

# Propiedades funcionales de las proteínas del huevo de codorniz y contenido nutrimental

José Fernando González Sánchez,<sup>1</sup> Susana E. Ramírez Sánchez,<sup>1</sup>  
Isaac Conrado Gallardo Vargas,<sup>1</sup> Francisco Héctor Chamorro Ramírez<sup>1</sup>  
y Haydee Hernández Unzón<sup>2</sup>

**Resumen.** Los huevos de la gallina doméstico (*Gallus gallus domesticus*) son los más consumidos habitualmente, pero también se consumen los de pato, el ganso y la codorniz, por nombrar algunos. Se considera a el huevo como un alimento rico en proteínas, minerales y lípidos. La composición nutrimental del huevo de gallina está bien establecida, pero no así la del huevo de codorniz. Los huevos en general constan de tres componentes principales; Cáscara, clara y yema, los cuales tienen varias propiedades funcionales que son aprovechadas en los alimentos y otras industrias. Las propiedades funcionales que presentan la clara y yema de huevo son: capacidad de formar espuma, gelificación y emulsión, las cuales pueden verse afectadas por el tiempo de almacén. El objetivo de este trabajo fue evaluar las características nutricias y las propiedades funcionales de los componentes del huevo de codorniz. Se determinó las propiedades funcionales de huevos almacenados a temperatura ambiente a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días, después de la postura; los resultados se analizan mediante una comparación apareada de

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal, e-mail: jfgonzal@correo.xoc.uam.mx

<sup>2</sup> Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Ingeniería Bioquímica.

*Tukey. Se determinó el nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, lípidos totales y colesterol. Las propiedades funcionales de formación de espuma y emulsión del huevo de codorniz son semejantes a las del huevo de gallina; para la capacidad de coagulación se requiere de una temperatura menor para coagular las proteínas del huevo de codorniz, esto debido a la transformación lenta de la ovoalbúmina a su forma termoestable (S-ovoalbúmina), en comparación al de gallina. El valor nutrimental de proteína de los huevos de codorniz es semejante a la de los huevos de gallina; la cantidad de lípidos totales es mayor y el contenido de colesterol no tiene diferencias. La cantidad de ácidos grasos de la yema de huevo de codorniz es semejante a la de huevo de gallina.*

**Palabras Clave:** *huevo codorniz, nutrientes, propiedades funcionales.*

**Abstract.** *The eggs of domestic hen (*Gallus gallus domesticus*), are the most commonly consumed, but those of duck, goose and quail are also consumed, to name a few. The egg is considered as a food rich in proteins, minerals and lipids. The nutritional composition of the chicken egg is well established but not that of the quail egg. Eggs generally consist of three main components; Shell, clear and yolk, these have several functional properties that are used in food and other industries. The functional properties of egg white and egg yolk are able to form foam, gelling and emulsion, which can be affected by storage time; the objective of this work was to evaluate the nutritional characteristics and the functional properties of the components of the quail egg. The functional properties of the quail eggs stored at three room temperatures, 3-5°C, 19-23°C and 32°C at 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days. After this, the total nitrogen, ammoniacal nitrogen, total lipids, cholesterol and protein transformation of the white egg were determined. The functional properties of formation of foam and emulsion in quail egg are like those of chicken egg. The capacity of coagulation of quail egg white requires less temperature than chicken egg white, this happens because of the slow transformation of the ovalbumin to its thermo stable form (S-ovalbumin) in comparison to that of chicken egg white. The nutrimental value of the protein in the quail*

*egg is like that chicken egg, the content of total lipids is greater, and content of cholesterol is not different. The amount of total fatty acids in the quail egg yolk is like that of the chicken egg.*

**Keywords:** *quail eggs, functional properties, nutrimental.*

## INTRODUCCIÓN

La codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) es un ave doméstica, importante en el mundo como animal de laboratorio y utilizada comercialmente para producción de carne y huevo. Entre sus excepcionales características están su rápido crecimiento, su temprana madurez sexual, intervalo generacional corto, alta tasa de postura, menor espacio requerido por ave, en comparación a las gallinas (Kawahara-Miki *et al.*, 2013), y la conversión alimenticia de alimento a huevo es más eficiente que la gallina (Mnisi y Mlambo, 2018).

Los huevos de codorniz son caracterizados por una variedad de modelos coloridos, que van desde blanco nieve a completamente castaño. Normalmente son de color castaño canela y oscuro manchado o castaño jaspeado con manchas azul blanquecino. Cada codorniz tiende a poner el huevo con ciertas características de tamaño, jaspeado y color (Duval *et al.*, 2014).

Los huevos pueden considerarse como un alimento casi perfecto, una fuente de proteínas, grasas, vitaminas (excepto vitamina C) y minerales de alta calidad. Son un elemento básico de la dieta humana, de bajo costo de producción y de fácil acceso para la mayoría de la población mundial; son fáciles de digerir y utilizados para la mejora nutricional (fortificación) de varios tipos de alimentos (Tserven-Goussi y Fortomaris, 2011). Los huevos que se consumen habitualmente son los de la gallina doméstico (*Gallus gallus domesticus*), pero otros, como el pato, el ganso y la codorniz, por nombrar algunos, también son populares.

Consta de tres componentes principales: Cáscara, clara y yema; estos componentes tienen una gama de propiedades funcionales, las cuales poseen una variedad de usos en los alimentos y otras industrias (Eisenberg y Kauzmann, 2005).

