


T  
1178

 XOXIMILCO SERVICIOS DE INFORMACION  
ARCHIVO HISTORICO

124198

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

División: Ciencias Biológicas y de la Salud



**Casa abierta al tiempo**

**INCLUSIÓN DE HARINA DE CABEZAS DE CAMARÓN (*Litopenaeus* spp.)  
Y DE LANGOSTILLA (*Pleuroncodes planipes*) EN RACIONES PARA  
GALLINAS PONEDORAS, Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y  
QUÍMICA DEL HUEVO, A DIFERENTES TIEMPOS Y TEMPERATURAS DE  
ALMACENAMIENTO.**

**T E S I S**

**Que para obtener el grado de:  
Doctor en Ciencias Biológicas  
Presenta:**

**M. en C. María Elena Carranco Jáuregui**

**Tutor:**

Dr. Fernando Pérez-Gil Romo

**Cotutores:**

Dra. Leonor Sanginés García

Dr. Eduardo Morales Barrera

México, D.F.

Junio 2009

“El Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Postgrados de Excelencia del CONACyT y además cuenta con apoyo del mismo Consejo, con el convenio PFP-20-93”

El Jurado designado por las Divisiones de Ciencias Biológicas y de la Salud de las Unidades Iztapalapa y Xochimilco aprobó la Tesis que presentó:

M. en C. María Elena Carranco Jáuregui

Matrícula: 202386072

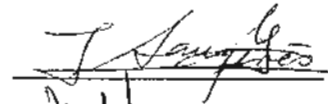
El día 01 de Junio del año 2009.

**Jurado:**

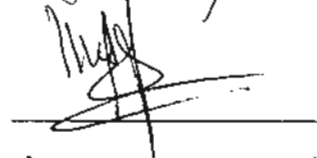
**Tutor:** Dr. Fernando Pérez-Gil Romo



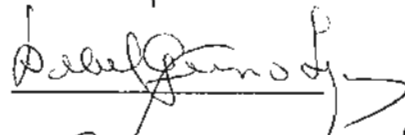
**Cotutor:** Dra. Leonor Sanginés García



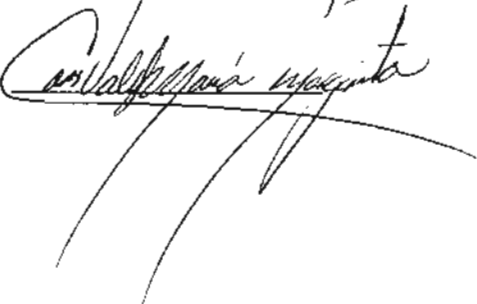
**Cotutor:** Dr. Jesús Eduardo Morales Barrera



**Sinodal:** Dra. Isabel Guerrero Legarreta



**Sinodal:** Dra. María Margarita Casas Valdés



## **DEDICATORIA**

A mis padres, Ma. Elena y José por haberme enseñado que siempre hay que respetar la libertad de elección, por eso nunca dudé que tendría su apoyo.

A mis hermanos: Guadalupe, Eugenia y José.

A mis sobrinos: Diego Antonio, María Valeria, Carla Victoria, José Joaquín y Jesús Enrique

## **AGRADECIMIENTOS**

Este es el momento de dar las gracias a todas las personas que durante los años que llevo de trayectoria me han brindado su conocimiento, afecto, confianza y amistad, y a las personas que durante el período de elaboración de esta Tesis me dieron su tiempo, información y material de trabajo.

### **ANTE TODO GRACIAS A DIOS**

- Al Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

- Agradezco al Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y al CONACyT por el apoyo brindado.

- Un gracias muy especial a las personas que componen el equipo de trabajo del Centro de Experimentación, Investigación y Extensión en Producción Avícola, especialmente al Dr. Ernesto Ávila González por su gran apoyo y valiosos consejos y al M.en C. Benjamín Fuente por su gran apoyo en la formulación de las dietas de gallinas y manejo de las mismas.

- Un gracias muy especial a la Dra. Margarita Casas Valdez por su apoyo en la obtención de las Harinas de Cabezas de Camarón y de Langostilla.

- Un gracias muy especial a la M. en C. Rebeca Ramírez Carrillo por su valioso apoyo en el diseño experimental y por la paciencia de estar a mi lado durante las interminables horas en que realizamos los análisis estadísticos e interpretación de resultados de esta tesis.

- Un gracias muy especial a la M. P. A. Silvia Carrillo Domínguez y la M. en C. Ma. de la Concepción Calvo Carrillo por su amistad incondicional, además de su apoyo y orientación en este trabajo de investigación.

- Un gracias muy especial a la Dra. Leonor Sanginés y al Dr. Eduardo Morales por su valiosa asesoría en esta tesis.

- Un gracias muy especial a la Dra. Isabel Guerrero Legarreta por sus orientaciones y apoyo en este trabajo de tesis.

- Gracias a mis compañeras y amigas de trabajo: Paty, Rosa Ma., Gladiola y Lulú, por saber crear un ambiente no solo de trabajo sino también de amistad en estos años compartidos.

- Gracias a Sara, Rosa Ma., Irene, Carmen, Miriam y Antonio Díaz por su apoyo en los análisis de laboratorio.

- Finalmente, no sé cómo dar las gracias a una persona muy especial que ha estado a mi lado en todo momento durante mis años de trabajo. Sus observaciones acerca de mis actividades, fueron inyecciones de energía que me han hecho trabajar incesantemente, además siempre confió en mi capacidad de hacer un buen trabajo. Mi total y absoluto agradecimiento al Dr. Fernando Pérez-Gil Romo.

## ÍNDICE

	Página
<b>LISTA DE CUADROS</b>	
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	
<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>III</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	
<b>1. AVICULTURA</b>	<b>1</b>
1.1 Avicultura mundial	<b>2</b>
1.2 Avicultura en México	<b>3</b>
1.3 Líneas genéticas de gallinas ponedoras de huevo	<b>4</b>
<b>2. EL HUEVO</b>	<b>6</b>
2.1 Estructura del huevo	<b>6</b>
2.2 Procedimientos de conservación de los huevos frescos	<b>11</b>
2.3 Propiedades funcionales del huevo	<b>17</b>
2.4 Valor agregado para los huevos	<b>17</b>
<b>3. CRUSTACEOS</b>	<b>22</b>
3.1 Generalidades de los crustáceos	
3.2 Camarón	<b>23</b>
3.3 El Camarón en México	<b>26</b>
3.4 Industrialización	<b>27</b>
3.5 Langostilla	<b>29</b>
3.5.1 Biología y ecología del recurso	<b>30</b>
3.5.2 Estimación del volumen potencial de captura	<b>31</b>
3.5.3 Captura, embarcaciones y artes de pesca	<b>33</b>
3.5.4 Alternativas de aprovechamiento	<b>34</b>
3.5.5 Mercado potencial	<b>35</b>
3.6 Carotenoides presentes en crustáceos	<b>35</b>
<b>4. JUSTIFICACION</b>	<b>38</b>
<b>5. OBJETIVOS E HIPOTESIS</b>	<b>39</b>



<b>6. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>40</b>
6.1 Obtención de la harina de cabezas de camarón y de harina de langostilla	<b>40</b>
6.2 Preparación de dietas	<b>42</b>
6.3 Ensayo biológico y medición de variables productivas	<b>43</b>
6.4 Evaluación de la calidad física del huevo	<b>44</b>
6.5 Análisis Químicos a los huevos frescos y liofilizados	<b>45</b>
6.6 Evaluación Sensorial	<b>45</b>
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>46</b>
7.1 Composición química de las harinas de cabezas de camarón y de harina de langostilla	<b>46</b>
7.2 Resultados de las variables productivas	<b>52</b>
7.3 Resultados de la calidad física del huevo fresco y almacenado	<b>53</b>
7.4 Resultados de los análisis químicos del huevo fresco y almacenado	<b>59</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ARTICULO CIENTIFICO</b>	

## LISTA DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>1.</b> Composición nutrimental del huevo entero, clara y yema	<b>8</b>
<b>2.</b> Composición química del camarón	<b>25</b>
<b>3.</b> Análisis Químico Aproximado del cefalotórax del camarón	<b>25</b>
<b>4.</b> Formulación de las dietas experimentales	<b>41</b>
<b>5.</b> Análisis Químico Proximal, Astaxantina, Minerales y Microbiológico de la harina de cabezas de camarón y de la harina de langostilla	<b>48</b>
<b>6.</b> Perfil de aminoácidos de las harinas de cabezas de camarón y de langostilla	<b>49</b>
<b>7.</b> Perfil de ácidos grasos de la harina de cabezas de camarón y de langostilla	<b>50</b>
<b>8.</b> Aporte nutrimental calculado de las dietas de gallinas en cuyas raciones se incluyeron harina de cabezas de camarón (20%) y harina de langostilla (4%)	<b>51</b>
<b>9.</b> Variables productivas.	<b>52</b>
<b>10.</b> Peso del huevo	<b>53</b>
<b>11.</b> Clasificación del huevo en México	<b>55</b>
<b>12.</b> Altura de albúmina	<b>55</b>
<b>13.</b> Unidades Haugh	<b>55</b>
<b>14.</b> Color de yema	<b>57</b>
<b>15.</b> Peso del cascarón	<b>58</b>
<b>16.</b> Grosor del cascarón	<b>58</b>
<b>17.</b> Proteína cruda	<b>59</b>
<b>18.</b> Perfil de aminoácidos esenciales	<b>61</b>
<b>19.</b> Perfil de aminoácidos no esenciales	<b>62</b>
<b>20.</b> Vitaminas Lipo e Hidrosolubles	<b>64</b>

<b>21. Minerales en Huevo</b>	<b>68</b>
<b>22. Minerales en cascarón</b>	<b>69</b>
<b>23. Lípidos totales</b>	<b>71</b>
<b>24. Total de ácidos grasos</b>	<b>73</b>
<b>25. Acido Araquidónico n-6</b>	<b>74</b>
<b>26. Acido <math>\alpha</math>-linolénico (ALA) n-3</b>	<b>75</b>
<b>27. Acido linoleico (AL) n-6</b>	<b>75</b>
<b>28. Acido eicosapentaenoico (EPA) n-3</b>	<b>76</b>
<b>29. Acido docosahexaenoico (DHA) n-3</b>	<b>77</b>
<b>30. Colesterol</b>	<b>78</b>
<b>31. pH</b>	<b>80</b>
<b>32. Astaxantina</b>	<b>82</b>
<b>33. Índice de peróxidos</b>	<b>84</b>
<b>34. Sabor del huevo</b>	<b>87</b>
<b>35. Color de yema de huevo</b>	<b>87</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>1. Producción Pecuaria en México</b>	<b>4</b>
<b>2. Estructura de un huevo para plato</b>	<b>6</b>
<b>3. Grado de frescura del huevo</b>	<b>14</b>
<b>4. Principales cambios después de la puesta</b>	<b>15</b>
<b>5. Anatomía del camarón</b>	<b>24</b>
<b>6. Anatomía de la langostilla</b>	<b>29</b>

## RESUMEN

### **INCLUSIÓN DE HARINA DE CABEZAS DE CAMARÓN (*Litopenaeus* spp.) Y DE LANGOSTILLA (*Pleuroncodes planipes*) EN RACIONES PARA GALLINAS PONEDORAS, Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL HUEVO, A DIFERENTES TIEMPOS Y TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO.**

La avicultura es importante en la generación de alimentos de buena calidad y bajo costo para la alimentación humana. En este contexto, el huevo de gallina adquiere gran protagonismo. Es por ello que existen numerosos estudios destinados a enriquecer al huevo mediante la inclusión de fuentes ricas en proteínas, vitaminas, minerales y ácidos grasos, a las dietas de las gallinas. En esta tesis se revisaron los estudios sobre la inclusión de las harinas de cabezas de camarón y de langostilla a dietas prácticas para gallinas ponedoras, enriqueciendo al huevo, principalmente con ácidos grasos n-3. Bajo este concepto, es importante señalar la importancia que tiene mantener la calidad del huevo, una vez enriquecido, durante su almacenamiento; al no contar con datos concretos sobre este tema, se planteó el siguiente objetivo: "Conocer el efecto de la inclusión de Harina de Cabezas de Camarón (*Litopenaeus* spp) y Harina de Langostilla completa (*Pleuroncodes planipes*) en dietas para gallinas ponedoras, sobre la calidad física y química del huevo; y a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento". Se formularon 3 dietas incorporando 20% de harina de cabezas de camarón (HCC) y 4% de harina de langostilla (HL), sustituyendo parcialmente a la soya. Se utilizaron 135 gallinas ponedoras distribuidas en un diseño completamente al azar en 3 tratamientos con 5 repeticiones cada uno, el ensayo tuvo una duración de 4 semanas durante las cuales se evaluaron variables productivas. Al término se colectaron 250 huevos por tratamiento para los análisis físicos, pH y evaluación sensorial en huevo fresco y químicos en huevo liofilizado a 0, 15 y 30 días de almacenamiento a 4° y 20°C. Los resultados se analizaron con un diseño factorial 3x3x2, la comparación múltiple entre medias se hizo con la prueba de rango múltiple de Duncan. No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre el peso del cascarón, perfil de aminoácidos, vitaminas hidro y liposolubles, DHA y evaluación sensorial. Se halló que a mayor tiempo y temperatura disminuyó el peso del huevo ( $P < 0.05$ ). Los valores mas altos se obtuvieron para altura de albúmina y Unidades Haugh en los 3 tratamientos en huevo a los 0 días con HCC y HL a 20°C, disminuyendo a los 15 y 30 días a 4° y 20°C. El color de la yema disminuyó con HCC y HL a los 15 y 30 días (20°C). En el grosor del cascarón la mayor pérdida fue a los 30 días/4°C ( $P < 0.05$ ). Se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en las interacciones tratamiento/tiempo/temperatura para Ca, Na, Cu, lípidos totales, ácido linoléico, índice de peróxidos y astaxantina. En proteína cruda en general hubo una pérdida de 4.6 a 5.8%, siendo mayor a los 30 días a 4°C. Conforme pasó el tiempo de almacenamiento y en ambas temperaturas, los ácidos grasos monoinsaturados se mantuvieron sin modificación para HL, ligeramente incrementado para HCC y menor cantidad en testigo. Los ácidos grasos poliinsaturados en dieta testigo no presentaron diferencias estadísticas por efecto del tiempo y temperatura ( $P > 0.05$ ); no así para HCC y HL que disminuyeron su contenido. El EPA presentó diferencias ( $P < 0.05$ ) entre el testigo, que fue menor a los de HCC y HL, manteniéndose durante los 30 días de almacenamiento en HL. El ácido alfa linoléico no permaneció a través del tiempo, disminuyendo hasta un 50% del valor original, siendo el ácido graso más susceptible de cambio. Para el contenido de colesterol, los resultados fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ), en huevo fresco se perdió a los 30 días de almacenamiento, no así para HCC y HL a los 0 y 15 días, no afectándose por la temperatura. El pH fue aumentando conforme pasó el tiempo, no importando las variables de tratamiento. Por lo tanto, se concluye que la inclusión de HCC y de HL a dietas prácticas para gallinas en producción no se afectaron las variables tanto productivas, así como las sensoriales del huevo a los 0 y 15 días (4° y 20°C). La modificación en la calidad física en huevo almacenado se presentó hasta los 30 días. En relación a la composición química, la fracción lipídica fue la que tuvo cambios, entre los tratamientos.

## ABSTRACT

### **INCLUSION OF SHRIMP HEADS MEAL (*Penaeus* spp) AND LANGOSTILLA MEAL (*Pleuroncodes planipes*) IN RATIONS FOR LAYING HENS, AND ITS EFFECT ON THE QUALITY OF PHYSICS AND CHEMISTRY EGG, TO DIFFERENT TIME AND TEMPERATURE OF STORAGE.**

Poultry production is a fundamental activity for producing good quality and low cost foods for humans. In this context, hens' eggs are one of the most important items. A number of studies have been reported in relation to egg enrichment with proteins, vitamins, minerals and fatty acids. In the present thesis, reports on the inclusion of shrimp head and red crab ("langostilla") meal on laying hen diets were reviewed, focusing on n-3 fatty acids. It is important to point out the importance of maintaining egg quality during storage, once enriched. The main objective of this work was to know the effect of shrimp head (*Litopenaeus* spp) and entire crab (*Pleuroncodes planipes*) meal inclusion in laying hen diets, on physical and chemical egg quality at several storage time and temperature conditions. Three different diets were formulated, including 20% shrimp head (HCC) meal and 4% red crab (HL) meal; these ingredients partially substituted soybean. One hundred-thirty five laying hens were assigned to a completely random design, each one with 3 treatments and 5 repetitions; the study was carried out for 4 week. At the end of the study time, 250 eggs were collected from each treatment. Physical analysis, pH and sensory evaluation were carried out on fresh eggs, whereas chemical analysis was carried out in lyophilized eggs at 0, 15 and 30 days of storage at 4° and 20°C. The results were analyzed using a complete factorial design (3x3x2); Duncan multiple range test was subsequently applied. No significant differences ( $P>0.05$ ) were observed between shell weight, amino acid profile, water and fat soluble vitamins, DHA concentrations, and sensory evaluation parameters. As time and temperature increased, egg weight decreased ( $P<0.05$ ). The highest values for albumin height and Haugh units were observed in eggs obtained subjected to the following treatments: 0 days with HCC, and HL at 20°C. These values decreased after 15 and 30 days at 4° and 20°C. Yolk color decreased in samples with HCC and HL at days 15 and 30 (20°C). The shell thickness highest reduction occurred after 30 days of storage at 4°C ( $P<0.05$ ). Statistical differences ( $P<0.05$ ) were observed in treatment/time/temperature interactions for Ca, Na, Cu, total lipids, linoleic acid and astaxanthin concentration, as well as for peroxide value; 4.6 to 5.8% crude protein overall reduction was observed, with an increase at 30 days of storage at 4°C. Monounsaturated fatty acid concentration remain unaltered in samples treated with HL for both temperature conditions as storage time proceeded, slightly increasing in samples with HCC and, in a lesser extent, for the control. Polyunsaturated fatty acids in the control did not show and statistical difference with respect to time and temperature ( $P>0.05$ ). Conversely, samples with HCC and HL showed a decrease for these acids concentration. EPA showed significant differences ( $P<0.05$ ) between control samples (having a lower concentration) and samples with HCC and HL. Even though, values remained constant for 30 days in samples with HL Alfa-linoleic acid concentration decreased up to 50% throughout storage; this was the a highly time-susceptible acid. Results were significantly different ( $P<0.05$ ) for cholesterol; it was not present in eggs stored for 30 days, but this fact was not observed in eggs with HCC and HL after 0 and 15 days. Cholesterol was not affected by storage temperature. pH increased throughout storage time, regardless treatment. Therefore, it was concluded that inclusion of HCC and HL on practical diets for laying hens did not affected production variables nor egg sensory parameters for 0 and 15 days storage (4° and 20°C). Conversely, egg physical quality changed during 30-day storage. From the chemical point of view, the lipid fraction was the liable for modifications due to treatments.

## INTRODUCCION

El propósito de esta Tesis ha sido determinar qué sucede en el interior del huevo, que ha sido modificado en su composición química a través de la alimentación de las gallinas, al almacenarlo a diferentes tiempos y temperaturas.

En México el consumo de productos marinos es muy bajo, mientras que el de los productos avícolas es alto. Por tal motivo, se consideró al huevo de gallina como vehículo para hacer llegar al consumidor los beneficios encontrados en los productos marinos, principalmente los que se encuentran en la fracción lipídica. Esto es posible a través de la dieta de las aves que se pueden modificar las concentraciones de proteína, ácidos grasos, colesterol, carotenoides, minerales y proteínas. Por los antecedentes en la literatura se conoce que las harinas de cabezas de camarón y de langostilla son una fuente importante de estos elementos, por lo tanto, el mecanismo propuesto fue modificar la concentración y calidad del huevo mediante la inclusión en las dietas para aves de postura estas harinas.

Por otro lado, el huevo llega al consumidor a días de haber sido puesto, sin embargo el ama de casa o la empresa que los vende lo almacena a diferentes tiempos y temperaturas, por lo que se crea la duda de qué está sucediendo en el producto durante ese tiempo y temperatura. Por lo que la interrogante es: ¿Permanece esa calidad y valor nutricional que se le impartió al modificar la dieta de las gallinas durante las condiciones de almacenamiento?

El objetivo general que se planteó en el proyecto fue "Conocer el efecto de la inclusión de harina de cabezas de camarón (*Litopenaeus* spp) y harina de langostilla entera (*Pleuroncodes planipes*) en dietas para gallinas ponedoras, sobre la calidad física y química del huevo y a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento".

Bajo este esquema se estableció la siguiente hipótesis: La inclusión de harina de cabezas de camarón (20%) y de harina de langostilla (4%) a dietas prácticas para gallinas en producción, no afectará las variables productivas, así como la calidad física y química del huevo fresco y almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.

Para cumplir con el objetivo general y poder confirmar o rechazar la hipótesis, se procedió a realizar una búsqueda de información en libros, revistas científicas y a través de fuentes electrónicas.

Bajo este marco de referencia o marco teórico se estructuró la parte experimental del proyecto donde se seleccionaron 135 gallinas ponedoras línea

genética Isa-Brown (huevo rojo). Las aves fueron distribuidas conforme a un diseño completamente al azar en 3 tratamientos con 5 repeticiones cada uno, para un experimento de 4 semanas. Durante este tiempo, se llevaron a cabo las mediciones de las variables productivas (porcentaje de postura y peso promedio del huevo), al igual que el consumo de alimento y el registro de los datos se realizó diariamente y resumidos por semana. Los huevos recolectados de los 3 tratamientos se analizaron a los 0, 15 y 30 días a temperaturas de 4°C y 20°C; calidad física del huevo (peso del huevo, altura de albúmina, Unidades Haugh, color de yema y peso del cascarón) y química: análisis de proteína cruda, perfil de aminoácidos, minerales (huevo y cascarón), vitaminas (hidro y liposolubles), perfil de ácidos grasos, colesterol, pH, astaxantina, índice de peróxidos, TBAR'S y evaluación sensorial (Prueba de preferencia del color de yema y del sabor del huevo).

La obtención de resultados positivos permitirá transferir la tecnología empleada en este estudio a los avicultores con el fin de poder ofrecer a los consumidores un producto (huevo) de alta calidad, que pueda prolongar la vida de anaquel del huevo y, así mismo, ayudar en la prevención de enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer.

Además, el aprovechamiento de recursos o subproductos naturales (como la harina de cabezas de camarón y de langostilla) que, hasta la fecha no se les ha dado utilidad a grado cabal en la industria, pueden tener un impacto económico en la industria de alimentos al emplearlos en la formulación de dietas para las aves y así obtener huevos con valor agregado que incrementaran su vida de anaquel ya sea en estado fresco o refrigerado.

Este estudio forma parte de la línea de investigación "Aprovechamiento de los recursos naturales vegetales y marinos para el desarrollo de productos avícolas funcionales", del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). Por último, se espera que la información obtenida a través de la realización de esta investigación, sea una aportación al conocimiento científico que dé pie y continuidad a futuras investigaciones.

**SI SUPIESE QUÉ ES LO QUE ESTOY HACIENDO, NO LE LLAMARÍA  
INVESTIGACIÓN, VERDAD?  
Albert Einstein**

## **ANTECEDENTES**

### **1. AVICULTURA**

La domesticación de la gallina tuvo su origen en la India, cuna de la gallina silvestre *Bankiva*, y su primera expansión fue hacia los pueblos próximos a Oriente como Persia, Babilonia y Asiria; durante muchos siglos antes de Cristo, debió quedar circunscrita a un área no muy lejana de su origen indio. Posteriormente los egipcios que criaban en mayor abundancia patos y gansos, fueron los autores de la incubación artificial; pero no fue sino hasta el siglo VI antes de Cristo, que las gallinas fueron introducidas a Europa. De la Roma antigua se tiene un mayor número de noticias sobre esto, porque proliferan las referencias en libros y pinturas de varios autores.

Sin embargo, existen evidencias de que en el Continente Americano, de manera particular en la antigua Tenochtitlán, la avicultura se desarrolló plenamente con la crianza de guajolotes. Se sabe que las culturas anteriores a los aztecas, ya habían iniciado la crianza de las aves como el guajolote. Inclusive, esta actividad se atribuye a los olmecas, chichimecas, totonacas, zapotecos, teotihuacanos y toltecas.

En el momento de la conquista de la Nueva España, Cortés envió en 1520 una misiva al emperador Carlos V, en la cual se describe el grado de admiración que le produjo el Valle de México y la ciudad de Tenochtitlán: "tendrá en torno 70 lenguas. Esta gran ciudad de Temixtitlan (Tenochtitlan) es tan grande como Sevilla o Córdoba... tienen una gran plaza tan grande como dos veces Salamanca, donde hay cotidianamente arriba de 60 mil almas, comprando y vendiendo, donde hay todo género de mercaderías... calles donde venden todo linaje de aves que hay en la tierra, así como gallinas, perdices y codornices". De esta manera, si la India es la cuna de la gallina *Bankiva* hace miles de años, los mayas fueron domesticadores del guajolote en una etapa semejante, y si en la actualidad es una actividad importante en el mundo, no lo es menos en México, y por lo tanto cabe un paralelismo en tiempo e importancia entre la avicultura de los países más avanzados y la Avicultura Mexicana (Unión Nacional de Avicultores ([www.una.org.mx](http://www.una.org.mx))).



## 1.1 AVICULTURA MUNDIAL

La industria avícola del mundo ha cambiado en los últimos 50 años más que cualquier sector de la producción animal. El consumo mundial de los productos avícolas ha ido en aumento más allá del ritmo de crecimiento de la población mundial y continúa dando signos de desarrollo, aun en las economías más débiles del planeta; y esto dado por:

- a) Mejoramiento del potencial genético en las tasas de crecimiento, conversión alimenticia, deposición de tejido muscular en pollo de engorde, y un mayor número de huevos en las gallinas de postura comercial.
- b) Al avance de conocimientos de la alimentación y nutrición de las aves; que a su vez se ha dado por el desarrollo de mejores técnicas para el establecimiento de los valores nutricionales de las material primas; a las mejoras en las técnicas de formulación debido a que se describen mejor los requerimientos nutricionales (aminoácidos digeribles, energía neta, etc.) de los lotes en uso, aditivos modernos necesarios para la maximización de los rendimientos productivos (vitaminas, minerales, aminoácidos, probióticos, enzimas, coccidiostatos, promotores del rendimiento, etc.), a mejoras en los procesos de fabricación de alimentos terminados (peleteado, extrusión, expansión, etc.) entre otros.
- c) Al control del ambiente donde son alojadas las aves, lo cual permite la producción avícola durante todo el año aun en las condiciones más desfavorables.
- d) Un mayor conocimiento de enfermedades, vectores patógenos, desarrollo y programas de vacunación específicos, uso de drogas y aditivos lo que conlleva a la reducción de la mortalidad en general y a las medidas preventivas de bioseguridad y profilaxis.
- e) Por otra parte, la era de la informática, ha permitido el establecimiento de bases de datos e información en la toma de decisiones, para el adecuado entendimiento de los procesos biológicos en las aves, la descripción de las relaciones mecánicas, biológicas y económicas de los lotes en producción y el establecimiento de los modelos de crecimientos econométricos integrados a sistemas de información administrativa, el cual dará el óptimo crecimiento en términos de costo-beneficio para la empresa avícola.
- f) Así mismo, los cambios en la economía global y el advenimiento de los negocios vía Internet, dado que la competencia internacional ya no está determinada por la

productividad particular de los lotes en mención, sino de la empresa (Mann y Aguirre, 2002).

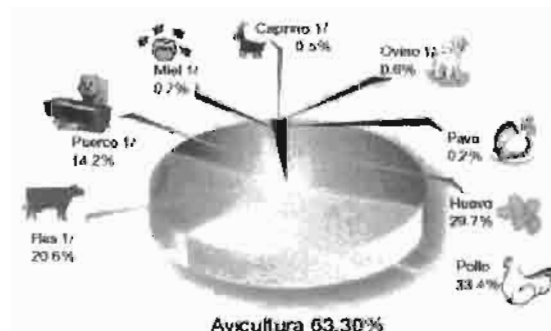
## 1.2 AVICULTURA EN MÉXICO

La industria avícola mexicana ha logrado consolidarse a lo largo de los años como la actividad pecuaria más importante de México. Su crecimiento y desarrollo, se ha fundamentado en el esfuerzo de los avicultores mexicanos, quienes han procurado mantener una actividad fuerte y vanguardista en todos los niveles productivos, y como parte de su fortaleza está la tasa de crecimiento anual sostenida de alrededor del 5%, cuya producción registró un valor superior a los 57 mil millones de pesos en el 2006 ([www.una.org.mx](http://www.una.org.mx)) (2008). La avicultura mexicana cuenta con una importante presencia nacional, no sólo por el número de entidades productoras, sino también por una destacada presencia de los productos avícolas en prácticamente todos los mercados del territorio mexicano; lo cual ha sido principalmente a la preferencia del consumidor por los productos avícolas como son el huevo y el pollo. En ambos casos la accesibilidad a dichos productos es cada vez mayor, en virtud de que los canales de comercialización se han ido fortaleciendo. Vale la pena comentar que 6 de cada 10 personas, es decir el 60%, incluyen en su dieta productos avícolas como el huevo y el pollo ([www.una.org.mx](http://www.una.org.mx)) (2008). En el caso del huevo fresco, México ocupa el primer lugar mundial en el consumo de huevo fresco con 22.12 kg per cápita anuales, seguido por China, Japón, EUA, Unión Europea.

Basta decir que en México, las condiciones que tiene la industria avícola no se comparan con las prevaecientes en la avicultura de la región sudasiática. El grado de tecnificación que tienen las granjas avícolas en el país es muy alto; al grado que la alimentación, así como la recolección de residuos se hace de forma automatizada, provocando que la convivencia entre las personas y las aves sea mínima. Por el contrario, en las granjas del sudeste asiático, la convivencia entre personas y aves es total, sin pasar por alto que las condiciones sanitarias son muy escasas. Por lo anterior, se puede afirmar que la industria avícola mexicana cuenta con mecanismos de bioseguridad que permiten al productor ofrecer productos de la más alta calidad ([www.una.org.mx](http://www.una.org.mx)) (2008).

La avicultura mexicana en 2005, aportó el 0.7% en el PIB total, el 16.6% en el PIB agropecuario y el 44.2% en el PIB pecuario. En los últimos cinco años la participación en el PIB pecuario se ha incrementado anualmente en 5%. En este mismo año, se produjeron de

huevo 2.35 millones de toneladas, mientras que en 2008 se incrementó a 2.7 millones de toneladas ([www.una.org.mx](http://www.una.org.mx)) (2008) (Figura 1).



**Figura 1. Producción Pecuaria en México**

La producción de huevo durante la última década creció a un ritmo anual de 6.2%. El 97% de la producción de huevo en México durante 2007, se produjo en siete Estados, localizados cerca de los centros de consumo, el 81% lo producen Puebla, Jalisco, Sonora y la Región Lagunera, quienes siguen siendo las principales zonas productoras desde hace varios años. Las importaciones de huevo y sus productos de 2004 a 2007 se incrementaron 40.6%; es importante mencionar que el 76% del volumen importado fue huevo fértil ([www.una.org.mx](http://www.una.org.mx)) (2008). La industria avícola mexicana se encuentra ante un gran reto de la integración industrial y comercial para competir, no solo ante los tratados que México ha suscrito con diferentes países y regiones del mundo, sino también en el ámbito de un mercado cada vez más global que exige un producto de más calidad a menor precio. ([www.una.org.mx](http://www.una.org.mx)) (2008).

### **1.3 LÍNEAS GENÉTICAS DE GALLINAS PONEDORAS DE HUEVO**

El avicultor debe escoger la estirpe, raza o línea de animales con que desea trabajar, tomando en consideración el aspecto genético y la preferencia del huevo en el mercado local. La producción de huevos se puede dividir en dos tipos: las líneas livianas o aves con plumaje de color blanco y las líneas semipesadas o con el plumaje de otros colores. La Leghorn blanca es la gallina más conocida y la mejor productora entre las razas livianas, las cuales producen huevos con cascarón de color blanco; mientras que las semipesadas, que en su

mayoría son híbridos, el color del cascarón de los huevos es marrón. En el comercio se consiguen diferentes estirpes o líneas de gallinas, cada una tendrá su número de código y el nombre de cada productora. La calidad de la cáscara de los huevos rojos o marrones es superior a la de los blancos, razón por la cual estas aves híbridas se utilizan con más frecuencia en las granjas que recientemente han modernizado sus instalaciones y equipos de recolección de huevos. No obstante, el color que tenga el cascarón, la calidad interna del huevo es similar en todos los casos. No por ser marrón, éste será mas sabroso o nutritivo (Balconi, 2003). A continuación se mencionan las diferentes líneas genéticas de gallinas ponedoras de huevo marrón:

**ISA Brown Premium.**- La ISA Brown Premium además de la legendaria superioridad de ISA Brown en conversión alimenticia, fue específicamente seleccionada por mostrar calidad de cascarón e interior superiores. La ISA Brown muestra alta producción (94 – 97%) y persistencia con alta adaptabilidad a diferentes condiciones de producción. La ISA Brown Premium es una versión que fue sujeta a una estricta y fuerte selección para buen y uniforme color de huevo, calidad interna y cascarón resistente. Para los mercados de huevo marrón, como líder mundial, se comercializa la ISA Brown Premium y la Babcock B-380 en México.

**Babcock B-380.**- La B-380 es adaptable y fácil de manejar por lo que tiene un desempeño destacado en una variedad de climas y condiciones ambientales. La B-380 es muy adaptable a casetas abiertas y climas cálidos siendo una de las líneas de huevo marrón más importantes en México. Es muy conocida por el color del cascarón y excelente conversión alimenticia.

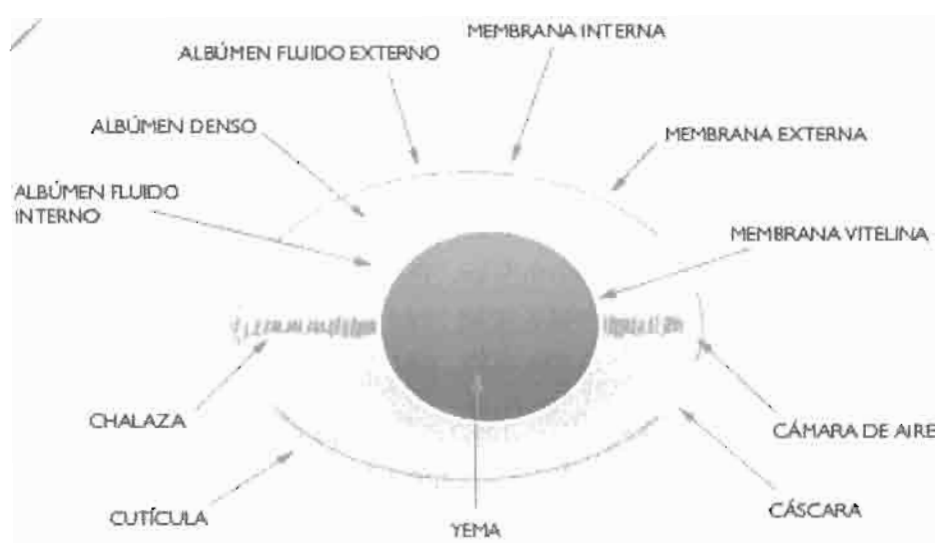
**Shaver 579.**- Está diseñada para satisfacer requerimientos de mercado y desempeño económico. Mejora en ambos, número y tamaño de huevo, son características clave que enfatizan genetistas, quienes además trabajan en el comportamiento de las aves, viabilidad y persistencia para aumentar la productividad, reteniendo los atributos de una ponedora bien balanceada (Balconi, 2003).

