

## Особенности конверсии каротина и витамина А в организме кур в системе «кровь – печень – яйцо»

*Т.И. Серeda, к.б.н., М.А. Дерхо, д.б.н., профессор,  
Л.М. Разумовская, к.б.н., Уральская ГАВМ*

Одной из актуальных проблем в промышленном птицеводстве является обеспечение организма кур биологически активными веществами [1], в частности витамином А. В крови и печени птиц уровень витамина А и каротина не достигает физиологической концентрации, что указывает на их низкую усвояемость из витаминных препаратов, которыми обогащаются комбикорма [2]. При этом витамин А влияет на устойчивость кур к действию внешних факторов, яйценоскость и пищевые качества яйца, а обеспеченность их организма витамином позволяет существенно повышать продуктивность за счёт активации обменных процессов и снижения нерациональных затрат на жизнеобеспечение.

У млекопитающих витамин А накапливается главным образом в печени, а его запасы служат критерием А-витаминной обеспеченности организма [3, 4]. Установлено, что у птиц депонирующая ёмкость клеток печени зависит от кросса и направления продуктивности. Так, у несушек кросса Hubbard F-15 уровень витамина А и каротина в гепатоцитах составлял соответственно  $1167,00 \pm 87,01$  и  $1,91 \pm 0,09$  мг/кг [4], Родонит –  $273,91 \pm 12,30$  и  $1,76 \pm 0,27$  мкг/г [5], бройлерных цыплят –  $227,45 \pm 12,23$  и  $1,31 \pm 0,07$  мкг/г [6]. Концентрация витамина А и каротина в печени сопряжена с их уровнем в крови. При этом в кровь данные соединения попадают не только из гепатоцитов, но и за счёт всасывания из кишечного тракта. У кур кросса Hubbard F-15 уровень провитамина и витамина А в сыворотке крови составлял соответственно  $1,55 \pm 0,07$  и  $0,51 \pm 0,05$  мг/л [3]; Super Nick –  $4,89 \pm 0,35$  и  $1,53 \pm 0,58$  мкмоль/л, Родонит –  $4,89 \pm 0,35$  и  $1,53 \pm 0,58$  мкмоль/л [5], бройлерных цыплят –  $28,31 \pm 4,34$  и  $0,99 \pm 0,10$  мкг/г [6].

В организме несушек витамин А и каротин печени и крови активно используются не только в обменных процессах, но и в синтезе желтка яиц, определяя их пищевую ценность как продуктов питания. Установлено, что у Борковских

мясо-яичных кур новой субпопуляции К (корниш синтетический) концентрация каротина колебалась в пределах  $17,8–20,0$  мкг/г, а витамина А была почти постоянной ( $7,2–7,4$  мкг/г). Аналогичные данные были получены для кур кросса Беларусь-9 и Ломан белый. В яичном желтке кур-несушек кроссов Родонит-2, Хайсекс коричневый, Хайсекс белый и H&N Super Nick содержание каротина и витамина А было значительно ниже и колебалось соответственно в пределах  $7,6–8,0$  и  $4,21–5,01$  мкг/г [7–9].

Известно, что сведения по содержанию витамина А и каротина в печени, крови и яйце кур значительно варьируют. Поэтому выявление особенностей их обмена в организме несушек имеет не только теоретическое, но и практическое значение.

В связи с этим целью нашей работы явилось изучение динамики уровня каротина и витамина А в крови, печени и желтке яиц кур кросса Ломан белый в ходе репродуктивного периода и их био-конверсии в системе «кровь – печень – яйцо».

**Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы выполнена на базе ОАО «Челябинская птицефабрика» и в лаборатории органической, биологической и физколлоидной химии ФГОУ ВПО «Уральская ГАВМ» в 2011–2013 гг. Объектом исследований служили несушки промышленного стада кросса Ломан белый. Комбикорма, используемые для кормления кур, обогащались витамином А с помощью премикса в дозе 2400 ИЕ (26 нед.), 1920 ИЕ (52 нед.) и 1610 ИЕ (80 нед.).

Материал для исследований (кровь, печень и яйцо) получали от кур на 26, 52 и 80-й неделях яйцекладки в ходе первого технологического цикла. Кровь брали из подкрыльцовой вены, печень – после забоя птицы, яйцо – путём равномерного отбора с разных ярусов клеток. Содержание витамина А и каротина в опытных пробах определяли спектрофотометрическим методом.

