



LA CIENCIA DE LA CALIDAD DEL HUEVO

“Si mi vida dependiera en nombrar la mejor creación del universo, me atrevería a decir que es el huevo de un ave”.

–T.S. Higginson, 1863

CALIDAD DEL HUEVO

Un huevo de buena calidad tiene una forma elíptica, con una cáscara limpia, suave y brillante. La cáscara debe estar libre de grietas y otros defectos. En las variedades de huevo blanco, la presentación de la cáscara es de un color blanco puro y uniforme, mientras que en las variedades de huevo marrón, su aspecto es de un color marrón oscuro uniforme. Después de romper el huevo y colocar su contenido en una superficie plana, la apariencia de la albúmina debe ser de un color claro o ligeramente opaco, con apariencia de un gel y estar libre de inclusiones (manchas de sangre y carne). Una yema en buenas condiciones presenta un color uniforme que va entre amarillo brillante a naranja, y está fija en el centro del huevo por las chalazas que no son excesivamente grandes. El contenido del huevo debe estar libre de olor y contaminación microbiana.



TRACTO REPRODUCTIVO DE LA GALLINA

Las hembras de muchas especies de animales tienen dos ovarios funcionales, sin embargo, en las aves solamente se desarrolla el ovario izquierdo y su correspondiente oviducto. El tiempo para la formación del huevo en el oviducto es aproximadamente de 24 a 28 horas, desde el momento de la ovulación hasta la postura del mismo (ovoposición).

Ovario

El óvulo en desarrollo (yema) crece y madura dentro de los folículos presentes en el ovario. Cuando el folículo madura, se rompe y libera el óvulo en el oviducto (ovulación). La ovulación ocurre generalmente minutos después de la ovoposición. La yema no se somete a un mayor desarrollo después de la ovulación. El tamaño de la yema del huevo es una medida importante para los procesadores de

huevo porque el 70% de los sólidos del huevo están en la yema. El color de la yema es una característica importante en la calidad del huevo tanto para los consumidores como para los clientes comerciales. El color de la yema está completamente determinado por los tipos y las cantidades de pigmento, ya sean naturales o sintéticos, presentes en el alimento y en la capacidad del ave para absorber y asimilar estos pigmentos. Por lo anterior, el color de la yema no es una característica importante de selección para las compañías genéticas.

Infundíbulo

La función principal del infundíbulo (en forma de embudo) es capturar la yema en el momento de la ovulación. La primera capa de albúmina gruesa alrededor de la yema es secretada en el infundíbulo. Los precursores de la chalaza también se añaden en el infundíbulo. La chalaza es el producto de filamentos de albúmina situadas en cualquiera de los polos del huevo y funcionan para fijar la yema en el centro del huevo. El huevo pasa solamente de 15 a 30 minutos en el infundíbulo antes de proseguir al magnum.