## 2. EL HUEVO

### 2.1 ESTRUCTURA DEL HUEVO

El huevo es un alimento que se encuentra formado por tres estructuras principales: yema, albúmen o clara y el cascarón.

De acuerdo con Balcón (2004), las proporciones y los contenidos sólidos de un huevo entero completo son los siguientes: Peso total 57.3%, Cascarón 10.5%, Yema 31%, Clara 58.5%, Total porción comestible 89.5%. En la figura 2 se esquematizan las diferentes partes de un huevo de plato.



**Figura 2. Estructura de un huevo para plato**

La cáscara está compuesta fundamentalmente por minerales, siendo el principal componente el carbonato de calcio, y en menor proporción carbonato de magnesio y fosfatos; su superficie está cubierta por una cutícula de proteínas (queratina) que tiene la función de protección, por lo que si se daña existe mayor riesgo de contaminación. El efecto de resistencia de la cutícula dura aproximadamente 4 días, después de los cuales disminuye, debido a la formación de grietas causadas por una deshidratación.

La yema está compuesta principalmente de vitaminas, minerales, proteínas y ácidos grasos dispensables. Representa un tercio del peso del huevo sin cascarón. El color de ésta

varía del amarillo hasta el anaranjado oscuro, debido a la presencia de carotenoides, principalmente a xantofilas, y que a su vez depende de la alimentación de la gallina.

La clara es una solución acuosa de proteínas. Representa el 60% del peso del huevo y está constituida de un 90% por agua, mientras que el 10% restante, por proteínas de alto valor biológico (ovoalbúmina, lisozina, ovotransferrina, ovomucina, avidina, ovomucoide y flavoproteína) (Balconi, 2004). En el Cuadro 1 se presenta la composición nutricional del huevo y sus componentes.

**Cuadro 1. Composición nutrimental del huevo entero, clara y yema  
(por 100 g)**

<b>Parte a clasificar</b>	<b>Huevo Entero</b>	<b>Clara</b>	<b>Yema</b>
Porción comestible	88	100	100
Energía (Kcal)	148	47	303
Agua (g)	75.85	88.55	56.2
Proteínas (g)	11.95	9.8	15.5
Hidratos de carbono (g)	1.05	1.05	1.15
Lípidos (g)	10.2	---	25.6
Colesterol (mg)	432	---	1075
Ácidos grasos poliinsaturados (g)	1.41	---	3.63
Ácidos grasos monoinsaturados (g)	3.89	---	9.75
Ácidos grasos saturados (g)	3.15	---	7.82
<b>Minerales:</b>			
Calcio (mg)	59	7	138
Fósforo (mg)	202	13	417
Magnesio (mg)	11	10	9
Hierro (mg)	1.85	0.05	3.34
Zinc (mg)	1.38	0.02	2.88
Yodo (µg)	6.9	6.8	7
Selenio (µg)	30.8	17.6	41.8
<b>Vitaminas:</b>			
Vitamina A (µg)	0.22	Trazas	0.3
Vitamina D (µg)	1.8	Trazas	2.5
Vitamina E (mg)	1.1	---	3.1
Vitamina B1 (mg)	0.1	0.022	0.3
Vitamina B2 (mg)	0.3	0.3	0.4
Vitamina B6 (mg)	0.12	0.012	0.3
Vitamina B12 (mg)	1.2	0.1	2
Acido fólico (µg)	65	16	150
Vitamina C (mg)	---	0.3	---

Fuente: [www.aeb.org](http://www.aeb.org)

El huevo comercial es un producto que posee autodefensas naturales remarcables contra la entrada y la proliferación de los gérmenes, por lo general es un producto muy contaminado al exterior (cáscara); sin embargo, el interior del huevo se encuentra casi siempre estéril, salvo en casos excepcionales de contaminación vertical, vía el oviducto de la gallina.

### **Barreras físicas contra la penetración de los gérmenes.-**

**1) La cutícula** que es una envoltura de naturaleza proteica que cubre a la cáscara. Después de la ovoposición, el huevo que se encontraba a la temperatura corporal de la gallina se enfría y produce una contracción de su contenido, lo que a su vez provoca una obturación de los poros de la cutícula, lo cual impide la penetración de microorganismos.

**2) Cáscara:** constituye una barrera, relativamente resistente, que actúa como protección contra la rotura e intercambios respiratorios del futuro embrión; sin embargo, no es una protección microbiana eficaz.

**3) Membranas:** Existen dos membranas, la externa adherente a la cáscara y la interna a la clara. Ambas se encuentran en contacto exceptuando en la zona de cámara de aire situada en el extremo ancho del huevo; y están constituidas de fibras proteicas de tipo colágeno; actúan como barrera mecánica de tipo membrana filtrante muy eficaz. Además de poseer una acción antibacteriana ya que contienen lisozima.

**4) Clara o albúmina:** Existen dos tipos de clara: clara líquida, con un pH alto, arriba de 9, poco favorable al crecimiento de los gérmenes; y la espesa o viscosa, limitando la progresión de los microorganismos hacia la yema. Su acción antimicrobiana es la consecuencia de la presencia de: lisozima (antibiótico), conalbumina (ligante de hierro) y avidina (ligante de la biotina).

**5) Membrana vitelina:** Desarrolla el papel de una barrera mecánica. Y por último,

**6) Yema:** Que es un medio rico y completo, favorable al crecimiento bacteriano, pero cuenta con la presencia de la fosvitina que actúa como ligante de hierro, con una función antibacteriana (Thapo, 2004).

### **Defensas químicas y biológicas.-**

**1) La lisozima,** es un antibiótico natural, con actividad sobre los gram positivos.

**2) La conalbumina (ovotransferrina),** actúa como antibiótico, al ligar el hierro férrico ( $Fe^{+++}$ ), privando a los microorganismos de este elemento esencial.



**3) Otros inhibidores** como la avidina, que al unirse con la biotina, inhibe el crecimiento de las levaduras; la flavoproteína, e inhibidores de proteasas como el ovomucina y el ovomucoide (Thapo, 2004).

#### **La microflora de los huevos.-**

**1) Por contaminación.** El interior de los huevos que provienen de gallinas ponedoras sanas, habitualmente es estéril. Cuando llega a darse alguna contaminación, generalmente no tienen consecuencias sobre la evolución del huevo.

Las contaminaciones importantes son exógenas: se dan por contaminación de la cáscara con los microorganismos de la cloaca del ave, al entrar en contacto con las superficies del huevo; otra forma es a través de agua contaminada, utilizada para la limpieza de los huevos. El nivel mediano de contaminación de las cáscaras se encuentra entre  $10^3$  y  $10^6$  gérmenes gram negativos mismos que no pueden multiplicarse si la cáscara está seca.

**2) Penetración.** La humedad de la cáscara favorece la penetración de microorganismos después de un prolongado tiempo de refrigeración del huevo, ya que se produce una contracción de su contenido, ocasionando absorción de agua contaminada, la cual penetra a través de los poros por capilaridad o fenómenos de ósmosis.

**3) Invasión de la clara y de la yema.** Una vez llegado dentro de las membranas, los microorganismos pueden multiplicarse. Debido a la presencia de lisozima se favorecerá el desarrollo de las bacterias gram negativas, principalmente los coliformes (a temperatura elevada) o de *pseudomonas* (en frío).

A temperatura ambiente, después de la penetración de los gérmenes a través de la cáscara, la infección queda ubicada al nivel de las membranas durante 15 a 20 días antes de extenderse hasta la yema para llegar a concentraciones de  $10^9$  gérmenes/g. Al mismo tiempo, las propiedades inhibitorias de la clara disminuyen, poniéndose menos viscosa y permitiendo a la yema entrar en contacto con las membranas. La microflora de los huevos rechazados de las incubadoras se caracteriza por un aumento importante de los gram positivos. Las bacterias dominantes son bacilos, *enterobacterias*, *lactobacillos*, *micrococcus* y *pseudomonas* (Thapo, 2004).

**4) Alteraciones.** Los huevos pueden tener mayor número de bacterias, principalmente los que se han expuesto a condiciones que facilitan su reproducción, es decir, que han estado en ambientes húmedos o a temperatura elevada, o colectados en locales

sucios. Los huevos pueden sufrir cambios físico-químicos, por ejemplo, el calor favorece la acción de las enzimas, y si además hay humedad, pueden aparecer hongos.

Muchas de las intoxicaciones habidas por cremas, mayonesas o repostería pueden deberse a huevos contaminados. Por lo que se recomienda guardar los huevos en sitios frescos, ya que tanto la luz, como el oxígeno pueden afectarlos, al disminuir la resistencia de la cáscara, además de sufrir envejecimiento, por lo que no es recomendable un largo almacenamiento prolongado.

**5) *Salmonella*.** Es una bacteria que se aloja en el intestino del ser humano y los animales. En el caso del huevo, puede penetrar a través de la cáscara si está húmeda, durante el enfriamiento del huevo. A temperatura ambiente se desarrolla con facilidad, sin embargo, se inactiva por el calor a 65°C, razón por la que no se recomienda consumir huevos crudos (Thapo, 2004).

## 2.2 PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACIÓN DE LOS HUEVOS FRESCOS

**Huevo fresco.-** Aquel cuyas características, así como sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, se mantienen en un nivel óptimo de calidad comestible y que no ha sido sometido a ningún proceso de conservación y cuya edad desde el momento de la postura no pase de 15 días quedando incluidos en esta clasificación el producto almacenado en cámaras frigoríficas por períodos no mayores a 10 días (NOM-159-SSA1-1996 y la NOM-FF-079-SCFI-2004).

**Huevo refrigerado.-** Aquel que ha sido sometido a tratamiento de refrigeración entre los 0°C y un máximo de 7°C, con una humedad relativa entre 73-80% y que es almacenado bajo estas condiciones durante un lapso mayor a 10 días, pero menor a 30 días para prolongar su calidad comestible (NOM-159-SSA1-1996 y la NOM-FF-079-SCFI-2004).

Los huevos enteros que vayan a someterse a un proceso de conservación, independiente del método aplicado, deberán ser los más frescos posible y con un grado de calidad óptimo.

Los sistemas de conservación aplicables a los huevos son:

**1. Conservación por el frío.-** Existen tres métodos con este mismo fundamento básico: la cadena de frío, la refrigeración simple y la refrigeración en atmósfera gaseosa.

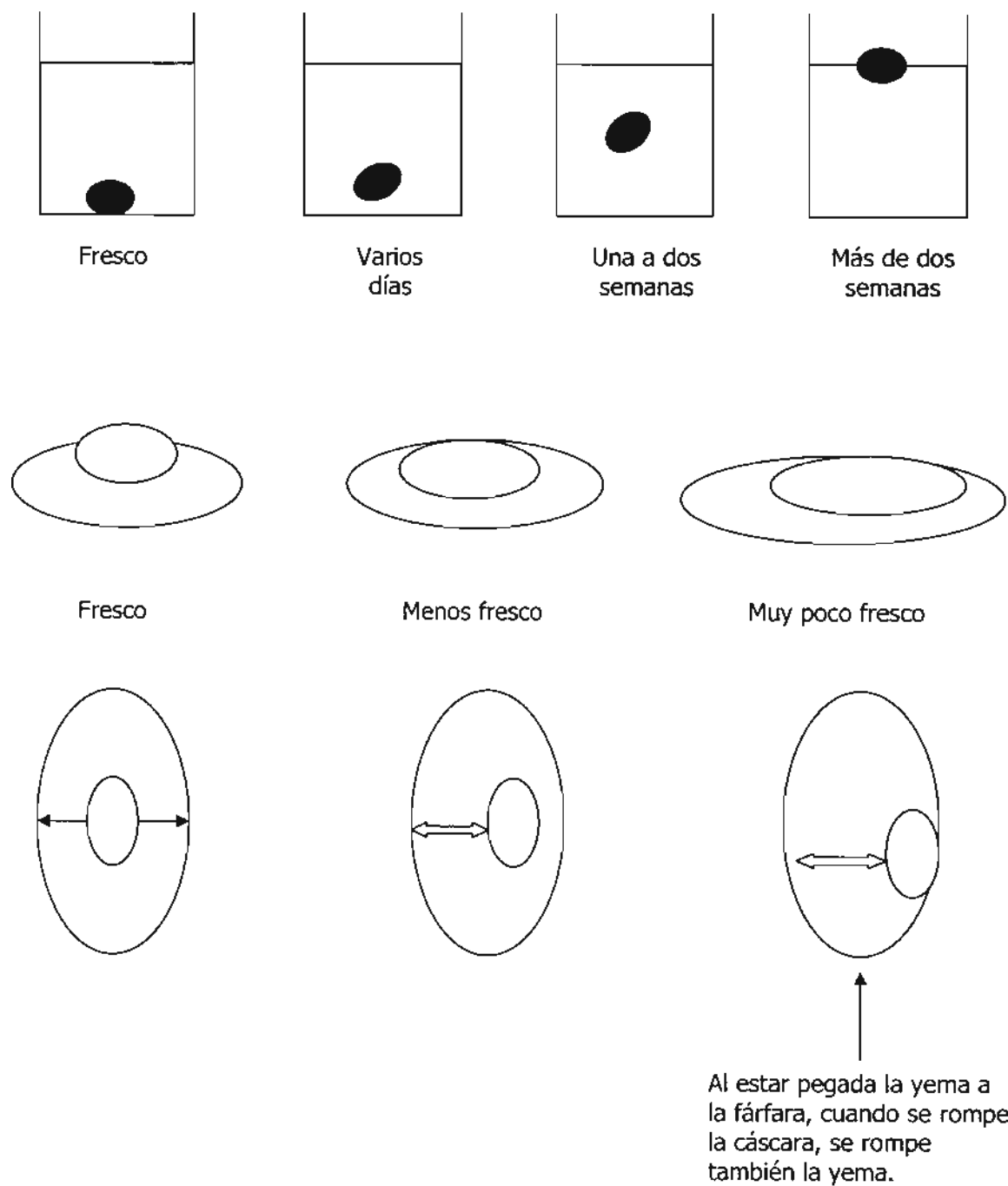
- **Cadena de frío.** Se puede aplicar siempre y cuando los huevos sean frescos, de menos de diez días desde su puesta, y se hayan mantenido a una temperatura inferior a los 8°C. A su llegada al centro frigorífico, y antes de su entrada en las cámaras frías, se observan a trasluz para eliminar los que presenten alguna alteración, y después se procede a su marcaje. La cadena de frío debe ser respetada desde la producción de los huevos hasta su consumo.
- **Refrigeración simple.** Las condiciones de aplicación de este método son: temperaturas de -1 a 0°C y humedad relativa del 80 al 85%. El período medio de conservación oscila entre 6 a 9 meses.
- **Refrigeración en atmósfera gaseosa.** Este método de conservación consiste en mantener los huevos a 0°C, en una atmósfera formada por una mezcla de aire y gas carbónico en diferentes concentraciones. El gas carbónico retarda las modificaciones enzimáticas del interior de los huevos, reduciendo el desarrollo microbiano.

**2. Conservación higiénica.** Los huevos no necesitan unas condiciones especiales de conservación. En el refrigerador, los huevos frescos se pueden mantener en buenas condiciones durante 7 a 10 días. Aunque muchos refrigeradores vienen equipados con bandejas en la puerta para los huevos, es preferible conservarlos en la parte principal del refrigerador. Absorben fácilmente olores, por lo que conviene separarlos de otros alimentos, como pescados y frutas. Se recomienda conservar los huevos con el extremo puntiagudo hacia abajo. No deben ser lavados, ya que se eliminaría la capa superficial protectora (cutícula) y que impide la entrada de microorganismos, entre ellos las *salmonellas*. Externamente, los huevos frescos se reconocen por su cáscara brillante, con aspecto de cera, que con el tiempo pasa a ser mate. Así mismo, los huevos frescos tienen olor y sabor agradables. Al romperlos y depositar su contenido sobre un plato, es más fresco cuanto más abultada y circular es la yema y cuanto más consistente y menos líquida sea la clara. La yema se podrá separar con facilidad de la clara (Arias *et al.*, 1998).

**3. Calidad de los huevos.** Un huevo fresco tiene una alta proporción de la clara gruesa que resiste al esparcimiento cuando se rompe el cascarón del mismo. La clara gruesa parece ser un gel débil transparente en el que están incrustadas bandas translúcidas paralelas. Existe un acuerdo general de que la ovomucina contribuye a las propiedades físicas de la clara gruesa, aunque aún se investiga el papel de la lisozima. Una teoría es que el

carácter tipo gel de la clara gruesa es el resultado de la interacción entre la lisozima y la ovomucina (Robinson y Monsey, 1972). Una teoría opuesta atribuye el espesor sólo a la ovomucina. La altura de la clara de huevo, esto es su resistencia a esparcirse se mide objetivamente con un micrómetro. La yema de un huevo fresco es firme y permanece centrada en la clara (Figura 2). Muy pocos huevos se consumen el mismo día que la gallina lo pone. Charley (2004) mencionó que la calidad del huevo se deteriora rápidamente durante el almacenamiento, a reserva de que se manejen adecuadamente.

**4.** Los Cambios que se presentan durante el almacenamiento son diversos, así por ejemplo, las celdas de aire se agrandan debido a la pérdida de humedad. Desde el punto de vista de mantener la calidad, es más importante la pérdida de bióxido de carbono porque permite que la clara de huevo se haga más alcalina. El pH de la clara se eleva de aproximadamente 7.6 en un huevo fresco, hasta 9 – 9.7 en un huevo de varios días (Charley, 2004). La clara se hace más delgada por lo que se extiende más cuando el huevo se rompe (Figuras 3 y 4), y una de las razones es la elevación en el pH, debido a la pérdida de CO<sub>2</sub>, lo cual permite que se rompa el complejo electrostático entre la lisozima y la ovomucina (Charley, 2004). Una teoría opuesta es que la reacción de la lisozima con la ovomucina rompe el gel de esta última y produce el adelgazamiento. El rompimiento de los enlaces de disulfuro en la ovomucina, se sugiere como el factor adelgazante de la clara de huevo. Además del adelgazamiento, la clara eventualmente se vuelve amarilla e incluso nebulosa. La membrana vitelina que mantiene la yema se encoge, por lo que se aplana y la clara más delgada ya no mantiene a la yema en el centro del huevo (Figura 3) (Charley, 2004).



**Figura 3. Grado de frescura del huevo**

Fuente: (Balconi, 2004).

**Aumento de pH: pérdida de CO<sub>2</sub>**

→ En la clara el pH de 7.9 hasta 9.2 en tres días de almacenamiento a 3°C



Pérdida de viscosidad

→ En la yema el pH aumenta de 6 a 6.5 a los 18 días a 37°C

✦ Cesión de vapor de agua

→ Pérdida de viscosidad de la clara

→ La yema asciende y se aplana

**Figura 4. Principales cambios después de la puesta.**

Fuente: (Balconi, 2004).

La temperatura de un huevo al ser puesto es la misma del cuerpo de la gallina, 40°C. Para mantener la alta calidad de un huevo fresco debe enfriarse de inmediato, de preferencia hasta 4.4°C y mantenerse en un lugar fresco. El almacenamiento de los huevos en un lugar cerrado retarda la pérdida de humedad y de CO<sub>2</sub>, al igual que al sumergir los huevos en una solución de silicato de sodio (líquido viscoso que tapa los poros del cascarón). Los huevos así tratados y almacenados en un lugar fresco se mantendrán de 4 a 6 meses y pueden ser de mejor calidad que los huevos de unos cuantos días mal manejados (Charley, 2004).

Las pruebas utilizadas para la determinación de la edad del huevo son:

1. Flotación
2. Examen al trasluz
3. Medición de la cámara de aire
4. Medición del sabor a viejo

### 2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES DEL HUEVO

El huevo ha sido considerado como un alimento funcional por décadas por sus cualidades nutricionales tan importantes para la salud; aunado a esto, en la actualidad se cuenta con productos de "Especialidad", tales como Omega-3 y la vitamina E de huevos enriquecidos. Así mismo, las sustancias contenidas en el huevo tienen beneficios claves; así por ejemplo:

El ácido seálico ha demostrado inhibir ciertas infecciones estomacales.

Liposomas, que se han usado como un mecanismo de entrega controlada para varios medicamentos.

Las inmunoglobulinas de la yema son anticuerpos importantes.

La proteína de yema de huevo provee beneficios de antioxidación en productos alimenticios.

La colina, importante para el desarrollo del cerebro.

La lecitina de yema que tiene una alta proporción de fosfatidilcolina y contiene 63% de ácidos grasos insaturados y omega-3, que ha sido demostrado que mejoran la actividad visual en bebés.

La lisozima de clara que se vende en productos farmacéuticos y también se utiliza como conservador de alimentos. Y por último,

La proteína de la membrana de la cáscara que está siendo utilizada experimentalmente para hacer crecer fibras de piel humana como tratamiento en quemaduras severas. En Japón también se usa en la industria de los cosméticos.

### 2.4 VALOR AGREGADO PARA LOS HUEVOS

En los primeros años de la producción animal moderna, los esfuerzos para mejorar las técnicas productivas y el desarrollo científico relacionados con la alimentación animal, tenían como objetivo principal mejorar la eficacia productiva para lograr un adecuado abastecimiento de alimentos. Actualmente, el tema de interés, en cuanto a productos de origen animal, es la calidad y no la cantidad.

El sector avícola, consiente de la demanda del consumidor, ha dedicado importantes esfuerzos a modificar la composición nutritiva de sus productos, bien intentando reducir el nivel de colesterol y grasa saturada o, alternativamente enriqueciéndolos con ácidos grasos insaturados, vitaminas y minerales beneficiosos para la salud (Grobas *et al.*, 1996).



La producción de huevo se ha convertido en una industria que ha logrado, a partir de la selección de razas, gallinas más ponedoras que, además, por medio de una alimentación balanceada, y a la que se le incorporan ingredientes ricos en sustancias que finalmente terminan en un producto con valor agregado. A la fecha varias marcas ostentan, entre otras propiedades especiales, ser "Light", enriquecidos con vitaminas, bajos en colesterol, otras marcas ofrecen huevos ricos en ácidos grasos n-3. Todas estas características pueden ser modificadas por medio de cambios en la alimentación de las gallinas.

**Enriquecimiento de los huevos con ácidos grasos n-3.-** Como ya se mencionó modificando la alimentación de gallinas ponedoras, es posible incrementar los niveles de ácidos grasos, vitaminas, proteínas, minerales, etc. Trabajos de investigación señalan que el consumo de EPA y DHA reduce los niveles de triglicéridos en sangre y aumenta el contenido de ácidos grasos n-3 (Sanders y Roshanai, 1983; Philbrick *et al.*, 1987; Harris, 1989). Además, el DHA es fisiológicamente esencial en los fosfolípidos de las membranas del cerebro y de la retina para el desarrollo de la actividad mental y agudeza visual. Estudios de Hargis y Van Elswyk (1993) ensayaron la posibilidad de alterar los lípidos de la yema y, específicamente, el enriquecimiento con ácidos grasos n-3. También se analizaron los factores más importantes que afectan al enriquecimiento en vitaminas en el huevo. Con la inclusión de aceites de pescado (con un alto contenido en EPA y DHA), en las dietas de ponedoras se ha logrado obtener un enriquecimiento de los huevos con éstos ácidos grasos, mejorando el valor nutricional de los huevos.

Otros estudios han utilizado materias primas vegetales ricas en ácidos grasos n-3, que son menos propensas a comunicar características organolépticas indeseables a los huevos enriquecidos. Caston y Leeson (1990) incluyeron semillas de lino, que son una fuente de  $\alpha$ -linolénico (18:3 n-3) en las dietas de ponedoras a niveles de 0, 10, 20 y 30%. El perfil de ácidos grasos del huevo mostró un gran aumento en ácidos grasos n-3 y algunos n-6 para todos los niveles. Por su parte Cherian y Sim (1991) estudiaron el efecto de la adición de semilla de lino y de canola sobre la composición en ácidos grasos de la yema. Con un 16% de harina de canola se obtuvo un 2.4% de ácido linoleico en la yema comparado con un 8.8% de las dietas con semilla de lino. Aunado a esto, tanto la semilla de canola como la de lino aumentaron al mismo nivel el contenido en EPA y DHA de la yema. De acuerdo con los resultados de trabajos anteriores (Caston y Leeson, 1990), estos datos ilustran la posibilidad

de enriquecer los huevos con ácidos grasos n-3, utilizando materias primas comunes en formulación.

Otros ingredientes utilizados para incrementar el contenido de n-3 en el huevo han sido microalgas marinas, harina de crustáceos (Castillo *et al.*, 2001; González-Esquerri y Leeson, 2000; Carranco *et al.*, 2006; Castillo-Badillo *et al.*, 2005; Carrillo *et al.*, 2005) y aceites de pescado, principalmente los de atunes, anchoas, sardina, boquerones, caballa, pescadilla, saira, salmónes, merluza y lenguados, entre otros; así como los crustáceos camarones, gambas, langostas, cangrejos, jaibas, etc.; los moluscos pulpos, calamares y ostras (Cifuentes *et al.*, 1990). Un recurso marino que ha demostrado ser una buena fuente de EPA y DHA es el crustáceo marino Langostilla (*Pleuroncodes planipes*). Las concentraciones para enriquecer al huevo con n-3 han sido el incluir harina de langostilla en un 3 y 6% en dietas para ponedoras, obteniéndose mejores resultados con la inclusión al 6% de esta harina (Carrillo *et al.*, 2005). La mayor parte de la pesca se destina al consumo humano directo y el resto a la obtención de "productos derivados" como son harinas, productos farmacéuticos, abonos, colas, pieles y aceites, de gran importancia y valor económico. Esta parte está integrada por los desperdicios de la pesca y por determinadas especies que se capturan únicamente para estos fines.

Los huevos enriquecidos en ácidos grasos n-3 para lograr la aprobación del consumidor deben tener una calidad sensorial aceptable. La percepción de sabores anómalos en huevos de ponedoras que reciben dietas suplementadas con aceite o harina de pescado, los hace menos deseables para los consumidores (Koehler y Bearse, 1975). Por ejemplo, Van Elswyk (1992) mencionó que la suplementación con un 5% de harina de pescado produjo huevos que recibían una calificación más baja que los huevos estándar en pruebas de degustación realizadas por un panel de personas entrenadas; así mismo los provenientes de ponedoras alimentadas con semilla de lino, en las evaluaciones sensoriales, daban puntuaciones más bajas frente a los controles, indicando la necesidad de continuar investigando en este tema a fin de conseguir la aceptación del consumidor (Carrillo *et al.*, 2005). Un estudio de aceptabilidad por parte de los consumidores, mostró que alrededor del 60% de ellos, estaban interesados en comprar huevos enriquecidos con ácidos grasos n-3 y de estos, el 71% estaba dispuesto a pagar más (Marshall *et al.*, 1994); por lo que se puede considerar que los huevos enriquecidos con n-3, representan un medio viable de aumentar el

consumo dietético de éstos ácidos grasos en consumidores conscientes de la influencia sobre la salud.

Estudios realizados con adición de aceites de pescado, han señalado la conveniencia de emplear niveles inferiores al 3% de la dieta de las aves, a fin de no afectar negativamente el sabor del huevo (Hargis y Van Elswyk, 1993; Castillo *et al.*, 2001; Castillo-Badillo *et al.*, 2005). Una de las desventajas que tiene el uso de estos aceites de pescado, es su rápida oxidación, por lo que hay que incorporar suficiente cantidad de antioxidantes en la ración de las aves.

### **Métodos utilizados para reducir el contenido de colesterol en el huevo de gallina.**

Puede ser mediante drogas como el Triparanol, Probucol y Lovastatina; sin embargo, aun cuando las reducciones en colesterol han sido interesantes, tienen pocas posibilidades de ser utilizados en la producción comercial debido a su elevado costo y la posibilidad de dejar residuos en el huevo.

Otras formas que se han intentado es mediante compuestos como son: harina de alfalfa, cebada, pectina, hojuelas de avena, celulosa y esteroles vegetales. Trabajos realizados por Beyer y Jenser (1991, 1992, 1993<sup>a</sup> y 1993<sup>b</sup>) mostraron que la inclusión en la dieta de compuestos específicos como lecitina y emulsificadores que promueven la absorción de colesterol, acentuaron su deposición en la yema del huevo. El empleo de material fibroso en las dietas presentó mucha variación, ya que mientras la pectina y las hojuelas de avena redujeron los niveles de colesterol, la celulosa lo incrementó. Por otra parte, la inclusión de esteroles vegetales lo redujo considerablemente, al parecer como consecuencia de la habilidad de estos para competir con el colesterol por los sitios de absorción.

Las algas marinas resultan ser otra alternativa interesante, en virtud de las propiedades hipocolesterolémicas que poseen (Jiménez-Escrig y Goñi, 1999; Rodríguez, 1995; Nishide y Uchida, 2003). Nishide y Uchida (2003) observaron una reducción en la concentración de colesterol total, triglicéridos y fosfolípidos en el suero de ratas que consumieron el alga verde *Ulva* (en polvo) en diferentes concentraciones que iban desde 1 hasta 10%, asimismo la presencia de colesterol total y ácidos biliares en heces se incrementó conforme aumentó el nivel de inclusión del alga en la dieta.

Abe y Kaneda (1972) reportaron que ratas alimentadas con 5% de *Enteromorpha* y *Monostroma* mostraron un efecto similar al reducir el colesterol en plasma y que incluso el efecto fue superior al de *Ulva*.

Los estudios realizados con algas marinas en aves son pocos (Rojkind, 1977; Carrillo *et al.*, 1990; Ventura *et al.*, 1994; Meza *et al.*, 2001); y aun más reducido es el número de trabajos referentes al efecto de las algas sobre la concentración de colesterol en huevo. En un estudio realizado por Rodríguez (1995), se obtuvieron reducciones interesantes en la concentración de este compuesto, al incorporar el alga café (*Sargassum sinicola*) en la ración de gallinas ponedoras; con 6 y 9% obtuvieron una reducción de 34% y 12% de colesterol en huevo respectivamente, en relación al grupo testigo. Por su parte Ramos *et al.* (1998), incluyeron 9% de *Ulva lactuca*, 9% de *Macrocystis pyrifera* y 9% *Ulva lactuca* + *Macrocystis pyrifera* en la dieta de gallinas ponedoras, y observaron una reducción significativa en las concentraciones de colesterol total y HDL-colesterol en suero de las aves.

**Enriquecimiento de los huevos con vitaminas.-** La modificación de los niveles de vitaminas del huevo se extiende más allá de las consideraciones productivas, al diseño de un alimento de alta calidad para el consumo humano, con una composición de nutrientes determinada (Naber, 1993). La influencia del nivel de vitaminas de la dieta sobre el enriquecimiento del huevo es muy variable según los tipos de vitaminas. Squires y Naber (1993) observaron que el contenido en riboflavina de la yema y el albumen respondían rápidamente a los niveles de esta vitamina en la dieta. Mientras que en vitamina B<sub>12</sub> del huevo fue casi exactamente proporcional al contenido en la dieta, cuando la gallina ponedora consumía de uno a cuatro veces sus necesidades según el NRC (1999) (Squires y Naber, 1993). Por otro lado, cuando las dietas de ponedoras son suplementadas con niveles de vitamina A cuatro veces superiores a sus necesidades, la cantidad de ésta en el huevo responde solo parcialmente, debido al efecto modulador y la capacidad de almacenamiento de vitamina A en el hígado (Squires y Naber, 1993). Estos mismos autores observaron que los niveles de riboflavina, piridoxina y vitamina B<sub>12</sub> del huevo disminuían y la biotina aumentaba a medida que aumentaba la edad del ave.

### 3. CRUSTÁCEOS

México cuenta con una excelente ubicación geográfica y dispone de abundancia de recursos y variedades tanto en captura como en acuicultura, sin embargo tiene una modesta participación en la producción y comercio mundial (1.0% de la producción, 2.0% de la flota, 1.5% de las exportaciones y 0.2% de las importaciones mundiales).

La República Mexicana, cuenta con una superficie total de 1'958,201 Km<sup>2</sup>, se encuentra delimitada en el occidente por el Océano Pacífico, el oriente por el Golfo de México y Mar caribe, lo que le permite contar con 11,592.77 Km. de Litoral, una superficie de 357.8 mil Km<sup>2</sup> de plataforma continental y una zona exclusiva de 2'946,825 Km., con aproximadamente 1'500,000 Has. de lagunas costeras, esteros y bahías litorales.

La abundancia y variedad de recursos naturales marinas de México, ofrece posibilidades de producción y comercialización que actualmente son parcialmente explotadas. En el país se tienen plenamente identificadas 305 especies, presentando la mayor importancia económica alrededor de 60.

En el ámbito mundial México destaca en la producción de algunas especies; tal es el caso de la sardina, calamar, abulón, atún, ostión, tiburón, y langosta y en exportaciones el camarón, abulón, calamar, langosta, atún y pulpo son los más representativos ([www.itescam.edu.mx](http://www.itescam.edu.mx)) (2008).

#### 3.1 GENERALIDADES DE LOS CRUSTÁCEOS

Los crustáceos constituyen uno de los recursos de mayor importancia dentro de las pesquerías mundiales. Se trata de un grupo heterogéneo de animales por lo que resulta difícil hacer una descripción que sirva de tipo para la gran diversidad de formas que presentan. Son invertebrados que pertenecen al grupo de artrópodos por tener sus apéndices formados por pequeñas pinzas articuladas con su cuerpo segmentado y cubierto de un tegumento quitinoso muy calcificado, por lo que presentan aspecto de una costra y reciben el nombre de *crustáceos*.

En su cuerpo se distinguen dos regiones principales: la llamada "cabeza", que resulta de la unión de la zona cefálica con el tórax, que forman un *cefalotórax*, y la "cola", que es el

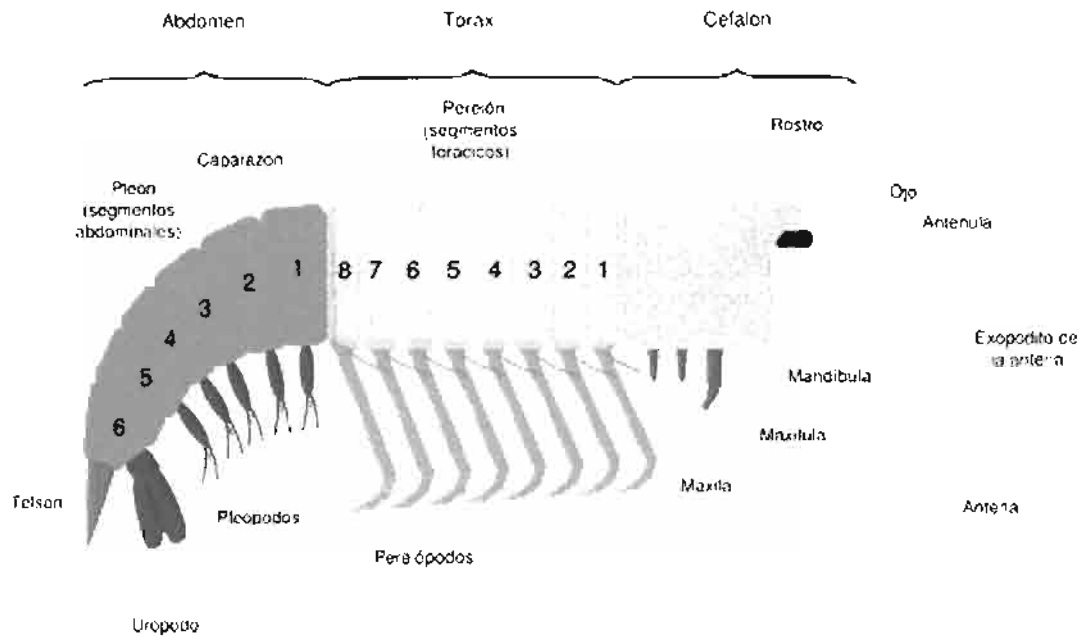
*abdomen*. Estas regiones están formadas por un número diferente de segmentos y en cada uno de ellos se localiza un par de apéndices o "patas" que se designan de acuerdo con la función que desempeñan y la región del cuerpo donde se hallan. El abdomen puede estar extendido, como en el caso de los camarones, o doblado por debajo del cefalotórax, como en los cangrejos (De la Lanza *et al.*, 1993).