El albumen o clara es una solución acuosa de numerosas proteínas globulares, como la ovoalbúmina, la conalbúmina (ovotransferrina), el ovomucoide, la lisozima, la ovomucina, las ovoglobulinas ( $G_2$  y  $G_3$ ), ovoflavoproteína, ovomacroglobulina, ovoglicoproteína, la avidina, el ovoinhibidor y cistatina. La yema consiste en una dispersión de partículas grasas en una fase acuosa o plasma. Las partículas, separables por centrifugación, representan 20% del peso seco de la yema y contienen sobre 60% de proteínas y 34% de lípidos. La calidad interna del huevo se ve afectada por el tiempo de almacenamiento, ya que aumenta la cámara de aire, al igual que el pH, y debido a esto las estructuras de las proteínas de las claras, principalmente la ovoalbúmina, cambia a su forma termoestable; S-ovoalbumina y la ovo mucina rompe su estructura fibrosa y se disocia de la lisozima, perdiendo la viscosidad de la clara gruesa y, por lo tanto, las unidades de calidad interna (IQU) disminuye; en cuanto a la yema, el índice de yema (IY) disminuye con el tiempo de almacenamiento debido a la migración de agua de las claras hacia las yemas (González *et al.*, 2009). El valor nutritivo del huevo de las gallinas domésticas como fuente de energía y proveedor de macro y micronutrientes es bien conocido, pero no así el del huevo de codorniz.

Las propiedades funcionales de las proteínas son definidas como cualquier propiedad fisicoquímica que afecta el comportamiento y características de los alimentos que las contienen o que son agregadas, y que contribuyen a la calidad final del producto. Estas características pueden ser sensoriales, nutricias y bioquímicas (Guerrero *et al.*, 2003). Desde el punto de vista de la industria de alimentos, las propiedades funcionales son aquellos atributos de los componentes alimenticios o aditivos que, a la concentración adecuada de los componentes y en condiciones apropiadas, proporcionan características deseables, principal-

mente reológicas, al producto final, como viscosidad, cuerpo, jugosidad, textura y aireación. Las proteínas muestran las propiedades funcionales en las interacciones con el disolvente, los iones, otras macromoléculas, los lípidos y fenómenos de la superficie (Larsen 2018, Li et al. 2018).

Las propiedades funcionales que presentan la clara y yema del huevo son capacidad de formar espuma, gelificación y emulsión; Además, la capacidad de coloración y el aroma de la yema. Estas propiedades son afectadas por el tiempo de almacenamiento, principalmente por el cambio de las proteínas de la clara que debido a la alcalinización por el intercambio gaseosos (Sleigh, 1996)

El albumen o clara de huevo de gallina está compuesto de tres capas principales que representan como término medio 23% (capa externa), 57% (capa espesa) y 17% (capa interna) de su masa total. Estas proporciones varían en función de la raza del animal, cantidad de puesta, tamaño del huevo y tiempo de almacenamiento. La capa espesa, gelificada, es la que queda unida a la yema cuando se rompe un huevo crudo sobre una superficie plana. El albumen es una solución acuosa de numerosas proteínas globulares, como la ovoalbúmina, la conalbúmina (ovotransferrina), el ovomucoide, la lisozima, la ovomucina, las ovoglobulinas (G2 y G3), la ovoflavoproteína, la ovomacroglobulina, ovoglicoproteína, la avidina, el ovoinhibidor y la cistatina (Guha *et al.*, 2018). Las proteínas de la clara forman espuma y coagulación, son importantes en merengues, soufflés, cubiertas y panes (Daugelaite *et al.*, 2016).

La yema consiste en una dispersión de partículas grasas en una fase acuosa o plasma. Las partículas, separables por centrifugación, representan 20% del peso seco de la yema y contienen sobre 60% de proteínas y 34% de lípidos. Se trata de cuerpos esféricos, de unos 20mm de diámetro y de gránulos de tamaño más pequeño (en torno a 1.3 mm). Con una fuerza iónica alta, estas partículas se disocian en glóbulos (0.03 a 0.1 mm), así como otros elementos observables al microscopio electrónico. Las lipoproteínas, concretamente las a y b lipovitelininas, constituyen 70% de la materia seca de las partículas, mientras que una fosfoproteína,

la fosfovitina y las lipoproteínas de baja densidad representan, respectivamente, 6 y 12 % de esta materia seca. El plasma contiene una proteína globular soluble; la livetina y una fracción lipoproteica de baja densidad que representan 11 y 66 % de la materia seca de la yema, respectivamente. La yema contiene la mayoría de los lípidos del huevo, esencialmente triglicéridos (66 %) y fosfolípidos (28 %, principalmente fosfatidilcolina). El colesterol y ésteres de colesterol y otros representa 6 % de la fracción lípida. La intensidad del color de la yema depende del contenido en carotenoides (Guha *et al.*, 2018; Chalamaiah *et al.*, 2018).

La yema de huevo es bien conocida por ser una emulsión natural de aceite en agua. Debido a sus propiedades multifuncionales, la yema se usa ampliamente en las industrias alimentaria, médica, farmacéutica y cosmética (Chalamaiah *et al.*, 2017). Se utiliza también para crear emulsiones de aceite en agua, como mayonesas, aderezos y cremas a base de huevo (Kiosseoglou, 2003), por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue determinar el valor nutrimental y propiedades funcionales de las proteínas del huevo de codorniz.

## MATERIALES Y METODOS

Para obtener huevos desde el momento de postura, se adquirieron 150 huevos de una granja productora de huevo de codorniz en la Delegación Tlalpan, Ciudad de México. Las codornices tenían 4 meses de edad, la alimentación era a libre acceso, con alimento formulado que contenía 22 % de proteína; con un fotoperíodo de 14 horas, y todas tenían las mismas condiciones ambientales de humedad relativa, entre 69 a 76 %, y temperatura 18 a 31.6 °C. De los huevos adquiridos, se seleccionaron 138, de los cuales 53 fueron almacenados en cinco grupos de nueve para ser almacenados a temperatura de 19 a 23 °C, y evaluados los días 1, 5, 10, 30 y 60 para determinar pH, nitrógeno total y nitrógeno amoniacal. Nueve huevos fueron evaluados al día uno de postura, a los cuales se les

determinó el extracto etéreo, colesterol y ácidos grasos. Ochenta y cuatro fueron almacenados a temperatura de 19 a 23°C en siete grupos de 12 huevos, a los cuales se les evaluó capacidad emulsificante, capacidad espumante, estabilidad de la espuma y coagulación por calor, los días 1, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 de almacenamiento. Todas las evaluaciones se realizaron por triplicado.