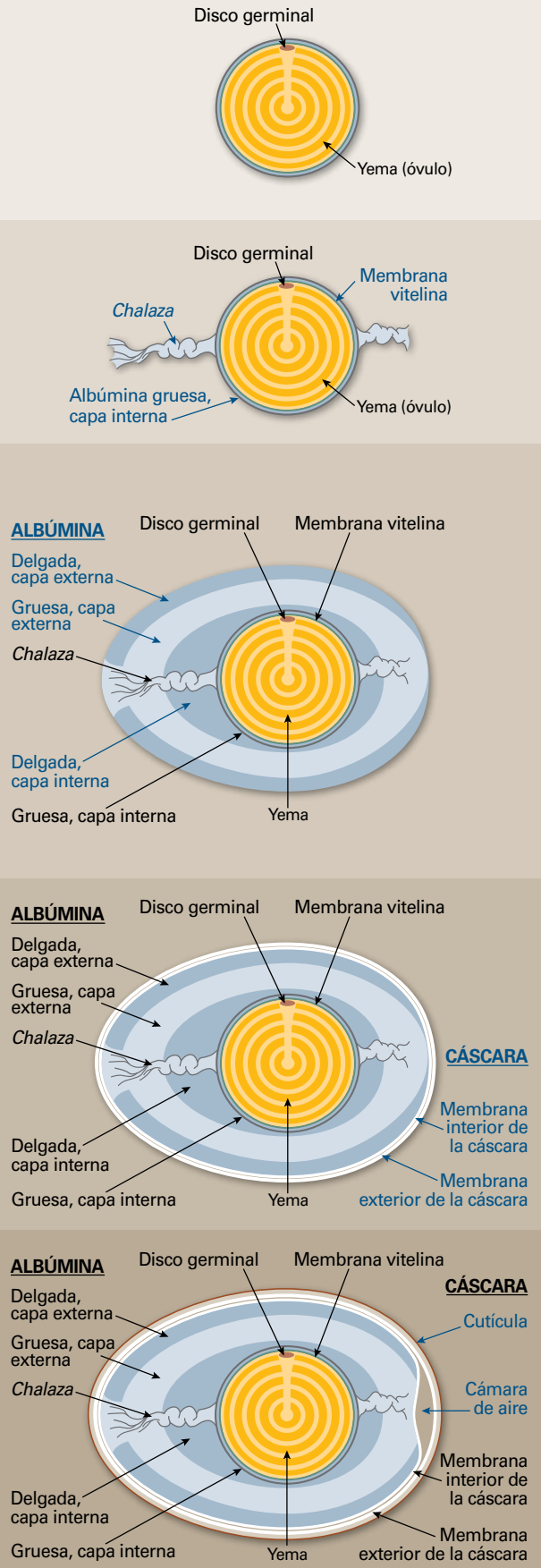
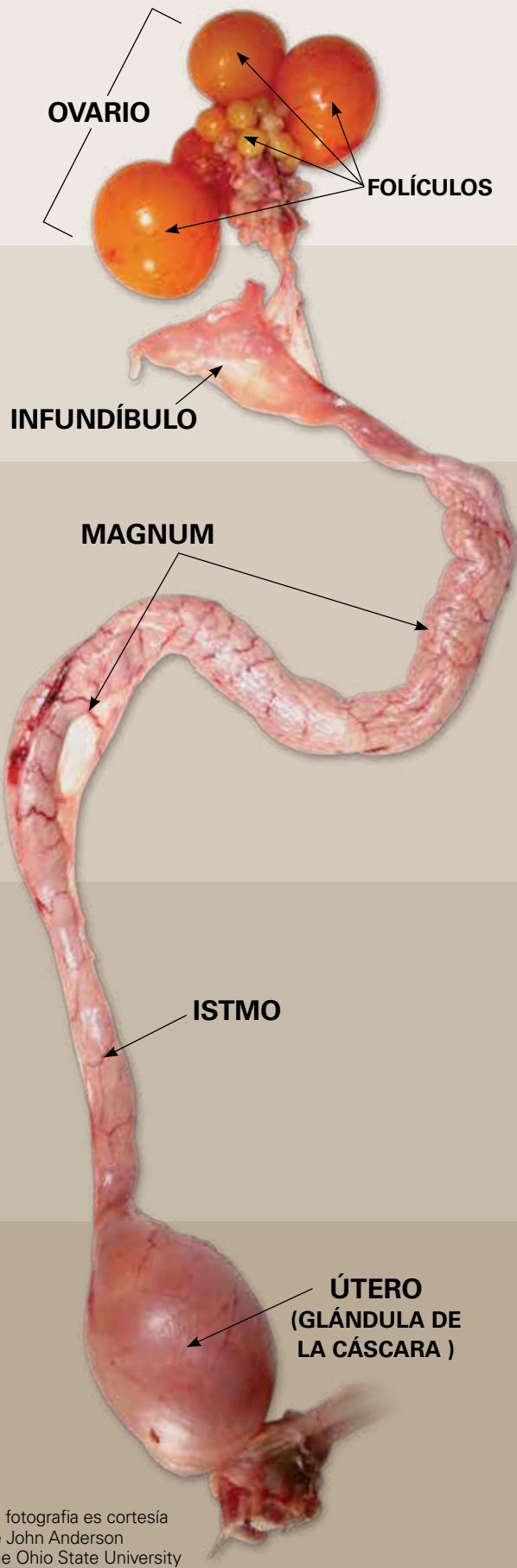
Magnum

La parte más grande del oviducto es el magnum, donde la albúmina o “clara de huevo”, se añade alrededor de la yema. La porción de albúmina que rodea la yema del huevo está formada por cuatro capas distintas: albúmina delgada o acuosa (capas interna y externa), y albúmina gruesa o semi-sólida (interna y externa). La albúmina gruesa forma la mayor proporción de la albúmina total. La albúmina constituye aproximadamente el 60% del huevo entero y contiene más de 40 proteínas diferentes. Las proteínas principales de la albúmina son la ovoalbúmina, ovotransferina, ovoglobulina y una proteína ovomucoide. La ovomucina es una proteína fibrosa, importante para la calidad de la albúmina, ya que mantiene la albúmina como un gel, que le da forma y sustancia.