En la región cefálica llevan los apéndices sensoriales que son dos pares de antenas, los ojos que generalmente se encuentran sostenidos por unos pedúnculos y los apéndices al servicio de la boca que se abre en la región ventral y son un par de mandíbulas y dos pares de maxilas. Los apéndices del abdomen intervienen en la reproducción, en el transporte de los huevecillos y en el cuidado de la prole.

### 3.2 CAMARON

El camarón es un crustáceo decápodo, macruro, de tamaño y color variable. Su cuerpo corresponde al de un crustáceo; es algo encorvado y está dividido en dos partes: el cefalotórax y abdomen (comercialmente conocidos como cabeza y cola respectivamente). El primero es una combinación de cabeza y tronco en una sola unidad, está cubierto por un caparazón que contiene la cabeza, a los órganos vitales del animal, tres pares de patas prensoras y dos caminadoras. La cresta es la parte superior, rígida, dentada y termina en un rastro alargado por delante de la cabeza. El abdomen se divide en seis segmentos. El último de ellos termina en una punta fina llamada telson y por debajo está la cola que le sirve para nadar. Por dentro del abdomen están los intestinos (Figura 5) (Dore y Frimodt, 1987; Servicio de Actualización Pesquera, 1990; (Cañipa *et al.*, 1994).





**Figura 5. Anatomía del camarón**

Casi todos los camarones que se conocen a nivel comercial viven en altamar, lugar en donde se lleva a cabo la reproducción. Las hembras, durante la primavera empiezan a desarrollar las gónadas o glándulas reproductivas y se llenan de huevos; cuando éstos están listos para ser fertilizados, la hembra está madura y se vuelve objeto de los cortejos del macho. Después de una breve danza, el macho coloca el espermatóforo (una gota de matriz gelatinosa que contiene los espermatozoides) en el télico de la hembra. Este retiene el espermatóforo hasta el momento del desove, lo cual se realiza poco después de ponerse el sol y lo hacen cada dos o tres meses, durante la primavera y el verano (Cañipa *et al.*, 1994).

Durante el desove, se disuelve el espermatóforo y, tanto los huevos como el esperma, son liberados al agua donde se lleva a cabo la fertilización. Los huevos fertilizados flotan a la deriva, mientras que dentro de ellos se empieza a formar el embrión. Al cabo de aproximadamente ocho horas, los huevos eclosionan o revientan y nace la larva de camarón en su primer estadio conocido como nauplio, mismo que vive de sus reservas o vitelo durante las primeras 48 horas. El siguiente estadio: la zoea, se alimenta de microalgas y otros organismos microscópicos que conforman el plancton; al cabo de 100 horas y tres subestadios, la zoea se convierte en una mysis, aumentando la complejidad corporal y la

variedad de organismos planctónicos de los que se alimenta. Esta etapa consta de tres subestadios de 24 horas cada uno (Cañipa *et al.*, 1994).

Una vez finalizado la mysis, termina la metamorfosis y en la siguiente muda, se convierte en una postlarva, acercándose paulatinamente a la costa, aprovechando las corrientes para refugiarse en esteros y lagunas costeras. Ahí se desarrolla durante los primeros días de su vida hasta alcanzar la talla juvenil, también conocida como PL-30 (postlarva con 30 días desde la metamorfosis). El juvenil se acerca cada vez más a mar abierto conforme aumenta su tamaño y, conjuntamente, su capacidad para evitar a los depredadores. Eventualmente sale a mar abierto donde se convierte en adulto para continuar con el ciclo (Cañipa *et al.*, 1994). En el Cuadro 2 se presenta la composición química del camarón y en el Cuadro 3 el análisis químico aproximado del cefalotórax.

**Cuadro 2. Composición química del camarón**

Humedad (%)	78.2
Proteína cruda (%)	18.1
Extracto etéreo (%)	0.8
Niacina (mg/100g)	3.20
Calcio (mg/100g)	63.0
Fósforo (mg/100g)	166.0
Hierro (mg/100g)	1.60
Tiamina (mg/100g)	0.02
Calorías	91.0

Fuente: Cañipa *et al.*, 1994.

**Cuadro 3. Análisis Químico Aproximado del cefalotórax del camarón (g/100g).**

Proteína cruda	47.7
Extracto etéreo	4.63
Cenizas	26.86
Fibra cruda	19.35
Carbohidratos totales	2.47

Fuente: Gernat (2001)



### 3.3 EL CAMARÓN EN MÉXICO

El volumen de la producción pesquera nacional en peso vivo de 2006 se incrementó en un 5.03% respecto a su año precedente inmediato motivado este incremento por las capturas de especies como la sardina, calamar, pulpo y camarón el cual reportó una producción histórica de captura en altamar y acuicultura en los 10 años. La sardina, el atún y el camarón juntos representaron el 56.6% del volumen total de la producción pesquera nacional de 2006. Cabe destacar que Sonora, Sinaloa, Baja California Sur y Baja California, juntos representaron el 72.36% del volumen total de la producción pesquera nacional de 2006.

Ocho entidades federativas concentraron durante 2006, las cuatro quintas partes del total del valor de la producción pesquera nacional, destacando por su más amplia participación en este concepto, los estados de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz, Baja California, Baja California Sur, Tabasco y Campeche.

La captura del camarón está dentro de las actividades pesqueras más antiguas del país. Los primeros datos nacionales de la pesquería datan de 1947, a través de estimaciones y es hasta los años setenta, cuando se cuenta con información más fidedigna de esta actividad (De la Lanza *et al.*, 1993).

La producción de camarón de 2006 alcanzó un volumen total de 177,377 toneladas en peso vivo, cifra superior en un 12.75% de la obtenida en 2005. De esa cifra, la producción proveniente de la actividad acuícola representó el 62.75% del volumen total con 111,306 toneladas; la producción de camarón de aguas marinas representó el 24.10% ([www.conapesca.sagarpa.gob.mx](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx)).

**Unidad de esfuerzo pesquero.** En aguas interiores, se usa una embarcación menor con motor fuera de borda no mayor de 115 HP, tripulada por dos pescadores, como artes de pesca se utilizan la red conocida como Magdalena I, la atarraya y la red suripera.

En altamar se usa un barco tipo arrastrero "camaronero" con dos redes del tipo volador y semiportugués, la capacidad de bodega mínima es de 10 toneladas; las dimensiones del barco varían entre 14 y 24 m de eslora; el casco de la mayoría de los barcos es de acero, y

su desplazamiento varía entre 47 y 92.2 t; la tripulación es de 5 a 8 personas; y la planta de poder es un motor a diesel de 300-450 HP.

**Biología y ecología del recurso.** Camarón café: En México se distribuye de manera discontinua desde Sebastián Vizcaíno en la costa occidental de Baja California, en el Golfo de California y al sur hasta la frontera con Guatemala. Camarón azul: Se distribuye desde Punta Abreojos, B. C. S., hasta Tumbes, Perú y su distribución no es uniforme a lo largo del litoral. Los camarones se encuentran en fondos fangosos o fango-arenosos, ricos en materia orgánica en zonas de transición como deltas, estuarios o lagunas.

Las especies de camarón desarrollan su ciclo de vida entre los sistemas costeros de aguas protegidas y las aguas costeras, presentan dimorfismo sexual, maduran y se reproducen en mar abierto entre los 10 y 40 m de profundidad, sus huevos son bentónicos y después de la eclosión pasan por once estadios larvales planctónicos, entre cada estadio ocurre una muda: cinco fases de nauplio, tres fases protozoa y tres fases mysis. La última de estas mudas la transforma en una postlarva que ya tiene la apariencia general del adulto; en forma de postlarva es como generalmente ingresan a los sistemas de lagunas costeras, y están capacitados fisiológicamente para tolerar amplios cambios en las condiciones de salinidad y temperatura que se presentan durante esta fase de su vida; en las lagunas costeras se desarrollan hasta alcanzar las tallas comerciales y nuevamente emigran hacia el mar para cerrar el ciclo.

Se observa que se presentan dos periodos de reproducción y reclutamiento, el primero entre primavera y verano y el segundo entre otoño e invierno, pueden variar según las especies y la localidad y esto está relacionado con los ciclos estacionales de temperatura y lluvia. El camarón café en la región central del Golfo de California, presenta un periodo de reproducción principal en junio-julio, otro entre noviembre-diciembre que origina un segundo grupo de reclutas, el reclutamiento de junio-julio es el que sostiene la captura comercial de camarón.

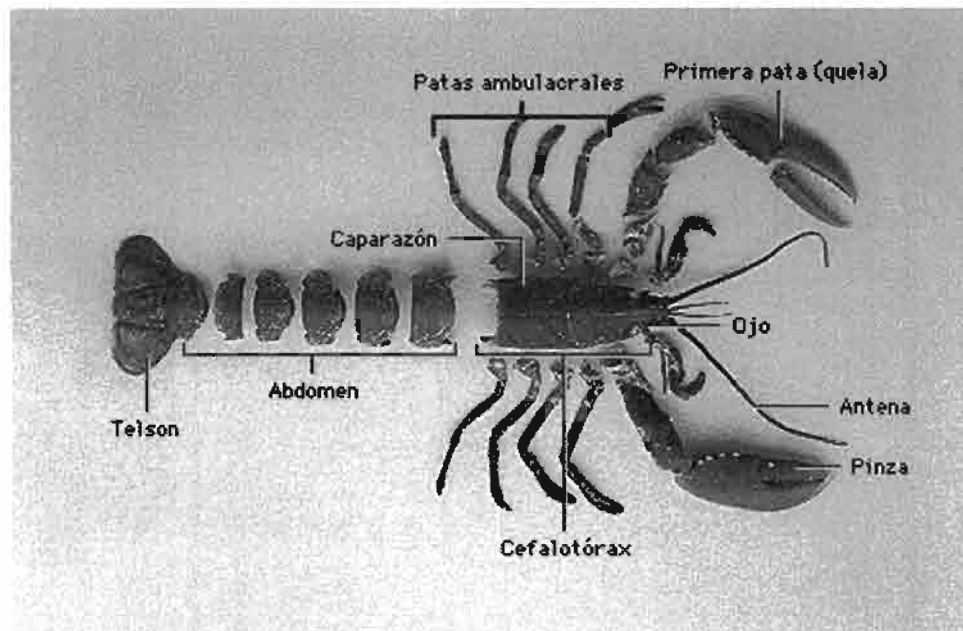
### **3.4 INDUSTRIALIZACIÓN**

Este proceso contempla todas las etapas desde que el camarón se recibe en el barco, hasta que se embarca en transportes terrestres para su envío a la planta; durante la recepción de ésta, se procede a retirar la materia extraña ajena al producto, posteriormente

se procede a la limpieza superficial, se clasifica (para establecer las medidas que conformaron la pesca), se pesa, así mismo se lleva un registro de peso por medidas del camarón. Una vez clasificado, se procede a almacenarlo en cámaras de congelación para posteriormente ser procesado en la planta. Una vez preparada la línea de producción, el camarón se descongela y se ubica en mesas de acero inoxidable para iniciar el proceso de descabezado. Las personas encargadas de esta actividad deben de tener cuidado de retirarlas adecuadamente para no dejar alguna parte de las patas delanteras en el camarón ya pelado. Una vez concluido esto, se aplica el proceso de lavado con agua corriente en mesas de la línea de producción y posteriormente se les aplica un lavado con solución de cloro al 10%. Entonces, el camarón es reclasificado y pesado nuevamente y enhielado para ubicarlo en un área de congelación previa al pelado y desvenado, el cual consiste en retirar la cáscara del camarón y dejarlo listo para estibar. En este momento el producto se acomoda en charolas debidamente clasificadas y se procede a congelarlo para su almacenamiento en lotes listos para envasarse, pasando posteriormente por el desgrane que consiste en eliminar el hielo en exceso para evitar la deshidratación de los tejidos y la alteración en la consistencia y apariencia física del camarón a empacarse, a continuación se procede al glaseado y embolsado; una vez empacado el producto, se coloca en cajas de cartón de la marca, para ser almacenados, previo en refrigeración a su embarque y distribución (Cañipa *et al.*, 1994; [www.uacam.mx](http://www.uacam.mx)).

### 3.5 LANGOSTILLA

En México uno de los recursos naturales con mayores probabilidades de utilizarse como ingrediente para alimentos balanceados en la industria animal es la langostilla (*Pleuroncodes planipes* Stimpson), ya que se trata de un recurso masivo, que tiene una composición química de gran valor para la nutrición animal; a pesar de esto en la actualidad no existe en el Estado de Baja California, ni en el país una pesquería abocada a este recurso.



**Figura 6. Anatomía de la langostilla (*Pleuroncodes planipes* Stimpson)**

(Arvizu *et al.*, 1974; Rodríguez de la Cruz, 1987).

La langostilla es un crustáceo decapado, que pertenece a la familia *Gelatheidae*, en la Figura 5 se presenta un esquema de su anatomía. Su composición proximal es variable según la zona de captura, la estación del año, la edad de los organismos, entre otros; sin embargo, se ha mencionado que los componentes más abundantes son: proteína (21.2-54.7%), cenizas (12.8-35.9%), quitina (4.76-21.6%) y extracto etéreo (4.7-14%) (Castro *et al.*, 1995). Asimismo, su contenido de carotenoides es elevado (10-16 mg/100 g) (Spinelli y Mahnken, 1978).

Gallardo (1975) realizó un estudio sobre el uso de concentrados proteicos de langostilla de la plataforma continental, dirigidos al consumo humano y animal; sin embargo, una de las limitantes para su empleo es el reducido tamaño del músculo abdominal; por lo

que se están dedicando estudios enfocados a su utilización como fuente de pigmentos en dietas para algunos organismos acuáticos y aves de corral (Carrillo *et al.*, 1995).

El contenido de lípidos puede variar, pero se ha observado que la mayor parte de los de los ácidos grasos que la componen son insaturados, especialmente los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) conocidos también como omega-3, los cuales son comunes en productos marinos y revisten gran importancia para la salud humana (Ackman, 1980; O.P.S., 1991). A estos ácidos se les conocen propiedades antitrombóticas y antitumorales, reducen los niveles de colesterol sanguíneo, son importantes para el cerebro y una reducción de ellos, se asocia con una disminución en el desarrollo de células para el aprendizaje permanente.

Por su contenido de aminoácidos, se puede considerar que la proteína es de buena calidad, comparada con la pasta de soya o la harina de pescado, comúnmente empleados en la alimentación animal (Gallardo, 1975). La presencia de astaxantina (pigmento rojo) es otro aspecto que hace a la langostilla un recurso interesante, ya que representa el 95% del total de los carotenoides de este crustáceo y que existe en tres formas: diéster, monoéster y libre, constituyendo los ésteres la mayor parte de la astaxantina. El contenido de pigmentos en la langostilla son:  $\beta$ -caroteno (4.4%), astaxantina 2 ésteres (83.5%) y astaxantina libre (12.1%) (Castro *et al.*, 1995).

### **3.5.1 Biología y ecología del recurso**

Su ciclo de vida consta de cinco estadios larvales los cuales son plantónicos, una etapa como juvenil (22 a 32 mm) que es pelágica y la etapa adulta, en la que los dos primeros años alternan entre el fondo y la superficie, a partir del tercer año son estrictamente bentónicos (mayores de 32 mm). Durante su fase pelágica se alimenta de fitoplancton, mientras que en su etapa bentónica se alimenta principalmente de materia orgánica particulada. Su reproducción inicia a partir del primer año de vida, puede llevar a cabo hasta tres puestas por año.

La distribución de este crustáceo no es homogénea, existiendo áreas de agregación con altas densidades del orden de 185.25 t/km<sup>2</sup> para pequeñas áreas en la zona sur en el período invierno-primavera, o de 163.65 t/km<sup>2</sup> en el período verano-otoño.

Los límites de la distribución de tallas de la población de langostilla muestreada sobre los fondos blandos en la costa oeste de Baja California Sur, se encontraron entre los 17 y 41 mm de longitud cefalotorácica (LC).

Durante años anormalmente cálidos la langostilla abandona su área normal de distribución en la costa occidental de Baja California Sur, desplazándose hasta los 36° LN, en las costas de California, E.U.A., en donde han sido numerosos los reportes de varamientos masivos. La fracción de la población desplazada corresponde principalmente a organismos en fase pelágica, los cuales son desplazados por las corrientes cálidas dominantes durante estos eventos oceanográficos (Aureoles, 1995).

La langostilla (*Pleuroncodes planipes* Stimpson), como la mayoría de los miembros de la familia *Galatheidae* (Crustacea: Decápoda), son típicamente bentónicos cuando adultos (Boyd, 1967). Los estados larvales (cinco en total) y los juveniles, por el contrario, son estrictamente pelágicos. Los adultos miden entre 18 y 31 mm de longitud cefalotorácica (LC); por otra parte en el primero y segundo año de vida, alternan entre el fondo y la superficie, asumiendo una vida bentónica, esto es a partir de los 32 mm LC, al iniciar su tercer año de vida (Boyd, 1967; Aureoles, 1992; Aurióles, 1995).

La alimentación de la langostilla en su fase pelágica consiste de fitoplancton (Boyd, 1967; Blackburn, 1969). Durante su fase bentónica, su dieta se diversifica, incorporando a la materia orgánica particulada, como componente más frecuente (60 a 100%), siendo el fitoplancton (20%), zooplancton (15%) y la materia inorgánica (5%) (Pérez-Flores y Aurióles *et al.*, 1995). Al ser una especie dominante en la porción media y sur del sistema de la corriente de California, resulta ser el alimento de un gran número de especies que incluye peces, aves, tortugas y lobos marinos (Balart y Castro, 1995). Su depredador mas importante parece ser la merluza enana (*Merluccius angustimanus*), que se alimenta de langostilla en su fase pelágica entre los 5 y 15 meses de edad (Balart y Castro, 1995).

### **3.5.2 Estimación del volumen potencial de captura**

Este es un recurso potencial que no se explota actualmente, aunque existen grandes volúmenes susceptibles de aprovechamiento comercial que generaría empleos, se captarían ingresos y ayudaría a disminuir la presión de pesca de otros recursos.

La pesquería podría orientarse a la langostilla bentopelágica o bien a la estrictamente bentónica de mayor tamaño. Mediante evaluaciones realizadas utilizando el método de área

barrida y la definición de contornos de densidad, se estimaron 460,000 t de langostilla bentopelágica para el período invierno-primavera. Mientras que para el período de verano-otoño se estimaron 276,000 t. Las mayores concentraciones se sitúan frente a Bahía Magdalena-Almejas y el Golfo de Ulloa.

Su valor nutricional es muy bueno por la alta concentración y la calidad de su proteína, la concentración de ácidos grasos omega 3 y es una excelente fuente de astaxantina (pigmento rojo).

Existe mercado para la cola fresco-congelada de la langostilla en Estados Unidos de Norteamérica, Alemania y Japón, se tendrían ventajas competitivas en el mercado de E. U. A., por los menores costos de transportación. La harina de langostilla puede comercializarse en el mercado nacional para elaborar alimentos balanceados para camarón y aves de corral. Otros productos que se pueden obtener son pigmentos, hidrolizados y enzimas de alto valor comercial.

Se han desarrollado diversas experiencias de captura, manejo y procesamiento para su aprovechamiento en el pasado, la mayoría de ellas de pequeña escala (19-70 toneladas) y con éxito variable en sus objetivos. El único estudio a escala de planta piloto (260 toneladas) en donde se analizó la posibilidad de establecer una pesquería para producir harina de crustáceo en la costa oeste de Baja California Sur, incluyendo un análisis económico preliminar, indica que los factores más sensibles para esta pesquería son el manejo del producto a bordo y durante el desembarco, así como la eficiencia de la planta en transformar el producto fresco en harina (Aureoles, 1995).

Utilizando el método de área barrida y definición de contornos de densidad en base al análisis de 12 cruceros de pesca exploratoria (230 arrastres de fondo), Aureoles (1995) estimó un total de 460.2 mil toneladas de langostilla bentónica para el período invierno-primavera. Este total se distribuye en 319.8 mil toneladas para el llamado Golfo de Ulloa (24-27° LN) y 140.33 mil toneladas para Bahía Sebastián Vizcaíno (28-29° LN). El mismo autor estimó la abundancia de langostilla en 275.7 mil toneladas para el período verano-otoño, de las cuales, 187.3 mil toneladas corresponden al área del Golfo de Ulloa y solo 88.4 mil toneladas para Bahía Sebastián Vizcaíno. Hay que destacar que la distribución de este crustáceo no es homogénea, existiendo áreas de agregación con densidades muy altas; como en el Golfo de Ulloa ( $185.25 \text{ t/Km}^2$ ), correspondiendo con el área de  $1359 \text{ Km}^2$  para el período invierno-primavera, mientras que en el período verano-otoño, el área alcanzó los

480.40 Km<sup>2</sup>, con densidades de 163.65 t/Km<sup>2</sup>. Los límites de la distribución de tallas de la población de langostilla muestreada por Aureoles (1995), se encontraron entre los 17 y 41 mm LC.

Considerando la biomasa y mortalidad natural instantánea estimadas por Aureoles *et al.*, (1995) y utilizando como criterio de rendimiento potencial solo el 10% de la biomasa estimada, al menos durante la fase inicial de la pesquería, tal como es realizado en Chile tras el colapso de la pesquería del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) (Arana, 1993), el volumen de captura anual recomendable para la langostilla bentónica sería de 46 mil toneladas en invierno-primavera y 27.6 mil toneladas en verano-otoño (Aureoles, 1995).

Por otra parte, de su presencia en los fondos ha sido documentada por Schulz (1976) hasta los 500 m. En las dos estaciones del estrato de 300-400 m, la captura fue de 0.18 y 1.88 t/h respectivamente, mientras que a los 500 m (una estación) alcanzó las 0.375 t/h. Presumiblemente, las tallas de langostilla distribuidas en el talud continental son mayores a los 34 mm del cefalotórax (Boyd, 1967; Aureoles *et al.*, 1992, 1995). La pesca de la langostilla podría contribuir al desarrollo socio-económico del estado de Baja California Sur y en particular de la región de Bahía Magdalena, donde podría asentarse como flota pesquera y planta procesadora del recurso. El desarrollo de esta pesquería, por lo tanto, aportaría empleos y divisas a la región, al tiempo que contribuiría a la diversificación de la actividad pesquera y estabilización en el tiempo de la actividad extractiva (Aureoles, 1995).

### **3.5.3 Captura, embarcaciones y artes de pesca**

El método y artes de pesca para la captura de langostilla pueden ser, en principio, los mismos utilizados para la pesca de camarón de altamar (Aureoles, 1995). Si se pretende pescar langostilla bentopelágica, una red de arrastre tipo camaronero con una abertura de malla de 3 cm sería lo recomendable, aumentándola hasta 5 cm, para la langostilla bentónica. En Chile, la flota langostinera utiliza redes con una longitud de relinga entre 17 a 26 m y abertura de alas de 9 a 14 m (Escobar, 1985). Para este fin, puede ser utilizada la típica embarcación camaronera, aunque a diferencia de ésta, en Chile se utilizan embarcaciones con mayor potencia y con arrastre por popa (Aureoles-Gamboa *et al.*, 1995). Okonski y Martini (1978) sugieren varias modificaciones en cubierta para adaptar los camaroneros a los arrastres de popa y en las maniobras de izado de la red, para facilitar la descarga a la bodega, dado los grandes volúmenes de captura por lance.



Si la pesca se dirige a la langostilla exclusivamente bentónica, más grande, y que habita el talud continental, la embarcación idónea debiera ser ligeramente mayor y con mayor potencia (600 HP) o, de utilizar una embarcación camaronera típica, modificar los aparejos de pesca a modo de usar una sola red, que sea arrastrada por la popa, así como, un aumento de potencia del malacate (winche) y capacidad de cable del tambor para acceder a mayores unidades (Aureoles, 1995).

### **3.5.4 Alternativas de aprovechamiento**

Como lo señalan Aureoles *et al.*, (1995), el uso de la captura, depende en gran medida del tamaño de la langostilla. En Chile, las tallas grandes oscilan entre 34 y 44 mm LC lo que permite aprovecharla como cola fresca-congelada. Esta presentación permite su comercialización como un tipo especial de camarón coctelero, con precios que van de 6 a 10 mil dólares por tonelada en el mercado norteamericano. Para 1992, al reiniciar sus actividades tras cuatro años de veda total, las empresas pesqueras de langostilla en ese país estimaban sus ingresos en 8 mil dólares por tonelada (Arana, 1993). La langostilla bentopelágica, de entre 22 y 32 mm de cefalotórax, no alcanzan las tallas para procesarla como camarón coctelero; sin embargo, se puede utilizar como harina para la elaboración de alimentos balanceados de consumo animal, así como, para la extracción de pigmentos y enzimas. Las experiencias realizadas en aves de corral (Jiménez, 1978; Carrillo, 1993; Carrillo *et al.*, 1995), en peces (Spinelli *et al.*, 1974; Spinelli y Mahnken, 1978) y en crustáceos (Casillas y Magallón, 1988; Hernández y González, 1989; Villarreal *et al.*, 1991; Civera *et al.*, 1992; Millán, 1992; Villarreal y Castro 1992; Goytortúa, 1993; Villarreal, 1995), han sido satisfactorias las tasas de crecimiento, mortalidad, pigmentación deseada, aceptación del producto final, así como el reemplazo de insumos costosos y altamente competidos de los alimentos comerciales peletizados, por lo que prometen un mercado potencial exitoso para la harina de langostilla. Por otro lado, se abre la posibilidad de su aprovechamiento con grandes expectativas para la producción a gran escala de enzimas, especialmente para su utilización en la industria alimentaria.

Las proteasas de esta especie de crustáceo han sido recientemente investigadas, encontrándose resultados interesantes en la aplicación de la maduración acelerada de quesos (García-Carreño, 1992; García y Haard, 1993, 1994; García *et al.*, 1993, 1994; Hernández, 1993),

### 3.5.5 Mercado potencial

De acuerdo a Auriolles *et al.*, (1995), el mercado de la cola-fresca congelada de langostilla bentónica está constituido por los Estados Unidos de Norteamérica, Alemania y Japón. Casi la totalidad de la producción de langostino colorado (90%), en la actualidad se exporta a los Estados Unidos de Norteamérica (Achurra, 1987), lo que hace suponer ventajas competitivas para la langostilla mexicana, dado el menor costo eventual por concepto de transportación (Auriolles *et al.*, 1995). En marzo de 1992, cuando reinició la pesquería de langostino colorado en Chile, fue subastado para su captura un total de 4 mil toneladas (cuota anual para dicho año); aunque participaron 11 empresas interesadas en la explotación, la cuota se repartió solo entre cuatro, indicando lo atractivo del mercado de cola fresca-congelada, a pesar de los bajos valores de producción disponibles (Arana, 1993).

Además, la harina de langostilla puede orientarse en principio al mercado nacional, principalmente como insumo para las procesadoras de alimentos balanceados de camarón, donde ha mostrado excelentes resultados (Villarreal, 1995) y aves de corral (Carrillo *et al.*, 1995).

Actualmente, en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., se estudian otros usos industriales con mayor valor agregado para la langostilla, como son los pigmentos (astaxantina), las enzimas y el quitosán, lo que asegura promisorios mercados alternativos para este recurso.

## 3.6 CAROTENOIDES PRESENTES EN CRUSTÁCEOS

**La astaxantina.-** En la última década se ha observado un incremento sustancial en el número de trabajos científicos publicados en nutrición de camarones, enfocados a determinar los requerimientos de los principales nutrientes en las diferentes especies y fases de producción. Dentro de ésta área, en los últimos cinco años, diversos trabajos han sido publicados evaluando el uso de un carotenoide (astaxantina), ya sea como pigmentante o como un nutrimento en diferentes especies de *Litopenaeus* (Arango, 1996; Chen y Jeng, 1992; High, 1995; Kurmalı, 1993, 1994, 1995; Miki, 1991).

Los crustáceos silvestres son considerados particularmente ricos en carotenoides; en diferentes especies de camarones se han encontrado valores que van desde 50mg/Kg hasta 500mg/Kg de tejido, y en algunos estados larvales se mencionan concentraciones hasta de 800mg/Kg de tejido, siendo la astaxantina el más abundante (Latscha, 1989).

A partir de su descubrimiento, este carotenoide fue encontrado principalmente en los invertebrados marinos y con mayor predominancia en los crustáceos, los cuales se caracterizan por poseer entre 65 y 98% de astaxantina (Goodwin 1986; Czczuga, 1974). En dichos organismos vivos, se encuentra ligada a una proteína mediante enlaces no covalente, formando compuestos estables e hidrosolubles de color azul-grisáceo o verdoso llamados carotenoproteínas (Foss *et al.*, 1984), que al ser hidrolizados, ya sea por calentamiento (como sucede durante la cocción de los invertebrados comestibles), o por solventes orgánicos, se libera la astaxantina exhibiendo su característico color rojo-naranja. En algunos casos, el compuesto puede estar asociado firmemente con el material tegumentario como la quitina o el carbonato de calcio, impidiendo su completa extracción aún con solventes orgánicos (Gillou *et al.*, 1994).

Los crustáceos por sí mismos, son incapaces de sintetizar la astaxantina, por lo cual, dependen de una adecuada ingestión. En el caso particular de los camarones, éstos son capaces de oxidar y convertir el  $\beta$ -caroteno, la zeaxantina y otros pigmentos intermedios en astaxantina. Sin embargo, la proporción molecular necesaria de cada uno de los carotenoides para obtener una molécula de astaxantina es extremadamente elevada, por lo cual es un proceso metabólico altamente ineficiente (Latscha, 1989, 1991).

En los crustáceos, la pigmentación es debida a la presencia de la astaxantina en el caparazón o exoesqueleto y la hipodermis; en estos dos tejidos, en asociación con el hepatopáncreas, se deposita entre el 58 al 90% (Latscha, 1991).

Según Chen y Jeng (1992), del total de astaxantina depositada en el cuerpo de *Litopenaeus monodon*, aproximadamente el 45% está presente en la cabeza, la cual incluye el hepatopáncreas, el 28% en el caparazón y el 24% en la cola y se encuentra: a) en forma libre, es decir, sin esterificar la forma oxycarotenoidea; b) esterificada, la cual puede estarlo con una o dos cadenas largas de ácidos grasos, tales como el ácido palmítico, oleico, esteárico y linoleico (representando la mayor cantidad depositada en los tejidos); y c) asociada a proteínas, tales como, carotenoproteínas y carotenolipoproteínas, ya sea libre o esterificada. Esta asociación es la responsable del color característico de los crustáceos (Latscha, 1989).

Varias funciones fenológicas y/o fisiológicas los carotenoides como la astaxantina en especies acuícolas han sido comentadas en la literatura. Desde el punto de vista fenológicas, están la comunicación entre organismos, camuflaje, reproducción. Entre las fisiológicas se

menciona la protección de membranas celulares, antioxidante intracelular, mejoramiento de respuesta inmunológica no específica y reserva de oxígeno intracelular (Bendich, 1989; Chen y Jeng, 1992; Estermann, 1994; Kurmaly y Guo, 1995).

Los carotenoides presentes en el cefalotórax del camarón, están ligados al cefalotórax; estos presentan estructuras muy parecidas que, globalmente se conocen con el nombre de astaxantinas; así mismo está presente el astaceno, considerado como el producto oxidativo de la astaxantina (Meyers y Bligh, 1981; Chen y Meyers, 1982). Estudios fisiológicos han demostrado que este carotenoide en camarones incrementa la tolerancia al estrés, mejora la respuesta inmune, estabiliza la pared celular, puede ser una reserva intracelular de oxígeno, por lo que cumple la función de protector intracelular al quelar los radicales libres (Menasveta, 1993).

En un estudio acerca del contenido de pigmentos en desechos de cangrejos sin moler, se lograron extraer 150  $\mu\text{g/g}$  de pigmentos, que por cromatografía se obtuvo 49.4% de astaxantinas esterificadas, 40.3% de astaxantinas sin esterificar y 10.3% de astaceno (Meyers y Bligh, 1981).

Según Miki (1991), la astaxantina por naturaleza, tiene la habilidad de quelar sustancias tóxicas, protegiendo el ambiente intracelular de los organismos, colocándola como el mayor antioxidante celular en crustáceos. Bajo condiciones normales, el metabolismo celular produce rutinariamente productos tóxicos tales como: peróxidos, radicales libres y otros productos fruto de la oxidación celular, los cuales a menos que sean quelatados, afectarán las estructuras químicas de los organelos celulares. La potencia de la astaxantina como quelatador de radicales libres, en último término antioxidante, es aproximadamente 2500 veces la potencia de la vitamina E, conocida como el mayor antioxidante intracelular.

#### **4. JUSTIFICACION**

En México el consumo de productos marinos es muy bajo, en contraste con los productos avícolas que es alto. Por tal motivo, se consideró al huevo de gallina como vehículo para hacer llegar al consumidor los beneficios encontrados en los productos marinos, principalmente los que se encuentran en la fracción lipídica. Lo cual es posible a través de la modificación de la dieta de las aves. Por los antecedentes en la literatura se conoce que las harinas de cabezas de camarón y de langostilla son una fuente importante de estos elementos, por lo tanto, el mecanismo propuesto fue modificar la concentración y calidad del huevo mediante la inclusión en las dietas para aves de postura estas harinas.

Por otro lado, el huevo llega al consumidor a días de haber sido puesto, sin embargo el ama de casa o la empresa que los vende lo almacena a diferentes tiempos y temperaturas, por lo que se genera la duda de qué está sucediendo en el producto durante ese período de almacenamiento. Por lo que el planteamiento del problema es: ¿Permanece esa calidad y valor nutricional que se le impartió al huevo al modificar la dieta de las gallinas durante el tiempo y temperatura de almacenamiento?

## 5. OBJETIVOS E HIPOTESIS

### Objetivo general

Determinar el efecto que tendrán la inclusión de harina de cabezas de camarón (*Litopenaeus* spp) y harina de langostilla completa (*Pleuoncodes planipes*) en dietas para gallinas ponedoras, sobre la calidad física y química del huevo y a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.

### Objetivos particulares

Incorporar harina de cabezas de camarón (20%) y harina de langostilla completa (4%) a raciones para gallinas en producción.

Medir las variables productivas de las gallinas alimentadas con harina de cabezas de camarón y harina de langostilla completa.

Determinar la calidad física del huevo fresco y almacenado de gallinas alimentadas con harina de cabezas de camarón y harina de langostilla completa.

Cuantificar la concentración de proteína cruda, perfil de aminoácidos, vitaminas, minerales, lípidos totales, colesterol, perfil de ácidos grasos, pH, astaxantina, índice de peróxido y ácido tiobarbitúrico en huevos frescos y almacenados de gallinas alimentadas con harina de cabezas de camarón y harina de langostilla completa.

Calificar sensorialmente el color de la yema y el sabor del huevo fresco y almacenado de gallinas alimentadas con harina de cabezas de camarón y harina de langostilla completa.

### Hipótesis

La inclusión de la harina de cabezas de camarón (20%) y de harina de langostilla completa (4%) a dietas prácticas para gallinas en producción, no afecta las variables productivas, así como la calidad física, química y sensorial del huevo fresco y almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1 Obtención de la harina de cabezas de camarón y de harina de langostilla

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y en el CEIEPAV (Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Se recibieron 30 kg de harina de cabezas de camarón (HCC) procedentes de Proteínas Marinas y Agropecuarias S.A. de C.V., Guadalajara, Jal., y 5 kg de harina de langostilla completa (HL) procedentes del CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste), Unidad Guaymas, Sonora. A las harinas, por separado, se les realizaron los análisis Químico Aproximado (humedad, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas) por los métodos descritos por A.O.A.C. (2000); energía bruta por bomba calorimétrica Parr; perfil de aminoácidos por HPLC (cromatografía de alta resolución) (Manual Waters Acc-QTAG, Manual No. WAT052874, Abril 1993); lípidos totales y perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases (Folch *et al.*, 1957, Castro, *et al.*, 2001); análisis microbiológico (cuenta total, coliformes totales, *Salmonella* y *E.coli*) por técnicas del A.O.A.C. (2000) y cuantificación de astaxantina por HPLC (Bjerkeng *et al.*, 1997).

