на целое яйцо, у кур молодого возраста достоверно выше, чем у несушек среднего и старшего возрастов. Возможной причиной этого может быть более высокий уровень метаболизма у молодых несушек [28].

Куры, в рационах которых содержится белая кукуруза, сорго, пшеница или ячмень, дают бледные (платиновые) желтки [13].

Окраску желтка яиц можно улучшать, добавляя натуральные (некоторые водоросли, дрожжи, бактерии; растения, листья и цветы календулы лекарственной, базилика, стевия, бархатцев, люцерны и шпината; порошок красного перца, томатная выжимка, производные моркови; мука из брокколи, виноградных косточек, облепихи, перца чили, шиповника; крабовая мука и порошок из яиц золотой улитки; желтая кукуруза и кукурузный глютен) или синтетические ксантофиллы (отличаются высокой способностью к переносу и окрашиванию) в корма для кур-несушек [19,24,29].

Необходимо помнить, что способность легко манипулировать цветом яичного желтка может привести к нежелательным изменениям цвета. Например, включение в комбикорм кур-несушек более высоких (чем рекомендуемые) уровней, или неправильное соотношение натуральных и синтетических ксантофиллов может привести к оранжево-красным желткам [21,30]. Аналогичным образом, антиоксидант дифенилпарафенилендиамин вызывает чрезмерное отложение пигментов в яичном желтке [30].

Включение более 5% муки из семян хлопчатника в рацион приводит к желткам оливкового или лососевого цвета [31], в то время как включение некоторых сорняков или семян сорняков может привести к зеленым желткам [30,31].

Непреднамеренное исключение ксантофиллов из рациона приводит к появлению бледных желтков. Как недостаточное, так и чрезмерное смешивание рациона также приводит к неоднородности корма и последующему изменению количества ксантофиллов,

потребляемых каждой курицей в стаде, что вызывает неоднородную пигментацию желтков [19].

Причиной снижения окраски яичных желтков, как правило, может служить высокое содержание клетчатки в рационе кур, что снижает биодоступность каротиноидов в кишечнике [32]. Например, при кормлении несушек сухой кукурузной спиртовой бардой с растворимыми веществами и мукой из кукурузного глютена содержание лютеина в яичных желтках составило 47,7 и 77,4 мкг/г соответственно [33]. Кроме того, другие факторы питания были оценены как вредные (афлатоксин, большое количество витамина А) или благоприятные (репродуктивные гормоны, витамин Е и другие каротиноиды) для всасывания каротиноидов. Сообщают [34], что афлатоксин В1 может вмешиваться в липидный обмен, всасывание каротиноидов или отложение желтка, что приводит к изменениям определенных цветовых характеристик. Афлатоксин в большей степени ингибировал всасывание каротиноидов из комбикормов с низким содержанием жиров, чем с высоким.

Оказалось, что жир не только улучшает усвоение каротиноидов, но и играет роль в противодействии ингибирующим эффектам чрезмерного уровня витамина А. Высокий уровень кальция в рационе несушек также может вызвать снижение цвета яичного желтка. Повышение уровня кальция в рационе с 3,0 до 4,0% уменьшило цвет яичного желтка почти на одну единицу на цветном веере Roche [35].

При оценке эффективности антиоксиданта витамина Е (α-токоферола) как средства улучшения био-



доступности каротиноидов было обнаружено, что желтки яиц кур, в рацион которых вводили эфир лютеина в сочетании с  $\alpha$ -токоферолом, накапливали больше лютеина (13,72 мг/кг), зеаксантина (0,65 мг/кг) и  $\alpha$ -токоферола (297,40 мг/кг), чем в группе, получавшей только эфир лютеина (10,96, 0,55 и 205,20 мг/кг соответственно) [36].

В наших исследованиях была отмечена тенденция к увеличению содержания витамина Е в желтке при увеличении содержания каротиноидов в рационе кур, что свидетельствует об определенном их синергизме [37].

Содержание кур на глубокой подстилке приводит к значительно более интенсивной оранжевой окраске желтков по сравнению с клеточной системой [38].