Un huevo fresco, de buena calidad está asociado con una albúmina compacta, “apilada” con apariencia similar a un gel. La albúmina acuosa se asocia con un huevo viejo y no es el preferido por los consumidores. La cantidad de albúmina gruesa es mayor cuando el huevo es recién puesto, después de

TRACTO REPRODUCTIVO

FORMACIÓN DEL HUEVO



La fotografía es cortesía de John Anderson The Ohio State University

esto la albúmina comienza a cambiar lentamente y se convierte en albúmina delgada debido a la acción de la enzima lisozima. Los factores que afectan la tasa de conversión de albúmina gruesa a albúmina delgada son la edad del huevo y la temperatura de almacenamiento. Además, la albúmina gruesa también disminuye con la edad del ave. Algunas enfermedades que afectan al oviducto, tales como la Bronquitis Infecciosa y el Síndrome de Baja Postura al igual que el estrés en general pueden disminuir la albúmina gruesa. La cantidad de albúmina gruesa se puede aumentar mediante la selección genética y existen diferencias importantes entre las variedades comerciales.

Istmo

Esta región del oviducto es donde las membranas de la cáscara (interior y exterior) se añaden al huevo en desarrollo. En el istmo, las estructuras especializadas llamadas cuerpos mamilares son secretadas en las membranas de la cáscara. Estas estructuras son importantes en la calcificación de la cáscara.

Útero

El útero también se conoce como la glándula de la cáscara y es el sitio en el cual se forma la cáscara. A medida que el óvulo sale del istmo, las membranas de la cáscara están flojas y arrugadas. Las membranas de la cáscara se compactan cuando el huevo entra al útero por medio de un proceso llamado "Estructuración". La hidratación de la albúmina se hace a través de las membranas. El volumen de albúmina se duplica durante el proceso de "Estructuración", dándole al huevo su forma final. Es muy importante que se estire la membrana de la cáscara para que se compacte y se remuevan las arrugas formándose la arquitectura apropiada de la cáscara así como para optimizar la transferencia de calcio durante la formación de la cáscara. La "estructura" de la albúmina disminuye con la edad del ave al igual que por causa de algunas enfermedades tales como la Bronquitis Infecciosa y el Síndrome de Baja Postura.

El alto flujo de sangre en el útero es esencial para transferir grandes cantidades de calcio al huevo. Normalmente, se añaden de 2 a 3 gramos de calcio durante la formación de la cáscara. Los iones de calcio y carbonato de la sangre son transferidos al líquido uterino que baña la membrana exterior de la cáscara. El calcio es transportado al huevo a una velocidad de 300 miligramos por hora.

Vagina

La vagina no tiene ningún papel en el desarrollo del huevo. El huevo se mantiene en la vagina hasta que el ave ha anidado y está lista para poner el huevo.

El Tracto Reproductivo

	Longitud	Tiempo de la Formación del Huevo
Infundíbulo	10 cm	15-30 minutos
Magnum	30 cm	2-3 horas
Istmo	10 cm	1 hora
Útero	8 cm	18-20 horas

CAPAS DE LA CÁSCARA DE HUEVO

Membrana de la Cáscara

Las membranas de la cáscara se añaden al huevo en la sección del istmo del oviducto. La calcificación de la cáscara se forma en la membrana del huevo. Los defectos en la membrana de la cáscara o la falta de "Estructuración" de la albúmina causarán una calcificación defectuosa, mala estructura y debilidad en la cáscara.