### 6.2 Preparación de dietas

Se formularon, por medio del programa Nutrition Windows TM versión 5.0 Pro (Comercializadora de Software S.A. de C.V.), tres dietas para gallinas ponedoras; una testigo, otra con harina de cabezas de camarón (20%) y otra con harina de langostilla completa (4%), sustituyendo parcialmente a la soya (Cuadro 4). Las dietas cubrieron las necesidades nutricias señaladas para gallinas ponedoras por el National Research Council (NRC, 1999).

**Cuadro 4. Formulación de las dietas experimentales (B.S.)  
(100 Kg)**

INGREDIENTES	DIETA TESTIGO	H. CABEZAS DE CAMARÓN	H. DE LANGOSTILLA
		20%	4%
Sorgo	73.45	60.61	71.28
Pasta de soya	13.56	4.88	13.70
<b>Harina de cabezas de camarón</b>	---	<b>20.00</b>	---
<b>H. Langostilla</b>	---	---	<b>4.00</b>
Carbonato de calcio	9.36	10.08	7.90
Aceite segunda	1.0	2.28	1.00
Ortofosfato de calcio	1.30	1.34	1.42
Metionina	0.12	---	---
Treonina	0.07	---	---
Lisina	0.24	---	---
Sal (NaCl)	0.39	0.35	0.25
Vits. Ponedoras <sup>1</sup>	0.25	0.25	0.25
Klinssil <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10
Avelut polvo 15 <sup>3</sup>	0.05	0.05	0.05
Avired <sup>4</sup>	0.02	---	---
Cloruro colina 60	0.05	0.05	0.05
Furacyl	0.03	0.016	0.016
IQ <sup>5</sup>	0.01	---	---
<b>Peso</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Precio</b>	<b>\$ 379.00</b>	<b>\$ 400.00</b>	<b>\$ 342.00</b>

<sup>1</sup> **Vitaminas** (por kg de dieta): A, 12000 UI; D3 2500 UIP; E, 30 UI; K3, 2 mg; tiamina, 2.25 mg; riboflavina, 7.5 mg; B6, 3.5 mg; B12, 0.02 mg; niacina, 45 mg; ácido pantoténico, 12.5 mg; biotina, 0.125 mg; ácido fólico, 1.5 mg. <sup>2</sup> **Klinssil**= secuestrante de micotoxinas; <sup>3</sup> **Avelut polvo 15**= xantofilas saponificadas naturales de harina de flor de cempoaxuchitl (amarillo 15ppm); <sup>4</sup> **Avired**= xantofilas rojas (cantaxantina 10 ppm); <sup>5</sup> **IQ**= BHT y BTU (antioxidantes).



### 6.3 Ensayo biológico y medición de variables productivas

Se utilizaron 135 gallinas ponedoras línea genética Isa-Brown (huevo rojo), de 32 semanas de edad. Éstas fueron distribuidas conforme a un diseño completamente al azar en 3 tratamientos con 5 repeticiones cada uno. Cada repetición fue de 9 gallinas, haciendo un total por tratamiento de 45 gallinas. Se alojaron 3 gallinas por jaula. El agua y alimento se suministraron a libre acceso durante las 4 semanas que duró el ensayo biológico. Las mediciones de las variables productivas: porcentaje de postura y peso promedio del huevo, al igual que el consumo de alimento (para calcular la conversión alimenticia), se midieron diariamente y fueron resumidos por semana.

La medición de las variables productivas se hizo de acuerdo a las fórmulas descritas por Quintana (1999).

Durante la semana 4 del ensayo, se colectaron 250 huevos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 1.- Análisis en huevo fresco.- 50 huevos/tratamiento (10 huevos para evaluación sensorial y 40 huevos para evaluar la calidad física y química).
- 2.- Análisis del huevo almacenado de cada tratamiento durante 15 días a temperatura ambiente (20°C) y en refrigeración (4°C) (10 huevos para evaluación sensorial y 40 huevos para evaluar la calidad física y química).
- 3.- Análisis del huevo almacenado de cada tratamiento durante 30 días a temperatura ambiente (20°C) y en refrigeración (4°C) (10 huevos para evaluación sensorial y 40 huevos para evaluar la calidad física y química del huevo).

Los criterios de selección de las gallinas para el trabajo fue de acuerdo a lo siguiente:

**Inclusión.**- Gallinas de 32 semanas de edad.

**Exclusión.**- Que padezcan de síndrome ascítico y/o deformación en las patas.

**Eliminación.**- Aquellas aves que enfermen, mueran o produzcan huevos en fáfara (sin cascarón) durante el ensayo.

#### 6.3.1 Análisis estadístico de las variables productivas

Se llevó a cabo un análisis de varianza con un diseño completamente al azar (ANDEVA) y las diferencias entre medias se analizaron mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% (SPSS, versión 11.0 para Windows).

## 6.4 Evaluación de la calidad física del huevo

Tanto a los huevos frescos como los almacenados durante 15 y 30 días, a temperatura ambiente (20°C) y refrigeración (4°C), se les hicieron las mediciones de: peso, altura de albúmina, Unidades Haugh (definidas como la altura de la albúmina expresada logarítmicamente y corregida con el peso del huevo, esta es la forma más utilizada en la actualidad para medir la calidad interna del huevo), grosor de cascarón y color de yema, utilizando un Equipo automatizado para la medición de calidad de huevo. Para estas variables se incluyeron huevos completos; se excluyendo huevos con cascarón fracturado, yemas con manchas de sangre o carne y los rotos.

**Peso del huevo.-** Cada pieza se pesó en una balanza analítica digital Ohaus.

**Altura de Albúmina.-** Se rompió cada cascarón y el contenido se depositó sobre una mesa de vidrio transparente. Para medir la altura de albúmina se colocó un calibrador (micrómetro) a un centímetro de distancia de la yema.

**Unidades Haugh.-** Se obtienen mediante la siguiente fórmula (Buxadé, 1987):

$$UH = 100 \log(h - 1.7 p^{0.37} + 7.6)$$

Donde: UH = Unidades Haugh; h = altura de albúmina (mm); p = peso del huevo (g)

**Color de yema.-** El mismo equipo automatizado cuenta con un colorímetro basado en la escala del abanico Roche cuyos valores van del 1 al 15, correspondiendo el amarillo más pálido al número 1 y el 15 a un amarillo-naranja más intenso.

**Grosor de cascarón.-** Del ecuador del cascarón se tomó una pequeña porción para medir el grosor del cascarón con un micrómetro.

## 6.5 Análisis Químicos a los huevos frescos y almacenados

Los huevos provenientes de los diferentes tratamientos, antes de su análisis químico, se sometieron al proceso de liofilización que consiste en eliminar el agua a una sustancia congelada evitando el paso por el estado líquido: se congela una solución acuosa de la sustancia química que se desea liofilizar y, a esa baja temperatura que impide cambios químicos de deterioro, se le somete a un alto vacío que hace pasar el agua del estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido. Es una forma de secar un producto a bajas temperaturas, sin el deterioro que produciría el recalentamiento.

El proceso comprende tres fases:

1. Congelación. Las muestras se someten a una temperatura inferior a  $-60^{\circ}\text{C}$ .
2. Liofilización primaria. Se calienta lentamente el producto para que desprenda su contenido líquido en forma de vapor, el cual queda condensado en el interior del recipiente que posee una temperatura inferior a la del producto ( $-60^{\circ}\text{C}$ ).
3. Secado. Se eliminan las moléculas de agua retenidas por absorción en el producto aparentemente seco.

La liofilización de los huevos se llevó a cabo en el Departamento de Microbiología, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Los análisis químicos realizados fueron: proteína cruda, minerales para huevo (Fe, P, Ca, Mg, Na, Zn y Cu), para cascarón (P, Mg y Ca), índice de peróxidos (A.O.A.C., 2000), Índice de rancidez por el método TBARS (Nichos *et al.*, 1994), lípidos totales (Folch *et al.*, 1957), perfil de ácidos grasos (Castro *et al.*, 2001), perfil de aminoácidos (Manual Waters, 1993), pH con potenciómetro y cuantificación de astaxantina (Bjerkeng *et al.*, 1997).

#### **6.5.1 Análisis estadístico.-**

Tanto los datos de calidad física, como de los análisis químicos del huevo, se analizaron de acuerdo a un diseño factorial  $3 \times 3 \times 2$  en donde los 3 factores analizados fueron: las dietas para gallinas (tratamiento), el tiempo y la temperatura.

Para la comparación múltiple entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan con la ayuda del paquete estadístico SPSS, versión 11.0 para Windows.

#### **6.6 Evaluación sensorial**

Las pruebas se llevaron a cabo en cubículos individuales con luz blanca, en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del INCMNSZ. Participaron 30 jueces no entrenados (ambos sexos), consumidores habituales de huevo. Esta prueba se llevó a cabo tanto para los huevos frescos como para los almacenados 15 y 30 días (medio ambiente y refrigeración). Se evaluó el Nivel de Agrado para el sabor del huevo (Prueba Hedónica) con el objetivo de conocer si se modificaron las características sensoriales del huevo debido a la inclusión de la harina de cabezas de

camarón y de harina de langostilla. Para esta prueba se utilizaron escalas categóricas que van desde "Gusta mucho", pasando por el "Es indiferente", hasta "Disgusta mucho" (Anexo 1). Para el análisis de estos datos, las categorías se convirtieron en puntaje que fueron del 1 al 5, donde 1 representó "disgusta mucho" y 5 "gusta mucho" (Pedrero y Pangborn, 1996).

La prueba consiste en presentar a cada juez, un plato con tres diferentes muestras de huevo preparado (revuelto sin aceite y sin sal), de los diferentes tratamientos acompañados con pan blanco, agua y un cuestionario.

Así mismo, se llevó a cabo una prueba de Preferencia para evaluar el color de la yema de los huevos obtenidos a partir de las distintas dietas experimentales. En esta participaron los mismos 30 jueces no entrenados, a los que se les presentó, a cada uno de ellos, una charola con 3 moldes transparentes con un huevo crudo completo en cada uno y un cuestionario para evaluar esta variable (Anexo 2) (Pedrero y Pargborn, 1996).

#### **6.6.1 Análisis estadístico.**

Los resultados obtenidos se analizaron con una prueba no paramétrica de Friedman con un nivel de confianza del 95% (Pedrero y Pargborn, 1996).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Composición química de las harinas de cabezas de camarón y de langostilla

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los análisis químico aproximado, astaxantina, minerales y microbiológico de las harinas de cabezas de camarón (HCC) y langostilla (HL).

La fracción más abundante resultó ser la proteína cruda (36.07% para HCC y 33.74% para HL). Los resultados de este trabajo resultaron ser inferiores, si se comparan con lo reportado por Charley (2004) para otro tipo de crustáceo (47.2%), y con los que Castro *et al.* (1995) publicaron (39.9% para langostilla). En cuanto a la cantidad de cenizas, el valor fue más alto en HCC (29.86%) con respecto al de HL (20.24%), lo cual se puede explicar, si se analiza el tipo de harina utilizada, que en el primer caso, únicamente se utilizó la cabeza, mientras que en el segundo, fue el crustáceo completo.

El extracto etéreo reflejó ser muy bajo en HCC (0.88%), similar a lo indicado por Charley (2004) de 0.80% para harina de camarón; en el caso de HL (7.29%), fue más alto que lo mencionado por el mismo autor para este crustáceo (4.9%), lo cual se debió probablemente a la temporada de captura, aunado a que esta harina estuvo constituida por hembras y machos. Posiblemente las hembras son las que mayor contenido de lípidos tendrían, ya que requieren almacenar energía para la reproducción (Castro *et al.*, 1995). Además, es común que en casi todos los crustáceos y peces marinos, debido a su dieta conformada de zooplancton y fitoplancton que son ricos en ácidos grasos insaturados. Para estas especies, la cantidad de lípidos almacenados, les permite tener una mayor fluidez, flexibilidad y permeabilidad de la membrana a bajas temperaturas, y al disminuir ésta en el agua, existe una incorporación mayor de ácidos grasos poliinsaturados en los tejidos (FAO, 1987).

La energía bruta obtenida en este estudio fue de 2.44 Kcal/g en HCC y de 2.56 Kcal/g en el caso de HL, similares a la contenida en la harina de carne (2.72 Kcal/g), y superiores en relación a lo indicado en la harina de cangrejo (0.756 Kcal/g) la cual presenta valores muy bajos (FAO, 1987). Es importante recordar que la manera en que los crustáceos obtienen la energía, es a partir del catabolismo de las proteínas principalmente, por lo cual el metabolismo de estos organismos es diferente al de los animales terrestres (FAO, 1987).

En este estudio solo se determinaron únicamente Ca, Mg y Na, por ser de los más importantes en la formulación de las dietas para aves, encontrando para HCC de 4.58%, 10.45% y 14.02%, mientras que en HL fueron 9.97%, 1.48% y 12.13%, respectivamente. El Ca junto con los fosfolípidos juega un papel importante en la regulación de la permeabilidad de la membrana y consecuentemente sobre la entrada de nutrimentos a la célula (Bliss, 1985; FAO, 1987). En las muestras de HL se observó que el porcentaje de Ca es similar a la H. de cangrejo 10-20% (FAO, 1987).

El contenido de astaxantina fue de 1.367 mg/100g para HCC y de 10.87 mg/100g para HL. Por su parte Norman *et al.* (2004), obtuvieron un contenido de astaxantina en tejido de camarón de 0.650 mg/100g para *Litopenaeidae vannami*, 0.980 mg/100g para *Litopenaeidae monodon* y 0.790 mg/100g para *Litopenaeidae japonicus*, lo cual fue similar a lo encontrado en este trabajo. Castro *et al.* (1995), obtuvieron para langostilla procesada, un 12% de astaxantina. Hencken (1992) quien trabajó con desechos de cangrejo procesado y sin procesar encontró 16.15 y 8.78 mg/100g respectivamente de astaxantina. La concentración total de carotenoides presentes en la langostilla hallada por Spinelli *et al.* (1974) fue de 10-16 mg/100g, resultando ser superior a lo mencionado por Wilkie (1972) de 8.3-9.9 mg/100g; sin embargo, se sabe que el 95% está constituido por astaxantina (Wilkie, 1972; Spinelli *et al.*, 1974; Schiedt *et al.*, 1985; Suárez, 1988). Se puede decir que en este estudio la cantidad de pigmento rojo (astaxantina total) quedó dentro del rango obtenido por dichos autores y que las variaciones en los resultados, puede deberse entre otros factores a la temperatura, zona de captura y profundidad, época del año, edad, sexo y estado reproductivo. En cuanto al análisis microbiológico los resultados obtenidos en este trabajo, dan una idea de que el manejo en el proceso de elaboración de las harinas fue el adecuado, ya que los datos obtenidos fueron menores o negativos a los reportados por la NOM-145-SSA1-1994 y 1995.

**Cuadro 5. Análisis químico proximal, astaxantina, minerales y microbiológico de la harina de cabezas de camarón y langostilla**

	<b>HARINA CABEZAS DE CAMARÓN</b>	<b>HARINA DE LANGOSTILLA</b>
Humedad (%)	9.027 ± 0.01	9.137 ± 0.07
Cenizas (%)	29.863 ± 0.03	20.241 ± 0.03
Extracto etéreo (%)	0.880 ± 0.03	7.291 ± 0.01
Proteína cruda (N x 5.4) (%)	36.072 ± 0.26	33.748 ± 0.14
Extracto libre de nitrógeno (%)	24.15	29.583
Energía bruta (Kcal/g)	2.447 ± 0.09	2.560 ± 0.02
Astaxantina libre (mg/100g)	1.367	10.87
Calcio (%)	4.58 ± 0.15	9.97 ± 0.05
Sodio (%)	10.45 ± 0.28	1.48 ± 0.08
Magnesio (%)	14.02 ± 0.21	12.13 ± 0.96
Bacterias mesófilas aerobias (Unidades Formadoras de Colonias/g)	2,500,000 (NOM-092-SSA1-1994)	1,300,000 (NOM-092-SSA1-1994)
Coliformes totales (Número Más Probable/g)	9.3 (NOM-112-SSA1-1994)	7.7 (NOM-112-SSA1-1994)
Coliformes fecales	0.9 (NOM-145-SSA1-1995, apéndice B)	0.5 (NOM-145-SSA1-1995, apéndice B)
<i>Salmonella</i> sp en 25g	Negativo (NOM-114-SSA1-1994)	Negativo (NOM-114-SSA1-1994)
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	Menos de 0.3 (NOM-145-SSA1-1995)	Menos de 0.6 (NOM-145-SSA1-1995)

En virtud del alto contenido de proteína encontrado en estas materias primas no convencionales, resultó importante evaluar la calidad de la misma, lo cual se hizo a través del análisis de aminoácidos, mismos que se presentan en el Cuadro 6, notándose que por lo que respecta a los aminoácidos indispensables para las aves, la mayoría se encuentran en

cantidades superiores a los reportados por Toma y Meyers (1975), a excepción de la arginina y serina que fueron mayores en este estudio para HCC. Por su parte, Castro (1993), publicó datos mayores para arginina y metionina, para harina de langostilla. Los demás aminoácidos fueron bajos en este estudio en relación a los reportados por NRC (1999).

De acuerdo a la fórmula propuesta por la FAO (1990) que sirve para obtener la cuenta química o "score" químico, el aminoácido limitante en ambos ingredientes fue la arginina, además en HCC también lo fue la serina, mientras que para HL la metionina, lo cual no fue una limitante, por lo que fue necesario agregar este aminoácido producido de manera sintética a la dieta. Lo anterior sirve de referencia para definir con qué otros ingredientes se pueden combinar para lograr una dieta equilibrada y que cumpla con las necesidades de aminoácidos indispensables para gallinas ponedoras (NRC., 1999).

**Cuadro 6. Perfil de aminoácidos de las harinas de cabezas de camarón y de langostilla.**  
(g de aa/100 g de proteína)

AMINOÁCIDO	HCC	HL
Isoleucina	4.12	3.98
Leucina	6.85	6.55
Lisina	10.12	10.02
Metionina	1.58	1.55
Cistina	2.02	1.98
Treonina	3.85	3.55
Valina	5.36	5.35
Arginina	3.75	3.68
Histidina	6.82	6.80
Glicina	7.81	7.56
Serina	3.46	3.42

Por otro lado, en el Cuadro 7, se puede observar que las harinas tanto de cabezas de camarón como de langostilla son un recurso natural de ácidos grasos insaturados, monoinsaturados y poliinsaturados, ya que en porcentaje aportan entre el 65 y 60% del total respectivamente. Los datos obtenidos concuerdan con lo publicado por Astiasarán y Martínez (2000), los cuales indicaron que los productos marinos son ricos en estos ácidos grasos. Por otra parte es interesante ver, que en proporción la cantidad de ácidos grasos saturados son



similares en ambas harinas, aunque en la HL, la cantidad presente es mucho mayor (en mg/100 g de producto), al igual que con los monoinsaturados y el EPA, esto como ya se mencionó se debe a las características de la harina. La HL presentó mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados que poliinsaturados, en relación a HCC. La proporción de EPA fue similar en ambas harinas, mientras que la de DHA, fue mayor en HCC.

**Cuadro 7. Perfil de ácidos grasos de la harina de cabezas de camarón y de langostilla**

<b>ACIDOS GRASOS</b>	<b>HARINA DE CABEZAS DE CAMARÓN (mg/100g)</b>	<b>ACIDOS GRASOS HCC (%)</b>	<b>HARINA DE LANGOSTILLA (mg/100g)</b>	<b>ACIDOS GRASOS HL (%)</b>
<b>Total Saturados</b>				
Mirístico	15.81	1.27	183.8	8.34
Palmitico	265.62	21.38	599.43	27.21
Estearico	155.11	12.48	115.24	5.23
<b>Total Monoinsaturados</b>				
Palmitoleico	53.61	4.3	373.95	16.97
Oleico	174.92	14.08	403.74	18.32
<b>Total Poliinsaturados</b>				
Acido linoléico (n-6)	92.19	7.42	27.45	1.24
Ac. $\alpha$ -linoléico (n-3)	25.24	2.03	11.38	0.51
Ac. Araquidónico (n-6)	100.78	8.11	24.23	1.09
Ac. Eicosapentaenoico (EPA) (n-3)	159.92	12.87	291.64	13.23
Ac. Docosahexaenoico (DHA) (n-3)	199.10	16.02	171.95	7.80

En el Cuadro 8 se muestra el aporte nutrimental calculado de las dietas de gallinas en cuyas raciones se incluyeron harina de cabezas de camarón (20%) y harina de langostilla (4%); se puede observar que las dietas se calcularon de tal manera que fueran isocalóricas e isoprotéicas y que aportaran las recomendaciones del NRC (1999) para gallinas de postura. Con la dieta de HL, por las características de la harina como ya se mencionó, se tuvo una presencia del doble de ácidos grasos poliinsaturados en relación a la dieta testigo, mientras que en HCC el valor fue intermedio siendo el mismo comportamiento para astaxantina.

**Cuadro 8. Aporte nutrimental de las dietas experimentales.**

	<b>TESTIGO</b>	<b>HCC (20%)</b>	<b>HL (4%)</b>
Energía (Kcal/g)	2.78	2.63	2.82
Proteína cruda (%)	15.12	15.10	15.11
Poliinsaturados (%)	1.65	2.98	3.12
Calcio (%)	3.45	4.89	3.51
Fósforo disp. (%)	0.28	0.24	0.27
Magnesio (%)	0.017	0.021	0.020
Sodio (%)	0.150	0.151	0.151
Metionina (%)	0.347	0.363	0.355
Lisina (%)	0.709	0.979	0.845
Lípidos Totales (g/100g)	5.77	5.89	7.32
Ácido Araquidónico n-6 (% FAME's)	0.29	0.15	0.97
Ácido $\alpha$ -linoléico n-3 (% FAME's)	3.23	4.97	7.24
Ácido linoleico n-6 (% FAME's)	39.60	41.19	48.33
EPA n-3 (% FAME's)	1.44	0.87	1.88
DHA n-3 (% FAME's)	0.19	1.51	2.32
Ataxantina (mg/100g)	---	0.23	0.46

## 7.2 Resultados de las Variables productivas

Como puede observarse, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) para las variables productivas entre los tratamientos (Cuadro 9), lo cual era de esperarse, dado que las dietas fueron isocalóricas e isoprotéicas; pero además indica que la inclusión de las harinas, tanto de cabezas de camarón, como de langostilla no causaron problemas en las aves. Estos datos concuerdan con lo referido por Carrillo *et al.* (2005) quienes incluyeron harina de langostilla en 3 y 6% en dietas para gallinas ponedoras; sin embargo, dichos autores mencionaron que niveles superiores podrían afectar la palatabilidad del alimento, bajar la producción de huevo y aumentar los niveles de agua en las heces provocando diarrea en las aves. En otro estudio, Carranco *et al.* (2006) incluyeron harina de cabezas de camarón en 10, 15, 20 y 25% en dietas para gallinas ponedoras, sin afectarse las variables con ninguno de los porcentajes de inclusión estudiados.

**Cuadro 9. Variables Productivas.**

	<b>Porcentaje de postura (%)</b>	<b>Peso promedio del huevo (g)</b>	<b>Indice de conversión</b>	<b>Consumo de alimento (ave/día/g)</b>	<b>Huevo producido (Kg)</b>
<b>Testigo</b>	88.35 ± 6.26	64.20 ± 1.30	2.07 ± 0.11	118 ± 2.54	9.97 ± 0.33
<b>HCC (20%)</b>	83.02 ± 2.55	64.24 ± 2.12	2.11 ± 0.14	112.8 ± 5.56	9.43 ± 0.55
<b>HL (4%)</b>	87.22 ± 7.78	62.5 ± 1.23	2.07 ± 0.15	112.74 ± 4.2	10.4 ± 0.98

No se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ).

### 7.3 Resultados de la Calidad física del huevo

La calidad física del huevo es importante, ya que a través de ella se puede distinguir un huevo fresco de uno almacenado; así mismo, las diferentes condiciones como son peso del huevo, altura de albúmina, Unidades Haugh y color de la yema, van a incidir en la preferencia del producto por parte del consumidor.

**Peso del huevo.** La NOM-159-SSA1-1996 clasifica al huevo según su peso en: Extra grande (mayor a 64g), Grande (60-64g), Mediano (55-60g), Chico (50-55g) y Canica (menor y/o igual a 50g). En cuanto a esta variable se puede observar (Cuadro 10) que se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a temperatura ambiente a partir de los 15 días de almacenamiento, no existiendo diferencia significativa en los huevos en refrigeración en los tres tratamientos. La dieta testigo mostró una disminución a los 30 días y a temperatura ambiente (63.8 a 60.1g); en el caso de HCC la pérdida de peso se observó desde los 15 días a 20°C. En HL se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el peso a los 30 días de almacenamiento. Lo anterior se puede explicar principalmente por la pérdida de humedad en los huevos, lo cual está relacionado con la composición del cascarón, que cuenta con dos membranas adheridas a éste y cuya función es la de evitar pérdidas de agua. La HCC favoreció probablemente el reforzamiento de las mismas, conservando sin cambios el contenido de humedad en el huevo.

Al realizar el análisis de varianza con arreglo factorial, se observó interacción únicamente entre tiempo/temperatura, en donde a mayor tiempo y temperatura, disminuyó el peso del huevo, manteniéndose sin diferencias significativas en los distintos tratamientos a los 15 días, por lo que se puede asumir que el tratamiento no afectó esta variable.

**CUADRO 10. Peso del huevo.**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	63.8 <sup>a</sup> ± 5.0	64.1 <sup>a</sup> ± 4.7	63.7 <sup>ab</sup> ± 4.3	64.7 <sup>a</sup> ± 3.5	60.1 <sup>bc</sup> ± 4.0
Harina de cabezas de camarón (20%)	64.2 <sup>a</sup> ± 3.8	64.2 <sup>a</sup> ± 3.3	64.2 <sup>b</sup> ± 4.0	63.2 <sup>a</sup> ± 3.9	61.4 <sup>b</sup> ± 4.4
Harina de Langostilla (4%)	63.7 <sup>ab</sup> ± 4.3	62.3 <sup>ab</sup> ± 5.9	61.4 <sup>b</sup> ± 4.0	61.5 <sup>b</sup> ± 4.0	59.2 <sup>c</sup> ± 3.6

a,b,c Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

**Altura de albúmina.** En los Cuadros 12 y 13 se observa una triple interacción ( $P < 0.05$ ) en la altura de albúmina, viéndose afectados significativamente los tratamientos, a diferentes temperaturas y tiempos. Lo que caracteriza a un huevo fresco es una mayor proporción de clara gruesa, es decir, que el carácter tipo gel de la misma es el resultado de la interacción entre la lizocima y la ovomucina. Durante el amacenamiento del producto existe una pérdida de agua y  $\text{CO}_2$  lo cual permite una alcalinización de la clara, elevando su pH de 7.6 a 9.7 aproximadamente, lo que favorece el rompimiento del complejo entre la lizocima y ovomucina, con la consecuencia de favorecer una clara delgada. El adelgazamiento de la clara eventualmente le da un aspecto de color amarillo e incluso nebulosa, lo anterior se pudo observar en los huevos almacenados a  $4^\circ$  y  $20^\circ\text{C}$  por 30 días, además de un efecto en la yema, en donde la membrana vitelina que mantiene a ésta en el centro se encogió y aplanó.

**Unidades Haugh (UH).** El método más popular para la medición de la frescura del huevo es por medio de las UH. La escala de éstas van de 0 a 110, y la interpretación de la misma determina el envejecimiento del huevo: a menor valor, mayor es el envejecimiento del huevo (NMX, 2004). Los valores más altos se presentaron en el huevo fresco, como era de esperarse, HCC y HL (76.1, 78.3 y 81.9 UH a  $20^\circ\text{C}$  respectivamente), los cuales fueron disminuyendo proporcionalmente igual para 15 y 30 días a  $4^\circ\text{C}$  y  $20^\circ\text{C}$ . Tomando en cuenta la clasificación de la Norma Oficial Mexicana (2004) (Cuadro 11) para las Unidades Haugh, el huevo almacenado a 15 y 30 días a  $4^\circ$  y  $20^\circ\text{C}$ . La Norma Oficial Mexicana (2004) considera datos diferentes dependiendo de la categoría del huevo, de acuerdo al peso del huevo (Cuadro 10), en este estudio se clasifica como grande, lo cual considera UH de 61 a 70 (Cuadro 11). En el Cuadro 13 se puede ver que los huevos almacenados a temperatura ambiente a partir de los 15 días, en todos los tratamientos no cumple con esta norma. Mientras que los almacenados a  $4^\circ\text{C}$  quedan dentro de la clasificación, siendo mejor para la HCC por su alto contenido de proteína y probablemente a la mayor resistencia a la ruptura del enlace lizocima-ovomucina.

**Cuadro 11. Clasificación del huevo en México**

CATEGORÍA	PESO (g)	ALTURA DE ALBÚMINA (mm)	UNIDADES HAUGH (UH)
Extra grande	> 64	> 5.5	> 70
Grande	> 60 hasta 64	> 4.2	61 a 70
Mediano	> 55 hasta 60	> 2.2	31 a 60
Chico	> 50 hasta 55	Fuera de clasificación	Fuera de clasificación
Canica	< ó = a 50	Fuera de clasificación	Fuera de clasificación

Fuente: NMX, 2004.

**CUADRO 12. Altura de albúmina.**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	6.2 <sup>b</sup> ± 0.99	5.3 <sup>c</sup> ± 0.82	3.5 <sup>f</sup> ± 1.03	4.8 <sup>d</sup> ± 0.94	2.8 <sup>g</sup> ± 0.74
Harina de cabezas de camarón (20%)	6.5 <sup>ab</sup> ± 1.19	4.9 <sup>d</sup> ± 1.13	4.1 <sup>e</sup> ± 1.23	4.9 <sup>d</sup> ± 0.94	3.0 <sup>g</sup> ± 0.95
Harina de Langostilla (4%)	6.9 <sup>a</sup> ± 1.16	5.4 <sup>c</sup> ± 0.88	3.5 <sup>f</sup> ± 0.77	4.6 <sup>d</sup> ± 0.78	2.7 <sup>g</sup> ± 0.49

a,b,c,d,e,f,g Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P &lt; 0.05).

**CUADRO 13. Unidades Haugh.**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	76.1 <sup>b</sup> ± 8.03	69.5 <sup>cd</sup> ± 7.39	49.6 <sup>g</sup> ± 13.1	64.4 <sup>e</sup> ± 9.6	41.5 <sup>h</sup> ± 11.24
Harina de cabezas de camarón (20%)	78.3 <sup>ab</sup> ± 8.37	64.1 <sup>e</sup> ± 12.59	57.4 <sup>f</sup> ± 14.86	65.8 <sup>de</sup> ± 8.87	43.9 <sup>h</sup> ± 13.42
Harina de Langostilla (4%)	81.9 <sup>a</sup> ± 8.62	70.7 <sup>c</sup> ± 7.97	50.6 <sup>g</sup> ± 9.94	63.4 <sup>e</sup> ± 7.66	41.1 <sup>h</sup> ± 9.14

a,b,c,d,e,f,g,h Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P &lt; 0.05).

**Color de yema.** La NOM-159-SSA1-1996, especifica que el color de la yema de huevo para plato puede ser entre 9 y 13 en la escala del Abanico Colorimétrico de Roche. En este estudio, el color de yema se vio afectado tanto por la inclusión de las harinas como por el tiempo y temperatura ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 14), disminuyendo el color con la inclusión de las harinas de cabezas de camarón y de langostilla a los 15 y 30 días a 20°C. Las dietas de los tratamientos en donde se incluyó HCC y HL, no se les adicionó Avired (xantofilas rojas o cantaxantina) como se puede constatar en el Cuadro 4, lo que se vió reflejado en el color de la yema de estos huevos. Así mismo, la reducción significativa del color a temperatura ambiente, pudo deberse a que la astaxantina es susceptible a la acción de la luz y a las condiciones de almacenamiento. Rojkind (1977) indicó que la aplicación de una mayor concentración de antioxidantes a las dietas, es una manera de proteger a los pigmentos presentes en ellas de la degradación oxidativa, con el objetivo de darles estabilidad y hacerlas disponibles, a fin de obtener en la yema un color agradable al consumidor, aún pasado algún tiempo de almacenamiento. En este estudio se decidió no adicionar antioxidantes a las dietas experimentales para observar si la astaxantina por sí misma, junto con la vitamina E podrían actuar como tal.

Los factores que llegan a afectar la coloración de la yema son entre otros: la cantidad de grasa presente en la dieta, ya que esta ayuda a la deposición del pigmento, sobretodo si predominan los ácidos grasos insaturados (Hencken, 1989, 1992); los que se refieren a las xantofilas presentes en la dieta, entre las que están la calidad de las mismas, su oxidación, la absorción y por supuesto la cantidad, la cual tiene que ser acorde al incremento en la producción del huevo; el stress en el ave también va a afectar, ya que este reduce el transporte de xantofilas al ovario (Coon, 2002).

**CUADRO 14. Color de yema.**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	10.8 <sup>b</sup> ± 0.93	11.3 <sup>a</sup> ± 0.88	10.1 <sup>c</sup> ± 0.63	11.2 <sup>ab</sup> ± 0.66	11.0 <sup>ab</sup> ± 0.76
Harina de cabezas de camarón (20%)	8.9 <sup>d</sup> ± 0.91	8.9 <sup>d</sup> ± 0.85	8.3 <sup>g</sup> ± 1.49	9.2 <sup>d</sup> ± 0.65	8.1 <sup>gh</sup> ± 1.02
Harina de Langostilla (4%)	8.8 <sup>de</sup> ± 0.79	8.5 <sup>cf</sup> ± 0.84	7.7 <sup>i</sup> ± 0.93	8.4 <sup>g</sup> ± 0.65	7.8 <sup>hi</sup> ± 1.04

a,b,c,d,e,f,g,h,i Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P < 0.05).

**Peso y grosor del cascarón.** El peso del cascarón (Cuadro 15) no se vio afectado por ninguno de los factores considerados (tratamiento, temperatura y tiempo), ya que las diferentes dietas estuvieron adicionadas con minerales, y como se puede observar en el Cuadro 8, solamente la dieta con HCC estuvo elevada en calcio en relación a las otras dietas, sin que esto causara una descompensación entre Ca-P. A través del tiempo y condiciones de almacenamiento seguido en este trabajo, no se observó efecto en el peso del cascarón (Cuadro 15). En cambio si se vio en el grosor de cascarón (Cuadro 16), se encontró un efecto de interacción tratamientos y tiempo. La disminución fue de un 13.9% para el testigo, 14.23% para HCC y del 11.67% para HL hasta los 30 días y a temperatura ambiente.

Tanto el peso, como el grosor del cascarón están influenciados por la dieta de la gallina y otros factores en el momento de la formación del huevo, así por ejemplo, si es expulsado del útero del ave antes de su formación total, el resultado será una cáscara fina y quebradiza; North y Bell, (1993) también mencionan que es muy importante en la formación de una cáscara resistente, la proporción y cantidad de minerales como son: calcio, fósforo, magnesio y la vitamina D contenidos en la alimentación del ave.