### **Determinación del pH**

Los huevos se almacenaron 1, 5, 10, 30 y 60 días a temperatura de 19-23°C para su posterior uso. Los huevos almacenados a diferentes días se quiebran; se toman las claras y las yemas, que se separan y se colocan en un vaso de precipitados de 50 mL, y se homogenizan y el pH se mide a temperatura ambiente con un potenciómetro marca HANNA.

### **Determinación de nitrógeno total**

Se realizan para huevos almacenados por 1, 5, 10, 30 y 60 días a temperatura de 19-23°C., por el método de Kjeldahl (1883) modificado. Se coloca un gramo de clara o yema de huevo en el fondo del matraz Kjeldahl, se adicionan 2 g de mezcla de catalizadores (2.5 g de sulfato de sodio más 0.2 g sulfato de cobre) y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se coloca el matraz en el digestor y se deja hasta el punto final de la digestión. Terminada la digestión se enfría el matraz y se le añade 300 mL de agua y 60 mL de NaOH al 40%, posteriormente se lleva a destilación. El destilado se recoge en un matraz erlenmeyer de 500 mL que contiene 75 mL de solución de ácido bórico al 4% y 3 gotas de indicador de Wesselow. Se destilan 200 mL y esto se titula con una solución de HCl 0.1N.

## Determinación del nitrógeno amoniacal

Se lleva a cabo para huevos almacenados por 1, 5, 10, 30 y 60 días a temperatura de refrigeración (3-5 °C), ambiente (19-23 °C) y temperatura de 32 °C, por el método de Lucke y Geidel (Kirk *et al.*, 1998). Se coloca, en un matraz Kjeldahl, aproximadamente 1 g de clara de huevo; 2 g de óxido de magnesio, 350 mL de agua destilada, perlas de ebullición y antiespumante; se coloca en el destilador del aparato de Kjeldahl. El Destilado se recupera en un matraz erlenmeyer de 500 mL que contiene 50 mL de ácido bórico al 2% y 3 gotas de indicador de Wesselow. Se destilan 200 mL. Se valora de la misma forma que el método de nitrógeno total.

## Determinación de extracto etéreo

Se determina sólo para huevo de 1 día de postura por el método de Soxhlet modificado. El matraz del equipo Soxhlet y el cartucho de celulosa se llevan a peso constante. Se colocan 2 g de yema de huevo previamente deshidratada, en estufa a 70 °C, en el cartucho de celulosa, se tapa con un algodón y se lleva dentro del recipiente sifón del equipo Soxhlet. Al matraz (previamente pesado) se le añaden 75 mL de éter etílico y se deja en refuljo por 3 horas, se deja enfriar el matraz y se lleva nuevamente a peso constante (Kirk *et al.*, 1998).

## Determinación de colesterol

Se determina sólo para huevo de 1 día de postura por medio de la reacción de Lieberman–Burchard (Litwack, 1964). En un tubo de ensayo se añaden 2 mL de extracto etéreo, 5 mL de cloroformo y 10 gotas de anhídrido acético; se mezcla y se adicionan dos gotas de ácido sulfúrico concentrado. Los tubos se colocan en oscuridad por una hora, y se determina

el espectro de absorción a 625 nm. El resultado se extrapola a una curva tipo de colesterol y se calcula la cantidad de colesterol en g presentes en la muestra con ayuda de la ecuación de la recta. El resultado se expresa como mg de colesterol por gramo de yema comestible.

## Determinación de ácidos grasos

Las yemas de las claras de 4 huevos de un día de postura se colocan en un crisol y se homogenizan, posteriormente se secan por liofilización. Los lípidos se extraen de la yema utilizando una mezcla de cloroformo-metanol (2:1 vol/vol) por el método de Bligh y Dryer (1959). Los ácidos grasos se metilan, con 1 mL de metanol y 3 mL de HCl-metanólico 3N (Wang *et al.*, 2000), y se analizan usando un auto inyector Hewlett Packard 7683 Series Injector y un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 6890 series, GC System equipado con una columna capilar DB-23 (30 mm x 25 mm). El cromatógrafo se programa para que la temperatura del gas sea de 150 °C, para los primeros 8 minutos de operación, seguido de un incremento de 5 °C por minuto, hasta llegar a 200 °C. El inyector y detector de temperatura es fijada a 250 y 260 °C, respectivamente, y se utiliza helio como gas acarreador a una tasa de 1 mL/min. La concentración de ácidos grasos se expresa como porcentaje de ácidos grasos totales en la yema (Latour *et al.*, 1998). Se utilizó un estándar para detectar 14 ácidos grasos: caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico, araquidónico, docosanoico, erúcido, lignocérico.

## **Propiedades funcionales de los diferentes componentes del huevo**

### ***Capacidad de emulsión de la yema de huevo de codorniz***

Se determina usando el principio de resistencia eléctrica (Webb *et al.*, 1970) modificado. Se adicionan 10 mL de agua más 5 g de yema a un vaso de precipitados de 250 mL, el cual se coloca en un soporte debajo del agitador, con una velocidad de agitación de 5000 rpm; los electrodos de una unidad sensor de resistencia (multímetro) se instalan dentro del vaso y se deja fluir el aceite, proveniente de un embudo de separación, lentamente a una velocidad de 148 mL/minuto.

### ***Capacidad espumante***

Se determina de acuerdo con el método de Doi y Kitabatake (1997) modificado. Se colocan 10 mL de agua más 2 mL de clara de huevo en un matraz de 100 mL, utilizando un agitador, se agita a 6000 rpm por 1 minuto. La capacidad espumante se expresa como el volumen de la espuma en situación estable.

### ***Estabilidad de la espuma***

Se determina midiendo el líquido drenado por la acción de la gravedad de la espuma (la que se queda en la superficie del cilindro), el cual se mide directamente de la probeta después de 12 horas, y se calcula como estabilidad de la espuma contra líquido drenado (Hammershoj y Kars-ten, 2001).