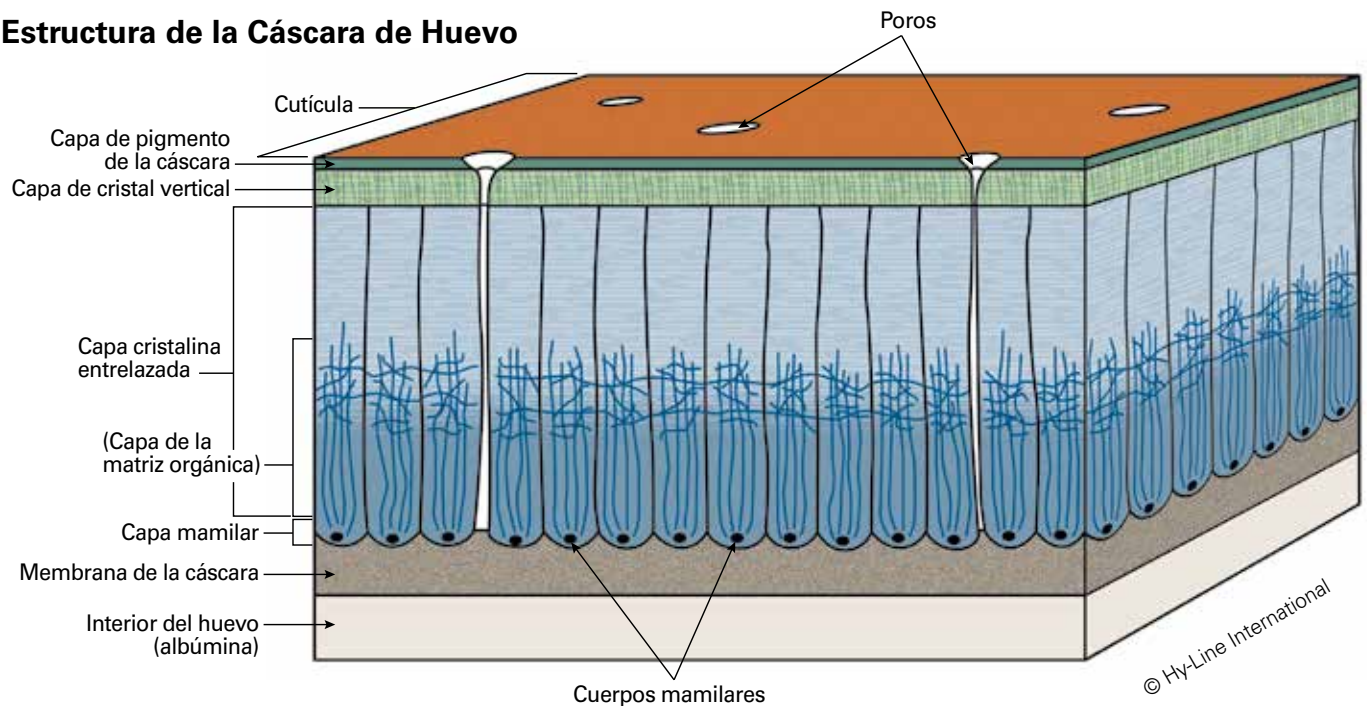
Capa Mamilar

En el istmo, los cuerpos mamilares se desarrollan en la membrana del huevo. Estos cuerpos están firmemente fijos en la membrana externa de la cáscara y son importantes para iniciar el proceso de la calcificación de la cáscara. Los cuerpos mamilares deben formar una cubierta continua, sobre toda la membrana de la cáscara. La distribución de los cuerpos mamilares está bajo control genético. Los problemas que ocurran en esta capa resultarán en una mala organización de la estructura de la cáscara y en una debilidad de su resistencia.

Capa de la Matriz Orgánica

Dentro del útero, la calcificación de la cáscara inicia con la producción de una matriz de fibras de proteína por los cuerpos mamilares. La matriz orgánica se encuentra por toda la capa cristalina de la cáscara entrelazándose donde ocurre la cristalización de las sales de calcio durante la formación de la cáscara. La matriz orgánica añade fortaleza a la cáscara orientando adecuadamente los cristales de calcio formando una arquitectura entrelazada (en columnas). Las fibras de proteína de la matriz orgánica generalmente están orientadas paralelas a la superficie de la membrana de la cáscara y le proporcionan a la cáscara su elasticidad y resistencia al impacto. Los problemas en la formación de la matriz orgánica tendrán un impacto negativo en la resistencia de la cáscara, incluso con un espesor adecuado de la cáscara. Las cáscaras que se forman con una capa de matriz orgánica deficiente serán más "frágiles" y propensas a romperse.

Estructura de la Cáscara de Huevo



Capa Cristalina Entrelazada

La capa cristalina está hecha de cristales de calcio densamente agrupados en forma entrelazada o de columnas. Estas columnas de cristales de calcio están orientadas perpendicularmente en la superficie de la cáscara para darle mayor resistencia. Eventualmente las columnas se fusionan formando una cerámica al aumentar el espesor de cáscara. La mayoría de los cristales son de carbonato de calcio (96%) con pequeñas cantidades de cristales de carbonato de magnesio y fosfato tricalcico. El magnesio es importante para añadir dureza a la estructura de la cáscara. La capa cristalina da la mayor proporción al espesor de la cáscara y provee una resistencia mecánica. La cantidad de cáscara depositada en el huevo se determina por el tiempo que permanece en el útero (glándula de la cáscara) y por la proporción de calcio transferido a través del fluido uterino. Normalmente, el ave secreta diariamente una cantidad relativamente constante para la formación de la cáscara del huevo independientemente del tamaño del huevo. El espesor de la cáscara disminuye con la edad del ave ya que el huevo se vuelve más grande, también la tasa de esta disminución se ve afectada por la dieta y la genética. El espesor de la cáscara se recupera después de la muda. El estrés por calor y las enfermedades pueden afectarlo negativamente.