El factor más importante a considerar para la resistencia del cascarón es el calcio, desde su absorción, metabolismo y deposición en el retículo. Por otra parte, la fragilidad del cascarón se incrementa directamente proporcional al peso/tamaño del huevo y con elevadas temperaturas de almacenamiento, que conllevan a tener problemas de fragilidad en el cascarón, lo mismo cuando presenta un aumento en la temperatura en las casetas de las aves, debido a una disminución del consumo de alimento, por consecuencia, la ingestión del calcio de la ración es inferior a los niveles deseables. Cuando se dan estos casos el



organismo intenta compensar, eliminando aniones de bicarbonato en la orina; el anión carbónico es necesario en la formación del cascarón, al igual que el calcio. Al incrementar la temperatura entre 30 y 34°C, se ejerce una reducción del grosor del cascarón de casi 12%.

Otro factor importante para el grosor del cascarón son las capas interna y externa, que presentan pequeños orificios llamados poros, un huevo puede tener hasta 8,000. A través de ellos, el aire penetra al huevo para suministrar oxígeno al embrión en desarrollo y eliminar el bióxido de carbono y humedad. Los poros están cerrados casi por completo en un huevo recién puesto, pero el número de poros abiertos se va incrementando conforme pasa el tiempo de postura. La edad de la gallina también es importante, ya que el tamaño del huevo aumenta con la edad, coincidiendo que la asimilación del calcio se dificulta un poco más, por lo que esta condición debería de considerarse en el momento de formular la dieta (North y Bell, 1993).

**CUADRO 15. Peso del cascarón (g).**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	6.5 ± 0.59	6.44 ± 0.55	6.51 ± 0.50	6.54 ± 0.58	6.36 ± 0.71
Harina de cabezas de camarón (20%)	6.31 ± 0.49	6.36 ± 0.63	6.27 ± 0.69	6.23 ± 0.58	6.29 ± 0.62
Harina de Langostilla (4%)	6.19 ± 0.57	6.15 ± 0.58	6.29 ± 0.58	6.17 ± 0.62	6.19 ± 0.39

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

**CUADRO 16. Grosor de cascarón (micras).**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	472 <sup>a</sup> ± 27.75	406 <sup>b</sup> ± 27.09	404 <sup>b</sup> ± 27.37	396 <sup>bc</sup> ± 34.65	406 <sup>b</sup> ± 8.62
Harina de cabezas de camarón (20%)	471 <sup>a</sup> ± 28.07	399 <sup>bc</sup> ± 32.74	389 <sup>c</sup> ± 37.3	413 <sup>b</sup> ± 29.75	404 <sup>b</sup> ± 34.49
Harina de Langostilla (4%)	463 <sup>a</sup> ± 30.73	391 <sup>c</sup> ± 28.95	393 <sup>bc</sup> ± 27.54	405 <sup>b</sup> ± 38.01	409 <sup>b</sup> ± 23.87

a,b,c,d Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

#### 7.4 Resultados de los análisis químicos a los huevos frescos y almacenados

La calidad química del huevo es importante, ya que a través de ella se pueden evaluar los cambios que sufre un huevo fresco por el efecto del almacenamiento, específicamente lo que se refiere a proteína, aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos grasos, colesterol, peroxidación y pH mismos que van a incidir en la calidad de los mismos y preferencia de los consumidores.

Componentes como proteínas, aminoácidos, grasa total y macrominerales muestran escasa variación al modificar los componentes de la dieta del ave. Sin embargo, los microminerales, vitaminas, ácidos grasos, colesterol y pigmentos son los más afectados por cambios dietéticos; el efecto sería más o menos pronunciado en función del nutrimento en cuestión.

**Proteína Cruda.** En cuanto a la composición de la proteína se puede decir que fue estable, aunque se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos/tiempos/temperaturas. En el Cuadro 17 se presentan los resultados de proteína cruda en huevo liofilizado y se puede ver que en general que se presentó una desnaturalización de la proteína, como se observó en los datos de Unidades Hauh y altura de albúmina, y no una descomposición de la misma, ya que los aminoácidos no se vieron afectados como se observa en los Cuadros 18 y 19.

**CUADRO 17. Proteína cruda en huevos liofilizados.  
(g/100g)**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	48.88 <sup>b</sup> ± 0.51	50.32 <sup>a</sup> ± 0.0	50.01 <sup>a</sup> ± 0.31	50.12 <sup>a</sup> ± 0.43	47.38 <sup>b</sup> ± 0.26
Harina de cabezas de camarón (20%)	50.95 <sup>a</sup> ± 0.57	50.66 <sup>a</sup> ± 0.43	49.78 <sup>a</sup> ± 0.16	50.26 <sup>a</sup> ± 0.30	48.62 <sup>b</sup> ± 0.0
Harina de Langostilla (4%)	51.64 <sup>a</sup> ± 0.89	49.75 <sup>a</sup> ± 0.07	49.27 <sup>a</sup> ± 0.16	50.03 <sup>a</sup> ± 0.33	49.44 <sup>a</sup> ± 0.02

a,b Literales diferentes indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

**Perfil de aminoácidos.** Más importante que la cantidad total de proteína, lo es el consumo diario de aminoácidos necesarios para producir la proteína de yema y albúmina del huevo. Con la disminución de uno de esos aminoácidos se verá afectada la producción de

proteína de huevo, la cual disminuye (Desrosier, 1994), además de afectarse también el tamaño del huevo con el tiempo. Las harinas de cabezas de camarón y de langostilla, contienen 36.07 y 33.74% de proteína cruda respectivamente, con un buen balance de aminoácidos, como se puede observar en el Cuadro 6.

En los Cuadros 18 y 19 se presentan los resultados de los aminoácidos dispensables y no dispensables en los diferentes tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ), lo cual indica que la calidad de la proteína no se modificó por la inclusión de harina de cabezas de camarón y de langostilla, ni por el tiempo y temperatura de almacenamiento; la calidad de proteína está relacionada a la información genética de esta especie animal, misma que es considerada de un alto valor biológico, y de referencia para otro tipo de alimentos para consumo humano (Desrosier, 1994); de ahí la importancia de mantener las características originales.

Nuevamente, se presentó una desnaturalización de las proteínas, principalmente por cambios de pH, pérdida de solubilidad (coagulación) y además de formación de grupos sulfhidrilo (responsables de los olores desagradables del huevo en mal estado, dichas transformaciones son irreversibles) (Desrosier, 1994). En este trabajo no se observaron estos efectos en huevos almacenados durante un mes a diferentes temperaturas. A pesar de que con estos tratamientos sí se observaron cambios, específicamente en la altura de albúmina y Unidades Haugh, como se mencionó anteriormente en los Cuadros 15 y 16.

**CUADRO 18. Perfil de aminoácidos dispensables en huevos liofilizados.  
(g de aminoácidos/100g de proteína).**

TRATAMIENTOS	ISOLEU	LEUC	LIS	METIONINA	FENILALANINA	TREONINA	VALINA	ARGININA	HISTIDINA
<b>Testigo</b>	20.23 ± 0.155	32.55 ± 0.007	24.56 ± 0.021	12.54 ± 0.007	21.54 ± 0.00	16.88 ± 0.00	24.54 ± 0.014	24.57 ± 0.014	8.87 ± 0.007
<b>HCC</b>	21.42 ± 0.021	33.23 ± 0.021	25.86 ± 0.021	13.83 ± 0.014	22.05 ± 0.014	17.25 ± 0.021	25.66 ± 0.021	25.88 ± 0.007	9.94 ± 0.014
<b>HL</b>	21.02 ± 0.014	32.86 ± 0.021	25.76 ± 0.014	12.26 ± 0.014	21.84 ± 0.007	16.97 ± 0.014	24.97 ± 0.014	25.02 ± 0.014	9.26 ± 0.014
<b>Testigo/15/4°C</b>	20.04 ± 0.014	32.46 ± 0.014	24.26 ± 0.021	12.48 ± 0.021	21.22 ± 0.014	16.77 ± 0.007	24.51 ± 0.014	24.48 ± 0.00	8.78 ± 0.014
<b>HCC/15/4°C</b>	21.23 ± 0.028	32.93 ± 0.021	25.53 ± 0.028	13.56 ± 0.021	21.96 ± 0.021	17.14 ± 0.028	25.46 ± 0.028	25.79 ± 0.021	9.86 ± 0.021
<b>HL/15/4°C</b>	20.96 ± 0.021	32.56 ± 0.021	25.74 ± 0.035	12.25 ± 0.035	21.73 ± 0.155	16.85 ± 0.042	24.93 ± 0.021	24.86 ± 0.021	9.15 ± 0.021
<b>Testigo/30/4°C</b>	19.96 ± 0.021	32.16 ± 0.014	24.22 ± 0.035	12.43 ± 0.028	21.19 ± 0.028	16.73 ± 0.028	24.26 ± 0.014	24.36 ± 0.021	8.76 ± 0.014
<b>HCC/30/4°C</b>	21.20 ± 0.014	32.84 ± 0.014	25.42 ± 0.021	13.46 ± 0.021	21.96 ± 0.014	17.02 ± 0.021	25.10 ± 0.021	25.78 ± 0.014	9.76 ± 0.021
<b>HL/30/4°C</b>	20.93 ± 0.028	32.56 ± 0.021	25.55 ± 0.212	12.19 ± 0.021	21.76 ± 0.014	16.79 ± 0.021	24.85 ± 0.021	24.86 ± 0.014	9.12 ± 0.021
<b>Testigo/15/20°C</b>	19.86 ± 0.021	31.93 ± 0.021	23.86 ± 0.021	12.43 ± 0.021	21.13 ± 0.021	16.72 ± 0.014	23.97 ± 0.028	24.32 ± 0.014	8.76 ± 0.014
<b>HCC/15/20°C</b>	21.12 ± 0.021	32.46 ± 0.021	25.20 ± 0.014	13.44 ± 0.014	21.92 ± 0.021	16.58 ± 0.381	25.28 ± 0.014	25.60 ± 0.014	9.71 ± 0.007
<b>HL/15/20°C</b>	20.83 ± 0.021	32.45 ± 0.021	25.63 ± 0.028	12.11 ± 0.028	21.76 ± 0.021	16.83 ± 0.028	24.76 ± 0.014	24.88 ± 0.028	9.10 ± 0.028
<b>Testigo/30/20°C</b>	19.82 ± 0.014	31.18 ± 0.014	23.52 ± 0.021	12.36 ± 0.021	21.03 ± 0.014	16.66 ± 0.014	23.76 ± 0.014	24.03 ± 0.028	8.63 ± 0.021
<b>HCC/30/20°C</b>	19.96 ± 0.021	31.99 ± 0.021	25.06 ± 0.021	13.24 ± 0.042	24.56 ± 0.021	16.53 ± 0.028	25.14 ± 0.028	25.36 ± 0.021	9.36 ± 0.021
<b>HL/30/20°C</b>	20.77 ± 0.042	32.43 ± 0.021	25.56 ± 0.021	12.05 ± 0.049	21.73 ± 0.021	16.82 ± 0.021	24.71 ± 0.007	24.86 ± 0.021	9.08 ± 0.021

No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ )

**Cuadro 19. Perfil de aminoácidos no dispensables en huevos liofilizados.  
(g de aminoácido/100g de proteína)**

TRATAMIENTOS	CISTEÍNA	TIROSINA	ALANINA	ASPARAGINA	GLUTAMINA	GLISINA	PROLINA	SERINA
<b>Testigo</b>	9.26 ± 0.014	16.54 ± 0.007	21.56 ± 0.028	37.86 ± 0.021	45.58 ± 0.007	12.88 ± 0.014	13.54 ± 0.007	29.56 ± 0.021
<b>HCC</b>	10.21 ± 0.007	17.26 ± 0.021	22.05 ± 0.014	38.93 ± 0.021	47.26 ± 0.014	13.56 ± 0.021	14.76 ± 0.014	31.52 ± 0.021
<b>HL</b>	10.03 ± 0.021	16.88 ± 0.007	21.96 ± 0.021	38.22 ± 0.021	46.86 ± 0.021	13.06 ± 0.021	14.15 ± 0.021	30.23 ± 0.028
<b>Testigo/15/4°C</b>	9.26 ± 0.021	16.26 ± 0.021	22.15 ± 0.105	37.82 ± 0.014	45.43 ± 0.021	12.83 ± 0.021	13.43 ± 0.021	29.48 ± 0.014
<b>HCC/15/4°C</b>	10.16 ± 0.035	17.15 ± 0.014	22.02 ± 0.021	37.95 ± 0.035	47.13 ± 0.021	13.49 ± 0.021	14.74 ± 0.035	31.45 ± 0.021
<b>HL/15/4°C</b>	9.97 ± 0.014	16.86 ± 0.021	21.93 ± 0.028	38.15 ± 0.021	46.76 ± 0.007	13.03 ± 0.028	14.07 ± 0.028	30.18 ± 0.035
<b>Testigo/30/4°C</b>	9.22 ± 0.021	16.20 ± 0.021	21.46 ± 0.014	37.78 ± 0.014	45.38 ± 0.007	12.78 ± 0.014	13.37 ± 0.007	29.42 ± 0.014
<b>HCC/30/4°C</b>	10.12 ± 0.021	17.03 ± 0.028	21.85 ± 0.035	37.72 ± 0.021	47.03 ± 0.028	13.43 ± 0.021	14.66 ± 0.021	31.36 ± 0.021
<b>HL/30/4°C</b>	9.93 ± 0.028	16.82 ± 0.035	21.85 ± 0.042	38.03 ± 0.028	46.66 ± 0.021	12.93 ± 0.028	14.04 ± 0.049	30.10 ± 0.049
<b>Testigo/15/20°C</b>	9.22 ± 0.014	16.15 ± 0.021	21.26 ± 0.014	37.54 ± 0.007	45.33 ± 0.007	12.76 ± 0.014	13.32 ± 0.014	29.34 ± 0.014
<b>HCC/15/20°C</b>	10.03 ± 0.021	17.04 ± 0.028	21.86 ± 0.014	37.86 ± 0.021	46.96 ± 0.021	13.46 ± 0.021	14.56 ± 0.021	31.37 ± 0.014
<b>HL/15/20°C</b>	9.86 ± 0.028	16.83 ± 0.014	21.86 ± 0.014	38.11 ± 0.007	46.53 ± 0.028	12.96 ± 0.007	14.03 ± 0.021	30.06 ± 0.021
<b>Testigo/30/20°C</b>	9.15 ± 0.021	16.02 ± 0.014	21.07 ± 0.014	37.34 ± 0.014	45.25 ± 0.007	12.66 ± 0.021	13.27 ± 0.021	29.26 ± 0.021
<b>HCC/30/20°C</b>	9.93 ± 0.035	16.86 ± 0.021	21.73 ± 0.028	37.54 ± 0.007	46.76 ± 0.021	13.23 ± 0.028	14.36 ± 0.021	31.14 ± 0.028
<b>HL/30/20°C</b>	9.83 ± 0.028	16.78 ± 0.042	21.83 ± 0.028	38.08 ± 0.035	46.51 ± 0.007	12.93 ± 0.028	13.96 ± 0.021	30.02 ± 0.021

No se detectaron diferencias estadísticas (P > 0.05)

**Vitaminas hidro y liposolubles.** El contenido de vitaminas hidro y liposolubles (Cuadro 20) no mostraron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ). Entre las funciones de las vitaminas A, D y E en el organismo está la de actuar como antioxidantes, y por lo tanto, en la formulación de las dietas, únicamente en la testigo se incluyó BHT (butilhidroxitolueno) como antioxidante (Cuadro 4), mientras que en las dietas experimentales (HCC y HL), se consideró a la astaxantina como antioxidante natural, lo cual ayudó a que estas vitaminas no se oxidaran, reflejándose ésto en los resultados presentados, lo cual más adelante se discutirá (Cuadro 32).

Análisis recientes de huevos de diferentes procedencias mostraron una alta variabilidad en el contenido de vitaminas. El rango más amplio se observó en las vitaminas A y B<sub>12</sub> y el más estrecho en riboflavina. La variabilidad en el contenido en vitaminas cobra importancia cuando se considera el etiquetado de nutrimentos del alimento (Naber y Squires, 1993).

CUADRO 20. Vitaminas Lipo e Hidrosolubles en huevos liofilizados.

TRATAMIENTOS	Tocoferol (vitamina E) mg/100g	Retinol (vitamina A) UI*	Colecalciferol (vitamina D) µg/100g	Niacina mg/100g	Tiamina (vitamina B <sub>1</sub> ) mg/100g	Riboflavina (vitamina B <sub>2</sub> ) mg/100g
Testigo	9.22 ± 0.700	9744.3 ± 0.353	7.37 ± 0.00	0.547 ± 0.00	0.634 ± 0.001	1.565 ± 0.021
HCC	9.77 ± 0.007	9614.6 ± 0.424	7.35 ± 0.00	0.545 ± 0.001	0.632 ± 0.001	1.525 ± 0.007
HL	9.64 ± 0.014	9608.5 ± 0.424	7.3 ± 0.028	0.549 ± 0.001	0.623 ± 0.002	1.545 ± 0.007
Testigo/15/4°C	9.66 ± 0.021	9699.2 ± 0.942	7.34 ± 0.014	0.543 ± 0.001	0.632 ± 0.001	1.565 ± 0.007
HCC/15/4°C	9.75 ± 0.028	9608.5 ± 0.042	7.32 ± 0.014	0.543 ± 0.001	0.630 ± 0.001	1.490 ± 0.00
HL/15/4°C	9.60 ± 0.014	9602.3 ± 0.021	7.22 ± 0.014	0.543 ± 0.004	0.620 ± 0.001	1.530 ± 0.00
Testigo/30/4°C	9.63 ± 0.021	9677.3 ± 0.014	7.29 ± 0.014	0.542 ± 0.001	0.630 ± 0.00	1.534 ± 0.007
HCC/30/4°C	9.71 ± 0.00	9604.1 ± 0.084	7.25 ± 0.007	0.541 ± 0.00	0.632 ± 0.003	1.476 ± 0.00
HL/30/4°C	9.58 ± 0.007	9596.3 ± 0.035	7.18 ± 0.014	0.531 ± 0.004	0.615 ± 0.001	1.512 ± 0.00
Testigo/15/20°C	9.53 ± 0.021	9680.5 ± 0.028	7.21 ± 0.007	0.543 ± 0.004	0.626 ± 0.002	1.435 ± 0.021
HCC/15/20°C	9.66 ± 0.028	9588.6 ± 0.070	7.14 ± 0.007	0.541 ± 0.001	0.629 ± 0.00	1.482 ± 0.00
HL/15/20°C	9.57 ± 0.014	9598.1 ± 0.148	7.02 ± 0.014	0.532 ± 0.003	0.617 ± 0.001	1.522 ± 0.00
Testigo/30/20°C	9.47 ± 0.007	9666.5 ± 0.028	7.16 ± 0.014	0.534 ± 0.005	0.620 ± 0.001	1.415 ± 0.007
HCC/30/20°C	9.64 ± 0.014	9576.2 ± 0.056	7.08 ± 0.014	0.534 ± 0.006	0.620 ± 0.002	1.462 ± 0.00
HL/30/20°C	9.54 ± 0.014	9585.1 ± 0.021	6.97 ± 0.007	0.531 ± 0.002	0.613 ± 0.00	1.521 ± 0.00

No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ )

\* 1 UI de vitamina A = equivalente biológico de 0.3 µg de retinol.

**Minerales en el huevo.** El huevo es un alimento importante para la población humana, por lo que su aporte de minerales debe de ser considerado. En el Cuadro 21 se presentan los resultados para Fe, P, K, Ca, Mg, Na, Zn y Cu, en los huevos liofilizados, mismos que se analizarán a continuación, encontrándose diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). En HCC se encontró un efecto de interacción entre tiempos y tratamientos con el valor más alto para Fe en huevo fresco (39.4 mg/100g) hasta los 30/20°C (13.95 mg/100g). Los huevos de las aves alimentadas con HL fueron las que presentaron menor cantidad de este mineral, siendo para el huevo fresco de 24.4 mg/100g hasta los 30 días/20°C de 9.8 mg/100g, casi similar al tratamiento testigo (10.9 mg/100g). La interacción encontrada para P fue entre tratamientos, siendo mayor para HCC fresco (819.1 mg/100g), seguido de HL y testigo (588.4 y 542.5 mg/100g) respectivamente; teniendo mayor pérdida de este mineral HCC a los 15 días/4°C (763.5 mg/100g).

En el caso del magnesio se puede observar que la dieta con HCC se mantuvo durante el tiempo de almacenamiento, no así para HL que en fresco tuvo 43.3 mg/100g éste mineral disminuyó a los 30 días/20°C (39.3 mg/100g), mientras que en el testigo únicamente a los 30 días/20°C disminuyó (43.3 mg/100g); esto se pudo deber a que la harina de cabezas de camarón presenta mayor cantidad de magnesio (14.02 g/100g) que la harina de langostilla (12.13 g/100g).

Los análisis de calcio, sodio y cobre presentaron interacción entre tratamiento/temperatura/tiempo ( $P < 0.05$ ). El Ca fue mayor en el huevo testigo fresco (935.6 mg/100g), disminuyendo a 15 días/4° y 20°C (839.9 – 860.9 mg/100g) respectivamente; para HCC fresco (860.9 mg/100g) bajó a los 15 días/4° y 20°C (806 – 772.7 mg/100g) respectivamente, no así para los huevos con HL fresco (871.5 mg/100g) en los que bajó hasta 619.3 mg/100g almacenado 30 días/20°C; por lo que la explicación a esta pérdida de Ca pudo deberse a su solubilidad en agua y la humedad del medio.

La mayor cantidad de sodio se presentó en el huevo HL fresco (652.51 mg/100g) y conforme pasó el tiempo de almacenamiento éste se incrementó a los 15 y 30 días/20°C (730.2 – 724.8 mg/100) respectivamente. La menor cantidad de este mineral fue para el huevo testigo fresco con 312 mg/100g, concentrándose más a los 15 y 30 días/20°C (761.2 y 775.5 mg/100g). La explicación para este incremento de Na en todos los tratamientos puede ser que se concentró conforme hubo pérdida de humedad.



**Minerales en cascarón.** La dureza del cascarón del huevo tiene importancia, ya que permitirá menos pérdidas en el transporte por ruptura de los mismos. El calcio es uno de los elementos necesarios para el mantenimiento, producción de huevo y buena calidad del cascarón. Es el componente inorgánico más abundante del esqueleto, es importante para su formación y mantenimiento; además de sus funciones en la coagulación de la sangre, de activador y desactivador de enzimas, secreción de hormonas, etc. (Cuca, 2005). El Ca, en la gallina de postura, es elemental ya que en el cascarón se deposita de manera constante en grandes cantidades, mientras que la cantidad de fósforo es cien veces menor, éste último está muy ligado al metabolismo del Ca. Estudios recientes apuntan a que el nivel de Ca en la dieta debe ser mayor (Bart *et al.*, 2002), y que el nivel óptimo para una buena calidad del cascarón es mayor que para la máxima producción de huevo. De acuerdo con North y Bell (1993) el cascarón constituye entre el 9 y el 12 % del peso total del huevo, en donde el carbonato de calcio tiene 94% como componente estructural, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio (1.3%) y fosfato de calcio (0.8%) y demás materiales orgánicos incluyendo proteínas. Si bien el Calcio está presente en gran cantidad (47g/100g en cascarón), es poco biodisponible. Pese a ello, en ciertas regiones muy pobres y con escasez de lácteos (además de otros alimentos), la cáscara se suele lavar y triturar hasta lograr un polvillo blanco que se incorpora a preparaciones tales como purés, papillas, polenta, etc. (Monroy y Viniegra, 1990). En este estudio los niveles de calcio en el cascarón en huevo fresco/testigo fue de 36116.3 mg/100g, disminuyendo a los 15 días/4°C (35460.3 mg/100g); para HCC fresco de 35612 mg/100g, bajando a 35334.3 mg/100g a los 15 días/20°C y para HL fresco de 35864.9 mg/100g reduciendo a 35808.4 mg/100g a los 15 días/20°C, aún así no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 22).

Para los huevos testigo, HCC y HL frescos, la cantidad de fósforo fue de 120.1, 153.3 y 155.8 mg/100g respectivamente, presentando la mayor pérdida en el huevo testigo a los 15 días/4° y 20°C (126.8 y 108.13 mg/100g) siendo el comportamiento igual para HCC (146.4 y 148.5 mg/100g); no así para HL que la pérdida se presentó a los 15 y 30 días/20°C (140.4 y 149.3 mg/100g). Es necesario considerar que aunque se presenta una interacción Ca y P que afecta la calidad del cascarón, son pocos los estudios que se han llevado a cabo respecto a la cantidad de Ca y P en la dieta necesarios para la gallina en postura (Cuca, 2005; Valdés *et al.*, 2007), éstos autores mencionan que para lograr una buena calidad de cascarón se deben usar niveles de Ca de 4.2% pero se debe incrementar de manera proporcional el nivel de P. Por otro

lado también es necesario tomar en cuenta varios factores como la estirpe, producción de huevo, calidad del cascarón, temperatura ambiental, entre otros.

Otro mineral analizado fue el Mg el cual disminuyó en el huevo testigo fresco de 342.85 mg/100g a 336.9 mg/100g a los 15 días/4°C, presentándose en HCC la mayor pérdida a los 30 días/20°C con 329.3 mg/100g. Este efecto se pudo haber ocasionado por la disminución de los demás oligoelementos, lo que provocó la concentración de éste. A pesar de la variación en los minerales en el cascarón, no se afectó el grosor como se observa en el Cuadro 16.

Para el hierro no se presentó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre todos los tratamientos/tiempos/temperaturas de almacenamiento.

**CUADRO 21. Minerales en huevo Liofilizado**  
(mg/100g)

TRATAMINETOS	HIERRO	FÓSFORO	MAGNESIO	CALCIO	SODIO	COBRE	CINCO	POTASIO
Huevo fresco:								
Testigo	13.14 <sup>abc</sup> ± 1.31	757.89 <sup>jk</sup> ± 10.17	48.05 <sup>cde</sup> ± 1.42	912.33 <sup>b</sup> ± 2.37	1441.31 <sup>a</sup> ± 15.17	6.28 <sup>bc</sup> ± 0.37	5.94 ± 0.37	635.80 <sup>cd</sup> ± 2.63
HCC	13.05 <sup>abc</sup> ± 0.68	780.95 <sup>h</sup> ± 15.10	51.08 <sup>a</sup> ± 0.95	940.42 <sup>a</sup> ± 4.99	664.94 <sup>f</sup> ± 16.34	6.15 <sup>c</sup> ± 0.35	5.14 ± 0.89	614.32 <sup>e</sup> ± 1.20
HL	9.62 <sup>hi</sup> ± 0.13	843.69 <sup>cd</sup> ± 8.32	47.86 <sup>de</sup> ± 1.84	863.81 <sup>c</sup> ± 8.03	759.65 <sup>f</sup> ± 8.55	5.41 <sup>d</sup> ± 0.53	4.89 ± 0.11	611.56 <sup>e</sup> ± 15.07
Testigo/15/4°C	11.98 <sup>cde</sup> ± 0.97	819.7 <sup>d</sup> ± 9.12	48.3 <sup>bcd</sup> ± 0.42	838.9 <sup>de</sup> ± 10.58	718.8 <sup>gh</sup> ± 11.61	6.42 <sup>abc</sup> ± 0.20	5.03 ± 0.14	595.4 <sup>f</sup> ± 15.92
HCC/15/4°C	12.38 <sup>bcd</sup> ± 0.67	763.5 <sup>i</sup> ± 6.49	50.5 <sup>abc</sup> ± 1.07	806.0 <sup>f</sup> ± 9.67	773.49 <sup>f</sup> ± 14.44	6.49 <sup>abc</sup> ± 0.14	4.62 ± 0.32	633.5 <sup>bcd</sup> ± 11.53
HL/15/4°C	9.75 <sup>hi</sup> ± 0.22	777.3 <sup>hi</sup> ± 13.55	48.36 <sup>cd</sup> ± 3.30	626.1 <sup>hi</sup> ± 7.62	844.34 <sup>de</sup> ± 8.08	3.28 <sup>e</sup> ± 0.11	5.3 ± 0.31	645.80 <sup>c</sup> ± 15.19
Testigo/30/4°C	11.05 <sup>def</sup> ± 0.64	857.78 <sup>bc</sup> ± 10.52	51.1 <sup>a</sup> ± 1.66	849.1 <sup>d</sup> ± 8.98	723.61 <sup>gh</sup> ± 13.59	6.33 <sup>abc</sup> ± 0.54	5.28 ± 0.43	636.8 <sup>cd</sup> ± 9.45
HCC/30/4°C	13.47 <sup>ab</sup> ± 0.52	794.0 <sup>gh</sup> ± 9.86	51.2 <sup>a</sup> ± 1.45	828.36 <sup>e</sup> ± 6.20	733.64 <sup>g</sup> ± 8.01	6.52 <sup>abc</sup> ± 0.47	5.37 ± 0.58	635.95 <sup>cd</sup> ± 10.25
HL/30/4°C	10.61 <sup>ghi</sup> ± 0.74	803.01 <sup>g</sup> ± 1.06	42.05 <sup>g</sup> ± 1.35	635.4 <sup>h</sup> ± 2.68	825.81 <sup>e</sup> ± 8.97	3.36 <sup>e</sup> ± 0.15	6.18 ± 1.77	734.19 <sup>e</sup> ± 17.68
Testigo/15/20°C	11.45 <sup>def</sup> ± 0.72	741.28 <sup>k</sup> ± 7.07	45.8 <sup>ef</sup> ± 0.14	870.9 <sup>c</sup> ± 12.24	1081.25 <sup>c</sup> ± 7.91	6.52 <sup>abc</sup> ± 0.45	5.3 ± 0.32	621.5 <sup>de</sup> ± 13.01
HCC/15/20°C	13.74 <sup>a</sup> ± 0.46	867.27 <sup>ab</sup> ± 6.04	50.8 <sup>ab</sup> ± 0.23	782.7 <sup>g</sup> ± 2.14	767.57 <sup>f</sup> ± 11.96	6.85 <sup>ab</sup> ± 0.50	6.3 ± 1.54	610.8 <sup>ef</sup> ± 5.43
HL/15/20°C	9.14 <sup>f</sup> ± 0.11	819.8 <sup>e</sup> ± 6.35	47.6 <sup>de</sup> ± 1.58	832.0 <sup>e</sup> ± 10.64	658.17 <sup>f</sup> ± 10.77	5.13 <sup>d</sup> ± 0.13	5.52 ± 1.24	625.9 <sup>de</sup> ± 10.53
Testigo/30/20°C	10.99 <sup>efg</sup> ± 0.41	840.1 <sup>d</sup> ± 10.42	43.3 <sup>g</sup> ± 0.67	871.5 <sup>c</sup> ± 8.73	1115.53 <sup>b</sup> ± 19.50	6.41 <sup>abc</sup> ± 0.14	5.1 ± 0.03	611.3 <sup>ef</sup> ± 8.93
HCC/30/20°C	13.95 <sup>a</sup> ± 1.12	820.7 <sup>e</sup> ± 14.44	47.9 <sup>de</sup> ± 1.22	847.1 <sup>d</sup> ± 10.66	703.5 <sup>h</sup> ± 15.37	6.88 <sup>e</sup> ± 8.62	5.9 ± 0.67	613.8 <sup>e</sup> ± 3.53
HL/30/20°C	9.83 <sup>ghi</sup> ± 0.55	878.9 <sup>a</sup> ± 12.51	45.97 <sup>de</sup> ± 2.24	619.3 <sup>i</sup> ± 4.82	856.46 <sup>d</sup> ± 13.76	3.2 <sup>e</sup> ± 0.29	5.2 ± 0.15	674.08 <sup>e</sup> ± 2.57

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P < 0.05). Zn sin diferencia estadística (P > 0.05).

**CUADRO 22. Minerales en cascarón  
(mg/100g)**

TRATAMIENTOS	HIERRO	FÓSFORO	MAGNESIO	CALCIO
Testigo	5.94 ± 0.54	120.1 <sup>ef</sup> ± 3.39	342.85 <sup>defg</sup> ± 7.69	36116.39 ± 175.08
HCC	5.98 ± 1.73	153.3 <sup>abcd</sup> ± 16.13	351.49 <sup>abcd</sup> ± 7.14	35612.08 ± 392.08
HL	5.06 ± 1.52	155.8 <sup>abc</sup> ± 8.62	340.52 <sup>defg</sup> ± 5.87	35864.95 ± 360.74
<b>Testigo/15/4°C</b>	4.81 ± 0.82	126.81 <sup>def</sup> ± 39.58	336.90 <sup>efg</sup> ± 2.21	35460.32 ± 1624.13
HCC/15/4°C	5.64 ± 0.36	146.4 <sup>abcde</sup> ± 17.01	345.6 <sup>bcd</sup> ± 4.80	36201.14 ± 335.68
HL/15/4°C	5.26 ± 0.23	154.16 <sup>abcd</sup> ± 8.32	355.53 <sup>abc</sup> ± 14.7	36173.84 ± 326.14
Testigo/30/4°C	5.13 ± 1.15	135.2 <sup>def</sup> ± 26.04	348.36 <sup>bcd</sup> ± 2.40	36407.31 ± 259.33
HCC/30/4°C	5.38 ± 0.09	148.5 <sup>abcd</sup> ± 8.62	357.97 <sup>ab</sup> ± 8.75	36289.06 ± 426.36
HL/30/4°C	4.95 ± 0.03	158.1 <sup>abc</sup> ± 9.74	337.28 <sup>defg</sup> ± 11.38	36276.40 <sup>a</sup> ± 213.77
<b>Testigo/15/20°C</b>	5.33 ± 0.74	108.13 <sup>f</sup> ± 16.36	338.74 <sup>defg</sup> ± 10.54	36739.26 ± 157.38
HCC/15/20°C	3.78 ± 0.24	173.26 <sup>a</sup> ± 16.36	365.21 <sup>a</sup> ± 5.42	35334.30 ± 268.45
HL/15/20°C	4.63 ± 0.32	140.4 <sup>bcd</sup> ± 8.94	333.7 <sup>fg</sup> ± 6.55	35808.42 ± 269.13
Testigo/30/20°C	4.05 ± 0.07	165.5 <sup>ab</sup> ± 3.42	346.85 <sup>bcd</sup> ± 15.54	36602.64 ± 2584.39
HCC/30/20°C	5.22 ± 1.90	160.2 <sup>abc</sup> ± 9.42	329.30 <sup>g</sup> ± 9.09	35913.19 ± 595.98
HL/30/20°C	4.60 ± 0.35	149.3a <sup>bcd</sup> ± 11.19	340.62 <sup>defg</sup> ± 3.58	35810.07 ± 113.61

a,b,c,d,e,f,g Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P < 0.05). Fe y Ca sin diferencia estadística (P > 0.05).