Экспериментальный цифровой материал статистически обработан на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel 2003». Достоверность

различий между группами оценивали с учётом критерия Стьюдента.

**Результаты исследования.** Хотя комбикорма, используемые для кормления птицы, обогащались витамином А, его содержание в крови несушек достоверно не изменялось и колебалось в пределах  $2,04 \pm 0,15 - 3,09 \pm 0,1$  ммоль/л (табл. 1). Вероятно, полнота всасывания витамина А связана как с его количеством в корме, так и степенью предварительного насыщения им организма птиц. Возможно, регулируя уровень усвоения витамина А, организм кур предохранял себя от А-витаминной интоксикации, что являлось адаптивным механизмом. В правильности данного вывода можно удостовериться, если соотнести между собой содержание витамина в корме и в сыворотке крови. Так, в 26-недельном возрасте суточная доза поступления витамина А с кормом составляла 2400 ИЕ (720 мкг), а в сыворотке крови его циркулировало в среднем 2,5 ммоль/л, что в пересчёте на ретинол – 735,3 мкг; в 52- и 80-недельном возрасте соответственно в корме содержалось 1920 (576 мкг) и 1610 (483 мкг) ИЕ, а в крови – 3,09 ммоль/л (880,6 мкг) и 2,04 (581,4 мкг). Следовательно, в сыворотке крови витамина А всегда было больше, чем в суточной дозе корма.

Установлено, что витамина А в крови циркулирует в составе комплекса с ретинолсвязывающим белком (РСБ) и преальбумином (ПР). С целью выяснения доли участия преальбуминов в транспорте витамина А мы рассчитали соотношение их концентраций в крови. Несмотря на то что уровень ПР практически был постоянным в крови кур, величина баланса между витамином и белком варьировала и определялась возрастом кур, периодом яйцекладки и содержанием ретинола в крови (табл. 1). При повышении концентрации витамина А в крови увеличивалась доля ПР, использующихся в его транспорте.

Каротин в крови несушек во все периоды яйцекладки выявлялся в следовых количествах ( $0,026 \pm 0,01 - 0,086 \pm 0,01$  ммоль/л) (табл. 1), что было результатом, во-первых, биоконверсии каротина корма в ретинол в клетках кишечника. Во-вторых, транспорта каротина в составе лимфы и, в-третьих, более медленной ресорбции в кишечнике по сравнению с витамином А, который ингибирует его превращение и всасывание.

Известно, что резервы витамина А и каротина в печени составляют около 90% от их общего количества в организме [10]. Мы установили, что в ходе яйцекладки количество витамина А в печени планомерно возрастало с  $228,05 \pm 11,04$  (26 нед.) до  $321,41 \pm 37,93$  (80 нед.) мкг/г. Исходя из того, что уровень витамина А в клетках печени поддерживается, во-первых, за счёт биоконверсии каротина, во-вторых, за счёт доставки кровеносной системой, мы попытались установить долю участия каждого из этих путей, рассчитав следующие соотношения концентраций.

1. Между содержанием витамина А в крови и печени, характеризующее активность процесса его извлечения из кровяного русла гепатоцитами. Результаты расчётов показали, что в начале и на пике яйцекладки с током крови в печень доставлялся практически одинаковый уровень витамина, о чём свидетельствовала величина  $\frac{\text{Вит. А крови}}{\text{Вит. А печени}}$ , составляющая 11,06–11,31 усл. ед. В конце репродуктивного периода гепатоциты более активно извлекали витамин из крови (соотношение  $\frac{\text{Вит. А крови}}{\text{Вит. А печени}}$  снижалось в 1,8 раза) (табл. 2).

2. Между уровнем каротина и витамина А в печени, отражающее эффективность перехода провитамина в витамин. В начале и на пике яйцекладки интенсивность биоконверсии каротина была примерной одинаковой, отношение  $\frac{\text{Каротин печени}}{\text{Вит. А печени}}$  колебалось в пределах 6,05–6,83 усл. ед. Конверсия провитамина резко повышалась в конце репродуктивного периода, о чём свидетельствовало снижение величины соотношения до 2,95 усл. ед. Поэтому в клетках печени уменьшался уровень каротина и увеличивался витамина А (табл. 2).