Концентрация и профиль каротиноидов желтка в одной и той же популяции птиц могут значительно меняться в зависимости от условий окружающей среды [39]. Так, несушки различных кроссов подвергались воздействию двух различных температур окружающей среды (циклический тепловой стресс с температурами 25-35°C и термонеutralный режим с температурой 20-21°C). Результаты показали, что циклический тепловой стресс, в целом, снижает цвет желтка по сравнению с термонеutralной температурой [40].

Бледные желтки могут быть результатом любого фактора, который изменяет или препятствует усвоению пигментов из рациона и/или отложению этих пигментов в желтке [41]. Эти факторы могут включать гельминтозы, т.е. заражение кур рядом видов червей [30], а также любой фактор, который подавляет функцию печени, последующий метаболизм липидов и

отложение пигмента в желтке, например, микотоксикоз, вызванный афлатоксином В1 [21,34].

Истощение каротиноидов из яичного желтка может зависеть от дозы их добавки в корм. Так, истощение каротиноидов из яиц, полученных на кормах с высокими дозами каротиноидов, происходит медленнее, чем при приеме несушками с кормом умеренных или низких доз. Сообщалось, что пигментация желтка в группе несушек, получавших корм с добавлением 1,5% дрожжей *Rhodotorula rubra*, начала уменьшаться через 2 дня после их исключения из рациона и стабилизировалась на уровне контрольной группы, тогда как в группе, получавшей дозу дрожжей 3,0%, она начала уменьшаться через 3 дня после исключения и постепенно в течение 7 дней доходила до уровня контроля [42].

**Пятнистость желтка.** Пятнистость желтка (наличие множества бледных пятен и вкраплений, которые различаются по цвету, размеру и форме) снижает потребительскую привлекательность яиц, хотя было доказано, что данная аномалия не влияет на их питательную ценность или вкус [13].

Прочность и целостность желточной мембраны очень важны для предотвращения образования пятен на яичном желтке. Пятнистость желтка возникает, когда содержимое белка и желтка смешивается в результате дегенерации и увеличения проницаемости желточной мембраны под влиянием различных негативных факторов [13,34].

К алиментарным факторам, вызывающим появление пятнистых желтков, относят присутствие в рационе никарбазина в дозе 0,005% и более (существует прямая зависимость между уровнем никарба-

зина в рационе, продолжительностью его скармливания птице и частотой появления пятнистых яиц) [13,43]; препаратов от глистов, таких как фенотиазин [30], пиперазин, дилаурат дибутилтина [13,30,44]; госсипола (при наличии госсипола в рационе в концентрации менее 0,005% добавление сульфата железа в соотношении соли железа к госсиполу 4:1 предотвращает появление пятен) [13,44]; некоторых антиоксидантов, такие как галловая кислота (из винограда, чая и коры дуба) и дубильная кислота [30], или дубильные вещества из злаков, таких как сорго [13]. Сообщалось, что кормление кур-несушек рационами, содержащими 1-2% таннинов, увеличивает частоту появления пятен желтков [13]. К кормовым факторам риска также относятся корма с дефицитом кальция; так, скармливание несушкам рациона с дефицитом кальция в течение 12 дней приводило к очень высокой частоте появления крапчатых желтков яиц [13,45].

Также было показано, что продолжительность и температура хранения яиц влияют на степень пятнистости желтка [12,13,30]. Было замечено, что по мере повышения внутренней температуры яйца выше 7°C белковые структуры плотного белка и желточной мембраны разрушаются все быстрее. Поскольку мембрана дегенерирует во время хранения, вода из белка попадает в желток, вызывая появление пятен, а после длительного хранения в желток также попадают белковые протеины, увеличивая выраженность пятен [13].

На пятнистость желтка влияют возраст птицы, масляное покрытие скорлупы и транспортировка





яиц [45]. Сообщалось, что с возрастом кур пятнистость желтка снижается: у молодых кур она значительно выше, чем у взрослых [13]. Яйца, транспортируемые на большие расстояния, имели больше пятнистых желтков, чем при перевозке на небольшие расстояния. Причиной может быть комплекс факторов: движение транспорта, продолжительность транспортировки и температура во время транспортировки [46].