**Lípidos totales.** En la actualidad se ha dedicado una gran importancia al contenido de lípidos en los alimentos, así como a la composición de los mismos y su relación con la cantidad de colesterol. El huevo es uno de los alimentos que mayor satanización a sufrido, haciéndolo responsable de las enfermedades cardiovasculares en el humano, de ahí la importancia de buscar alternativas de alimentación en las aves de postura que incidan en la composición lipídica del huevo. En el Cuadro 23 se presentan los resultados de la cantidad de lípidos totales en huevo liofilizado, encontrándose diferencias significativas para las variables de tratamiento/temperatura/tiempo en el contenido de esta variable. El mayor contenido se manifestó en el huevo fresco procedente de las gallinas alimentadas con HCC (47.21 mg/100g), no se encontró diferencia entre los otros dos tratamientos. Con respecto a la inclusión de HCC, conforme pasó el tiempo de almacenamiento y a las temperaturas de 4° y 20°C, la mayor disminución se vio en los 30 días/4°C (41.37 mg/100g), aunque cabe mencionar que para los 30 días/20°C el valor fue mayor (49.22 mg/100g), no obstante, se pensaría que este comportamiento sería más lógico en refrigeración, como se presenta en el caso de los huevos del grupo HL, que disminuyó conforme pasó el tiempo, pero también se observó el mismo fenómeno pero a los 15 días/20°C (43.31 mg/100g). En cuanto al grupo testigo se presentó el contenido de lípidos totales menor en huevo fresco (41.63 mg/100g), aumentando a los 30 días/20°C (45.17 mg/100g). Respecto al incremento observado en esta variable en testigo, HCC y HL no hay una explicación muy clara de por qué se presentó este fenómeno, sin embargo pudiera estar relacionado con la mayor presencia de colesterol en los tratamientos. Además de esta fracción, se están considerando los lípidos en general y no se distingue si estas variaciones son debidas a uno o varios componentes químicos. Casi la totalidad de los lípidos del huevo se encuentran en la yema en forma de lipoproteínas (asociados con vitelina y vitelenina). La yema contiene un 63% de lípidos en materia seca, de estos casi un 30% son fosfolípidos, 63% son triglicéridos, 4.9% está en forma de colesterol libre, 1.3% es colesterol esterificado y 1% está conformado por vitaminas y pigmentos (Carrillo *et al.*, 1995, 2005; Castillo *et al.*, 2005; Farrell, 1998; Hargis y Van Elswyk, 1993). También esta variación se pudo deber al contenido de algunos antioxidantes presentes en las raciones, que lograron en cierta forma darles protección. También es importante señalar que la diferencia entre los valores es muy pequeña.

**CUADRO 23. Lípidos totales en huevo liofilizado (g/100g)**

Tratamientos	FRESCO	15 DÍAS		30 DÍAS	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	41.63 <sup>def</sup> ± 0.12	43.41 <sup>bcd</sup> ± 1.51	42.98 <sup>cde</sup> ± 1.76	42.93 <sup>cde</sup> ± 0.41	45.17 <sup>b</sup> ± 0.04
Harina de cabezas de camarón (20%)	47.21 <sup>a</sup> ± 2.11	44.46 <sup>bc</sup> ± 0.45	43.48 <sup>bcd</sup> ± 0.74	41.37 <sup>ef</sup> ± 0.49	49.22 <sup>a</sup> ± 1.20
Harina de Langostilla (4%)	41.72 <sup>def</sup> ± 0.04	39.96 <sup>f</sup> ± 0.83	43.31 <sup>bode</sup> ± 0.34	40.68 <sup>f</sup> ± 0.14	41.49 <sup>def</sup> ± 0.03

a,b,c,d,e,f Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P< 0.05).

**Perfil de ácidos grasos.** Hay dos familias de PUFA's, los n-6 y n-3, que se definen por la posición del doble enlace en su molécula.

En los ácidos grasos n-3, de cadena larga (18-22 átomos de carbono) ese encuentra el primer doble enlace a partir del tercer átomo de carbono. Especialmente, los n-3 se clasifican en función de su longitud de cadena. El carbono 18, n-3 ó ácido linolénico (ALA 18:3 n-3) es precursor de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 o ácido eicosapentaenoico EPA (20 átomos de carbono, 5 dobles enlaces, 20:5 n-3) y ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6 n-3) (Simopoulos, 2002).

Los ácidos grasos n-6, también de cadena larga, tienen su primer doble enlace en el sexto átomo de carbono desde el final de metilo. De esta familia se tiene al ácido linoleico (AL, 18:2, n-6) que se convierte en la más larga cadena de los ácidos grasos n-6, el ácido araquidónico (AA, 20:4, n-6). De todas las grasas en los alimentos, ALA y AL no puede ser sintetizada en el cuerpo humano, por lo que se denominan ácidos grasos esenciales porque son necesarios para las funciones fisiológicas (Holub, 2002).

Si bien los ácidos grasos n-3 desempeñan un papel importante en el crecimiento infantil y el desarrollo, también se les ha implicado en otras funciones de protección. Los ácidos grasos n-6 son metabólica y funcionalmente distintos, y en muchos casos tienen efectos fisiológicos opuestos. La cantidad total de PUFA en la dieta es importante para la salud humana. Autoridades de Salud recomiendan, para todos los adultos de 19 años y más, una ingesta de ácido linolénico de 11-17 g / día y del ácido alfa-linolénico de 1,1-1,6 g / día. El equilibrio entre los principales ácidos grasos, n-6 y n-3, es muy importante. La adecuada proporción de n-6 y n-

3 en la dieta humana parece estar en el rango de 1:1 a 4 : 1, pero actualmente la proporción es de aproximadamente 10:1 y, por tanto, se recomienda consumir más alimentos que contengan ácidos grasos n-3 (vegetales de hoja verde, legumbres, pescado, etc.) Por otro lado, el balance entre los PUFA/SFA es de aproximadamente 1:1 (Holub, 2002; Howe, 1998).

En el Cuadro 24 se presentan los resultados del total de ácidos grasos en huevo liofilizado, se observa que los ácidos grasos monoinsaturados representan del 42 al 51% del total en los diferentes tratamientos, seguidos por los saturados y finalmente los poliinsaturados. De igual forma, se puede ver que los ácidos grasos saturados, en el tratamiento testigo se incrementaron conforme pasó el tiempo, sin presentarse efecto de temperatura, contrario a lo que ocurrió en los tratamientos experimentales. Por lo que, tomando en cuenta lo referido por Holub (2002) y Howe (1998), la relación encontrada en este trabajo de ácidos grasos saturados/insaturados fue de (1:1) y de n6:n3 entre 7 y 10:1.

En cuanto a los AGM, los resultados indican mayor cantidad en el tratamiento testigo (51.65%) seguido por HL (47.36%) y para HCC (41.88%). Conforme pasó el tiempo de almacenamiento, para los huevos del grupo HL para 15 y 30 días a 4 y 20°C se mantuvieron sin modificación, no así para el testigo que sí bajo su cantidad durante el almacenamiento. Estos resultados coinciden con los reportados por Simopoulus (2000) y Grobas y Mateos (1996), en el sentido de que al utilizar aceites o harinas de pescado se observa este comportamiento.

La situación observada en el caso de AGP fue variada, ya que para los huevos frescos de HCC fueron en cantidad mayor (9.08 g/100g) del total, seguido del tratamiento con HL (6.18 g/100g) y finalmente de la dieta testigo (5.75 g/100g).

Los AGP en los huevos de las gallinas alimentadas con la dieta testigo no presentaron diferencias estadísticamente significativas por efecto del tiempo y temperatura en el huevo fresco. Mientras que HCC y HL en la mayoría de los huevos disminuyeron en el huevo fresco, esto se pudo deber a los antioxidantes presentes en las dietas, lo cual se discutirá más adelante.

Para los ácidos grasos w-3 y w-6 en general, se puede decir que no se modificaron por efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en relación al tratamiento testigo, como se puede observar en los Cuadros 25 al 29, esto lo que indica es que se mantuvieron estables y quizás se pueda deber a la presencia de la vitamina E y carotenoides presentes en la dieta, ya que éstos tienen un efecto antioxidante sobre los lípidos.

CUADRO 24. Total de ácidos grasos en huevo liofilizado

	TOTAL SATURADOS		TOTAL MONINSATURADOS		TOTAL POLINSATURADOS		S:I	N6:N3
	g/100g	%	g/100g	%	g/100g	%		
Tratamientos								
Testigo/fresco	8.64 <sup>d</sup>	29.01	15.39 <sup>c</sup>	51.65	5.75 <sup>e,f</sup>	19.32	1:2.44	11.28:1
HCC/fresco	12.08 <sup>a</sup>	33.18	15.25 <sup>c</sup>	41.88	9.08 <sup>b</sup>	24.92	1:2.01	8.66:1
HL/fresco	11.38 <sup>b</sup>	34.10	15.80 <sup>b</sup>	47.36	6.18 <sup>cd</sup>	18.52	1:1.93	7.54:1
Testigo/15/4°C	10.68 <sup>c</sup>	35.41	14.15 <sup>de</sup>	46.93	5.32 <sup>f</sup>	17.65	1:1.82	9.95:1
HCC/15/4°C	11.53 <sup>b</sup>	33.32	14.65 <sup>d</sup>	42.31	8.43 <sup>b</sup>	24.35	1:1.95	9.97:1
HL/15/4°C	10.63 <sup>c</sup>	34.01	14.88 <sup>d</sup>	47.59	5.75 <sup>ef</sup>	18.38	1:1.94	5.96:1
Testigo/30/4°C	10.85 <sup>c</sup>	34.81	14.69 <sup>d</sup>	47.13	5.62 <sup>ef</sup>	18.05	1:1.87	10.77:1
HCC/30/4°C	11.44 <sup>b</sup>	33.74	14.58 <sup>d</sup>	43.01	7.88 <sup>c</sup>	23.24	1:1.96	9.75:1
HL/30/4°C	10.67 <sup>c</sup>	35.61	14.14 <sup>de</sup>	47.21	5.14 <sup>f</sup>	17.16	1:1.80	6.49:1
Testigo/15/20°C	11.98 <sup>b</sup>	34.90	16.10 <sup>3</sup>	46.92	6.23 <sup>e</sup>	18.16	1:1.86	9.77:1
HCC/15/20°C	10.96 <sup>c</sup>	33.79	13.74 <sup>e</sup>	42.35	7.74 <sup>c</sup>	23.85	1:1.93	11.33:1
HL/15/20°C	11.28 <sup>b</sup>	34.54	15.51 <sup>c</sup>	47.48	5.86 <sup>e</sup>	17.96	1:1.89	6.76:1
Testigo/30/20°C	11.86 <sup>b</sup>	36.25	15.00 <sup>cd</sup>	45.83	5.86 <sup>e</sup>	17.91	1:1.75	9.01:1
HCC/30/20°C	11.44 <sup>b</sup>	33.64	14.54 <sup>d</sup>	42.74	8.03 <sup>b</sup>	23.61	1:1.97	9.44:1
HL/30/20°C	11.03 <sup>bc</sup>	33.78	15.45 <sup>c</sup>	47.33	6.16 <sup>cd</sup>	18.88	1:1.95	8.84:1

a,b,c,d,e,f, Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P &lt; 0.05)



En el ácido araquidónico (Cuadro 25) se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las variables estudiadas; observándose la concentración más alta para HCC 15 días/4°C (971.39 mg/100g) seguido por HL y testigo a los 30 días/20°C (837.06 y 836.19 mg/100g) respectivamente, siendo estos resultados similares a los obtenidos por Castillo *et al.* (2005) y Hargis y Van Elswyk (1993) en sus trabajos con dietas a base de aceite de pescado.

**CUADRO 25. Ácido araquidónico (C20:4) n-6 en huevos liofilizados. (mg/100g de muestra)**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	774.76 <sup>cdef</sup> ± 96.39	740.57 <sup>def</sup> ± 22.14	826.78 <sup>bcde</sup> ± 77.99	742.14 <sup>def</sup> ± 55.95	836.19 <sup>bcd</sup> ± 63.57
Harina de cabezas de camarón (20%)	917.21 <sup>ab</sup> ± 45.75	971.39 <sup>a</sup> ± 32.70	880.93 <sup>abc</sup> ± 24.92	902.67 <sup>ab</sup> ± 73.20	908.47 <sup>ab</sup> ± 57.51
Harina de Langostilla (4%)	776.12 <sup>cdef</sup> ± 11.78	719.04 <sup>def</sup> ± 41.08	711.60 <sup>ef</sup> ± 1.88	676.78 <sup>f</sup> ± 84.51	837.06 <sup>bcde</sup> ± 66.14

a,b,c,d,e,f, Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ )

En el Cuadro 26 se presentan los resultados del ácido alfa linolénico (ALA n-3), encontrándose diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento de HCC de huevo fresco que presentó la mayor cantidad (298.8 mg/100g), seguido por HL (173.59 mg/100g) y el testigo (147.8 mg/100g); sin embargo, éstos no se mantuvieron a través del tiempo, disminuyendo prácticamente 75% HCC a los 30 días/20°C, seguido por un 65% en HL a los 30 días/4°C y el testigo un 85% a los los 15 días/4°C del valor original, siendo el ácido graso más susceptible de cambio; esto se pudo deber a que los ácidos grasos poliinsaturados, por el hecho de poseer varios dobles enlaces, son susceptibles a la oxidación, por lo tanto, los huevos enriquecidos con los mismos, se vuelven también aptos al deterioro lipídico, siendo necesaria su protección mediante antioxidantes, pero esta disminución no afectó la proporción de los AGP (Cuadro 24). Siendo el ALA un ácido graso n-3, por su alto grado de insaturación, son más susceptibles a la oxidación durante el almacenamiento, y la HL es rica en éstos ácidos grasos (Bernal *et al.*, 2003).

**CUADRO 26. Ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA) (C18:3) n-3 en huevos liofilizados.  
(mg/100g de muestra)**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	147.8 <sup>cde</sup> ± 13.75	129.54 <sup>de</sup> ± 10.15	169.162 <sup>c</sup> ± 8.57	149.9 <sup>cde</sup> ± 6.62	163.86 <sup>cde</sup> ± 9.30
Harina de cabezas de camarón (20%)	298.8 <sup>a</sup> ± 19.45	306.41 <sup>ab</sup> ± 37.32	259.59 <sup>b</sup> ± 0.82	255.03 <sup>b</sup> ± 4.40	229.41 <sup>b</sup> ± 38.67
Harina de Langostilla (4%)	173.59 <sup>cd</sup> ± 14.31	145.46 <sup>cde</sup> ± 8.21	155.45 <sup>cde</sup> ± 1.24	116.56 <sup>e</sup> ± 12.74	163.63 <sup>cd</sup> ± 7.78

a,b,c,d,e Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

El ácido linoleico (Cuadro 27) es precursor de los ácidos grasos n-6, en este estudio se encontró diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) para este ácido, observándose una interacción en tratamiento/tiempo, en donde el testigo a los 30 días tuvo la menor pérdida de este ácido en comparación con los huevos de los tratamientos con HCC y HL, esto sin importar la temperatura. Pero aunque se presentaron diferencias entre los tratamientos, quizás fueron protegidos por la Vitamina E, luteína y la astaxantina.

**CUADRO 27. Ácido linoleico (AL) (C18:2) n-6 en huevos liofilizados.  
(mg/100g de muestra)**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	4490.46 <sup>cd</sup> ± 354.04	4197.68 <sup>cd</sup> ± 14.79	4856.83 <sup>c</sup> ± 72.81	4413.02 <sup>cd</sup> ± 340.54	4524.75 <sup>cd</sup> ± 498.69
Harina de cabezas de camarón (20%)	7223.35 <sup>a</sup> ± 592.99	6580.65 <sup>ab</sup> ± 779.16	6033.33 <sup>b</sup> ± 5.77	6187.63 <sup>b</sup> ± 81.28	6270.04 <sup>b</sup> ± 822.23
Harina de Langostilla (4%)	4683.0 <sup>cd</sup> ± 417.17	4342.79 <sup>cd</sup> ± 243.30	4464.67 <sup>cd</sup> ± 28.29	3858.0 <sup>d</sup> ± 508.76	4620.04 <sup>cd</sup> ± 11.21

a,b,c,d Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

En el Cuadro 28 se aprecia que el grupo testigo fue el que menor cantidad de EPA presentó, siendo HCC y HL los tratamientos con mayor cantidad, corroborando esto lo reportado en la literatura, que el material marino es rico en estos ácidos, además se observa que éstos recursos al incluirse en la dieta de las aves, pueden enriquecer el huevo con este ácido graso, mismo que es capaz de mantenerse hasta los 30 días de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración y a temperatura ambiente en el caso de HCC y HL.

**CUADRO 28. Ácido eicosapentaenoico (EPA) (C20:5) n-3 en huevo liofilizado.  
(mg/100g de muestra)**

Tratamientos	Fresco		15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C
Testigo	4.78 <sup>d</sup> ± 1.08	3.57 <sup>d</sup> ± 0.60	4.05 <sup>d</sup> ± 0.50	3.76 <sup>d</sup> ± 0.24	4.25 <sup>d</sup> ± 0.62	
Harina de cabezas de camarón (20%)	13.33 <sup>ab</sup> ± 1.08	13.80 <sup>a</sup> ± 1.92	12.39 <sup>ab</sup> ± 0.24	12.15 <sup>ab</sup> ± 0.35	8.64 <sup>c</sup> ± 0.38	
Harina de Langostilla (4%)	12.59 <sup>ab</sup> ± 0.41	13.11 <sup>ab</sup> ± 0.24	12.75 <sup>ab</sup> ± 0.89	11.16 <sup>b</sup> ± 0.95	13.41 <sup>ab</sup> ± 1.36	

a,b,c,d Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P< 0.05).

En el caso de DHA (Cuadro 29), se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P< 0.05) para las variables evaluadas, observándose el mismo comportamiento que en EPA.

Por otro lado, hay evidencias limitadas o contradictorias sobre el enriquecimiento de los huevos con ácidos grasos n-3 y sus efectos sobre su calidad durante el almacenamiento. Por ejemplo, se ha demostrado que no hay alteración en el perfil de ácidos grasos durante la cocción o el almacenamiento durante siete semanas a 25°C (Oku *et al.*, 1996), mientras que otros estudios han reportado un aumento en la susceptibilidad a la oxidación durante el almacenamiento y cocimiento (Van Elswyk *et al.*, 1992). Sin embargo, el enriquecer la yema de huevo con vitamina E, puede ser un medio eficaz para reducir significativamente los valores de TBARS (ácido tiobarbitúrico) en huevos enriquecidos con AG's n-3 (Qi and Sim, 1998), como se verá más adelante en la discusión de resultados de índice de peróxidos y TBARS.

**CUADRO 29. Ácido docosahexaenoico (DHA) (C22:6) n-3 en huevos liofilizados.  
(mg/100g de muestra)**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	331.9 <sup>e</sup> ± 39.34	249.57 <sup>f</sup> ± 22.51	374.72 <sup>e</sup> ± 27.64	315.07 <sup>ef</sup> ± 26.72	342.38 <sup>e</sup> ± 72.86
Harina de cabezas de camarón (20%)	614.0 <sup>ab</sup> ± 6.57	588.63 <sup>abc</sup> ± 70.87	555.87 <sup>bc</sup> ± 10.07	462.17 <sup>d</sup> ± 45.79	644.17 <sup>a</sup> ± 29.59
Harina de Langostilla (4%)	547.91 <sup>bc</sup> ± 47.06	555.48 <sup>bc</sup> ± 17.55	524.56 <sup>cd</sup> ± 9.91	533.23 <sup>cd</sup> ± 23.91	557.92 <sup>bc</sup> ± 5.04

a,b,c,d,e,f, Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P < 0.05)

**Colesterol.** Para el contenido de colesterol en huevo, los resultados fueron significativamente diferentes (P < 0.05) (Cuadro 30). A los 15 y 30 días disminuyó la cantidad de colesterol en el huevo testigo, especialmente a los 30 días a 4°C de 1676.17 a 1412.37 mg/100g). Al analizar la interacción tratamiento/tiempo, se observó que en el huevo fresco de HL (1456.29 mg/100) aumentó a los 15 días/4°C (1736.29 mg/100g). Para HCC en huevo fresco (1671.7 mg/100g) bajando (1492.92 mg/100g) a los 15 días/4°C. La explicación a estos resultados posiblemente se deban a: 1) que las harinas de pescado no tienen efectos hipocolesterolémicos como se presenta en los huevos obtenidos de gallinas alimentadas con algas marinas, ya que éstas contienen esteroides (ergosterol, fucosterol, sitosterol y campesterol) que tienen la habilidad de reducir el colesterol y polisacáridos (alginato de sodio, fucoidan celulosa, ramnosa, xilosa y ácido glucurónico), que poseen también esta propiedad, debido a que son polisacáridos acidificados que actúan como fibra dietaria (Jiménez-Escrig y Goñi, 1999; Freile, 2001) y 2) el contenido de fibra en la dietas, aunque no fue elevada, ya que la HCC y de HL contienen muy poca fibra en comparación con las fuentes vegetales que se utilizan en la dietas, fue muy bajo el contenido de sorgo-soya que fueron parcialmente sustituidas por los suplementos marinos (Jiménez-Escrig y Goñi, 1999; Freile, 2001).

Por otra parte se esperaba una reducción en la concentración de colesterol por la acción de los ácidos grasos n-3 presentes en las harinas de cabezas de camarón y de la harina de langostilla, sin embargo no se obtuvo este efecto. Se menciona lo anterior, ya que algunos mecanismos que se han propuesto para explicar por qué los AGn-3 reducen el colesterol son: a)

reducen la absorción del colesterol; b) redistribución del colesterol a los tejidos; c) incremento en la excreción de colesterol y ácidos biliares y d) reducen la síntesis de colesterol (Welch y Borlak, 2000).

Han sido numerosos los intentos que se han realizado para reducir la concentración de colesterol en el huevo a fin de estimular el consumo del huevo, sin embargo, tal como lo señala Noble (1999) no es tarea fácil lograrlo, ya que a diferencia de los ácidos grasos, el colesterol ha probado ser extremadamente resistente a cualquier cambio, por eso los resultados obtenidos hasta ahora han sido poco exitosos. Esto también pudiera explicar los resultados obtenidos en este estudio.

A diferencia del colesterol, es posible lograr un cambio significativo en el contenido de ácidos grasos n-3 y n-6 del huevo. Por tanto, existe la posibilidad de mejorar el valor nutricional de éstos, principalmente con la inclusión de productos marinos (aceites de pescado, harinas de pescado y crustáceos, algas marinas, etc.), así como otros productos como semillas de lino (Hargis y Van Elswyk, 1993), en las dietas para gallinas en producción.

**CUADRO 30. Colesterol en huevo liofilizado (mg/100g)**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	1676.17 <sup>bc</sup> ± 21.03	1677.07 <sup>bc</sup> ± 11.51	1640.23 <sup>c</sup> ± 26.64	1412.37 <sup>f</sup> ± 16.27	1731.43 <sup>ab</sup> ± 33.64
Harina de cabezas de camarón (20%)	1671.7 <sup>c</sup> ± 16.29	1442.92 <sup>f</sup> ± 33.96	1729.07 <sup>ab</sup> ± 16.00	1524.90 <sup>d</sup> ± 25.22	1633.87 <sup>c</sup> ± 24.16
Harina de Langostilla (4%)	1456.29 <sup>ef</sup> ± 43.11	1736.29 <sup>a</sup> ± 40.12	1509.46 <sup>de</sup> ± 11.22	1630.51 <sup>c</sup> ± 37.20	1450.36 <sup>f</sup> ± 9.96

a,b,c,d,e,f Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

**pH.** Los datos de pH (Cuadro 31), muestran que conforme pasó el tiempo de almacenamiento, éste se fue alcalinizando, sin importar el tratamiento o la temperatura, lo cual concuerda con lo señalado por Li-Chan *et al.* (1995), quienes encontraron que en el huevo fresco (en el momento de la postura) el pH oscilaba entre 7.6 y 8.5. Los resultados obtenidos en el huevo almacenado a los 15 días y con diferentes grados de temperatura, muestran que el pH

fue entre 8.65 y 8.75, valores inferiores a los mencionados por dichos autores, ya que al medir esta variable a los tres días de almacenamiento a 3°C, hallaron un valor de 9.18 y después de 21 días éste fue cercano a 9.4. El pH del huevo (principalmente de la albúmina) es un factor importante en el control de las propiedades reológicas de geles formados durante el tratamiento térmico (80°C). El incremento en el pH es causado por una pérdida de dióxido de carbono a través de los poros del cascarón, por lo que el pH depende del equilibrio entre el dióxido de carbono disuelto, iones bicarbonato e iones de carbono que se rigen por la presión parcial del dióxido de carbono del medio ambiente exterior, aumentando las concentraciones de iones bicarbonato a medida que el carbonato disminuye (Li-Chan *et al.*, 1995). La influencia del pH también está relacionada con la acción de las proteínas y la reactividad de los grupos sulfidrilos. Conforme aumenta el pH en el huevo durante el almacenamiento, aumenta la elasticidad de gel, la penetración de la fuerza y el índice de viscosidad (Croguennec *et al.*, 2002).

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo mencionado anteriormente, observándose un aumento de entre 7.35 hasta 9.25 para el huevo testigo, HCC y HL.

**CUADRO 31. pH en huevos frescos.**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	7.35 <sup>d</sup> ± 0.07	8.85 <sup>b</sup> ± 0.07	8.7 <sup>bc</sup> ± 0.14	9.4 <sup>a</sup> ± 0.00	9.25 <sup>a</sup> ± 0.07
Harina de cabezas de camarón (20%)	7.5 <sup>d</sup> ± 0.00	8.85 <sup>b</sup> ± 0.07	8.7 <sup>bc</sup> ± 0.14	9.4 <sup>a</sup> ± 0.14	9.25 <sup>a</sup> ± 0.07
Harina de Langostilla (4%)	7.35 <sup>d</sup> ± 0.07	8.65 <sup>c</sup> ± 0.07	8.75 <sup>bc</sup> ± 0.07	9.4 <sup>a</sup> ± 0.00	9.25 <sup>a</sup> ± 0.07

a,b,c,d Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

**Astaxantina.** La variable astaxantina (Cuadro 32) se vio afectada por la interacción temperatura/tiempo/tratamiento, encontrándose diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Se observa que la mayor cantidad de astaxantina se presentó en el huevo de gallinas alimentadas con harina de langostilla (0.619 mg/100g), ya que este crustáceo tiene mayor cantidad de astaxantina. En el huevo fresco de este tratamiento, ésta se degradó más al pasar el tiempo, llegando a 0.373 mg/100g a los 30 días/20°C. Tomando en cuenta que también hubo interacción con temperatura y tiempo, esto pudo haber influenciado la pérdida de este carotenoide, por ser susceptible a la temperatura.

Como se mencionó anteriormente, tanto HCC como HL, poseen un alto contenido de astaxantina (Cuadro 5); al medir esta variable en huevo se observó que el tratamiento con HL presentó valores más elevados, lo cual está relacionado con el contenido inicial aportado en las dietas a las gallinas (Cuadro 8); así mismo se encontró un efecto de interacción entre los factores temperatura/tiempo/tratamiento con un nivel de significancia ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 31). Se puede ver que la astaxantina disminuyó conforme pasó el tiempo, en ambas temperaturas.

Desde el punto de vista fisiológico este carotenoide interviene en funciones celulares esenciales como son: actuar como provitamina A, que está asociada con la reproducción y el desarrollo de embriones, además de la protección de las células contra los efectos oxidativos (Putnam, 1991); así mismo, mejora la tolerancia al estrés y aumenta la respuesta inmune (Miki, 1991). Su utilización en consumo humano se ha promovido últimamente debido a sus propiedades nutricionales y fisiológicas. Para lo anterior se han elaborado diferentes preparaciones en forma de polvo o emulsiones, tanto de astaxantina libre, como esterificada con

ácidos grasos, obtenida de fuentes naturales como levaduras, algas y crustáceos, como lo muestra la Patente JP10276721, en donde se describe la elaboración de un alimento adicionado con astaxantina y/o ésteres de astaxantina para usarse como tratamiento para la prevención de cataratas, o bien, evitar el progreso de las mismas. Otras de las aplicaciones de este pigmento, están relacionadas con la salud humana, ya que se ha sugerido como agente antiinflamatorio (Patentes JP2049091, JP7099924), como potenciador del sistema inmunológico (Patentes WO01/24787A1, JP7099924, US6265450), en el tratamiento profiláctico o terapéutico contra infecciones por *H. pylori* en el estómago (Patente US6262316), y para tratar síntomas diversos asociados con el estrés (Patente US6265450). Actualmente existen en el mercado productos de astaxantina elaborados a base de harina de algas del género *Hacniatococcus*. Estos productos se recomiendan como suplemento alimenticio para humanos, por sus posibles beneficios anticancerígenos, protección de los tejidos contra la fotooxidación, sus propiedades antiinflamatorias y estimulante del sistema inmunológico.

La utilización de astaxantina en animales ha sido para aumentar la producción y disminuir la mortalidad de mamíferos recién nacidos (porcinos, bovinos y ovinos) (Patente US6054491), además de utilizarse como medicamento para tratar enfermedades musculares (rabdomiolisis) en equinos (Patente US6245818). En el caso de las aves, se ha empleado para aumentar la producción de huevo y mejorar el estado de salud de gallinas (Patente US5744502). Por otra parte, se ha utilizado como pigmento de la yema de huevo (Carranco *et al.*, 2006).

Estudios realizados con peces y camarones alimentados con astaxantina, revelaron mejoras significativas en el crecimiento, supervivencia, rendimiento y eficiencia en la conversión alimenticia (Dall, 1995; Mensaveta, 1993). En la actualidad el empleo de astaxantina en la acuicultura, es importante en la elaboración de dietas para salmónidos y crustáceos con la intención de proporcionar el color rojo-naranja característico de estos organismos, debido a que las especies cultivadas en granjas a nivel intensivo, no disponen de su dieta natural, abundante en especies que cuentan con este pigmento. Dos de los principales productos de astaxantina en el mercado de acuicultura son: Carophyll Pink con 5 y 8% de astaxantina sintética, estabilizada con antioxidantes y encapsulada con una matriz de gelatina y carbohidratos cubierta con almidón. Su principal desventaja es su alto costo, pues representa 15% del costo total de las dietas aproximadamente, además de que la disolución de la gelatina a bajas temperaturas es lenta, y el tiempo de almacenamiento del producto final es limitado debido al endurecimiento de



la capa de gelatina. (WO/2004/021798) METHOD OF PREPARING CHITOSAN MICROCAPSULES OF ASTAXANTHIN AND PRODUCT THUS OBTAINED.

Como se mencionó, las dietas con astaxantina y el antioxidante BHT, evitaron la oxidación del huevo. Se conoce que la astaxantina también tiene función como antioxidante. Young y Lowe (2001); Di Mascio *et al.* (1989, 1992); Miki (1991) y Miki *et al.* (1994) examinaron el efecto represor de los carotenoides contra el  $O_2\beta^{\cdot}$ , e informaron la efectividad de la astaxantina, demostrando que ésta muestra una poderosa actividad contra el  $O_2\beta^{\cdot}$ . Esta actividad fue cuantificada como 100 veces mayor que la vitamina E.

**CUADRO 32. Astaxantina libre en huevos liofilizados (mg/100g)**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	0.580 <sup>b</sup> ± 0.006	0.414 <sup>f</sup> ± 0.001	0.523 <sup>c</sup> ± 0.001	0.405 <sup>g</sup> ± 0.002	0.524 <sup>c</sup> ± 0.07
Harina de cabezas de camarón (20%)	0.430 <sup>e</sup> ± 0.002	0.389 <sup>b</sup> ± 0.001	0.479 <sup>d</sup> ± 0.003	0.389 <sup>h</sup> ± 0.007	0.407 <sup>g</sup> ± 0.001
Harina de Langostilla (4%)	0.619 <sup>a</sup> ± 0.009	0.524 <sup>c</sup> ± 0.004	0.403 <sup>g</sup> ± 0.002	0.519 <sup>c</sup> ± 0.002	0.373 <sup>i</sup> ± 0.007

a,b,c,d,e,f,g,h Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P < 0.05).

**Pruebas de oxidación.** La principal fuente de "rancidez" en los alimentos se origina en la autooxidación de los componentes lipídicos. Se define como autooxidación como la oxidación espontánea de una sustancia en contacto con el oxígeno molecular. Aunque la aparición de "rancidez" es la consecuencia más significativa de la autooxidación de los lípidos, el deterioro en sabor no es el único daño sufrido por los alimentos en este proceso. También se ve afectado el color, a través de aceleradas reacciones de pardeamiento, disminuye el valor nutricional e incluso pueden inducirse efectos tóxicos. Igualmente puede modificarse la textura, como resultado de reacciones laterales entre proteínas y los productos de oxidación de las grasas. En pocas palabras, el deterioro oxidativo de los lípidos puede considerarse como un factor de menoscabo que afecta todos los aspectos de la aceptabilidad de los alimentos (Braverman, 1980).

Se conoce que una de las funciones más importantes de la vitamina E, astaxantina y BHT es antioxidante, por lo que se determinó el índice de peróxido en los huevos de las dietas experimentales para detectar la formación de peróxidos y "rancidez". Entre las diversas técnicas propuestas para medir por vía química la oxidación lipídica, se cuenta con los TBARS y el índice de peróxidos. Éste último es uno de los más utilizados en la química de los lípidos, principalmente en los aceites, medido yodométricamente o a través de instrumentos, y expresado como "miliequivalentes de oxígeno de peróxido, por cada 100 gramos de grasa". Un índice de peróxido de 5 (aceite) corresponde a que está fresco o dentro de su período de inducción de "rancidez" (Braverman, 1980). En el Cuadro 33, se observa que se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) e interacción tratamiento/tiempo/temperatura, para el índice de peróxidos, por lo que se puede asumir que HCC es más eficiente en la protección de la oxidación del huevo en relación a su propio testigo, ya que a través del tiempo, solo se incrementó en un 4.3%; por su parte el tratamiento con HL tuvo un aumento de 9.65% y finalmente en el testigo fue de 13%. A pesar de haberse encontrado diferencias significativas y que el índice de peróxidos fue mayor en HL (2.84 mEq de peróxido/100g de muestra/30 días/20°C), todos los valores de los diferentes tratamientos, fueron inferiores en un 50% a lo estipulado en la literatura como inicio de la oxidación (5 mEq de peróxido) (Braverman, 1980).

**CUADRO 33. Índice de peróxidos en huevos liofilizados  
(mEq de peróxido/100 g muestra)**

Tratamientos	Fresco	15 días		30 días	
	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C
Testigo	2.47 <sup>d</sup> ± 9.29	2.29 <sup>e</sup> ± 1.47	2.79 <sup>b</sup> ± 2.26	2.53 <sup>cd</sup> ± 5.10	2.09 <sup>fg</sup> ± 1.20
Harina de cabezas de camarón (20%)	2.79 <sup>b</sup> ± 2.50	2.91 <sup>a</sup> ± 10.28	2.03 <sup>g</sup> ± 5.08	2.50 <sup>cd</sup> ± 3.20	2.76 <sup>b</sup> ± 3.08
Harina de Langostilla (4%)	2.59 <sup>c</sup> ± 3.51	2.15 <sup>f</sup> ± 5.34	2.12 <sup>fg</sup> ± 4.08	2.32 <sup>e</sup> ± 5.20	2.84 <sup>ab</sup> ± 3.86

a,b,c,d,e,f,g Literales diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

Al medir los niveles de TBARS, que implica la reacción de la grasa oxidada con el ácido tiobarbitúrico, en ninguno de los tratamientos se presentó la reacción esperada de la formación de un compuesto rojo, al combinarse con 2 moles de ácido tiobarbitúrico con 1 mol de malonaldehído originados en la oxidación de los lípidos mismos o provenientes de la hidrólisis u oxidación de otros productos de la "rancidez". Aunado a que el huevo por sí mismo tiene un porcentaje de vitamina E y carotenoides, los cuales sirven en el proceso fisiológico para proteger al embrión durante su etapa de desarrollo, probablemente fue la razón de que no se detectara la presencia de peróxidos ni rancidez en las muestras analizadas. Sin embargo, Carrillo<sup>1</sup> encontró resultados positivos de TBARS, en huevo fresco y almacenado a los 30 y 45 días a temperatura ambiente, en la dieta testigo (similar a la de este estudio).

Stahl *et al* (1998), refirieron que la actividad antioxidante de los carotenoides en liposomas llegan a inhibir la formación de TBARS en el orden de: licopeno >  $\alpha$ -tocoferol >  $\alpha$ -caroteno >  $\beta$ -criptoxantina > zeaxantina =  $\beta$ -caroteno > luteína. En este mismo experimento, las mezclas de carotenoides fueron más efectivas que compuestos solos, en donde se expresó un mayor efecto sinérgico ligado a la presencia del licopeno o luteína. Cuando estuvo presente el  $\beta$ -caroteno, los valores de TBARS se encontraron en menor cantidad en los tejidos.