Capa de Cristal Vertical

La capa de cristal vertical es la capa última de la cáscara. Esta es una capa delgada formada de cristales de calcio densos orientados perpendicularmente en la superficie de la cáscara, dándole dureza y suavidad a la superficie de la cáscara.

Capa de Pigmento

El pigmento de la cáscara se deposita al final del proceso de calcificación de la cáscara. El color de la cáscara del huevo marrón como la del huevo blanco resultan de los mismos pigmentos depositados en diferentes proporciones en la cutícula y en las capas calcificadas externas de la cáscara. Los colores de la cáscara de huevo de las aves comerciales van de un color blanco puro hasta un "color crema" y de un color "con tinte marrón" a un color marrón. La gran variación de los colores de la cáscara se debe a las combinaciones de tonos de luz. El pigmento de la cáscara se debe principalmente a la protoporfirina y biliverdina, que se producen durante el metabolismo de la hemoglobina, la molécula que transporta oxígeno a los glóbulos rojos. El pigmento se transporta en la sangre desde el hígado hasta el útero. El pigmento de la cáscara también puede producirse en los glóbulos rojos dentro del útero. La producción de pigmento de la cáscara es mayor en las aves jóvenes y disminuye gradualmente conforme avanza la edad. Normalmente, una gallina adulta secreta una cantidad relativamente constante de pigmento independientemente del tamaño del huevo. El color de la cáscara en las aves más viejas puede restaurarse con la muda. Las enfermedades que afectan al tracto reproductivo pueden resultar en la pérdida de la pigmentación de cáscara. El estrés en general y la exposición a la luz solar también pueden reducir el color de la cáscara. La genética tiene una gran influencia en el color de la cáscara y en la selección de un color oscuro y uniforme en el huevo marrón y de un color blanco puro en el huevo blanco lo cual ha resultado en variedades superiores en esta característica.

Es común que los huevos de color marrón presenten manchas en la cáscara (pecas). Las manchas son áreas donde se deposita una mayor concentración de pigmento. Desde el punto de vista evolutivo, las manchas son una característica adaptativa; la mayoría de las especies de aves silvestres lo utilizan como camuflaje para esconder sus huevos. En la evolución del ave moderna, las manchas tuvieron una ventaja selectiva, por lo que ahora estamos trabajando contra la naturaleza para eliminar esta característica. A través de la selección genética, las manchas han sido reducidas con éxito, sin embargo, esto debe hacerse con mucho cuidado ya que su incidencia está negativamente correlacionada con el color de la cáscara en general.

Cutícula

La última capa externa de la cáscara es la cutícula. Esta es la capa proteínica no-calcificada que se añade a la cáscara justo antes de salir del útero. La cutícula es responsable de la apariencia lisa y brillante que presenta un huevo recién puesto. La cutícula protege al huevo de la invasión de microorganismos. Al lavar los huevos se elimina la cutícula. En la superficie de la cutícula hay poros (orificios) que se extienden a través de la capa calcificada de la membrana del huevo. Estos poros son responsables del intercambio de gases (oxígeno hacia el interior del huevo y CO₂ hacia afuera) y de la pérdida de vapor de agua del interior del huevo. Normalmente un huevo de gallina contiene 6.500 poros, con una mayor concentración de poros al final de la punta de la cáscara sobre la cámara de aire.

Manchas de Sangre y Carne

Las manchas de sangre y carne son inclusiones no deseadas que a veces se encuentran en el huevo. Las manchas de sangre y carne disminuyen la aceptabilidad del huevo por el consumidor y por las panaderías. Las manchas de sangre son generalmente el resultado de una hemorragia dentro del folículo ovárico antes o durante la ovulación. Esta sangre se transporta con la yema de huevo al oviducto y se convierte en parte del contenido del huevo. Las manchas de sangre aparecen como rayas rojas brillantes o coágulos de sangre ya sea en la yema o en la clara.

Las manchas de carne son de color más oscuro, granulares y se forman en la albúmina. Pueden ser causadas cuando el desecho celular del oviducto es recogido por el huevo antes de que las membranas formadoras de la cáscara sean secretadas. Las manchas de carne también pueden ser manchas de sangre donde la hemorragia ocurrió días antes de la ovulación y la hemoglobina se ha degradado y oscurecido.

Las manchas de sangre y carne son más frecuentes en las variedades de huevo marrón que en las de huevo blanco. La incidencia de manchas de sangre y carne pueden reducirse por medio de la selección genética. En el Laboratorio de Calidad de Huevo de Hy-Line ha desarrollado un sistema de puntuación para calificar por separado las manchas de sangre y de carne encontrados en cada huevo procesado y son calificados por la presencia de este tipo de defectos internos. Estos datos se incluyen en el proceso de selección y han permitido desarrollar variedades comerciales con muy baja incidencia.