**Плотность желтка.** Желток свежеснесенного яйца – круглый и плотный. Однако по мере старения яйца и дегенерации желточной оболочки вода из белка переходит в желток и придает желтку уплощенную форму [13,47].

**Эластичность желтка.** Эластичность желтка может вызвать сильное охлаждение или замораживание неповрежденных яиц, а также присутствие в рационе несущек сырого хлопкового масла или семян некоторых сорняков [13,48].

**Подвижность желтка.** Степень подвижности желтка в яйце зависит не только от качества белка (разжиженность, обрыв градинок), но и от температуры яйца. Чем выше температура, тем при разных прочих условиях подвижнее желток. Это объясняется различной величиной объемного расширения желтка и белка при их нагревании. Опытами установлено, что объемное расширение белка при повышении температуры на

1°C равно 000019, тогда как желтка – 0,00043, т.е. выше в 2,26 раза. В этой связи при изменении температуры плотность белка и желтка изменяется неодинаково. Так, при нагревании с 8 до 25°C плотность белка снижался с 1,0309 до 1,0275 г/см<sup>3</sup>, а плотность желтка – с 1,0316 до 1,0267 г/см<sup>3</sup>, или на 0,33 и 0,47% соответственно. При температуре 16°C у свежих куриных яиц подвижность желтка отсутствует, так как желток и белок имеют одинаковую плотность. При температуре ниже 16°C желток «тонет», т.е. находится ниже центра яйца, а при более высокой температуре – всплывает [2].

Подвижность желтка, в первую очередь, зависит от качества окружающего его белка, а также от плотности самого желтка. Вследствие разжижения белка увеличивается подвижность желтка. Чем больше в желтке жидких фракций и чем он легче, тем подвижнее. Расслабление желточной оболочки может привести к ее разрыву. Этот порок может возникнуть при транспортировании, длительном хранении, несвоевременном переворачивании яиц в процессе хранения.

**Индекс желтка.** В качестве объективного показателя качества желтка используется индекс желтка – процентное отношение высоты желтка к среднему диаметру его растекания. У свежих яиц (разных категорий) кур современных крос-

сов он равен 41-46% [7,8]. Установлено, что повышение температуры с 8 до 18°C приводит к снижению индекса желтка на 9-12%, а задержка с измерением на 1,0-1,5 мин по сравнению с немедленным снижает этот показатель на 5-6% [2]. С увеличением продолжительности хранения яиц индекс желтка снижается [48].

Установлено, что введение в рацион кур органического селена может снизить скорость порчи желтков при хранении яиц за счет улучшения прочности желточной мембраны. В таких яйцах снижается миграция воды в яичных желтках во время хранения, замедляется повышение значения pH желтков, сохраняя их первоначальное качество на более продолжительный период [49].

**Заключение.** Таким образом, качество желтка, в основном, определяется его массой, цветом, пятнистостью, плотностью, эластичностью, подвижностью, индексом желтка и т.д. На каждый из этих показателей качества желтка влияет комплекс факторов генетического и негенетического характера. Создание оптимальных условий содержания, кормления и ветеринарной защиты птицы, а также хранения, обработки и транспортировки яиц позволит избежать ухудшения качества желтка. Знание факторов, влияющих на качество желтка, позволит производителям контролировать и оптимизировать его.

### Литература / References

1. Сурай, П. Как улучшить пищевую ценность яиц / П. Сурай // Комбикорма. - 2010. - №6. - С. 95-96.
2. Царенко, П.П. Повышение качества продукции птицеводства: пищевые и инкубационные яйца / П.П. Царенко. - Л.: Агропромиздат, 1988. - 240 с.
3. Сурай, П. Обогащенные яйца: фантазии и реальность / П. Сурай // Корми і факти. - 2016. - №4. - С. 4-8.
4. Кавтарашвили, А.Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение 1. Формирование и строение яйца; факторы, влияющие на массу яиц (обзор) / А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. - 2023. - №6. - С. 30-37. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-6-36-43



