

SÍNTESIS DEL HUEVO Y FORMACIÓN DEL CASCARÓN

MVZ. Humberto Troncoso A.¹ y MVZ. EPA:A. Diego Rodríguez Saldaña². 2014. Los Avicultores y su Entorno N° 74. BM Editores.

1) Depto. de Nutrición Animal y Bioquímica. FMVZ, UNAM.

htroncosoa@correo.unam.mx

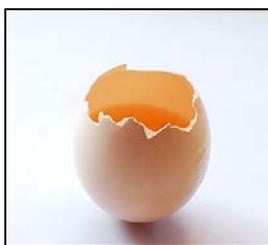
2) Departamento de Producción Animal: Aves. FMVZ, UNAM.

mvzdiego@comunidad.unam.mx ; d.rodriguez84@hotmail.com

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Producción avícola en general](#)

INTRODUCCIÓN



El huevo de una gallina consiste de aproximadamente 11% de cascarón (incluyendo las membranas), 58% de albúmina y 31% de yema. Sus principales componentes son agua (65.5%), proteínas (12%), lípidos (11%), así como carbohidratos (0.5%) y minerales (11%). Su valor energético es de aproximadamente de 75 Kcals (80% en la yema). Las proteínas están distribuidas a través del huevo, estando la mayor parte encontrada en la yema y la albúmina, y una pequeña proporción en el cascarón y las membranas testáceas. Los lípidos se encuentran casi exclusivamente en la yema, principalmente en forma de lipoproteínas. Algunos minerales se hallan básicamente en el cascarón. Los carbohidratos son la menor proporción de los componentes del huevo, y se hallan distribuidos en todo el huevo tanto libres como en forma conjugada agregados a las proteínas y los lípidos.

El balance de energía en gallinas de postura, está influenciado por las demandas de la producción de huevo y la ausencia de consumo de alimento apreciable durante las horas de oscuridad. Los sistemas endócrino y nervioso actúan para iniciar la formación del huevo, mantener y coordinar este proceso y sincronizar las demandas de energía de la producción de huevo, con otras necesidades del cuerpo y con la disponibilidad de los nutrientes. Este trabajo, se enfoca a los costos nutricionales de producción del huevo, las relaciones entre consumo de alimento, y el ciclo de la ovulación (incluyendo mecanismo de control), y discute el control hormonal del metabolismo de carbohidratos y lípidos en la gallina de postura.

Los requerimientos de energía para la producción de un huevo son considerables. Ellos incluyen no sólo la transferencia de los nutrientes al huevo (aproximadamente 79.59 Kcals/día), sino también los costos energéticos de la gallina en la síntesis del huevo y sus componentes. Esto último ha sido estimado ser del rango de 81.26 a 95.60 Kcals/día. Estos costos energéticos de la producción de un huevo incluyen: 1) síntesis de ácidos grasos, precursores de la yema (desde aminoácidos, ácidos grasos y fosfato), y proteínas de la albúmina; 2) transporte de estos precursores al huevo; 3) formación del cascarón; 4) movimientos del huevo a través del oviducto y hacia el exterior y, 5) mantenimiento de los órganos reproductivos. No es posible tener una imagen cuantitativa completa de la energía necesaria de la producción de un huevo. Los costos de transporte de precursores al ovario y tracto reproductivo pudieran ser estimados a partir del flujo de sangre a esos órganos. Por ejemplo, aproximadamente el 0.7% del gasto cardíaco se suministra al ovario, y el 15.4% del gasto cardíaco va al oviducto.

En gallinas ligeras y semiligeras, se ha observado que los costos energéticos de la producción de un huevo (aproximadamente 160.30 Kcals/d), son cubiertos por un aumento del consumo de alimento voluntario conforme la gallina entra en ovoposición. Esta relación entre el consumo de alimento y las necesidades de energía para producción de un huevo, es finamente controlado y ajustado en la densidad de nutrientes con relación a la cantidad de alimento a suministrar por día, de tal manera que el peso del cuerpo de la gallina permanezca constante a través de la fase de postura. De hecho hay cambios en el consumo de alimento durante la secuencia de ovulación/ ovoposición, cuando las necesidades de nutrientes varían. Se ha encontrado un menor consumo de alimento en días cuando la ovulación o la ovoposición están ausentes, por lo tanto hay cambios en el consumo de alimento durante la secuencia de ovulación/ovoposición, debido a que los requerimientos nutritivos varían.