### **Coagulación por calor**

Se determina por calorimetría diferencial de barrido. Se registra la temperatura en el punto en el cual la reacción es endotérmica, que es cuando se alcanza un punto de “estabilidad”, periodo durante el cual la temperatura no incrementa. La temperatura de coagulación corresponde a la temperatura final del proceso de desnaturalización completo de las proteínas. Temperatura de coagulación es igual a la temperatura final del proceso (Doi y Kitabatake, 1997). La calorimetría diferencial de barrido se lleva a cabo con un micro calorímetro diferencial de barrido (DSC Meter-Toledo). A la celda de aluminio del equipo se le adicionan 840 µg de clara, se usa como blanco agua desionizada al mismo volumen. La velocidad de calentamiento ( $\beta$ ) es de 2 °C/min. Se realiza para huevos almacenados a temperatura ambiente (19-23°C) y (57-70)% de humedad relativa, por 1, 5, 10, 20, 30, 50 y 60 días (Donovan y Mapes, 1976).

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos de la evaluación de nitrógeno amoniacal, pH, proteína cruda, colesterol, lípidos y de las propiedades funcionales fueron analizados considerando un modelo completamente al azar, con el tiempo de almacenamiento como factor fijo y utilizando un análisis de varianzas y una prueba pareada de tukey para determinar diferencias entre medias, considerando el siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

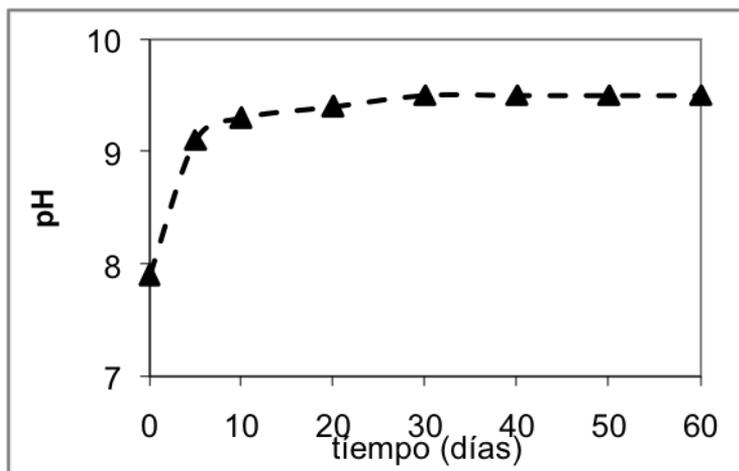
Donde  $y_{ij}$  = la variable evaluada,  $\mu$  = La media de la variable evaluada,  $T_i$  = el efecto del  $i$ ésimo día de almacenamiento y  $\varepsilon_{ij}$  = el efecto del error experimental. Los resultados fueron expresados como promedio de tres repeticiones.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### pH de la clara

Los cambios en pH de la clara del huevo de codorniz se muestran en la Figura 1. El pH del huevo fresco con 1 hora después de puesto es de 7.9, y se incrementa hasta alcanzar un máximo de 9.5 a los 3 y 30 días. El valor inicial del pH de la clara de huevo de codorniz es menor a lo mencionado por Itoh *et al.* (1981), que determina el pH en clara de huevo fresco en 8.4, y éste alcanza un valor máximo de 9.0 en claras de huevo de codorniz, almacenado por 2 días y se mantiene hasta los 25 días. Fennema (2010) cita que el aumento de pH se debe a la pérdida de bióxido de carbono a través de los poros del cascarón; esta pérdida es mayor a temperaturas elevadas porque la cutícula del cascarón se seca, ocasionando un aumento en el tamaño de sus poros y mayor pérdida de gases.

En cuanto al pH gallina, Scott y Silvesidest (2000) indican que el pH del huevo de gallina con 2 horas de ser puesto es de 7.4, y después de un día a temperatura ambiente de 20°C aumenta a 8.5, después de 10 días alcanza un valor de 9.4, por lo que se pudiera decir que el pH de huevo de codorniz aumenta más lentamente en comparación al huevo de gallina.

**Figura 1. Cambios en pH del albumen por tiempo**

### Nitrógeno amoniacal y total

El nitrógeno amoniacal no presenta cambios significativos ( $p < 0.01$ ) conforme pasa el tiempo bajo las condiciones de almacenamiento experimentales, y el contenido de éste es  $5.66 \times 10^{-4} \pm 1.76 \times 10^{-5} \%$  máximo a los 60 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

El contenido de nitrógeno total por 100 g de muestra húmeda es menor en huevo de 1 día después de la postura,  $8.75 \pm 0.3 \%$  en clara,  $13.38 \pm 0.5 \%$  en yema y  $11.07 \pm 0.4 \%$  en huevo entero (Cuadro 1); posteriormente, se mantiene sin cambios a los 5, 10 y 30 días,  $11.67 \pm 0.6 \%$  para la clara,  $16.8 \pm 0.4 \%$  para la yema y  $14.2 \pm 0.7 \%$  para huevo entero; a los 60 días el contenido de proteína de la clara es mayor,  $15.10 \pm 0.6 \%$  y el contenido de proteína total de la yema es menor,  $14.3 \pm 0.4 \%$ , esto puede deberse principalmente, de acuerdo con Ternes (2001), a que durante el almacenamiento hay una difusión de agua hacia la yema y algunos com-

ponentes proteicos de la yema pasan a través de la membrana vitelina hacia la clara.

En general, el contenido de proteína total del huevo de codorniz de un día de puesto es ligeramente menor a lo reportado por Closa *et al.* (1999), que es de  $13.6 \pm 0.3\%$ , y semejante al valor mencionado por Sleigh (1996) para huevo de gallina de 12.14 por ciento.

**Cuadro 1. Composición proximal de los huevos de codorniz**

	g/100 g de porción comestible		
	Clara	Yema	Huevo entero
Humedad	86± 1.4	51± 7.4	69.49± 4.0
Proteína (N x 6.68)	11.63 ± 2.6	15.63 ± 1.9	13.63± 2.1
Lípidos	n.d.	33.61± 2.2	12.59± 2.2
Colesterol		1.13 ± 0.2	

## Colesterol y lípidos

El contenido de colesterol fue de 11.3 mg/g de yema (Cuadro 1), de acuerdo a lo reportado por Bragagnolo y Rodríguez-Amaya (2003), que indican el contenido de colesterol del huevo de codorniz en 12.0mg/g de yema y es semejante a la del huevo de gallina con 12.1 mg/g de yema. Por otro lado, Closa *et al.*, (1999) reportan un contenido de colesterol de  $1.31 \pm 0.23$  g por 100g de yema en muestra húmeda para huevo de gallina, y  $4.3 \pm 0.36$  g de colesterol por 100 g de huevo entero de codorniz base húmeda, por lo cual, se puede concluir que el huevo de codorniz tiene 13% menos de colesterol en comparación con el huevo de gallina.