5. Кавтарашвили, А.Ш. Влияние освещения на время яйцекладки и качество куриных яиц (обзор) / А.Ш. Кавтарашвили, В.И. Фисинин, В.С. Буяров, Т.Н. Колокольникова // С.-х. биология. - 2019. - Т. 54. - №6. - С. 1095-1109. doi: 10.15389/agrobiology.2019.6.1095rus
6. Nys, Y. Egg formation and chemistry / Y. Nys, N. Guyot // Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products: Egg Chemistry, Production and Composition; Y. Nys, M. Bain, F. Van Immerseel (Eds.). - Woodhead Publ., Ltd., Food Science, Technology and Nutrition Ser., 2011. - Чпт. 6. - P. 83-132. doi: 10.1533/9780857093912.2.83
7. Кавтарашвили, А.Ш. Качество пищевых яиц кур кросса «Хайсекс Уайт» в зависимости от их категории / А.Ш. Кавтарашвили // Птица и птицепродукты. - 2023. - №5. - С. 58-61. doi: 110.30975/2073-4999-2023-25-5-58-61
8. Кавтарашвили, А.Ш. Морфологические и химические показатели качества пищевых яиц кур кросса «Хайсекс-Браун» в зависимости от категории / А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. - 2024. - №1. - С. 40-47. doi: 10.33845/0033-3239-2024-73-1-40-47
9. De Ketelaere, B. Non-destructive measurements of the egg quality / B. De Ketelaere, F. Bamelis, B. Kemps, E. De cuypere, J. De Baerdemaeker // World's Poult. Sci. J. - 2004. - V. 60. - No 3. - P. 289-302. doi: 10.1079/WPS200417
10. King'ori, A.M. Egg quality defects: types, causes and occurrence: a review / A.M. King'ori // J. Anim. Prod. Adv. - 2012. - V. 2. - No 8. - P. 350-357.
11. Романов, А.Л. Птичье яйцо (пер. с англ.) / А.Л. Романов, А.И. Романова. - М.: «Пищепромиздат», 1959. - 620 с.
12. Okeudo, N.J. Effect of oil treatment and length of storage on the internal quality, organoleptic attributes and microbial profile of chicken eggs / N.J. Okeudo, C.I. Onwuchekwa, I.C. Okoli // Trop. Anim. Prod. Investig. - 2003. - V. 6. - P. 63-70.
13. Jacob, J.P. Egg Quality / J.P. Jacob, R.D. Miles, F.B. Mather. - Univ. of Florida, 2014. - 11 pp. <https://jmissouri.com/wp-content/uploads/2014/06/Egg-Quality.pdf>
14. Hejdysz, M. Influence of the genotype of the hen (*Gallus gallus domesticus*) on main parameters of egg quality, chemical composition of the eggs under uniform environmental conditions / M. Hejdysz, S. Nowaczewski, K. Perz [et al.] // Poult. Sci. - 2024. - V. 103. - No 1. - P. 103165. doi: 10.1016/j.psj.2023.103165
15. Колокольникова, Т.Н. Продуктивность яичных кур-несушек при обрезке когтей в суточном возрасте: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Татьяна Николаевна Колокольникова. - Сергиев Посад, 2009. - 200 с.