Los requerimientos de proteína de las gallinas de postura están en función de sus necesidades para mantenimiento más la formación de un huevo. Un huevo promedio contiene seis (6) gramos de proteína, mientras que el mantenimiento involucra de 3- 4 gramos/día, basado en estimados para pollos adultos. El consumo aumentado de proteínas más allá de los 10 gramos, promueve la velocidad de producción, y la producción óptima de la masa del huevo ocurre aproximadamente a los 16.5 y 16.75 gramos de proteínas en la dieta, siendo esto más preciso entre las 26 y 40 semanas de edad con una producción de 90 a 96% por gallina por día.

FORMACIÓN DE LA YEMA (VITELOGÉNESIS)

Las proteínas de la yema están estrechamente asociadas con los lípidos; las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), constituyen la mayoría de la materia seca y están suspendidas dentro de un sistema acuoso de la yema. Los lípidos del cuerpo de la gallina también son agregados para formar esferas y gránulos en la yema. Estos lípidos están representados como compuestos de fosvitinas y lipovitelininas.

Todas las proteínas de la yema son sintetizadas fuera del ovario. Las VLDL's tienen dos tamaños definidos: las VLDL grandes (LDF-1, por sus siglas en inglés), probablemente originadas en el intestino delgado, y las VLDL pequeñas (LDF-2), que vienen del hígado.

Los enterocitos y los hepatocitos forman una apoproteína B, que está en asociación con las VLDL's, pero cada fuente tiene diferente peso molecular. Los estrógenos permiten a los hepatocitos transcribir la apoproteína II, y todas las VLDL's liberadas tienen esta característica añadida. Los estrógenos también aumentan la formación total de las VLDL's hepáticas, para incrementar la capacidad de síntesis "de novo" de los ácidos grasos.

La lipovitulina y la fosvitina, son derivados de la vitelogenina, la cual es una lipoproteína de baja densidad que puede ser formada sólo por los hepatocitos. La mRNA de la vitelogenina así como la mRNA de la apoproteína II requieren de estrógenos para su transcripción.

La vitelogenina (VTG) (del latín *vitellus* = yema, y *gener* = producir), es un término sinónimo para el gene y la proteína expresada. La molécula proteica está clasificada como una glicolipoproteína, teniendo propiedades de un azúcar, una grasa y una proteína. La vitelogenina es el precursor de las lipoproteínas y fosfoproteínas que constituyen la mayor parte de las proteínas de la yema.

La fase acuosa de la yema contiene las livetinas; las α - y β -livetinas inmunológicamente reaccionan cruzadamente con la albúmina del plasma y la transferrina respectivamente, y ambas se originan en los hepatocitos. Las γ -livetinas están en un arreglo de inmunoglobulinas Gs que surgen de los linfocitos B.

TRANSPORTACIÓN

El transporte de los precursores de la yema desde sus orígenes hacia el ovario depende del sistema vascular. Las lipoproteínas que son formadas en respuesta a estrógenos, tienen una probabilidad de ser depositadas en el huevo debido a que otros tejidos del organismo animal están limitados en su capacidad de usarlas.

Parámetro	Energía (Kcals/día)	Método
Huevos (60 g al 80 % de producción)	79.59	Calorimetría
Formación de huevos	81.02	Estudios de balance energéticos y análisis de regresión
	94.40	Calorimetría indirecta
Mantenimiento, gallinas de peso mediano	245.93	Estudios de balance energético
Gallinas ligeras	168.02	Calorimetría indirecta
Consumo de alimento, energía metabolizable. Gallinas de peso mediano	417.06	Calorimetría
Gallinas ligeras	345.36	Calorimetría

La pared del folículo está estructurada para coleccionar lipoproteínas circulantes y transferirlas hacia el interior del óvulo. Las lipoproteínas formadas por los hepatocitos son predominantes en la deposición del oocito.