ASEGURANDO UNA BUENA CALIDAD DEL HUEVO

Control de Enfermedades

Un diagnóstico adecuado de las enfermedades y buenos programas de vacunación son importantes para minimizar la incidencia de enfermedades infecciosas en un lote. Ya se ha mencionado que la Bronquitis Infecciosa y el Síndrome de Baja Postura son enfermedades que pueden tener un impacto significativo en la calidad de la cáscara. Otras enfermedades que pueden afectar la apariencia de la cáscara son la enfermedad de Newcastle y la Influenza Aviar. El estrés resultante de cualquier enfermedad, indirectamente puede traer como consecuencia una pérdida en la calidad del huevo.

Nutrición

La resistencia de la cáscara está determinada por el metabolismo del calcio en la gallina el cual es un flujo dinámico entre el calcio aportado por el alimento y los huesos al útero. Cada huevo producido necesita 2 a 2.5 gramos de calcio, casi independiente del tamaño del huevo. Este requerimiento de calcio debe ser suministrado principalmente por el alimento, pero el ave también puede movilizar algo de calcio de las reservas del hueso medular para formar la cáscara. Si es necesario el hueso medular actúa como una reserva de calcio disponible durante la formación de la cáscara. La cantidad de calcio que aportan estas reservas para la formación de la cáscara dependerá de la tasa y cantidad de calcio que se absorba del contenido digestivo durante la deposición de la cáscara. Bajo el suministro adecuado de calcio dietético, el ave podrá reponer y mantener el contenido de calcio del hueso medular durante los períodos en los que no ocurre la formación de la cáscara. Si la fuente de calcio en la dieta no es suficiente entonces el calcio se movilizará del hueso cortical para satisfacer los niveles apropiados para la formación de la cáscara. Una deficiencia prolongada resultará en huesos blandos y eventualmente bajará la producción de huevo o cuando hay una deficiencia aguda, la producción puede parar totalmente.

A menos que el ave entre en un período de muda y bajen sus niveles de estrógeno, el hueso del esqueleto no podrá reponer el calcio.

La calidad de la cáscara no se puede mantener por mucho tiempo sin los niveles adecuados de calcio, fósforo y vitamina D en la dieta de la ponedora. Otros micronutrientes como el magnesio, hierro, cobre, manganeso, zinc, vitamina K y ciertos aminoácidos intervienen en el transporte de calcio y en la transferencia a la matriz ósea. Incluso algunas vitaminas del complejo B (Acido fólico, Niacina, B12) han sido asociadas con efectos positivos sobre la calidad de la cáscara.

El balance electrolítico en la dieta también se considera importante para la calidad de la cáscara, ya que puede influir en la mineralización de la misma. Generalmente se deben evitar altos niveles de cloro en la dieta. Se ha demostrado que la sustitución de una proporción del sodio de la sal con sodio del bicarbonato de sodio o de fuentes de carbonato de sodio han demostrado un impacto positivo en la calidad de la cáscara.

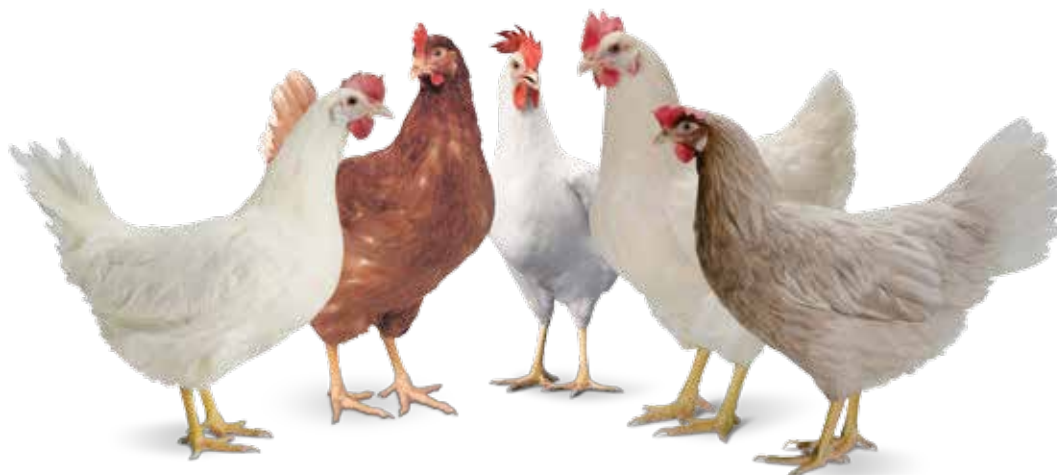
La vitamina D es esencial para la absorción intestinal de calcio y fósforo. El fósforo está presente en un nivel bajo en la cáscara, pero es importante para