El contenido de lípidos totales de clara y yema se ilustra en el cuadro 1; es 13.5% mayor en el huevo de codorniz (37.7 g por 100 g de yema), que el de gallina (32.6 g por 100 g de yema), reportado por Panda y Singh en 1990.

## Ácidos grasos

La composición de los ácidos grasos determinados en la yema de huevo de codorniz no presentan variaciones cuali y cuantitativas con respecto a los ácidos grasos de la yema de huevo de gallina, ni con lo encontrado por otros autores (Cuadro 2). De los 14 ácidos grasos a detectar, sólo seis fueron detectados: mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico y linoleico. El ácido oleico 18:1 resultó ser el más abundante, correspondiendo a  $44.68\% \pm 0.88$  del total de ácidos grasos, el ácido mirístico 14:0 se encontró en menor porcentaje y dentro de los ácidos grasos; poliinsaturados, el ácido linoleico 18:2 fue el que se encontró en mayor proporción, lo cual es comparable con los datos del huevo de gallina.

**Cuadro 2. Composición de los ácidos grasos del total de lípidos de la yema de huevo**

Ácido graso	% del total de ácidos grasos		
	Codorniz	Codorniz <sup>a</sup>	Gallina <sup>b</sup>
Mirístico (14:0)	0.75 ± 0.11	0.6	0.36 ± 0.07
Palmítico (16:0)	28.04 ± 0.26	25.2	27.40 ± 1.19
Palmitoleico (16:1)	5.91 ± 0.55	6.3	4.00 ± 0.49
Esteárico (18:0)	8.71 ± 0.49	7.7	9.05 ± 1.38
Oleico (18:1)	44.68 ± 0.88	44.0	43.01 ± 1.80
Linoleico (18:2)	11.91 ± 1.34	10.2	15.62 ± 0.86

<sup>a</sup> Panda y Singh, 1990.

<sup>b</sup> Composición de ácidos grasos de yema de huevos producidos por gallinas alimentadas con una dieta que contenía harina de germen de maíz (Kovács *et al.*, 2000).

El ácido linolénico 18:3 no fue detectado, sin embargo, Arantes da Silva *et al.* (2009) concluyen que la incorporación del ácido graso poliinsaturado w-3 dentro de yema del huevo se puede llevar a cabo fácilmente por alimentación de las aves, adicionando semillas de linaza en el alimento, sin embargo, Hargis *et al.* (1991) comentan que también puede utilizarse aceite de pescado.

Sim (2000) expone que la composición de los lípidos del huevo es el resultado de una combinación de lipogénesis de novo e incorporación de los componentes lipídicos provenientes de la dieta del ave. Otro factor que regula la cantidad y tipo de ácidos grasos depositados en la yema es la inhibición de la retroalimentación de ácidos grasos de cadena larga en la dieta del ave. Aunque es fácil alterar la composición de ácidos grasos en la yema del huevo se debe suplementar w-3 sólo cuando se tenga una relación óptima de ácidos grasos poliinsaturados: ácidos grasos saturados y ácidos grasos w-6:w-3 en la dieta del ave.

Watkins *et al.* (2000) explican la importancia del contenido y tipo de ácidos grasos que contiene la yema del huevo en la nutrición humana, así como el alto contenido de ácido oleico (44.68%) y palmitico (28.04%), aunque no son indispensables en la dieta humana se les han atribuido efecto protector contra la aterosclerosis y propiedades anti carcinogénicas, respectivamente. El ácido linoleico, el cual está presente en 11.91%, es indispensable en la dieta humana, ya que éste se convierte en ácido araquidónico, y éste en ácido docosatetraenoico (DHA). La elongación y desaturación proceden a ácidos grasos todavía más largos, que son importantes en el sistema nervioso central y particularmente en la retina. A partir del ácido araquidónico se producen los llamados “eicosanoides” (por tener 20 carbonos), como las prostaglandinas, las prostaciclina y los tramboxanos por efecto de la ciclo oxigenasa y por efecto de las lipo oxigenasas, los leucotrienos, hidroxiácidos grasos y lipoxina. Entre otras funciones, los eicosanoides intervienen en los procesos de inflamación y de coagulación.