FORMACIÓN DE LA ALBÚMINA

Las proteínas de la albúmina son formadas por las células localizadas en el oviducto. Las células tubulares forman la albúmina acuosa o líquida, la ovalbúmina y la lisozima; las células calciformes epiteliales forman la

albumina densa, la avidina y la mucina. La mucina constituye aproximadamente el 2% del total; similarmente, la inmunoglobulina A se halla en pequeña proporción y proviene de los linfocitos B.

Cada huevo se mueve a través del oviducto por peristalsis, y la compresión de la mucosa ayuda a liberar la albúmina inmediatamente en frente del huevo. Las células tubulares son extensivas y están arregladas en cuerdas espirales de tal manera que la peristalsis rodea la masa huevo-albúmina durante el movimiento. La mucina es liberada como fibrillas y segregadas en este proceso dando vueltas (girando), creando finalmente albúminas densas y acuosas en esfera, conjuntamente con las chalazas, que son estructuras que mantienen los componentes estructurales del huevo "in situ" (en su lugar).

La síntesis de proteínas de la albúmina permanece continua. Las células de las glándulas tubulares tienen seis distintas poblaciones de gránulos citoplasmáticos que aparecen en varios estados de desarrollo entre ovulaciones. Los gránulos en las células tubulares están altamente concentrados de formas de proteínas de albúmina, y su movimiento desde el magnum hacia el lumen debe ser acompañado por bastante agua proveniente del sistema vascular. El flujo de sangre se incrementa drásticamente durante dos a tres horas en que el huevo está presente, y en gran parte es ayudado por la motilidad dada por el peristaltismo y las estructuras ciliares propias del oviducto.

Un oviducto funcionando es completamente dependiente de los esteroides del ovario. Estas hormonas son tan esenciales en el oviducto para desarrollar y sacar la albúmina como lo son en el hígado para la síntesis de la yema (o vitelogenesis).

SÍNTESIS DE ESTEROIDES

Esto ocurre en la pared de cada folículo. El estradiol y la progesterona son producidas por las células de la teca y la granulosa respectivamente; mientras que la testosterona es producida por ambas. Las hormonas peptídicas del hipotálamo coordinan el desarrollo folicular y la formación de esteroides. La hormona folículo estimulante (FSH) estimula el desarrollo de la granulosa en pequeños folículos, que junto con el ovario conforman el pedúnculo ovárico, y conforme la maduración progresa, la hormona luteinizante (LH) promueve la síntesis de progesterona. Es probable que las células de la teca en los folículos pequeños se enlacen a la FSH y formen estradiol. Sin embargo, ellas pierden esta capacidad con el desarrollo. Las células de la teca en el huevo maduro liberan una proteasa en respuesta a la LH, que en turno determina la ovulación por efecto de la liberación del folículo jerárquico u ovulatorio.

Los esteroides producidos por cada folículo rápidamente entran al torrente sanguíneo, y aun cuando la concentración de los esteroides circulantes es el resultado de la contribución de todos los folículos en jerarquía, el folículo preovulatorio tiene influencia particular. Los eventos precedentes a una ovulación, tienen el efecto neto de crear una oleada transitoria en la liberación de todos los esteroides aproximadamente cuatro horas antes de la separación formal. Estas pulsaciones cíclicas esteroidales son consideradas esenciales para la formación continua de los huevos.

La pulsación de esteroides desde el ovario es oportuna por que acrecienta la síntesis de las proteínas del huevo conforme cada óvulo penetra en el oviducto.

FORMACIÓN DEL CASCARÓN

La glándula del cascarón de las aves, o comúnmente llamado útero, es un tejido especializado en el transporte de Calcio (Ca^{2+}) requerido para la formación del cascarón, y representa un sistema biológico único en el cual el proceso de calcificación toma lugar en un fenómeno circadiano.