reponer el hueso medular. Así que debe haber suficiente fósforo disponible en la dieta para asimilar el calcio en la matriz ósea. La movilización de calcio desde el hueso no es eficiente y ésta debe reducirse al mínimo, asegurando en mayor proporción el suministro de calcio de origen dietético. La alimentación al final de la tarde, la alimentación de medianoche y las partículas gruesas de piedra caliza garantizan la absorción de calcio del alimento durante la noche. Estas medidas conservan el hueso medular y reducen la demanda de fósforo dietético.

Los niveles mínimos recomendados de consumo de calcio y fósforo se muestran en la siguiente tabla. Hay que consultar los Manuales de los Estándares de Rendimiento de Hy-Line para los niveles específicos de otros micro y macro nutrientes. Las recomendaciones sirven como referencia, pero también se debe considerar el nivel de producción. Las aves que producen un número de huevos por encima de los estándares de Hy-Line tendrán un mayor requerimiento de calcio para la formación de la cáscara, por lo tanto, se debe ajustar la concentración en la dieta. Adicionalmente hay que considerar la fuente de calcio ya que la piedra caliza varía en solubilidad y por lo tanto en disponibilidad para el ave de acuerdo a su fuente de origen.

Nutrición para una Buena Calidad de la Cáscara

	Crecimiento	Pre-postura	Primer Huevo a Pico	Pico a 90%	89% a 85%	Menos de 85%
Calcio	1.0%	2.5 – 2.75%	4.0 – 4.2 g/día	4.25 g/día	4.40 g/día	4.50 g/día
Fósforo, disponible	0.48%	0.5%	0.5 gramos	0.48 g	0.46 g	0.40 g
Vitamina D, I.U por día	3,300,000 I.U / tonelada de alimento					
PROPORCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE CARBONATO DE CALCIO						
Fina – <1 mm	100%	50%	45%	40%	35%	30%
Gruesa – 2-4 mm	0%	50%	55%	60%	65%	70%



ESTRÉS POR CALOR Y LA CALIDAD DE LA CÁSCARA

Los lotes que sufren estrés por calor a menudo ponen huevos con cáscaras débiles y delgadas debido al desbalance ácido/base en la sangre resultando en jadeo (hiperventilación). Cuando el ave jadea para perder calor corporal hay una pérdida excesiva de CO₂ en la sangre. Cuando baja el CO₂ de la sangre el pH se eleva o se vuelve más alcalino. Cuando el pH en la sangre es más alto se reduce la cantidad de iones de calcio y de carbonato que se transportan al útero para la formación de cáscara. Un aumento en la cantidad de calcio en el alimento no corrige este problema.

La reducción del consumo de alimento debido al estrés por calor también contribuye a que las cáscaras sean débiles. El balance de electrolitos en la dieta también tiene un papel importante en la calidad de la cáscara, particularmente durante los períodos de estrés por calor. La concentración de cloruro en la dieta debe balancearse cuidadosamente en relación al sodio y al potasio e incluso debe reducirse durante los períodos cálidos. Podemos esperar algunos beneficios adicionales con el uso de fuentes de bicarbonato.

MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL HUEVO Y DE LA CÁSCARA

Espesor de la Cáscara

Muchos laboratorios y compañías utilizan la medición del espesor de la cáscara como el único indicador de la calidad de la cáscara. Sin embargo, la cáscara es un complejo proteo-cerámica y sus propiedades funcionales no están necesariamente relacionadas directamente con su espesor. Una cáscara más resistente es aquella que puede absorber y tolerar mayor impacto y otras fuerzas físicas sin agrietarse. La integridad de la cáscara está relacionada con su estructura y el patrón con el cual los minerales de calcio se deben depositar (es decir, organización y tamaño del cristal) para formar las diferentes capas de la cáscara. Desde el punto de vista de la reproducción, seleccionar solamente por un mayor espesor de la cáscara no es suficiente.

Calificación de Punción

La prueba de deformación es una medida utilizada para evaluar la plasticidad de la cáscara. La misma no es destructiva (no afecta la integridad de la cáscara); por lo que puede ser tomada en más de un punto, permitiendo una mejor precisión. Para la medición de la Calificación de Punción se requiere un instrumento con un calibre especial y no es una medición utilizada frecuentemente en la industria como indicativo de calidad de la cáscara.