16. Кавтарашвили, А.Ш. Качество пищевых яиц кур в зависимости от времени их снесения / А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, В.Г. Вертипрахов // Птица и птицепродукты. - 2021. - №5. - С. 18-21. doi: 10.30975/2073-4999-2021-23-5-18-21
17. Goto, T. Metabolomics approach reveals the effects of breed and feed on the composition of chicken eggs / T. Goto, H. Mori, S. Shiota, S. Tomonaga // Metabolites. - 2019. - V. 9. - No 10. - P. 224-235. doi: 10.3390/metabo9100224
18. Zurak, D. Overview on recent findings of nutritional and non-nutritional factors affecting egg yolk pigmentation / D. Zurak, P. Slovenec, Z. Janječić, X.D. Bedeković, J. Pintar, K. Kljak // World's Poult. Sci. J. - 2022. - V. 78. - No 2. - P. 531-560. doi: 10.1080/00439339.2022.2046447
19. Dansou, M. Carotenoid enrichment in eggs: from biochemistry perspective / M. Dansou, H. Zhang, Y. Yu, H. Wang, C. Tang, Q. Zhao, Y. Qin, J. Zhang // Anim. Nutr. - 2023. - V. 14. - No 10. - P. 315-333. doi: 10.1016/j.aninu.2023.05.012
20. Nys, Y. Dietary carotenoids and egg yolk coloration - a review / Y. Nys // Arch. Geflügelk. - 2000. - V. 64. - No 2. - P. 45-54.
21. Silversides, F.G. A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens / F.G. Silversides, T.A. Scott, D.R. Korver, M. Afsharmanesh, M. Hruby // Poult. Sci. - 2006. - V. 85. - No 2. - P. 297-305. doi: 10.1093/ps/85.2.297
22. Fan, G.-J. Effect of dietary supplementation of Sargassum meal on laying performance and egg quality of Leghorn layers / G.-J. Fan, B.-L. Shih, H.-C. Lin, T.T. Lee, C.-F. Lee, Y.-F. Lin // Anim. Biosci. - 2021. - V. 34. - No 3. - P. 449-456. doi: 10.5713/ajas.20.0256
23. Orhan, C. Lycopene supplementation does not change productive performance but lowers egg yolk cholesterol and gene expression of some cholesterol-related proteins in laying hens / C. Orhan, O. Kucuk, N. Sahin, M. Tuzcu, K. Sahin // Br. Poult. Sci. - 2021. - V. 62. - No 2. - P. 227-234. doi: 10.1080/00071668.2020.1839017
24. Bouvarel, I. Optimizing egg mass and quality traits in modern laying hens through nutrition / I. Bouvarel, Y. Nys // Proc. 19th Europ. Symp. Poult. Nutr. - Potsdam (Germany), 2013. - 19 pp.
25. Galobart, J. Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigments sources / J. Galobart, R. Sala, X. Rincón-Carruyo, E.G. Manzanilla, B. Vilà, J. Gasa // J. Appl. Poult. Res. - 2004. - V. 13. - No 2. - P. 328-334. doi: 10.1093/japr/13.2.328
26. Kojima, S. Effect of dietary carotenoid on egg yolk color and singlet oxygen quenching activity of laying hens / S. Kojima, S. Koizumi, Y. Kawami, Y. Shigeta, A. Osawa // J. Poult. Sci. - 2022. - V. 59. - No 2. - P. 137-142. doi: 10.2141/jpsa.0210032