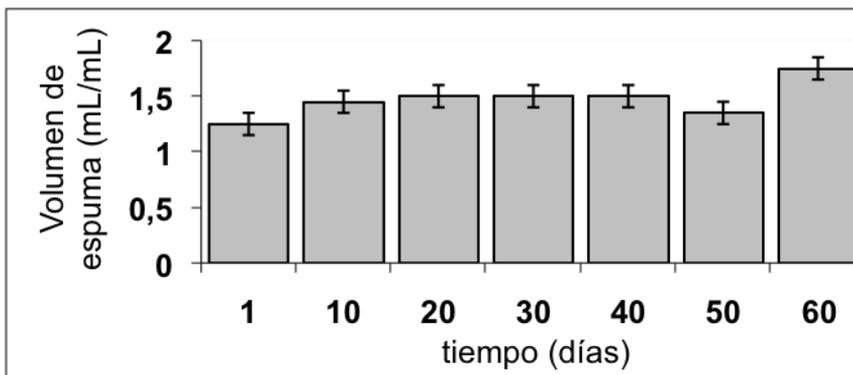
## Propiedades funcionales

### Capacidad espumante y estabilidad de la espuma

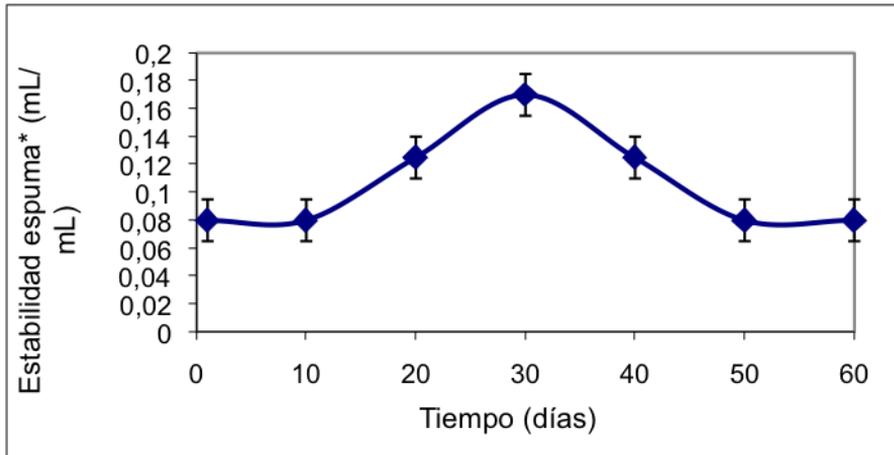
El volumen de la espuma de la clara de huevo de codorniz no varía conforme pasa el tiempo de almacenamiento (Figura 2); en el día 1 se tiene una menor capacidad de espuma (1.25 en la dieta del ave mL espuma/mL clara), esto debido tal vez a una mayor disolución de las proteínas en la clara, y en el día 60 se tiene una capacidad de espuma mayor (1.75 mL/mL) comparadas con los días anteriores, esto se puede deber a la pérdida de agua y a la solubilidad de la ovomucina de la clara gruesa. En huevo de gallina, el volumen de espuma fue de 1.4 mL/mL; Hamayakawa *et al.* (1983) encontraron que existe un decremento del volumen de la espuma conforme aumenta el almacenamiento por arriba de 23 días a 19 °C; en contraparte, Ternes (2001) dice que en huevos de mayor tiempo de almacenamiento, su clara produce mejor espuma que los huevos frescos. Esto es debido a la disociación molecular del complejo ovomucina lisozima durante el almacenamiento.

Damodaran *et al.* (1998) infieren que el volumen de la espuma puede aumentar si incrementa la temperatura de batido debido a la desnaturalización parcial de la ovoalbúmina de la clara de huevo de gallina. Por otro lado, la proteína ovomucoide es la responsable de tener influencia en la coagulación térmica por ser termoestable, por lo cual, es posible que la espuma se pueda hornear y mantenga su estabilidad. El volumen de la espuma está correlacionado con la concentración de globulinas, lisozima,  $G_2$  y  $G_3$ .

**Figura 2. Capacidad espumante por volumen de espuma de la clara de huevo de codorniz como una función del tiempo**



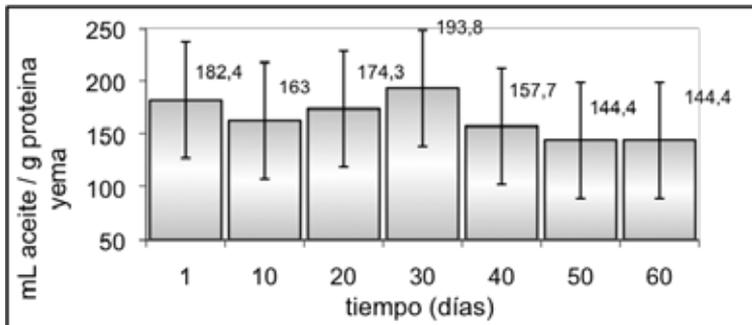
Con respecto a la estabilidad de la espuma contra el líquido drenado como una función del tiempo de almacenamiento, hay un efecto significativo ( $P < 0.01$ ), pero esto no se muestra claro en los huevos de 1, 10 días y los huevos de 50 y 60 días de almacenamiento, los cuales tienen una baja estabilidad de la espuma (0.08) (Figura 3), por otro lado, los huevos almacenados a 20, 30 y 40 días muestran la estabilidad más alta,  $0.125 \pm 0.015$ ,  $0.17 \pm 0.02$  y  $0.125 \pm 0.01$  mL líquido drenado/mL de clara inicial, respectivamente. En el huevo de gallina la estabilidad de la espuma contra líquido drenado es de  $0.08 \pm 0.01$  mL/mL

**Figura 3. Estabilidad de la espuma contra líquido drenado**

\* a 2 horas después de la formación de la espuma en función al tiempo de almacén de los huevos de codorniz a 18- 24 °C, H.R. =57-70 %, n=3.

Hamermrshoj *et al.* (1999) atribuyen que la variación de la estabilidad se puede deber al cambio de pH de la clara, el cual influye directamente en las propiedades superficiales de las espumas, es decir, a diferente pH se producen burbujas de diferente diámetro, lo que determina la estabilidad, pero Ternes (2001) indica que huevos entre más tiempo tengan de almacenados, la estabilidad de la espuma es menor a causa de los triacilglicéridos de la yema, los cuales pasan a través de membrana vitelina, y conforme pasa el tiempo de almacenamiento, teniendo éstos tienen un efecto desestabilizador en la espuma de la clara de huevo de gallina.

**Figura 4. Capacidad de emulsión\* de la yema de huevo de codorniz en función del tiempo de almacenamiento**



\*Velocidad de agitación 5000 r.p.m., velocidad de adición del aceite 148mL/minuto, pH 6.46 – 6.7, T= 20-25°C, Aceite de maíz. n=3.

## Capacidad de emulsión y estabilidad de la emulsión

La capacidad de emulsión (Figura 4) del huevo de codorniz en función del tiempo de almacenamiento presenta diferencia significativa ( $P < 0.01$ ), la capacidad emulsión del huevo de gallina es de  $153 \pm 51.18$  mL de aceite por gramo de proteína de la yema, semejante al de codorniz.