El cascarón del huevo es formado durante su pasaje a través del oviducto (24 a 25 horas); después de la fertilización del huevo, éste permanece de dos a tres horas en el magnum donde se forma la capa perivitelina; posteriormente permanece de una a dos horas en el istmo donde las dos membranas testáceas y los cuermatriz orgánica del cascarón son construidas. El huevo, entonces, entra a la glándula del cascarón (GC), por un lapso de 21 horas, donde se lleva a cabo la deposición del calcio (Ca^{2+}). Esto hace que la formación del cascarón sea uno de los procesos de biomineralización más rápido conocido en la naturaleza. La deposición del carbonato de calcio (CaCO_3) es acompañada por grandes cambios en el flujo de potasio (K^+), magnesio (Mg^+) y glucosa dentro, y de sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) fuera del fluido de la GC, mientras ellos recirculan dentro de la mucosa de la GC, vía un sistema de transporte activo. (La $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPasa}$, es la enzima responsable del mantenimiento de las concentraciones bajas del sodio interno y, del potasio interno altas, típico en la mayoría de las células de vertebrados). El flujo de calcio (Ca^{2+}), es probablemente un sistema activo. La presencia de $\text{Ca}^{2+}\text{-ATPasa}$, en la GC, y su localización en las células de la glándula tubular, sugiere el involucramiento de una bomba de calcio en el transporte. La capacidad de transporte del tejido de la GC está altamente correlacionada con la concentración de la "calbindina" (calbidina), proteína enlazadora de vitamina D dependiente de calcio. El gene de la calbindina es expresado en el epitelio de la GC en el fenómeno circadiano, correlacionado con el ciclo diario del huevo.

En la glándula del cascarón, los genes que codifican proteínas que juegan el papel en el control de la calcificación del cascarón, pueden ser regulados por estímulos hormonales y no hormonales. El flujo de calcio es consi-

derado ser uno de los estímulos principales, no hormonal, que afecta la expresión de los genes. Por ejemplo, cambios en el flujo del calcio causado por inhibición de la anhidrasa carbónica o por manipulación en la formación del cascarón sin alteración de las hormonas gonadales, o efectos patológicos, o efectos ambientales, como el estrés calórico, pueden provocar cambios en la expresión del gene calbindina. Recientemente se propuso que el esfuerzo mecánico impuesto por la entrada del huevo a la GC pudiera también afectar la expresión del gene de la proteína del cascarón tal como la “osteopontina” (OP;OPN, por sus siglas en inglés). La fuerza de regulación del gene de OP, es parte de la fisiología normal de la gallina, y es aplicado a un fenómeno circadiano durante el ciclo diario del huevo.

En resumen, la actividad de ovoposición de estos animales es una actividad extraordinariamente maravillosa; cómo la naturaleza ha desarrollado esta actividad de elaborar un huevo y después envolverlo en su cascarón, y de aquí la posible creación de un nuevo ser. El hombre ha aprovechado esto de la naturaleza y ha usado el huevo como un componente de su alimentación, quizá hace miles de años. El valor nutricional del huevo lo ha hecho ser una referencia de calidad para evaluar a otros alimentos. También, con base a este valor nutricional, el hombre ha procurado explotar intensivamente a estos animales; esto se puede demostrar actualmente, pues una gallina debe de poner, al menos, 320 huevos por año (aunque lo ideal es que lleguen a los 335, actualmente), para que justifique su lugar en el gallinero, comercialmente hablando.

LITERATURA CONSULTADA

- Protein requirements, egg formation and hen's ovulatory cycle. Moran Jr. ET.
<http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/117/3/612.pdf>
- The process of egg formation. Latour MA, Meunier R and Stewart J. Poultry. Purdue University Cooperative Extension Service.
www.ces.purdue.edu/extmedia/AS/AS-525-W.pdf
- Vitellogenin.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Vitellogenin>
- Na⁺-K⁺-ATPase gene expression in the avian eggshell gland: distinct regulation in different cell types.
<http://ajpregu.physiology.org/cgi/content/abstract/281/4/R1169>
- Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins.
www.studiointeractif.com/catalogues-ecommerce-brochures/semaine/Biochemincal
- Involvement of osteopontin in egg shell formation in the laying chicken.
www.sciencedirect.com/science?_ob=Article
- Egg-Grading-Manual. Agricultural Handbook 5. United States Department of Agriculture. 2000. Pdf.
- Optimum egg quality: A practical approach.
www.thepoultrysite.com/ourbooks/1/egg-quality-handboo.

Volver a: [Producción avícola en general](#)