27. Sirri, F. Comparative pigmentation efficiency of high dietary levels of apo-ester and marigold extract on quality traits of whole liquid egg of two strains of laying hens / F. Sirri, N. Iaffaldano, G. Minelli, A. Meluzzi, M.P. Rosato, A. Franchini // J. Appl. Poult. Res. - 2007. - V. 16. - No 3. - P. 429-437. doi: 10.1093/japr/16.3.429
28. Ko, E.Y. Age of laying hens significantly influences the content of nutritionally vital lipophilic compounds in eggs / E.Y. Ko, R.K. Saini, Y.S. Keum, B.K. An // Foods. - 2020. - V. 10. - No 1. - P. 22. doi: 10.3390/foods10010022
29. Кавтарашвили, А.Ш. Производство функциональных яиц. Сообщение III. Роль каротиноидов (обзор) / А.Ш. Кавтарашвили, И.Л. Стефанова, В.С. Свиткин // С.-х. биология. - 2019. - №4. - С. 681-693. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.681rus
30. Coutts, J.A. Optimum egg quality: a practical approach / J.A. Coutts, G.C. Wilson (Eds). - Publisher Sheffield (Great Britain), 2007. - 63 pp.
31. Beyer, R.S. Factors affecting egg quality / R.S. Beyer. - Kansas State Univ., 2005. <http://www.oznet.ksu.edu/library/lvstk2/ep127.pdf>. 2005
32. Priyadarshani, A.M.B. A review on factors influencing bioaccessibility and bioefficacy of carotenoids / A.M.B. Priyadarshani // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. - 2017. - V. 57. - No 8. - P. 1710-1717. doi: 10.1080/10408398.2015.1023431
33. Shin, H.S. Bioavailability of lutein in corn distillers dried grains with solubles relative to lutein in corn gluten meal based on lutein retention in egg yolk / H.S. Shin, J.W. Kim, D.G. Lee, S. Lee, D.Y. Kil // J. Sci. Food Agric. - 2016. - V. 96. - No 10. - P. 3401-3406. doi: 10.1002/jsfa.7520
34. Zaghini, A. Mannanligosaccharides and aflatoxin B1 in feed for laying hens: effects on egg quality, aflatoxins B1 and M1 residues in eggs, and aflatoxin B1 levels in liver / A. Zaghini, G. Martelli, P. Roncada, M. Simioli, L. Rizzi // Poult. Sci. - 2005. - V. 84. - No 6. - P. 825-832. doi: 10.1093/ps/84.6.825
35. Khana, S. Factors which influence pigmentation of yolk of poultry egg / S. Khana // Pashudhan Praharee. - July 1, 2022. <https://www.pashudhanpraharee.com/factors-influencing-egg-yolk-and-its-pigmentation/>
36. Islam, K.M.S. Effect of dietary alpha-tocopherol on the bioavailability of lutein in laying hen / K.M.S. Islam, M. Khalil, K. Männer, J. Raila, H. Rawel, J. Zentek, F.J. Schweigert // J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. - 2016. - V. 100. - No 5. - P. 868-875. doi: 10.1111/jpn.12464
37. Кавтарашвили, А.Ш. Роль каротиноидов при комплексном обогащении пищевых яиц / А.Ш. Кавтарашвили, И.Л. Стефанова, Е.Н. Новоторов, Л.М. Присяжная // Птица и птицепродукты. - 2020. - №1. - С. 26-29. doi: 10.30975/2073-4999-2020-22-1-26-29
38. Dvořák, P. Variation in egg yolk colour in different systems of rearing laying hens / P. Dvořák, P. Suchý, E. Straková, J. Doležalová // Acta Vet. (Brno). - 2010. - V. 79. - S. 13-19. doi: 10.2754/avb201079S9S013
39. Hargitai R. Antioxidants in the egg yolk of a wild passerine: differences between breeding seasons / R. Hargitai, Z. Matus, G. Hegyi, G. Michl, G. Tóth, J. Török // Comp. Biochem. Physiol. B. - 2006. - V. 143. - No 2. - P. 145-152. doi: 10.1016/j.cbpb.2005.11.001
40. Hassan, M.R. Effects of strains and temperature on production performance, egg qualities and physiological response of laying hens / M.R. Hassan, M.A.G. Rabhani, S. Sultana, N.R. Sarker // Asian. J. Anim. Vet. Adv. - 2018. - V. 13. - No 3. - P. 253-262. doi: 10.3923/ajava.2018.253.262
41. Ahmadi, F. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review / F. Ahmadi, F. Rahimi // World Appl. Sci. J. - 2011. - V. 12. - No 3. - P. 372-384.
42. Pärvu, M. Feeding *Rhodotorula rubra* yeast in egg yolk pigmentation (II) / M. Pärvu, M.T. Paraschivescu // Roman. Biotechnol. Lett. - 2014. - V. 19. - No 6. - P. 9959-9963.
43. Jones, J.E. Production and egg quality responses of White Leghorn layers to anticoccidial agents / J.E. Jones, J. Solis, B.L. Hughes, D.J. Castaldo, J.E. Toler // Poult. Sci. - 1990. - V. 69. - No 3. - P. 378-387. doi: 10.3382/ps.0690378
44. Berry, J.O. The effect of cottonseed products and selected feed additives on egg yolk discoloration / J.O. Berry, G.W. Newell, D.P. Holder, G.V. Odell, D.E. Bee // Poult. Sci. - 1968. - V. 47. - No 3. - P. 783-794. doi: 10.3382/ps.0470783
45. McCready, S.T. Internal quality, composition and defects of eggs from hens fed a calcium deficient diet / S.T. McCready, D.A. Roland, J.L. Fry // Poult. Sci. - 1973. - V. 52. - No 2. - P. 670-675. doi: 10.3382/ps.0520670
46. Blackshear, C.D. Effect of certain physical factors on yolk mottling and albumen quality of eggs / C.D. Blackshear, M.R. Parkes, K.N. May // Poultry Sci. - 1967. - V. 46. - No 4. - P. 952-955. doi: 10.3382/ps.0460952
47. Okoli, I.C. Effect of oil treatment and storage temperature on egg quality / I.C. Okoli, A.B.I. Udedibie // J. Agric. Rural Develop. - 2000. - V. 1. - P. 55-60.
48. Du, D. The laws of the egg freshness change with storage conditions / D. Du, F. Wang, S. Wang // Food Sci. Technol. - 2014. - V. 39. - P. 26-29. doi: 10.13684/j.cnki.spkj.2014.05.007 (in Chinese)