Уровень каротина в гомогенате печени зависел от срока репродуктивного периода. В начале, на пике и в конце яйцекладки он составил соответственно  $1,38 \pm 0,09$ ,  $1,91 \pm 0,07$  и  $0,95 \pm 0,025$  мкг/г. При этом резервы каротина в печени определялись не только скоростью его распада до витамина А, но и поступления в состав крови. С целью установления доли каротина крови, использующегося для восполнения провитаминных запасов гепатоцитов, мы рассчитали соотношение между их концен-

1. Биохимические показатели сыворотки крови птицы (n=10; X±Sx)

Показатель	Возраст, нед.		
	26 (начало яйцекладки)	52 (пик яйцекладки)	80 (конец яйцекладки)
Витамин А, ммоль/л	2,58±0,22	3,09±0,10	2,04±0,15
Каротин, ммоль/л	0,040±0,01	0,086±0,01*	0,026±0,01*
Преальбумин, г/л	4,32±0,11	4,32±0,20	4,00±0,14
$\frac{\text{Витамин А}}{\text{Преальбумин}}$ , усл. ед.	0,54±0,07	0,74±0,04	0,51±0,05

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$  по отношению к 26-недельному возрасту

2. Биохимические показатели печени птицы (n=10; X±Sx)

Показатель	Возраст, нед.		
	26 (начало яйцекладки)	52 (пик яйцекладки)	80 (конец яйцекладки)
Витамин А, мкг/г	228,05±11,04	279,3±17,53*	321,41±37,93*
Каротин, мкг/г	1,38±0,09	1,91±0,07*	0,95±0,025*
$\frac{\text{Каротин печени}}{\text{Вит. А печени}} \cdot 1000$ , усл. ед.	6,05±0,41	6,83±0,25	2,95±0,08*
$\frac{\text{Вит. А крови}}{\text{Вит. А печени}}$ , усл. ед.	11,31±0,94	11,06±0,38	6,34±0,43*
$\frac{\text{Каротин крови}}{\text{Каротин печени}}$ , усл. ед.	31,28±4,48	46,59±5,33	27,19±3,71

Примечание: \* – p≤0,05 по отношению к 26-недельному возрасту

3. Витамины желтка яйца (n=10; X±Sx)

Показатель	Возраст, нед.		
	26 (начало яйцекладки)	52 (пик яйцекладки)	80 (конец яйцекладки)
Витамин А, мкг/г	7,23±0,26	7,45±0,23	6,01±0,30*
Каротин, мкг/г	15,60±0,29	16,18±0,19	13,94±0,250*
$\frac{\text{Каротин печени}}{\text{Каротин желтка}}$ , усл. ед.	0,09±0,06	0,11±0,05*	0,07±0,01
$\frac{\text{Каротин крови}}{\text{Каротин желтка}}$ , усл. ед.	2,56±0,77	5,31±0,39	1,86±0,18
$\frac{\text{Витамин А печени}}{\text{Витамин А желтка}}$ , усл. ед.	31,54±1,30	37,48±1,20*	53,49±0,90*
$\frac{\text{Витамин А крови}}{\text{Витамин А желтка}}$ , усл. ед.	345,78±60,52	419,73±32,75	291,36±26,64

Примечание: \* – p≤0,05 по отношению к 26-недельному возрасту

трациями. Динамика величины  $\frac{\text{Каротин крови}}{\text{Каротин печени}}$  в ходе репродуктивного периода свидетельствовала, что увеличение уровня каротина в печени и сыворотке крови в пик яйцекладки до 1,91±0,07 мкг/г и 0,086±0,01 ммоль/л (p≤0,05) соответственно на фоне сохранения скорости его биоконверсии в витамин была результатом повышения степени усвоения провитамина в кишечном тракте и депонирования в гепатоцитах. В конце репродуктивного периода степень извлечения каротина крови клетками печени снижалась, величина  $\frac{\text{Каротин крови}}{\text{Каротин печени}}$  уменьшалась до 27,19±3,71 усл. ед. При этом увеличивалась скорость перехода провитамина в витамин, что в совокупности обеспечивало снижение запасов каротина в печени (табл. 2).