Resistencia a la Ruptura

La resistencia a la ruptura mide la cantidad de fuerza necesaria para romper la cáscara. Es una medida de la resistencia pura, y como es destructiva, solamente es posible hacer una medición por huevo.

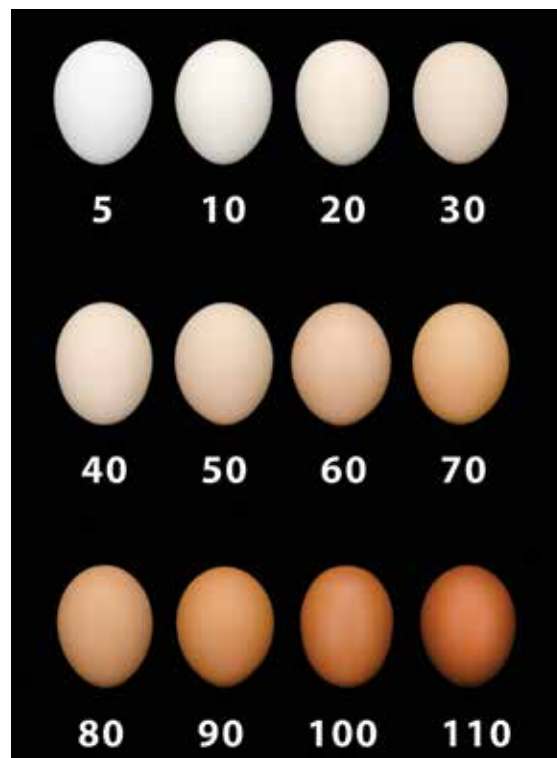
Resonancia Acústica

Una gran cantidad de investigaciones demuestran que la resonancia acústica y sus medidas derivadas, tales como la "rigidez dinámica" o resistencia dinámica de la cáscara (Kdyn), son de gran utilidad en la predicción de la calidad de la cáscara. El dispositivo de Prueba Acústica desarrollado por la Universidad de Lovaina, en Bélgica proporciona valores precisos y repetibles de frecuencia acústica y Kdyn. Además, la prueba clasifica los huevos como "agrietados" contra "normales" y también identifica micro-grietas, que no son visibles por el ojo humano.

El uso de la rigidez dinámica para mejorar la calidad de la cáscara es importante en la selección de las líneas puras de aves ponedoras. Hy-Line mide un gran número de huevos durante todo el período de producción para asegurar la presión continua en la selección de esta importante característica.

Color de la Cáscara

El color de la cáscara es una característica importante para ser estudiada debido a las diferentes preferencias del mercado en cuanto al color del huevo alrededor del mundo. Aunque hay una variedad de opciones, internamente Hy-Line utiliza un índice para el color de la cáscara basado en (L,a,b) valores del sistema Minolta® *Chroma Meter*.



Altura de la Albúmina

La altura de la albúmina y los valores de las Unidades Haugh (tomando en cuenta por las diferencias en el peso del huevo) se miden rutinariamente. La altura de la albúmina se mide en la porción media de la albúmina gruesa (entre el borde de la misma y la membrana de la yema), utilizando un dispositivo de sensor electrónico. La calidad de la albúmina es muy importante en los mercados donde el consumo de huevo crudo es habitual. Las Unidades Haugh también se utilizan como un indicador reconocido mundialmente de la frescura del huevo. Los huevos con albúminas altas y mayores Unidades Haugh pueden almacenarse por más tiempo manteniendo su apariencia fresca para el consumidor.



Peso del Huevo y de la Yema, Porcentaje de Sólidos del Huevo y de la Yema

El peso total del huevo y de la yema se calculan utilizando escalas de alta precisión. Se sabe que la yema de huevo, siendo rica en grasa, contiene la mayor parte de los sólidos totales del huevo. Por lo tanto, la selección genética indirecta para sólidos se logra aumentando el tamaño relativo de la yema.

El porcentaje de materia seca se mide en muestras individuales de huevos separando del huevo sus componentes principales - cáscara más membranas, yema y albúmina. Se pesa cada componente y luego se hace un proceso de secado a las muestras de albúmina y yema. Este proceso es una excelente herramienta para evaluar y monitorear los productos comerciales para el contenido total de sólidos de huevo.



La formación del huevo es una parte fascinante del papel único que tiene la gallina en la alimentación de una población creciente en su demanda de proteínas y por una nutrición económica. Tal vez no apreciamos del todo el complicado proceso para producir un huevo de calidad y el número de factores que afectan la calidad del producto final. La salud del lote, el manejo, la dieta y la selección genética tienen un papel importante para lograr un producto de alta calidad para los clientes de la industria de huevo.



Hy-Line International | www.hyline.com