49. Chen, D. Supplemental methionine selenium effects on egg yolk physicochemical, functional, and protein structure during storage / D. Chen, Y. Liu, S. Xu // Front. Nutr. - 2023. - V. 10. - P. 1207754. doi: 10.3389/fnut.2023.1207754

**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 09.06.2024; одобрена после рецензирования 14.07.2024; принята к публикации 10.09.2024.

**Review article**

**Factors Affecting Internal and External Parameters of Egg Quality in Chicken.  
III. Factors Affecting Quality of Egg Yolk (A Review)**

Alexey Sh. Kavtarashvili

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

**Abstract.** The 3d part of the review presented concerns the parameters of quality of egg yolk and factors (genetic, nutritional, managerial, etc.) affecting these parameters. Quality of yolk is determined by its weight, density, motility within the egg, coloration, elasticity, yolk index etc. The yolk weight can be affected by genotype, age, and health status of the hens, oviposition time, diet composition. The main factor affecting yolk color is the dietary concentration of carotenoids, primarily lutein and zeaxanthin. Though the deposition of dietary carotenoids into the yolk starts relatively quickly (<48 hrs after the introduction of the carotenoids into the feed) the stable and sustainable coloration requires 8-10 days to be established. Aves cannot synthesize the carotenoids and hence the intensiveness of yolk colorations directly depends on their dietary contents, i.e. on the composition of dietary carotenoids, their consumption by hens, and the effectiveness of their transfer into the yolk. Yolk color also depends on genotype and age of hens, management system, ambient temperature, etc. Increased amounts of aflatoxin B1 and vitamin A in the diets negatively affect yolk coloration while increased amounts of vitamin E, reproductive hormones, and other carotenoids improve it. Pale yolks can result from any factor decreasing or blocking the intestinal absorption of dietary carotenoids and/or their deposition into the yolks. Mottled yolks are the result of the cross-diffusion of yolk and albumen due to the degeneration and increased permeability of yolk membrane which can be induced by different factors; this diffusion also can decrease yolk density. Severe cooling and/or freezing of eggs as well as the presence of cottonseed oil or seeds of certain wild weeds can negatively affect the elasticity of yolk. The motility of yolk within the egg depends on the quality of the adjacent albumen and density of yolk, temperature of eggs, conditions and duration of storage and/or transportation of the eggs. Yolk index can be affected by temperature and duration of egg storage as well as certain nutritive factors.

**Keywords:** yolk of chicken egg, yolk quality, yolk weight, yolk color, carotenoids, mottled yolks, yolk index.

**For Citation:** Kavtarashvili A.Sh. (2024) Factors affecting internal and external parameters of egg quality in chicken. III. Factors affecting quality of egg yolk (A review). Ptitsevodstvo, 73(10): 61-68. (in Russ.)

**doi: 10.33845/0033-3239-2024-73-10-61-68**

(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 09.06.2024; revised 14.07.2024; accepted 10.09.2024.

© Кавтарашвили А.Ш., 2024