Mine (1998) concluye que las lipoproteínas de baja densidad (LDL) son el principal factor en las propiedades emulsificantes de la yema, pero principalmente ayudan a la estabilización de la emulsión, aunque la yema de huevo con el almacenamiento tiene pocos cambios químicos, como por ejemplo, el pH, que afecta las propiedades funcionales del LDL; por lo cual el LDL es un magnífico emulsificante a pH entre 7.0 y 9.0, pudiendo atribuir a esto, los ligeros cambios en la capacidad de emulsión obtenidos. Por otro lado, Ternes (2001) asevera que otro factor que contribuye a la disminución de la emulsión, con el tiempo, es una difusión de los componentes de la yema a través de la membrana vitelina, como los triglicéridos y las lipoproteínas, las cuales contribuyen a la emulsión.

## Coagulación por calor

A partir de los termogramas mostrados de las proteínas de la clara de huevo en la figura 5A, y utilizando el programa de análisis del equipo, se obtuvieron los valores correspondientes a las temperaturas finales del proceso (Cuadro 3), en donde el proceso de desnaturalización completo de las proteínas de la clara ha sido llevado a cabo; esta temperatura es considerada como la temperatura de coagulación ( $T_{\text{final}} = T_{\text{coagulación}}$ ). En la clara de 1 día de almacenamiento, la temperatura de coagulación es de 85.9°C; para los huevos almacenados a 11 y 20 días, la temperatura de coagulación de la clara es de 87.6°C; para los huevos almacenados a 50 y 60 días, de 88.9 y 89.8°C, respectivamente; el aumento de temperatura de coagulación de la clara en función del tiempo de almacenamiento se debe principalmente a la transformación de la ovoalbúmina a S-ovoalbúmina, la cual es más estable a la desnaturalización por calor.

**Cuadro 3. Temperaturas de inicio, máximas y finales del proceso endotérmico de la clara de huevo de codorniz con relación al tiempo de almacenamiento**

Termograma	Pico 1			Pico 2			Pico 3		
	$T_i$	$T_{\text{max}}$	$T_{\text{final}}$	$T_i$	$T_{\text{max}}$	$T_{\text{final}}$	$T_i$	$T_{\text{max}}$	$T_{\text{final}}$
1d	57.9	65.3	67.4	67.4	75.3	85.9			
5d	55.3	65.5	68.3	68.3	74.3			77.9	87.6
11d	55.5	65.1	68.7	68.7	77.9			81.7	87.6
20d	57.0	65.1	69.36	69.36	78.3			82.1	88.3
30d	56.4	65.0	68.7	68.7	77.6			80.8	88.0
50d	57.9	64.7	69.8	69.8	77.6			81.3	88.9
60d	57.4	64.2	68.9	68.9	76.6			82.1	89.8

$T_i$  = temperatura de inicio;  $T_{\text{max}}$  = temperatura del pico;  $T_{\text{final}}$  = temperatura final del proceso.

Donovan y Mapes (1976) evaluaron por colorimetría la clara de huevo de gallina, mostrado en la Figura 5B, de aquí que la temperatura de coagulación de la clara en huevo fresco de 0 días es de 96 °C; para un huevo almacenado por 7 días de 98.4; en huevos almacenados por 14 y 24 días de 100.5 °C, y por último a 38 días, la coagulación total de la clara se alcanza a los 102.3 °C, esto se debe a la formación más rápida de la forma termo resistente de la ovoalbúmina, S-ovoalbúmina, después de almacenar el huevo.

Por lo tanto, la clara de huevo de codorniz tiene, en general, una temperatura de coagulación menor, esto es muy útil porque requerimos de menos energía, y esto resultaría en un ahorro al momento de procesar un producto al utilizar la propiedad de coagulación del huevo.

La diferencia en la tasa de conversión de ovoalbúmina a S-ovoalbúmina entre la clara de huevo de codorniz y la de gallina puede estar relacionada a las diferencias en las propiedades fisicoquímicas de las ovoalbúminas, como es el cambio rápido de pH en huevo de gallina.



ción o coagulación de la clara, los huevos de codorniz necesitan menor calor para que éstas se coagulen en comparación con las claras de huevo de gallina. Nutricionalmente el huevo de codorniz es igual al huevo de gallina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arantes da Silva, A. *et al.*, 2009, "Quail egg yolk (*Coturnix coturnix japonica*) enriched with omega-3 fatty acids", *LWT-Food Science and Technology* 42(2): 660-63.
- Arthur, J. y M. Bejaei, 2017, "Quail Eggs", en *Egg Innovations and Strategies for Improvements*, Elsevier, doi:10.1016/B978-0-12-800879-9.00002-0. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2018.06.033.
- Bitman, J. y D. Wood, 1980, "Cholesterol and cholesteryl esters of egg from various avian species", en *Poultry Science* 59:2014-2023.
- Bligh, E. G., y W. J. Dryer, 1959, "A rapid method of total lipid extraction and purification", en *Canadian Journal Biochemistry Physiology* 37: 911
- Bragagnolo, N. y D. Rodriguez, 2003, "Comparison of the cholesterol content of Brazilian chicken and quail eggs", en *Journal of Food Composition and Analysis* 16 (2): 147-53, doi:10.1016/S0889-1575(02)00129-1.
- Chalamaiah, M. *et al.*, 2017, "Physicochemical and functional properties of livetins fraction from hen egg yolk", en *Food Bioscience* 18: 38-45.
- Chalamaiah, M. *et al.*, 2018, "Physicochemical and functional properties of leftover egg yolk granules after phosvitin extraction", en *Food Chemistry* 268 (diciembre), Elsevier: 369-77.
- Cheftel, J. *et al.*, 1989, *Proteínas Alimentarias*, 1ª edición, Acribia, Zaragoza España.
- Closa, S. *et al.*, 1999, "Composición de huevos de gallina y codorniz", en *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 49(2): 181-185.
- Damodaran, S. *et al.*, 1998, "Competitive adsorption of egg white proteins at the air-water interface: direct evidence for electrostatic