Galobart *et al.* (2001), estudiaron la composición y estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados n-3 y n-6, en huevo fresco y deshidratado a diferentes períodos de conservación (0, 6 y 12 meses) en función de la suplementación dietética

<sup>1</sup> Comunicación personal, datos sin publicar, Depto. Nutrición Animal, INCMNSZ (2009).

con diferentes compuestos para las dietas de gallinas ponedoras. Se diseñaron los experimentos con acetato de  $\alpha$ -tocoferol, cantaxantina y extracto de romero. Los autores concluyeron que es necesario un mínimo de tres semanas de alimentación de las gallinas para conseguir una mejor estabilización de  $\alpha$ -tocoferol en huevo. La utilización de cantaxantina y extracto de romero no afectaron el depósito de  $\alpha$ -tocoferol en el huevo, independientemente de las dosis de estos compuestos. La mayor pérdida de  $\alpha$ -tocoferol se produce durante el proceso de deshidratación, siendo inversamente proporcional a la concentración de  $\alpha$ -tocoferol en huevo fresco (30-50%). La suplementación con  $\alpha$ -tocoferol fue efectiva en la preservación de la oxidación asociada al proceso de deshidratación y conservación de los huevos enriquecidos con AGPI. La suplementación con cantaxantina no tuvo efecto antioxidante en los huevos enriquecidos con AGPI, al igual que con el extracto de romero. En este estudio observaron que los n-3 fueron más susceptibles de oxidación que los n-6.

**Evaluación Sensorial.** La evaluación sensorial es muy importante, ya que independientemente de obtener un producto con una alta calidad nutricional, si no se cuenta con la aceptación de las personas, ese producto no será consumido, por lo que no cumplirá con su cometido principal, que es el de ofrecer y brindar alimentos inocuos y con atributos antes mencionados. Uno de los aspectos a evaluar es el sabor, en este caso del huevo, el cual no mostró evidencias de diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos, ni en el huevo fresco, ni almacenado a 15 días a 20° y 4°C, en donde los jueces calificaron a este alimento como aceptable, lo que nos indica que hasta un 20% de HCC y 4% de HL en la dieta de las aves, no se les transmite al producto sabor a productos pesqueros (Cuadro 34).

Lo mismo ocurrió con la variable de preferencia del color de yema (Cuadro 35), en donde no se discriminó a favor de algún tratamiento ( $P > 0.05$ ), siendo los valores de entre 2 y 3, lo que significa que "gusta". En los consumidores de México, especialmente de la zona centro, este es un factor muy importante que determina la aceptación del huevo, en donde los consumidores generalmente buscan una coloración entre 9 y 11 (Abanico Roche), misma que solo en el tratamiento testigo fue de 11 y de 8 para HCC y HL, estas yemas fueron aceptadas por los jueces que calificaron esta variable (Cuadro 14). Por su parte Maurice (1994) y Marshall (1994), tampoco encontraron rechazos organolépticos en los huevos de gallinas alimentados con diferentes insumos de origen marino. Sin embargo, cuando las aves fueron alimentadas con 2 y

6% de aceite de pescado, los jueces detectaron la presencia de sabor a pescado en los huevos evaluados (Van Elswyk *et al.*, 1992; Oh *et al.*, 1994; González-Esquerra y Leeson, 2000).

La calidad organoléptica de huevos enriquecidos con ácidos grasos n-3, se ha visto afectada de manera negativa, ya que algunos panelistas han sido capaces de detectar sabores extraños a lo esperado, siendo el sabor a pescado el que se relaciona con mayor frecuencia. Dietas para aves de postura con 15-20% de semillas de linaza, le transfirieron al huevo un sabor a hierbas (Leeson *et al.*, 1998); este problema se ha asociado con la producción comercial de estos productos. Por lo que se ha sugerido que el uso de una combinación de antioxidantes en las dietas de gallinas productoras, pudiera ayudar a controlar estos sabores ya sea disminuyéndolos o bien eliminándolos (Farrel, 1998).

Este tipo de conceptos son de tipo cultural, y en cierta forma subjetivos, es así que la aceptación de los diferentes sabores, y en este caso específico a "pescado", va a variar de un país a otro. Por ejemplo, los huevos producidos en algunos países como Chile, en donde la harina y el aceite de pescado son componentes habituales en las dietas de las gallinas y pollos de engorda, los productos tienen claro sabor a pescado que el consumidor chileno no rechaza, ya que está acostumbrado a este sabor y lo considera como normal, mientras que para países europeos los mismos productos serían inaceptables.

Es importante mencionar que estas pruebas no se realizaron en el huevo almacenado a 30 días, independientemente de la temperatura, debido a la presencia de turbidez y olores desagradables en el huevo (humedad), por lo que se decidió realizar un análisis microbiológico en donde se buscó la presencia de hongos y *Salmonella*, resultando negativos los resultados del cultivo. La turbidez se pudo deber al cambio de pH y por lo tanto a la hidrólisis de las proteínas presentes en el huevo, mencionado ya anteriormente. El olor a humedad detectado, posiblemente se debe a que, siendo el cascarón permeable, existe un intercambio de gases, no así de microorganismos, y estando en refrigeración y congelación captó humedad de estos lugares.

**Cuadro 34. Preferencia del sabor del huevo de gallinas alimentadas con harina de cabezas de camarón (20%) y de langostilla (4%) a los 0 y 15 días almacenados a 4° y 20°C.**

Tratamientos	0 días	15 días	
	20°C	4°C	20°C
Testigo	4.15 ± 0.62	3.97 ± 0.48	3.83 ± 0.78
Harina de cabezas de camarón (20%)	4.13 ± 0.45	3.94 ± 0.26	3.90 ± 0.65
Harina de Langostilla (4%)	4.13 ± 0.36	3.95 ± 0.46	3.91 ± 0.54

No se encontraron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ )

**Cuadro 35. Preferencia del color de yema del huevo de gallinas alimentadas con harina de cabezas de camarón (20%) y de langostilla (4%) a los 0 y 15 días almacenados a 4° y 20°C.**

Tratamientos	0 días	15 días	
	20°C	4°C	20°C
Testigo	3.12 ± 0.86	2.94 ± 0.69	2.87 ± 0.63
Harina de cabezas de camarón (20%)	3.12 ± 0.23	2.91 ± 0.66	2.89 ± 0.47
Harina de Langostilla (4%)	3.14 ± 0.85	2.91 ± 0.85	2.89 ± 0.49

No se encontraron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ )

## 8. Conclusiones

- Incorporando en las dietas de gallinas ponedoras, 20% harina de cabezas de camarón y 4% de harina de langostilla no se afectaron las variables productivas.
- Independientemente del tratamiento, la calidad física del huevo (peso del huevo, altura de albúmina, Unidades Haugh, peso y grosor del cascarón) se afectaron negativamente con el tiempo y temperatura de almacenamiento.
- Se presentó una desnaturalización de la proteína, aunque no la descomposición de la misma, en virtud de que los aminoácidos no se vieron afectados.
- Tanto el BHT como los antioxidantes presentes en HCC y HL (vitamina E y astaxantina) protegieron al huevo del proceso de oxidación, al encontrarse valores inferiores a 5meq de peróxidos, y negativa la prueba de TBARS.
- La inclusión de la HCC y de HL favoreció la presencia de ácidos grasos n-3 y n-6 en el huevo, con relación a la dieta testigo.
- Las pruebas de preferencia del sabor del huevo y color de yema, no se vieron afectadas por las inclusiones de HCC y HL en huevo a los 0 y 15 días de almacenamiento en ambas temperaturas.

Con la inclusión de HCC y HL en las concentraciones estudiadas, se obtuvieron huevos con un pigmento aceptable para el consumidor, además de haber presentado un efecto antioxidante de la fracción lipídica, lo cual ayudó a mantener la vida de anaquel hasta los 30 días, además de ser una fuente de ácidos grasos poliinsaturados, por lo que dependiendo del costo de oportunidad en el mercado, estos productos pueden ser empleados en la dieta de las aves de manera indistinta en estas concentraciones, sin afectar la producción de huevo. Ofreciendo un "alimento funcional" en la nutrición humana, con valor agregado, debido a la presencia de ácidos grasos n-3 y n-6.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Abe S. y Kaneda T. (1972).** Effect of edible seaweeds on cholesterol metabolism in rats. Proc. Int. Seaweed Symp. 7:562-565.
- Ackman R.G. (1980).** Fish Lipids. Part 1. In: Advances in Fish Science and Technology. Edited by: Connell J.J., Fishing News Books Ltd. England. Pp. 86-103.
- Achurra M.L. (1987).** Crecen exportaciones pesqueras en 1986. Chile Pesquero. Mayo 1987: 31-34.
- A.O.A.C. (2000).** Oficial Methods of Análisis. 18<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. EEUU.
- Arana P. (1993).** Resurgimiento del langostino colorado. Chile Pesquero, 1993: 29-33.
- Arias J.L., Fernández M.S. y Nys Y. (1998).** ¿Qué se entiende por un huevo fresco?. Tecno. Vet. 4(3): 253-258.
- Arango G.J.I (1996).** Evaluación comercial del uso de astaxantina en alimento para camarones (*Penaeus vannamei*). Avances en Nutrición Acuícola, 423-432.
- Arvizu M.J., García R.E. y Morales A.I. (1974).** Estudio preliminar sobre la langostilla *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea:galatheididae) de la costa occidental de Baja California y Golfo de California. Serie Científica. INP/SC:1. Secretaría de Industria y Comercio, Subsecretaría de Pesca, Inst. nac. De Pesca. México.
- Astasarian I. y Martínez J. (2000).** Alimentos, composición y propiedades. McGraw Hill Internacional. Madrid, España, Pp. 35-40.
- Aurioles G.G. (1992).** Inshore-offshore movements of pelagic red crab *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheididae) of the Pacific coast of Baja California Sur, México. Crustaceana 62(1): 71-84.
- Aurioles G.D. (1995).** Distribución y abundancia de la langostilla bentónica en la plataforma continental del Pacífico de Baja California Sur. En: Aurioles-Gamboa D. & E.F. Balart (Eds.) La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. CIBNOR, S.C., México. Pp. 233.
- Aurioles G.D., Balart E.F. y Castro A.J. (1995).** Recomendaciones para la explotación y aprovechamiento de la langostilla. En: Aurioles-Gamboa D. & E.F. Balart (Eds.) La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. CIBNOR, S.C., México. Pp. 233.



- Balart E.F. y Castro A.J.L. (1995).** Estimación del impacto de la depredación de merluza sobre la langostilla. En: Aurióles-Gamboa D. & E.F. Balart (Eds.) La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. CIBNOR, S.C., México. Pp. 132-162.
- Balconi I.R. (2003).** El Grupo ISA: El regreso de un participante clave en genética de aves de postura a nivel global. *Tecnología Avípecuaria*, 16(191): 6-12.
- Balconi I.R. (2004).** Actualidades sobre el consumo de huevo. *Tecnología Avípecuaria*, 17(196): 39-42.
- Bar A., Razaphkovsky V. y Vax E. (2002).** Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged laying hens. *Bri. Poult. Sci.* 43: 261-269.
- Bateman, J. V. (1970).** *Nutrición Animal. Manual de métodos Analíticos.* Herrero Hnos., Sucesores, S.A. México.
- Benedetti A., Comporti M. y Esterbauer H. (1980).** Identification of 4-hidroxy-nonenal as a cytotoxic product originating from the peroxidation of liver microsomal lipids. *Biochimica et Biophysica Acta*, 620: 281-296.
- Bernal G.M.E., DeMendoca C.X., Mancini-Filho J. (2003).** Estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, frente a antioxidantes naturales. *Revista Brasileira de Ciencias Farmacéuticas*, 39(4): 425-432.
- Beyer R.S. y Jensen L.S. (1991).** Influence of Orotic Acid on Performance Liver Lipid Content and Egg Cholesterol Level of Laying Hens. *Poultry Science* 70:2322-2328.
- Beyer R.S. y Jensen L.S. (1992).** Cholesterol concentration of egg yolk and blood plasma and performance of laying hens as influenced by dietary alpha-ketoisocaproic acid. *Poultry Science* 72:120-127.
- Beyer R.S. y Jensen L.S. (1993a).** Tissue and egg cholesterol concentration of on laying hen fed high-protein barley flour-tocotrienol and cholesterol. *Poultry Science* 72:1339-1348.
- Beyer R.S. y Jensen L.S. (1993b).** Reduced plasma cholesterol concentration and lipoprotein in laying hens without concomitant reduction of egg cholesterol in response to dietary sorbose. *Poultry Science* 72:88-97.
- Bjerkeng B., Folling M., Lagocki S., Storebakken T., Olli J. y Alsted N. (1997).** Bioavailability of all-E-astaxanthin and Z-isomers of astaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 157: 63-82.
- Blis J. (1985).** *The Biology of Crustacea.* Vol. 9. Academic Press. Londres. RU. 127 pp.

- Blackburn M. (1969).** Conditions related to upwelling with determine of distribution of Tropical tunas of Baja California U.S. Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull. 1(68): 147-176.
- Buxadé C. (1987).** "La Gallina Ponedora, Sistemas de Explotación y Técnicas de Producción". Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. Pp. 388-405.
- Boyd C.M. (1962).** The biology of a marine decapod crustacean, *Pleuroncodes planipes* Stimpson 1860. PhD. Thesis, Univ. Calif. San Diego. Pp. 123.
- Boyd C.M. (1967).** Benthic and pelagic habitats of the red crabs *Pleuroncodes planipes*. Pacif. Sci. 21(3): 394-403.
- Braverman J.B.S. (1980).** Introducción a la bioquímica de los alimentos. Ed. El Manual Moderno, S.A. Pp. 347.
- Cañipa M.A.J., Durán B.M., Escobedo O.G., Gálvez M.A. y García G.R. (1994).** Aprovechamiento integral del cefalotórax del camarón. Serie: Tecnologías más Limpias. Vol. 3. Facultad de Química, UNAM. México D.F. 87p.
- Carranco J.M., Sanginés G.L., Morales B.E., Carrillo D.S., Avila G.E., Fuente M.B., Ramírez P.M. y Pérez-Gil R.F. (2006).** Shrimp head meal in laying hen rations and its effects on fresh and stored egg quality. *Interciencia*. 31(11):822-827.
- Carrillo D.S., Casas V.M., Castro G.M.I., Pérez-Gil R.F. y García R. (1990).** Empleo del alga marina *Macrocystis pyrifera* en dietas para pollos de carne. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 5:137-142.
- Carrillo D.S. (1993).** Aprovechamiento de la langostilla *Pleuroncodes planipes* Stimpson como fuente de proteína y pigmento en pollos de engorda y gallina en producción. Tesis de Maestría, Fac. De Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Pp. 94.
- Carrillo D.S., Pérez-Gil R.F., Avila G.E. y Castro G.I. (1995).** La langostilla en la avicultura. En: Aurióles-Gamboa D. & E.F. Balart (Eds.) *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. CIBNOR, S.C., México. Pp. 193-206.
- Carrillo D.S., Carranco J.M., Castillo D.R.M., Castro G.M.I., Avila G.E. y Pérez-Gil R.F. (2005).** Colesterol and n-3 and n-6 Fatty Acid Content in Eggs from Laying Hens Fed with Red Crac Meal (*Pleuroncodes planipes*). *Poultry Science* 84:167-172.
- Casillas H.R. y Magallón B.F. (1988).** Sustitución de insumos tradicionales en las dietas para engorda del camarón. Documento interno. CIB-BCS, S.C.
- Castillo D.R.M., Carrillo D.S., Pérez-Gil R.F., Avila G.E., Cassis N.L. (2001).** Aceite de sardina como fuente de ácidos grasos omega-3 y su efecto sobre la calidad y sabor del

huevo para plato. Memorias de la XXVI Reunión Anual de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas ANECA, Acapulco, Gro., México. Pp 67-69.

**Castillo B.C., Vázquez V.J.L., González A.M., Morales B.E., Castillo D.R.M., Carrillo D.S. (2005).** El aceite de atún como fuente de ácidos grasos omega-3 en el huevo de gallina. *Grasas y Aceites*. 56(2):153-159.

**Caston L. y Leeson S. (1990).** Research note: dietary flax and egg composition. *Poultry Science* 69:1617-1620.

**Castro G.M.I. (1993).** Procesos tecnológicos aplicados a la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y cambios en su composición química a diferentes latitudes para su aprovechamiento en la alimentación animal. Tesis de Maestría. Fac. de Med. Vet. Y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

**Castro G.M., Carrillo D.S., Pérez-Gil R.F. y Calvo C.C. (1995).** Composición química de la langostilla y procesos tecnológicos. En: Aureoles-Gamboa D. Y Balart E.F. (Eds.) *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México. Pp. 163-177.

**Castro G.M.I., Montañó B.S. y Pérez-Gil R.F. (2001).** Ácidos grasos en sardina en salsa de tomate de diferentes zonas pesqueras del Pacífico Mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51(4):400-406.

**Cifuentes J.L., Torres-García P., Frías M. (1990).** El Océano y sus recursos. Volúmen IX. Pesca y Volúmen X. Pesquerías. Fondo de Cultura Económica. 228p.

**Civera C.R., Goytortúa B.E., Roca M.S. y Green Y.A. (1992).** Utilization of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal as a protein source for *Penaeus vannamei* juveniles. Abs. Annual Conf. World Aquacult. Soc. 1992: 21-25.

**Coon C.N. (2002).** Digestion and Metabolism. In: *Comercial Chicken Meat and Egg Production*. Bell D.D., Weaver D.W. (eds.) 5<sup>th</sup> Edition. Editorial Kluwer Academic Publishers. United States of America. Pp. 199-213.

**Cuca G.M. (2005).** Estudios recientes con calcio en gallinas de postura. Programa de ganadería, IREGEP, Colegio de postgraduados. Montecillos Estado de México. Pp.1-7.

**Cuvelier M.E., Richard H. y Berset C. (1990).** Use of a new test for determinig comparative autoxidative activity of butylated hydroxynisole, butylated hydroxytoluene, alpha-and gamma-tocopherols and extracts from rosemary and sage. *Sciences des Aliments*, 10: 797-806.

- Croguennec T., Nau F. y Brulé G. (2002).** Influence of pH and Salts on Egg White Gelation. *Journal of Food Science* 67(2): 608-614.
- Czeczuga B. (1974).** Comparative studies of carotenoids of the fauna of the Gulfmar Fjord (Bohuslan, Sweden). II-Crustacea: *Eupagurus berhardus*, *Hyas coarctatus* and *Upogebia deltaura*. *Mar. Biol.* 28: 95-98.
- Charley H. (2004).** Tecnología de Alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Ed. Limusa, México. Pp. 435-473.
- Cheeseman K.H. (1993).** Lipid peroxidation and cancer. DNA and free radicals. Ed. Halliwell B., Aruoma O.I. Ellis Horwood, Pp. 109-144.
- Chen H.M. y Meyers S.P. (1982).** Effect of antioxidants on stability of astaxanthin pigment in crawfish waste and oil extract. *J. Agric. Food Chem.*, 30: 469-473.
- Chen J.H. y Ho C.T. (1997).** Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 2374-2378.
- Chen Y.H. y Jeng S.C. (1992).** Pigmentation of Kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. *Aquaculture*, 102: 333-346.
- Cherian G. y Sim J.S. (1991).** Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science* 70:917-922.
- Dall W. (1995).** Carotenoids versus retinoids (Vitamin A) as essential growth factors in penaeid prawns (*Penaeus semisulcatus*). *Marine Biology*, 124: 209-213.
- De la Lanza E.G., García C.J.L., Tovilla H.C. y Arredondo J.L. (1993).** Ambientes y Pesquerías en el Litoral Pacífico Mexicano. INEGI, México, 83 Pp.
- Desrosier N.W. (1994).** "Elementos de Tecnología de Alimentos". Compañía Editorial Continental S.A. Décima Reimpresión. México, D.F. Pp. 365-378.
- Di Mascio P., Kaiser K. y Sies H. (1989).** Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch. Biochem. Biophys.* 274: 532-538.
- Di Mascio P., Sundquist A.R., Devasagayam T.P.A. y Sies H. (1992).** Assay of lycopene and other carotenoids as singlet oxygen quencher. *Methods Enzymol.* 213: 429-438.
- Dore I. y Frimodt C. (1987).** An illustrated guide to shrimp the word. Publisher Van Nostrand Reinhold N.Y. 19-42 pp.

- Estermann R. (1994).** Micro-ingredients-abstracts. Biological functions of carotenoids. *Aquaculture*, 124(4): 219.
- FAO (1987).** The Nutrition and Feeding of farmed fish and shrimp. A training manual. 1. The essential nutrients. Food Agriculture Organization. Brasilia, Brasil. 132 pp.
- Farrell D.J. (1998).** Manipulation of the fatty acid composition of poultry meat and eggs to meet consumer demands. Proceedings of the 6<sup>th</sup> Asian Pacific Poultry Congress. Nagoya, Japan. Pp. 58-63.
- Fernández G.A., García-Carreño M.A., Navarrete M.A. y Fenucci J.L. (1992).** Digestive proteinases of red shrimp *Pleoticus muelleri* (Decapoda, Penaeoidea): partial characterization and relationship with molting. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 130(3): 331-338.
- Folch, J.; M. Less and G.H. Sloane-Stanley. (1957).** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem* 226:497-509.
- Foss P., Storebakken T., Schiedt K., Liaaen-Jensen S., austreng E. y Streif K. (1984).** Carotenoids in diets for salmonids. I. Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture*, 41: 213-226.
- Freile P.Y. (2001).** Las algas en la botica. *Avance y Perspectiva* 20: 283-292.
- Galobart J., Barroeta A.C., baucells M.D. y Guardiola F. (2001).** Lipid oxidation in fresh and Spray-Dried eggs enriched with w3 and w6 polyunsaturated fatty acids durin storage as affected by dietary vitamin E and Canthaxanthin supplementation. *Poultry Science* 80: 327-337.
- Gallardo N.Y. (1975).** Aprovechamiento integral de la "langostilla". Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México, 238 pp.
- García C.F.L., Dimes N. y Haard N. (1993).** Substrate-gel electrophoresis for composition and molecular weight of proteinases or proteinaceous proteinase inhibitors. *Analytical Biochem.* 214(1): 65-69.
- García C.F.L. y Haard N. (1993).** Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacific astacus*) extracts. *J. Food Biochem.* 17: 97-113.
- García C.F.L. y Haard N. (1994).** Preparation of an exopeptidase-enriched fraction from the hepatopancreas of decapods. *Process Biochem.* 29: 663-670.

- García C.F.L. y Hernández C.M.P. (1995).** Proteasas digestivas de langostilla. En: Aurióles-Gamboa D. & E.F. Balart (Eds.) La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. CIBNOR, S.C., México. Pp. 207-219.
- García-Carreño F.L., Gollas-Galván T., del Toro M.A.N. y Haard N.F. (1999).** Langostilla (*Pleuroncodes planipes*) as a source of protein hydrolysate and carotenoprotein. *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 8: 23-38.
- Gernat A.G. (2001).** The effect of using different levels of shrimp meal in laying hen diets. *Poultry Science*, 80: 633-636.
- González-Esquerra R., Lesson S. (2000).** Effects of feeding hens regular or deodorizer Menhaden oil on production parameters, yolks, fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Science* 79:1597-1602.
- Goodwin T.W. (1986).** The biochemistry of the carotenoids. Vol II Animals. 2nd. Ed. Chapman and Hall. London and New Cork. Pp. 223.
- Goytortúa E. (1993).** Evaluación de la digestibilidad de dietas compuestas a base de harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y su efecto en el crecimiento en el camarón blanco (*Penaeus vannamei*). Tesis Prof. Universidad Autónoma San Luís Potosí. Pp. 112.
- Grobas S. y Mateos G.G. (1996).** Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España. 27 pp.
- Guillou A., Khalil M. y Adambounou L. (1994).** Effects of silage preservation on astaxanthin forms and fatty acids profiles of procesed shrimp (*Pandalus borealis*) waste. *Aquaculture*, 130: 351-360.
- Hargis P.S. y Van Elswyk M.E. (1993).** Manipulating the fatty acid composition of poultry meta and eggs for the health conscious consumer. *World's Poultry Science Journal* 49: 251-264.
- Harris W.S. (1989).** Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans: a critical review. *Journal of Lipid Research*, (30): 785-807.
- Hencken H. (1989).** Pigmenting agents for the mixed feed manufacturing. *Feed Magazine*. March/April.
- Hernández C.M.P. (1993).** Proteínas con actividad de quimotripsina y colagenaza en langostilla *Pleuroncodes planipes*. Tesis Prof. Depto. Biología del Mar, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Pp. 170.

- Hernández J.L. y González M. (1989).** Rendimiento de producción de camarón azul (*Penaeus stylirostris*) a diferentes densidades de cultivo semi-intensivo en Puerto Chale, B.C.S., México. Tesis Prof. Depto. Biol. Mar. UABCS. 98 pp.
- Hencken H. (1992).** Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects of pigmentation. *Poultry Science* 71:711-717.
- High M. (1995).** El efecto de la astaxantina en la maduración del camarón, *Penaeus vannamei*. Tercer Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. 115-119 pp.
- Holub B.J. (2002).** Clinical nutrition: omega-3 fatty acids in cardiovascular care. *CMA*, 166: 608-615.
- Howe P.R.C. (1998).** N-3 fatty acids-an Australian perspective. In: Simopoulos, A.P. (ed) The return of w-3 fatty acids into the food supply. Karger, New York, pp. 215-218.
- Jiménez B.F. (1978).** Industrialización de la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) para consumo humano y animal. Tesis de Maestría. ITESM, Guaymas, Sonora, Pp. 128.
- Jiménez-Escrig A. y Goñi C.I. (1999).** Evaluación nacional y efectos Fisiológicos de Macroalgas Marinas Comestibles. *Arch. Latinoa. Nutr.* 49(2):114-119.
- Koehler H.H. y Bearnse G.E. (1975).** Egg flavor quality as affected by fish meals or fish oils in laying rations. *Poultry Science* 54: 881-889.
- Kurmaly K. (1993).** Increase in harvest yield and net benefit using Carophyll Pink (astaxanthin), in shrimp feed. *Aquaculture News*, 2(1): 1-5.
- Kurmaly K. y Guo F.C. (1995).** Effect in environmental stressors; High ammonia, low dissolved oxygen, low salinity, high salinity and low temperatura shock on vitamin C and astaxanthin content of shrimpo tissues. Roche Aquaculture Centre Far East (RACFE). Rovithai Ltd. Pp. 187.
- Latscha T. (1989).** The role of Astaxanthin in shrimpo pigmentation. *Advances in Tropical Aquaculture. Aquacop. IFREMER. Actes de College*, 9: 319-325.
- Latscha T. (1991).** Crustacean pigments. *Crustacean Nutrition Newsletter*, 7(1): 53-60.
- Leeson S. (1993).** Potential of modifying poultry products. *Journal Poultry Res.* 2: 380-384.
- Leeson S., Caston L. y Maclaurin, T. (1998).** Organoleptic evaluation of eggs produced by laying hens fed diets containing graded levels of flaxseed and vitamin E. *poultry Science* 77:1436-1440.

- Li-Chan E.C., Powrie D.W. y Nakai S. (1995).** The chemistry of eggs and egg products. Page 591. In: Egg Science and Technology. W.J. Stadelman y O.J. Cotterill ed. 4<sup>th</sup> ed. Food Products Press, New York.
- Mann H. y Aguirre V. (2002).** Avances en el mejoramiento de la Producción Avícola. Conferencia Magistral. Trabajo publicado in extenso en las Memorias del XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Trujillo, Venezuela, 1-9.
- Marshall A., Sams A. y van Elswyk M. (1994).** Oxidative stability and sensory quality of stored eggs from hens fed 1.5% arenque oil. J. Food Science 59: 561-563.
- Maurice D. (1994).** Dietary fish oils: Feeding to produce designer eggs. Feed Manag. 45: 29-32.
- Meyers S.P. y Bligh D. (1981).** Characterization of astaxanthin pigments from heat-processed crawfish waste. J. Agric. Food Chem., 29: 505-508.
- Meza A.M. (2001).** Impacto sobre la calidad del huevo al incluir algas marinas en raciones para gallinas ponedoras. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Mensaveta P. (1993).** Biological benefits of carotenoids: Astaxanthin. Feed production Tomorrow. II: Animal Nutrition Victam Internacional. 26th. October 1993. Bangkok, Thailand. Pp. 18.
- Millán A.S. (1992).** Efecto de la sustitución de las harinas de camarón, pescado y soya por harina de langostilla *Pleuoncodes planipes* en el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Penaeus californensis* (Holmes, 1900) (Decapoda:Penaeidae). Tesis Prof. Universidad Simón Bolívar, México. Pp. 104.
- Miki W. (1991).** Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure Appl. Chem. 63: 141-146.
- Miki W., Otaki N., Shimidzu N. y Yokoyama A. (1994).** Carotenoids as free radical scavengers in marine animals. J. Mar. Biotech. 2: 35-37.
- Monrroy H.O y Viniegra G.G. (1990).** Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Ed. AGT. México D.F.
- Naber E.C. (1993).** Modifying Vitamin Composition of Eggs: A Review. J APPL POULT RES 2:385-393.



- Naber E.C. y Squires M.W. (1993).** Vitamin profiles of eggs as indicators of nutritional status in the laying hen: diet to egg transfer and commercial flock survey. *Poultry Science* 72(6): 1046-1053.
- Nickos A. B., Dimitrios J.F., Georgios E.P., Vassilios N.V., Antonios J.M. and Antonios G.T. (1994).** Rapid, Sensitive, and Specific Thiobarbituric Acid Method for Measuring Lipid Peroxidation in Animal Tissue, Food, and Feedstuff Samples. *J. Agric. Food Chem.* 42:1931-1937.
- Nishide E. y Uchida N. (2003).** Effects of *Ulva* powder on the ingestion and excretion of cholesterol in rats. In: Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Seaweed Symposium Chapman ORA. Anderson J.R. Oxford University Press. Great Britain. Pp. 165-168.
- Noble R.C. (1999).** Manipulation of the Nutritional Value of eggs. In: Recent Developments in Poultry Nutrition 2. Wiseman J. and Garnsworthy P.C. Eeds.), Nottingham University Press. United Kingdom. Chap. 16. Pp. 251-268.
- Norman L., Shaw C., Fink C. y Awad A. (2004).** Combination of phytosterols and omega-3 fatty acids: a potential strategy to promote cardiovascular health. *Curr. Med. Chem. Cardiovascular and Hematological Agents*, 2: 1-12.
- N.R.C. (1999).** Nutrient Requirement of Poultry. 8<sup>th</sup>. Ed. National Research Council. National Academy Press. Washington D.C., USA.
- NMX (2004).** Norma Mexicana NMX-FF-079-SCFI-2004. Para Productos Avícolas. Huevo Fresco de gallina. Especificaciones y Métodos de Prueba. 23p.
- North M.O. y Bell D.D. (1993).** Manual de Producción Avícola. Ed. El Manual Moderno. México. 829 p.
- Oh S., Lin C., Ryue J. y Bell D. (1994).** Eggs enriched in n-3 fatty acids as a wholesome food. *J. Appl. Nutr.* 46: 14-25.
- O.P.S. (1991).** Conocimientos actuales sobre nutrición. 6<sup>a</sup>. Ed. Organización Panamericana para la Salud. Publicación Científica No. 532. Washington D.C., USA. Pp. 40.
- Oku T., Kato H., Kunishige-Taguchi T., Hattori M., Wada K. y Hayashi M. (1996).** Stability of fat soluble components such as n-3 polyunsaturated fatty acids and physicochemical properties in EPA and DHA enriched eggs. *Japanese Journal of Nutrition* 54:109-119.
- Pedrero F. y Pangborn R. (1996).** Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Ed. Alambra. México. 327 pp.

- Pérez F.R. y Auriolés G.D. (1995).** Hábitos alimentarios de la langostilla bentónica en la plataforma continental de la Costa Oeste de Baja California Sur. En: Auriolés-Gamboa D. & E.F. Balart (Eds.) La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. CIBNOR, S.C., México. Pp. 125-137.
- Philbrick Diana-jane, Vhundi G., Mahadevappa, Ackman G.R. y Holub J.B. (1987).** Ingestion of fish oil or a Derived n-3 Fatty Acid Concentrate containing Eicosapentaenoic Acid (EPA) Affects Fatty Acid Composition of Individual Phospholipids of Rat Brain, Sciatic Nerve and Retina. *Journal of Nutrition* 117(10): 1663-1670.
- Pulnam M. (1991).** Aquaculture and the environment. *European Aquaculture Soc. Special Publication*, 16: 245-263.
- Qi G.H. y Sim J.S. (1998).** Natural tocopherol enrichment and its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:1920-1926.
- Quintana J.A. (1999).** Avitecnia. Manejo de las aves domésticas más comunes. Editorial Trillas, S.A. de C.V. 3ª. Edición, México. 384p.
- Ramos R.F., Carrillo D.S., Pérez-Gil R.F., Avila G.E., Carranco J.M.E. y Castillo D.R.M. (1998).** Modificación en el contenido de colesterol en el huevo de gallina al incluir las algas marinas *Macrocystis pyrifera* y *Ulva* Spp. En la ración para ponedoras. Memorias de la XXIII Reunión Anual de la Asociación Nacional de Especialistas en ciencias Avícolas ANECA, Puerto Vallarta, Jalisco. Pp. 202-204.
- Robinson D.S. y Monsey J.B. (1972).** Changes in the composition of ovomucin during the liquefaction of egg white: The effects of ionic strength and magnesium salts. *J. Sci. Food Agric.* 23: 893-904.
- Rodríguez de la Cruz R. C. (1987).** Crustáceos Decápodos del Golfo de California. Secretaría de Pesca, México. Pp. 78.
- Rodríguez B.M.G. (1995).** Las algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* como fuentes alternas de minerales y pigmentos en gallinas de postura. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Pp. 106.
- Rojkind A.R. (1977).** Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal 1: Ensayos con pollos y gallinas ponedoras. Contribución Técnica No.19. Centro de Investigación de Biología marina. Estación Puerto Deseado y Estación Austral. Buenos Aires, Argentina. 24 Pp.

- Roush W.B., Mylet M., Rosenberger J.L. y Derr J. (1986).** Investigation of calcium and available phosphorus requirements for laying hens by response surface methodology. *Poultry Science*, 65: 964-970.
- Sanders T.A. y Roshanai F. (1983).** The influence of different types of omega 3 polyunsaturated fatty acids on blood and platelet function in healthy volunteers. *Clinical Science* 64: 91-99.
- Schiedt K., Leuenberg F.J. y Vecchi M. (1985).** Natural occurrence of enantiomeric and meso-astaxanthin. 5. Ex wild salmon (*Salmo salar* and *Oncorhynchus*). *Helv. Chim. Acta*, 64: 449-457.
- Schoneich C. (1989).** Thyl radical attack on polyunsaturated fatty acids. *Biochem Biophys Res Commun*, 161: 113-120.
- Schulz H. (1976).** Results of the "MEXAL" Program: *Pleuroncodes planipes* (Stimpson), the bottom trawl catches of the research vessels "Bonn" and "Wesser". Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg. Institut für Seefischerei. Pp. 4.
- Servicio de Actualización Pesquera (1990).** Especies de camarón. México D.F., 65: 1-10.
- Simopolous A.P. (2000).** Human Requirements for n-3 Polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, 79: 961-970.
- Sohail S.S. y Roland D.A. (2002).** Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W36 hens. *Poultry Science*, 81: 75-83.
- Spinelli J., Lehman L. y Wieg D. (1974).** Composition, processing and utilization of red crab (*Pleuroncodes planipes*) as an aquacultural feed ingredient. *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 1025-1029.
- Spinelli J. y Mahneken C. (1978).** Carotenoid deposition in pen-reared salmonids fed diets containing oil extracts of red crab (*Pleuroncodes planipes*). *Aquacult.* 13: 213-223.
- Squires M.W. y Naber E.C. (1993).** Vitamin profiles of eggs as indicators of nutritional status in the laying hen: Riboflavin study. *Poultry Science* 72(11): 154-164.
- Stahl W., Junghans A., de Boer B., Driomina E.S., Brivia K. y Sies, H. (1998).** Carotenoid mixtures Project multilamellar liposomes against oxidative damage: synergistic effects of lycopene and lutein. *FEBS Letters* 427:305-308.
- Suárez P.A. (1988).** Evaluación de la pigmentación por medio de reflectancia en dos líneas de pollo de engorda comercial. Memorias XII Convención Anual ANECA (Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas). Ixtapa, Zihuatanejo, México.