Одним из требований к качеству пищевого яйца является наличие у желтка ярко-жёлтой окраски, определяющейся в основном содержанием в нём каротиноидов и витамина А. Мы установили, что концентрация провитамина и витамина А в желтке яйца в начале и на пике яйцекладки достоверно не изменялась, но в конце репродуктивного периода снижалась соответственно на 10,6–13,8 и

16,8–19,3% (табл. 3). В процессах синтеза яйца используются как витамины крови, так и его резервы, депонированные в гепатоцитах. Для оценки степени вовлечения провитамина и витамина А крови и печени в состав яичного желтка мы рассчитали соответствующие соотношения их концентраций, что позволило сделать следующие выводы:

– для окрашивания желтка яиц в основном используются каротин и витамин А крови;

– в конце репродуктивного периода снижается степень конверсии каротинов крови и печени в состав желтка соответственно в 1,37–2,85 и 1,28–1,57 раза (p≤0,05). Возможно, это является результатом повышения скорости превращения каротиноидного пигмента в витамин А [11, 12];

– степень использования витамина А крови в синтезе желтка достоверно не зависела от возраста птицы и срока репродуктивного периода. Однако уровень вовлечения депонированного в печени витамина в состав яичного желтка планомерно повышался, достигая максимума в конце яйцекладки. Вероятно, это позволяло поддерживать содержание витамина А в желтке яиц.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что уровень каротина и витамина А в

сыворотке крови, печени и желтке яиц изменяется в ходе репродуктивного периода, зависит от возраста птицы и содержания в кормах. Во все периоды яйцекладки каротин в крови несушек обнаруживался в следовых количествах, что было результатом его биоконверсии в витамин А в клетках кишечника и печени; степени депонирования в печени и участия в процессах синтеза желтка яиц. Концентрация витамина А в крови птиц была максимальной в пик яйцекладки и минимальной — в конце, что было следствием степени усвоения из корма, скорости образования из каротина, депонирования и извлечения из печени и включения в яичный желток.

### Литература

1. Торшков А.А. Гематологические показатели бройлеров при применении «Экостимула-2» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (35). С. 254–256.
2. Вострикова С.М. Влияние природных каротиноидов на витаминный и минеральный состав тканей и органов кур-несушек, пигментацию желтка: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Курск: КГС им. И.И. Иванова, 2010. 26 с.
3. Никулин В.Н. Динамика морфологических и биохимических показателей крови кур-несушек кросса Хайсекс коричневый на фоне применения пробиотика лактомикробиокола в комплексе с иодидом калия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 3 (11). С. 51–53.
4. Тюркина О.В. Влияние разных антиоксидантов на обмен веществ и продуктивность кур-несушек: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М.: РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. 24 с.
5. Рубцов В.В. Коррекция иммунной защиты у кур при селеновой недостаточности селеноорганическими препаратами: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Иваново: ИГСХА, 2007. 21 с.
6. Кошаев А.Г. Особенности накопления и трансформации каротина из люцернового концентрата у цыплят-бройлеров // Химия и биотехнология биологически активных веществ, пищевых продуктов и добавок. Экологически безопасные технологии: матер. междунар. конф. молодых учёных. Тверь, 2003. С. 62–63.
7. Рахматова С.А. Сравнительное изучение яиц различных кроссов кур в условиях Таджикистана: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Душанбе: ТАУ, 2011. 27 с.
8. Шарипкулова Л.Ш., Серда Т.И., Дерхо М.А. Морфологические показатели качества яиц кур кросса Ломан белый в ходе репродуктивного периода // Аграрный вестник Урала. 2012. № 3. С. 56–58.
9. Астраханцев А.А. Продуктивность, качество продукции и биологические особенности кур-несушек кроссов Родонит-2, Хайсекс коричневый и Хайсекс белый: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2009. 24 с.
10. Савченко А.А., Анисимова Е.Н., Борисов А.Г. и др. Витамины как основа иммунометаболической терапии. Красноярск: КрасГМУ, 2011. 213 с.
11. Беляев И.К., Зарайский А.В., Лемберг В.К. Некоторые параметры метаболизма β-каротина в организме крыс // Вопросы медицинской химии. 1992. № 6. С. 42–44.
12. Дмитровский А.А. Пути превращения β-каротина в витамин А в организме и его регуляция // Доклады ВАСХНИЛ. 1987. № 96. С. 22–25.