- complex formation between lysozyme and other egg proteins at the interface", en *Journal Agricultural Food Chemistry* 46(3): 872-876.
- Daugelaite, D. *et al.*, 2016, "Quantifying liquid drainage in egg-white sucrose foams by resistivity measurements". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 489 (enero). Elsevier: 241-48. doi:10.1016/J.COLSURFA.2015.10.053.
- Doi, E. y N. Kitabatake, 1997, *Structure and Functionality of egg Proteins in Food Proteins and their applications*, Damodaran, S. Paraf, A. (Ed.) 1st edition, CRC Press, Washington D. C.
- Donovan, J. W. y C. J. Mapes, 1976, "A differential scanning calorimetric study of conversion of ovalbumin to S-ovoalbumin in egg", en *Journal Science Food Agricultural*, 27: 197-204.
- Duval, C. *et al.*, 2014, "Early life stress shapes female reproductive strategy through eggshell pigmentation in Japanese quail", en *General and Comparative Endocrinology* 208 (noviembre): 146-53, doi:10.1016/J.YGCEN.2014.08.013.
- Eisenberg, D. y W. Kauzmann, 2005, "The Structure and Properties of Water", en *Science*, 166: 861. Elsevier. doi:10.1093/acprof:oso/9780198570264.001.0001.
- Fennema, O., 2010, "Características de los alimentos líquidos de origen animal: Huevos", en *Química de los Alimentos*, 3ª edición, Acribia, Zaragoza, España.
- Franks, F., 1998, *Conformational stability: denaturation and renaturation in Characterization of Proteins*, F. Franks (Ed.), Human Press, Clifton N. J.
- González, S. *et al.*, 2009, "Physicochemical Changes in Quail Eggs (*Coturnix coturnix japonica*) after Storage at Different Temperatures", en *Journal Applied Animal Research* 35: 77-80.
- Guha, S., 2018, "Egg Proteins", en *Reference Module in Food Science*, enero, Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.21603-X.
- Guerrero, C. *et al.*, 2003, "Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas", en *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatan*, 227: 34-43.

- Hamayakawa, S. *et al.*, 1983, "Effect of B- ovomucin on the solubility of a-ovomucin and further inspection of structure of ovomucin complex in thick white", en *Agricultural and Biological Chemistry*, 47: 815-820.
- Hammershoj, M. y B. Karsten, 2001, "Importance of Hen Age and Egg Storage Time for Egg Albumen Foaming", en *Lebensm-Wiss. U.-Technology*, 34: 118-120.
- Hargis, P. *et al.*, 1991, "Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil", en *Poultry Science* 70: 874-883.
- Itoh, T. *et al.*, 1981, "Some physicochemical changes in quail egg during storage", en *Poultry Science* 60: 1245-1249.
- Kawahara, M., 2013, "Next-generation sequencing reveals genomic features in the Japanese quail", en *Genomics* 101: 345-53.
- Kiosseoglou, V., 2003, "Egg yolk protein gels and emulsions", en *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 8: 4-5, Elsevier: 365-70. doi:10.1016/S1359-0294(03)00094-3.
- Kirk, A. *et al.*, 1998, *Composición y análisis de alimentos de Pearson*, CECSA, México, D. F.
- Kjeldahl, C., 1883, "New Method for determination of nitrogen in organic material. Z", en *Anal. Chemistry* 22: 366-382 (in German).
- Kovács, G. *et al.*, 2000, "Effect of feed composition on cholesterol content of the table egg", en *Acta Alimentaria* 29(1):25-41.
- Larsen, S., 2018, "The Structure and Properties of Eggs", en *Reference Module in Food Science*, enero, Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21686-7.
- Litwack, G., 1964, *Experimental Biochemistry*, John Wiley and sons, New York, EUA.
- Latour, M. *et al.*, 1998, "Broiler Breeder age and dietary fat influence the yolk fatty acid profiles of fresh eggs and newly hatched chicks", en *Poultry Science* 77-47-53.
- Mine, Y., 1998, "Adsorption Behavior of egg Yolk Low density Lipoproteins in oil in water emulsions", en *Journal Agricultural Food Chemistry* 46: 36-41.

- Mnisi, C. y V. Mlambo, 2018, "Growth performance, haematology, serum biochemistry and meat quality characteristics of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) fed canola meal-based diets", en *Animal Nutrition* 4: 37-43.
- Noble, R., 1987, *Egg lipids in Egg Quality, Poultry Science Symposium Series Number twenty*, Butterworths and Co. Ltd.
- Panda, B. y R. Singh, 1990, "Developments in processing quail meat and eggs. World's", en *Poultry Science Journal* 46:219-234.
- Scott, T. y F. Silversidest, 2000, "The Effect of Storage and Strain of Hen on Egg Quality", en *Poultry Science* 79:1725-1729.
- Sikorski, Z. *et al.*, 2001, *Chemical and Functional Properties of Food Proteins*. CRC Press, Boca Raton, EUA.
- Sleigh, R., 1996, *Egg science and technology*, 4ta ed., William J. Stadelman y Owen J. Cotterill (Eds.), Food Products Press, 1995. ISBN 1 56022 855 5". *Trends in Food Science & Technology* 7 (10). Elsevier: 341. doi:10.1016/0924-2244(96)83862-3.
- Sim, J., 2000, *Designer egg concept: Perfecting egg through diet enrichment with w-3 PUFA and cholesterol Stability in Egg Nutrition and Biotechnology*, J. Sim, S. Nakai y W. Guenter, (Eds.) Cab international, U. K.
- Ternes, W., 2001, "Egg proteins" en *Chemical and Functional Properties of Food Proteins*, Zdzislaw E. Sikorski (Eds.) CRC Press, Nueva York, Londres.
- Tserveni, A. y P. Fortomaris, 2011, "Production and quality of quail, pheasant, goose and turkey eggs for uses other than human consumption", en *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*, Elsevier.
- Wang, Y. *et al.*, 2000, "Fatty acid determination in chicken egg yolk: a comparison of different methods", en *Poultry Science* 79: 1168-1171.
- Watkins, B. *et al.*, 2000, "Biological activities of conjugated linoleic acids and designer eggs", en *egg Nutrition and Biotechnology*, CAB International, U. K.
- Webb, N. *et al.*, 1970, "The Measurement of Emulsifying Capacity by Electrical Resistance", en *Journal of Food Science* 35: 501-504.