- Thapo J.L. (2004).** Inhibición de la Salmonella enteritis en huevos comerciales. Tecnología Avícola en Latinoamérica, 17(193): 36-40.
- Toma R.B. and Meyers S.P. (1975).** Isolation and chemical evaluation of protein from shrimp cannery effluent. J. Agric. Food Chem. 23:632.
- Van Elswyk M.E. Sams A.R. y Hargis P.S. (1992).** Composition, functionality and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary Menhaden oil. Journal of Food Science 57(2): 342-344.
- Ventura M.R., Castañón J.I.R. y McNab J.M. (1994).** The nutritive value of seaweeds (*Ulva lactuca*) for poultry. Anim. Feed Sci. and Tech. 49:87-92.
- Villarreal H. (1995).** Utilización de la langostilla en la acuicultura. En: Aurióles-Gamboa D. & E.F. Balart (Eds.) La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. CIBNOR, S.C., México. Pp. 125-137.
- Villarreal H. y Castro M. (1992).** Preliminary studies on the effect of protein content on the growth of *Penaeus vannamei* marine salinities. Abs. Annual Conf. World Aquaculture Society. Pp. 96.
- Villarreal H., Rivera M.C. y Millán A. (1991).** Effect of the substitution of shrimp meal, fish meal and soya meal for red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal in the growth of postlarvae and juvenile *Penaeus californensis*. Crustacean Nutrition Newsletter, 7(1): 11-23.
- Welch V.A. y Borlak J.T. (2000).** Absorption and transport of dietary lipids. In: Fatty acids in foods and their health implications. Second Edition Ching Kuang Chow. Marcel Dekker. United States of America. Pp. 451-480.
- Wilkie D.W. (1972).** The carotenoid pigmentation of *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea:Decapoda:Galatheididae). Com. Biochem. Physiol., 423: 731-734.
- Young A.J. y Lowe G.M. (2001).** Antioxidant and Prooxidant properties of carotenoids. Archives of Biochemistry and Biophysics. 385 (1): 20-27.

ANEXOS

**Anexo 1**  
**PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO PARA HUEVO**

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

La característica a evaluar es únicamente el **SABOR** del huevo.

**Instrucciones.**- Pruebe las muestras de huevo e indique con una "X" su nivel de agrado de acuerdo con la escala que se presenta a continuación. Es importante que entre muestra y muestra, tome pan y agua.

	159	826	638
Gusta mucho	_____	_____	_____
Gusta poco	_____	_____	_____
Es indiferente	_____	_____	_____
Disgusta poco	_____	_____	_____
Disgusta mucho	_____	_____	_____

**Comentarios:**

---



---



---

**GRACIAS**

## Anexo 2

### PRUEBA DE PREFERENCIA

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

PRODUCTO: YEMA DE HUEVO

Prueba para evaluar únicamente el **COLOR DE LA YEMA** de huevo.

Instrucciones.- Observe detenidamente las muestras que a continuación se le presentan, e indique su preferencia de mayor= 3 a menor= 1. Por favor no repetir número de preferencia.

**NO SE PUEDEN REPETIR NUMEROS DE PREFERENCIA.**

<b>MUESTRAS</b>	<b>PREFERENCIA</b>
742	_____
100	_____
973	_____

Observaciones:

---



---



---

**GRACIAS**

# SHRIMP HEAD MEAL IN LAYING HEN RATIONS AND ITS EFFECTS ON FRESH AND STORED EGG QUALITY

María Elena Carranco-Jáuregui, Leonor Sanginés-García, Eduardo Morales-Barrera, Silvia Carrillo-Domínguez, Ernesto Ávila-González, Benjamín Fuente-Martínez, Miriam Ramírez-Poblanó and Fernando Pérez-Gil Romo

## SUMMARY

In order to determine the effects of shrimp (*Penaeus* spp.) by-product meal (SBM) on performance parameters, physical quality and sensory evaluation of fresh and stored eggs, 120 white Leghorn hens, 42 weeks old, were distributed in 4 replicates of five treatments (0, 10, 15, 20 and 25% SBM). At 28 days of the assay, eggs were collected from each treatment to evaluate physical quality at 0, 15 and 30 days of storage at 4 and 20°C. A factorial design of 5x3x2 was used. There were no statistical differences in performance parameters ( $P>0.05$ ). Average egg weight was higher (64.08g) with 15% SBM, with-

out any detectable effect due to storage time. Haugh Units (HU) decreased in eggs stored at 20°C (15 and 30 days), but not at 4°C. Yolk color was reduced in treatments with SBM as compared with the control and was also altered by storage time at 20°C. Eggshell weight was not affected by storage conditions or by the treatments. No differences ( $P>0.05$ ) in eggshell thickness and sensorial evaluation (yolk color and taste) were found. It is concluded that the differences found were caused by storage time and temperature, not by the inclusion of SBM in laying hens' rations.

## RESUMEN

Para conocer el efecto de la harina (HCC) de cabezas de camarón (*Penaeus* spp.) sobre las variables productivas, la calidad física y evaluación sensorial del huevo fresco y almacenado, se utilizaron 120 gallinas Leghorn blancas de 42 semanas de edad, distribuidas en 5 tratamientos (0, 10, 15, 20 y 25% de HCC) con 4 repeticiones cada uno. A los 28 días del ensayo se recolectaron huevos de cada tratamiento para evaluar la calidad física a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento a 4 y 20°C, con un diseño factorial de 5x3x2. No hubo diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) en las variables productivas. El peso promedio del huevo fue mayor (64,08g) con 15% de

HCC, sin encontrarse efecto por el tiempo de almacenamiento. Las Unidades Haugh (UH) de los huevos almacenados a 20°C por 15 y 30 días disminuyeron, pero no a 4°C. El color de la yema fue menor en los tratamientos con HCC respecto al testigo y se vio afectado por el tiempo de almacenamiento a 20°C. El peso del cascarón no varió con las condiciones de almacenamiento ni los tratamientos. En grosor de cascarón y en la evaluación sensorial (sabor y color de la yema), no hubo diferencias ( $P>0.05$ ). Se concluye que las diferencias encontradas se debieron al tiempo y temperatura de almacenamiento y no a la inclusión de HCC en las raciones para gallinas ponedoras.

## Introduction

The preference for the high nutritional value and low cost of eggs has made Mexico the number one consumer of eggs worldwide. Consumer preference is based first on egg quality and second on freshness (Guerra, 2000). Therefore, it is important that egg qual-

ity be evaluated according to the factors that stimulate consumer purchases such as egg size, eggshell resistance and color, albumen quality, yolk color, flavor and freshness.

Fresh eggs are those that maintain optimal sensorial, physical, chemical and microbiological characteristics (Norma Mexicana, 2004).

Like other foods of animal origin, eggs are generally stored at 4°C for up to 25 days without spoiling. Freshness is recognized when the yolk remains in the center of the albumen. Although eggs are rarely consumed on the day they are laid, if eggs are properly handled, their quality remains during storage (Charley, 2004).

Previous studies (Rosenfeld *et al.*, 1997; Carranco *et al.*, 2003) on the addition of shrimp industry by-products, such as shrimp heads, have demonstrated that they are a source of protein and pigment. In Mexico, 60000 tons per year of this by-product is produced and its disposal represents a problem (Casas y Ponce, 1999). Most of

## KEYWORDS / Eggs / Eggs Physical Quality / Laying Hens / Shrimp By-products / Storage /

Received: 04/05/2006. Modified: 09/29/2006. Accepted: 10/03/2006.

Ma. Elena Carranco-Jáuregui. Chemist, Pharmacologist, Biologist and M.Sc., Universidad de Colima, Mexico. Doctoral Student in Biology Sciences and Health, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Mexico. Researcher, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). Address: Departamento de Nutrición Animal, INCMNCZ. Vasco

de Quiroga No. 15, Colonia Sección XVI, Tlalpán, C.P. 14000, Mexico D.F. e-mail: rexpriero@hotmail.com

Leonor Sanginés-García. Doctor in Veterinary and Zootechnics and M.Sc., Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ph.D., Universidad de Colima, Mexico. Researcher, INCMNSZ, México.

Eduardo Morales-Barrera. Doctor in Veterinary and Zoo-

technics and M.Sc., UNAM, Mexico. Ph.D., Universidad de Colima, Mexico. Professor and Researcher, UAM, Mexico.

Silvia Carrillo-Domínguez. Doctor in Veterinary and Zootechnics and M.Sc., UNAM, Mexico. Researcher, INCMNSZ.

Ernesto Ávila González. Doctor in Veterinary and Zootechnics and M.Sc., University of Iowa, USA. Professor and Researcher, UNAM, Mexico.

Benjamín Fuente-Martínez. Doctor in Veterinary and Zootechnics and M.Sc., UNAM, Mexico. Associated Academic Technician, UNAM, Mexico. Miriam Ramírez Poblano. Food Chemistry Student, UNAM, Mexico.

Fernando Pérez-Gil Romo. Doctor in Veterinary and Zootechnics. Ph.D., University of California, Davis, USA. Researcher, INCMNSZ, Mexico.



Para conhecer o efeito da farinha (FCC) de cabeças de camarão (*Penaeus* spp.) sobre as variáveis produtivas, a qualidade física e avaliação sensorial do ovo fresco e armazenado, se utilizaram 120 galinhas Leghorn brancas de 42 semanas de idade, distribuídas em 5 tratamentos (0, 10, 15, 20 e 25% de FCC) com 4 repetições cada um. Aos 28 dias do ensaio se recolheram ovos de cada tratamento para avaliar a qualidade física aos 0, 15 e 30 dias de armazenamento a 4 e 20°C, com um desenho fatorial de 5x3x2. Não houve diferenças estatísticas ( $P>0,05$ ) nas variáveis produtivas. O peso médio do ovo foi maior (64,08g) com 15% de FCC, sem encontrar-se efeito pelo tempo de

armazenamento. As Unidades Haugh (UH) dos ovos armazenados a 20°C por 15 e 30 dias diminuíram, mas não a 4°C. A cor da gema foi menor nos tratamentos com FCC em relação à testemunha e se viu afetado pelo tempo de armazenamento a 20°C. O peso da carcaça não variou com as condições de armazenamento nem os tratamentos. Na espessura da carcaça e na avaliação sensorial (sabor e cor da gema), não houve diferenças ( $P>0,05$ ). Conclui-se que as diferenças encontradas se deveram ao tempo e temperatura de armazenamento e não à inclusão de FCC nas rações para poedeiras.

it is discarded at sea or in municipal dumps rather than being used by the balanced feed industry.

Studies on the chemical composition of this by-product, as well as about the appropriate levels of inclusion in different laying hen diets, are necessary in order to know the effect they may have when incorporated into laying hen rations. Sorghum and soy bean meal are frequently used ingredients in Mexican broiler and laying hen diets to supply energy and protein respectively (Morales *et al.*, 1992). In the case of laying hen diets, shrimp heads may be added to provide unsaturated fatty acids and pigmentation for egg yolks (carotenoids) and their inclusion should favor egg quality (Grobas and Mateos, 1996). Therefore, the purpose of this study was to know the effect of shrimp by-product meal (*Penaeus* spp.) on productive parameters and physical quality of eggs at different storage times and temperatures.

## Materials and Methods

### Chemical analysis of shrimp by-product meal

The shrimp by-product meal (SBM) was bought from *Proteínas Marinas y Agropecuarias S.A. de C.V.* in Guadalajara, Jalisco, Mexico. The crude protein, ether extract, ash, moisture, total carbohydrates and min-

erals (Na, Ca and Mg) were determined using methods described in AOAC (2000), gross energy by Parr a calorimetric bomb (Parr Instrument Company, Inc., Moline Illinois) and microbiological analysis (aerobic, coliform, and *E.coli* counts, and *Salmonella* detection) were done according to Colón and Morales (1995).

### Birds and diets

One-hundred and twenty Isa Babcock-B-300 laying hens of 42 weeks of age (1.5-2.0kg weight), in their first laying cycle, were randomly distributed into 5 treatments consisting in 0, 10, 15, 20 and 25% SBM inclusion into commercial sorghum-soybean diets in which the soybean was partially replaced, with four replicates each. Each replicate included 6 hens (2 hens per cage). Water and feed were offered *ad libitum* during the 28 days experiment. Diets met the nutritional recommendations for laying hens according to NRC (1994).

### Data recording

Egg production, egg weight and feed intake were measured daily. Feed conversion (feed intake per kg egg produced), egg mass (percentage hen-day egg production x average individual egg weight in grams per egg) and egg production were calculated.

### Collection and physical evaluation of eggs

At the end of 4 weeks (days 28-31) 72 eggs were analyzed with the use of a semi-automated egg quality system (Technical Service and Supply Inc., England, UK). Egg weight, albumen height, Haugh Units, eggshell thickness, eggshell weight and yolk color according to the Roche Color Fan, were measured on fresh eggs and eggs stored for 15 or 30 days at 4 or 20°C. The egg quality system was based on a micro-processor (QCM+) connected to a digital balance and an albumen height measurement electronic gauge (Technical Service and Supply Inc., England, UK). The QCM+ collected data from the in-line instruments and displayed a reading, after which the data were transferred to a computer fitted with Eggware software (Technical Service and Supply Inc., England, UK). The Haugh Units (HU) of the albumen were calculated by a software using the HU formula (Eisen *et al.*, 1962). Shell thickness was measured near the equator of the egg with a micrometer. The pH of the whole egg was determined by a Hand-Held pH-Tester (Cole-Parmer).

### Sensory evaluation

This test was performed in single booths and under white light, in the Sensory Evaluation Laboratory. Thirty individuals of both

sexes, who were usual egg consumers participated in sensory evaluations as non-trained panelists. Sensory evaluations were carried out on fresh eggs as well as eggs stored at 4 and 20°C for 15 and 30 days. Level of agreeability was measured (Hedonistic Test) for egg flavor, evaluating level of pleasure or displeasure (Pedrero and Pangborn, 1996). The Preference Test was used to evaluate yolk color, with the purpose of selecting by level of preference a series of samples according to the personal agreeability (Pedrero and Pangborn, 1996).

### Statistical analysis

The data that were obtained for the different variables were subjected to variance analysis according to a factorial arrangement 5x3x2 (SBM concentration, time and temperature). Differences among means were analyzed with Tukey's test, with a confidence level of 95%, by GLM Linear procedures (SAS, 1991). The egg yolk color preference was calculated according to the Friedman Test ( $P<0.05$ ; Steel and Torrie, 1985).

## Results

The chemical composition of shrimp by-product meal (SBM) is indicated in Table I. The experimental diet formulas used for laying hens, with different inclusion percentages of SBM are

TABLE I  
CHEMICAL COMPOSITION AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF SHRIMP BY-PRODUCT MEAL

Components	
Moisture (g/100g)	9.027 ±0.01
Ash (g/100g)	29.863 ±0.03
Ether extract (g/100g)	0.880 ±0.03
Crude protein (N×5.4, g/100g)	36.072 ±0.26
Total carbohydrates (g/100g)	24.158
Gross energy (kcal/g)	2.447 ±0.09
Calcium (mg/100g)	4581.29 ±0.15
Sodium (mg/100g)	104.59 ±0.28
Magnesium (mg/100g)	414.02 ±0.21
Mesophilic aerobic bacteria (CFU/g)	2000000
Total coliforms (MPN/g)	9.3
Fecal coliforms (MPN/g)	0.9
<i>Salmonella</i> sp. (25g)	Negative
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<0.3

The values presented are mean ±SE of 6 samples. CFU: colony forming units, MPN: most probable number.

presented in Table II. Diets were isocaloric and isonitrogenous.

Performance parameters

The results obtained with the different diets used were similar to the control group with regard to average egg weight, egg production, feed conversion, feed intake, egg mass and number of eggs produced (P>0.05; Table III).

Egg physical quality

In the physical quality study (Table IV) the average egg weight did not show differences when kept refrigerated (P>0.05) at 0, 15 and 30 days. Nevertheless, with the inclusion level of 15% SBM, weight (63.74g) was higher (P<0.05) than in treatments with 0 and 10%. The average egg weight at 20°C presents differences (P>0.05) at 15 and 30 days. There were no differences (P>0.05) between SBM inclusion levels.

Albumin height (Table V), as well as Haugh Units (HU; Table VI), presented a similar behavior. When kept at 4°C there were statistical differences (P<0.05) due to the fact that at 15 days their value was lower than in fresh eggs, while at 30 days an increase was detect-

ed. At 20°C, these variables decreased as storage time increased (P<0.05).

Egg yolk color (Table VII) decreased (P<0.05) as SBM levels increased, both at 4°C and at 20°C. For storage time, color did not diminish at 4°C temperature; while at 20°C at 30 days there was a reduction of 9.91 to 8.33 on average.

While SBM is a good source of Ca, among other minerals, when it was added to the laying hen formula

TABLE II  
FORMULAS OF LAYING HEN RATIONS INCLUDING SHRIMP BY-PRODUCT MEAL (SBM)

Ingredients	0%	10%	15%	20%	25%
Sorghum	685.649	629.878	602.697	575.516	548.336
Soybean*	185.076	131.898	104.963	78.028	51.093
SBM	-	100.000	150.000	200.000	250.000
Calcium carbonate	101.555	99.398	98.321	97.244	96.167
Calcium Orthophosphate	13.320	13.983	14.313	14.643	14.973
Soy oil	4.682	15.617	20.758	25.899	31.040
Sodium chloride	3.622	3.334	3.190	3.046	2.902
Vitamins + Minerals <sup>a</sup>	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Micoad <sup>b</sup>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Avelut powder <sup>c</sup>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Avired <sup>d</sup>	0.030	-	-	-	-
Methionine 98	0.916	0.642	0.508	0.373	0.239
Choline chloride 60	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Furacyl <sup>e</sup>	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Calculated nutrient					
Crude protein, %	15.0	15.205	15.301	15.397	15.493
ME, Kcal/g	2750	2750	2750	2750	2750
Calcium, %	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Available P, %	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370
Methionine, %	0.347	0.355	0.359	0.363	0.368
Methionine + cystine, %	0.490	0.596	0.596	0.596	0.596
Lysine, %	0.709	0.845	0.912	0.979	1.046

\* in mg/kg.

a: vitamins and minerals mix, per kg, for laying hens: 3.5744×10<sup>6</sup> IU vit. A, 1.344×10<sup>6</sup> IU vit. D<sub>3</sub>, 3.216×10<sup>6</sup> IU vit. E, 1.112g vit. K<sub>3</sub>, 2.228g vit B<sub>1</sub>, 8.96g Niacin, 5.592g Pantothenic acid, 0.004g Cyanocobalamin, 160g Choline, 0.016g antioxidant, 0.04g Co, 12.0g Fe, 0.04g I, 24g Mg, 14g Zn, 0.04 Se, 0.6g Cu. b: mycotoxin sequestrant, c: saponified xanthophylls of Aztec marigold (yellow, 15ppm), d: red xanthophylls (cantaxanthin, 10 ppm), e: Furazolidon-bacitracin-zinc.

the weight of the shell was not affected (P>0.05; Table VIII) by storage at 4°C; but

increased in relation to the control group at 15 and 20% SBM levels. This perhaps

TABLE III  
AVERAGE RESULTS OF PERFORMANCE PARAMETERS OF HENS FED WITH DIFFERENT SHRIMP BY-PRODUCT MEAL (SBM) INCLUSION LEVELS

SBM (%)	Egg production (%)	Egg weight (g)	Feed conversion	Feed intake bird/day/g	Egg mass (g)
0	84.96 ±0.21	61.26 ±1.54	2.15 ±0.28	108.07 ±3.69	51.94 ±4.32
10	78.26 ±7.99	62.17 ±1.41	2.19 ±0.25	105.55 ±2.84	48.50 ±5.34
15	84.66 ±1.88	61.78 ±0.51	2.20 ±0.26	110.86 ±2.41	52.32 ±3.18
20	79.31 ±3.57	61.10 ±1.46	2.23 ±0.28	110.17 ±5.18	48.40 ±5.76
25	74.99 ±8.41	61.45 ±1.32	2.28 ±0.35	107.66 ±4.63	45.43 ±9.25

There were no statistical differences for each treatment (P>0.05).

TABLE IV  
AVERAGE EGG WEIGHT (g) OF 44 WEEKS-OLD HENS, FED WITH DIFFERENT LEVELS OF SHRIMP BY-PRODUCT MEAL (SBM) INCLUDED IN THEIR DIETS

SBM (%)	Refrigeration (4°C)				Room temperature (20°C)		
	Day 0	Day 15	Day 30	Average	Day 15	Day 30	Average
0	57.43 ±0.64	62.49 ±0.47	59.39 ±0.75	59.77 b	60.51 ±0.93	52.82 ±4.50	56.92 a
10	61.55 ±1.54	58.24 ±5.38	58.64 ±0.93	59.48 b	61.55 ±1.16	58.60 ±1.14	60.57 a
15	64.08 ±0.76	64.19 ±0.61	62.96 ±1.07	63.74 a	61.92 ±1.12	57.56 ±1.11	61.19 a
20	61.06 ±0.90	63.56 ±1.07	62.43 ±0.87	62.34 ab	58.39 ±1.06	54.77 ±0.82	58.07 a
25	60.67 ±0.84	61.46 ±0.61	60.68 ±1.21	60.94 ab	61.80 ±1.02	53.22 ±4.99	58.56 a
Average	60.96 a	61.99 a	60.82 a		60.83 a	55.39 b	

The values presented are mean ±SE. Different letters indicate statistical differences (P<0.05) in average row and average columns.

was due to the fact that the diet was formulated with added Ca.

Eggshell thickness was not affected by any of the variables of the experiment (concentration, time and temperature) as there were no statistical differences between any of them.

**Sensory evaluation**

No differences ( $P > 0.05$ ) were found in the variables studied for egg flavor and yolk color, among the five treatments and egg storage conditions.

**Discussion**

The chemical composition of SBM used in this study shows a high ash content (29.86%), these fractions correspond to mineral salts, that form the cephalothorax of shrimp this can have to be the concentration of mineral salt in the season of capture, as well as of the age of the crustaceans (Castro *et al.*, 1995). The largest fraction in SBM was crude protein (36.07%).

The diets used complied with NRC (1994) recommendations. They were isocaloric and isonitrogenous. Furthermore, the diets with SBM did not have red pigment added to them, since the main carotenoid of SBM is astaxanthin, a red pigment which substitutes the pigment added to the control diet (cantaxanthin), in order to reduce costs.

**Performance parameters**

For performance parameters, egg production, egg weight, feed conversion, feed intake, egg mass and produced eggs, there were no statistical differences ( $P > 0.05$ ) among the different SBM levels.

Rosenfeld *et al.* (1997) carried out studies with shrimp meal, including it in broiler rations at 10, 20, 30, 40, 60, 80 and 100% soy bean partial replacement;

TABLE V  
AVERAGE ALBUMEN HEIGHT (MM) OF EGGS FROM 44 WEEKS-OLD HENS, FED WITH DIFFERENT LEVELS OF SHRIMP BY-PRODUCT MEAL (SBM) INCLUDED IN THEIR DIETS

SBM (%)	Refrigeration (4°C)				Room temperature (20°C)		
	Day 0	Day 15	Day 30	Average	Day 15	Day 30	Average
0	6.36 ±0.29	5.24 ±0.76	5.77 ±0.23	5.84 a	4.43 ±0.14	2.50 ±0.11	4.43 a
10	7.33 ±0.53	5.01 ±0.46	5.65 ±0.19	6.03 a	3.78 ±0.21	3.01 ±0.10	4.71 a
15	7.56 ±0.48	4.94 ±0.34	5.34 ±0.37	5.95 a	4.00 ±0.27	2.51 ±0.12	4.69 a
20	7.18 ±0.24	5.45 ±0.34	6.26 ±0.26	6.30 a	3.92 ±0.27	2.98 ±0.25	4.69 a
25	5.76 ±0.47	5.57 ±0.34	6.31 ±0.37	5.88 a	4.23 ±0.17	2.80 ±0.26	4.30 a
Average	6.36 a	5.24 b	5.87 c		4.07 b	2.76 b	

The values presented are mean ±SE. Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ) in average row and average columns.

TABLE VI  
AVERAGE HAUGH UNITS (HU) OF EGGS FROM 44 WEEKS-OLD HENS, FED WITH DIFFERENT LEVELS OF SHRIMP BY-PRODUCT MEAL (SBM) INCLUDED IN THEIR DIETS

SBM (%)	Refrigeration (4°C)				Room temperature (20°C)		
	Day 0	Day 15	Day 30	Average	Day 15	Day 30	Average
0	79.59 ±2.04	50.50 ±9.46	74.71 ±1.74	68.27 a	62.46 ±1.48	42.52 ± 455	61.52 a
10	84.16 ±2.60	61.12 ±5.80	74.18 ±1.52	73.15 a	54.05 ±2.26	46.30 ± 130	61.50 a
15	84.93 ±2.46	65.23 ±2.59	68.31 ±4.45	72.82 a	56.17 ±2.93	38.75 ± 199	59.95 a
20	83.96 ±1.65	69.60 ±3.53	77.23 ±2.04	76.93 a	57.28 ±3.09	47.49 ± 316	62.91 a
25	72.16 ±4.76	77.67 ±2.86	77.67 ±2.86	73.75 a	59.53 ±1.85	39.14 ± 415	56.94 a
Average	80.96 a	63.57 c	74.42 b		57.90 b	42.84 c	

The values presented are mean ±SE. Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ) in average row and average columns.

TABLE VII  
AVERAGE YOLK COLOR (ROCHE FAN) OF EGGS FROM 44 WEEKS-OLD HENS, FED WITH DIFFERENT LEVELS OF SHRIMP BY-PRODUCT MEAL (SBM) INCLUDED IN THEIR DIETS

SBM (%)	Refrigeration (4°C)				Room temperature (20°C)		
	Day 0	Day 15	Day 30	Average	Day 15	Day 30	Average
0	11.66 ±0.22	8.50 ±1.48	11.66 ±0.30	10.61 a	11.41 ±0.14	11.00 ±0.24	11.36 a
10	9.75 ±0.21	9.50 ±0.89	9.16 ±0.24	9.47 ab	9.33 ±0.14	8.16 ±0.24	9.08 b
15	9.50 ±0.19	9.58 ±0.14	9.08 ±0.28	9.38 b	9.50 ±0.15	7.33 ±0.35	8.77 b
20	9.41 ±0.25	9.75 ±0.13	8.75 ±0.21	9.30 b	9.83 ±0.11	7.91 ±0.19	9.05 b
25	9.50 ±0.23	9.08 ±0.19	8.83 ±0.20	9.13 b	9.50 ±0.15	7.25 ±0.71	8.75 b
Average	9.96 a	9.28 a	9.50 a		9.91 a	8.33 b	

The values presented are mean ±SE. Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ) in average row and average columns.

TABLE VIII  
AVERAGE SHELL WEIGHT (G) OF EGGS FROM 44 WEEKS-OLD HENS, FED WITH DIFFERENT LEVELS OF SHRIMP BY-PRODUCT MEAL (SBM) INCLUDED IN THEIR DIETS

SBM (%)	Refrigeration (4°C)				Room temperature (20°C)		
	Day 0	Day 15	Day 30	Average	Day 15	Day 30	Average
0	5.21 ±0.10	5.15 ±0.48	5.51 ±0.12	5.29 a	5.50 ±0.12	5.57 ±0.12	5.43 a
10	5.60 ±0.17	5.52 ±0.52	5.58 ±0.13	5.57 ab	5.84 ±0.19	5.73 ±0.22	5.73 a
15	5.98 ±0.09	6.08 ±0.13	5.87 ±0.13	5.98 a	5.97 ±0.13	5.75 ±0.09	5.90 a
20	5.72 ±0.15	5.94 ±0.19	5.95 ±0.14	5.87 a	5.51 ±0.16	5.05 ±0.48	5.42 a
25	5.60 ±0.05	5.80 ±0.70	5.65 ±0.22	5.68 ab	5.80 ±0.08	5.29 ±0.49	5.56 a
Average	5.62 a	5.70 a	5.71 a		5.73 a	5.46 a	

The values presented are mean ±SE. Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ) in average row and average columns.

from 10 to 40%, no statistical differences were found ( $P > 0.05$ ) in weight per bird,

feed intake, and feed conversion parameters, without any mortality, which is in

agreement with the productive parameters detected in the present study, in laying

hens. Similar results were also obtained by Damron *et al.* (1964) and Raab *et al.* (1971), who incorporated shrimp meal at 9.1 and 6.8% in broiler diets, without finding statistical differences in yield. Hian *et al.* (1985) used shrimp meal, including other species of secondary importance, at levels above 10%, finding no negative effect on broiler productive variables. Nevertheless, at 60-100% levels, statistical differences were found ( $P < 0.05$ ) in broiler weight (Rosenfeld *et al.*, 1997).

#### Physical quality of eggs

Interior egg quality was examined in this study to determine if the different levels of SBM and storage would alter quality of eggs. The Mexican Official Standard for poultry products (Norma Mexicana, 2004) classifies eggs according to their average weight in three classes: Mexico Extra (61-65g), Mexico 1 (60-55g) and out of classification (<55g). Significant differences were found in relation to average egg weight with the levels of SBM inclusion, perhaps due to the loss of moisture inside the egg, making the eggshell thinner and more fragile (Ahn *et al.*, 1999; Scott and Silversides, 2000). Authors such as Silversides and Scott (2001) studied egg weight and albumen height, confirming there is no relationship between these two measurements. However, they found statistical differences with storage time and age of hens.

Albumen height and Haugh Units (HU) are valuable parameters that influence egg quality (Villa, 2001). In general, albumen height oscillates between 6.04 and 6.72 (Godínez *et al.*, 1984) and HU has values between 70 and 80 (Sliusar, 1972; Villa *et al.*, 1987). In the present study, average albumen height and Haugh Units (HU) of eggs stored at 20°C (15 and 30

days) decreased in relation to those of fresh eggs (6.36, 4.07 and 2.76mm; 80.96, 57.90 and 42.84HU). This did not happen at 4°C, due to an unknown reason, albumen height and HU were larger at 30 days as compared to 15 days (5.87 and 5.24mm; 74.42 and 63.57HU).

The effect of albumen height and HU reduction could have been due to an increase in pH, since in fresh eggs it was 7.1, while at 15 and 30 days at 20°C it increased to 7.9 and 8.2, respectively, while under refrigeration it remained at 7.2 and 7.6, at 15 and 30 days. Changes in pH imply modifications in albumen proteins, so that it becomes thinner and loses CO<sub>2</sub>, allowing rupture of the electrostatic complex between lysozyme and ovomucin (Scott and Silversides, 2000; Silversides and Scott, 2001). These variables were not affected by different inclusions of SBM ( $P > 0.05$ ; Solomon, 1991; Guerra, 2000).

Shrimp by-product meal has carotenoid pigments (astaxanthin) that are used for pigmentation of salmon, trout, chicken skin and egg yolk. Nevertheless, astaxanthins present in the cephalothorax of shrimp are associated to protein, chitin, and mineral salts, forming stable complexes that are an obstacle for pigment absorption in these species and, therefore, there is a low absorption of astaxanthin, which has an effect on final coloring (Hudon, 1994; Leeson and Summers, 2001). In this study, statistical differences were found ( $P < 0.05$ ) among SBM inclusion levels and storage conditions at 20°C and 30 days. Control diet promotes higher yolk color (11.66), and on average 10.61 using a synthetic pigment (capsaicin) that is free of protein complexes that allow a better absorption of it. However, the color value obtained with SBM on the Roche scale (9.47 to 9.13)

was not considered low in eggs stored at 4°C, while those stored at 20°C showed higher losses at 30 days, and with 25% it reached 8.75, which is considered to be a low color.

Poor eggshell quality represents losses for the producer, distributor and final sale point, due to breakages that can take place at laying, collection following lay, cleaning, handling and transportation. Eggshell fragility is increased in direct proportion to weight/size of the egg and temperature. When room temperature is above 20°C eggshell fragility problems are detected. Formulas that link Ca with factors that intervene in its metabolism (vitamin D3) and transportation, as well as blood plasma pH regulators provide a wide range of action to achieve the desired eggshell hardness (Scott and Silversides, 2000; Silversides and Scott, 2001).

#### Sensorial evaluation

For egg flavor, panelists did not detect fish odor or flavor when SBM was not included. The egg yolk color was not affected by the SBM inclusion in the laying hens diets.

The results suggest that shrimp by-product meal could be used in the laying hens rations. The advantage that it has is that it is a renewable resource, an economical raw material and, furthermore, it is a good source of protein, minerals and pigments. The inclusion of up to 25% shrimp by-product meal in laying hen rations did not affect productive variables nor physical quality of eggs. Insofar as time and storage temperature, the differences observed were due to the normal deterioration that any food suffers during prolonged shelf life.

#### REFERENCES

Ahn, DU, Seil JL, Chamruspollet M, Jeffrey M (1999) Effect of dietary conjugated linolenic

acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poultry Sci.* 78: 922-928.

AOAC (2000) *Official Methods of Analysis*. 18<sup>th</sup> rev. ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA. pp. 41-42.

Carranco JME, Calvo CC, Arellano ML, Pérez-Gil RF, Ávila GE, Fuente MB (2003) Inclusión de la harina de cabezas de camarón *Penaeus* sp. en raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. *Interciencia* 28: 328-333.

Casas VM, Ponce DG (1999) *Estudio del Potencial Pesquero y Acuicultura de Baja California Sur*. Vol. 1. SEMARNAP, Gob Edo BCS, FAO, INAPESCA, UABCS, CIB, CICIMAR y CET del MAR. Mexico. pp. 187-206.

Castro G, Carrillo D, Pérez-Gil R, Calvo C (1995) Composición química de la langostilla y procesos tecnológicos. En Aureoles-Gamboa D, Balat EF (Eds.) *La langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mexico. pp. 163-177.

Charley H (2004) *Tecnología de Alimentos. Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos*. Limusa. Mexico. 603 pp.

Colón LM, Morales LJ (1995) *Manual de Análisis Químicos de Alimentos*. Instituto Nacional de la Nutrición, Salvador Zubirán. Mexico. 137 pp.

Damron BL, Waldroup PW, Harás RH (1964) *Evaluation of Shrimp Meal in Broiler Diets*. Poultry Science Mimeograph Series N° PY65-1. University of Florida, Gainesville, FL, USA. 43 pp.

Eisen EJ, Bohren BB, McKean HE (1962) The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Sci.* 41: 1461-1468.

Godínez O, Salcedo EI, Fonseca L (1984) Evaluación de la calidad externa e interna del huevo en varias razas de gallinas. *Rev. Cubana Ciencia Avícola* 11: 49-60.

Grobas S, Mateos GG (1996) *Influencia de la Nutrición Sobre la Composición Nutricional del Huevo*. XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, Spain. 25 pp.

Guerra M (2000) Factores que afectan la calidad del huevo. *Agricultura* 4: 38-40.

- Hudon J (1994) Biotechnological Applications of Research on Animal Pigmentation. *Biotecnol. Adv.* 12: 49-69.
- Huan MA, Bond CA, Salam AJ, Al-Hooti S (1985) Evaluation of shrimp by-catch meal as broiler feed. *Indian Nurr. Rep. Int.* 31: 487-492.
- Leeson S, Summers JD (2001) *Nutrition of the Chicken*. 4<sup>th</sup> ed. University Books. Guelph, ON, Canada. 285 pp.
- Morales BE, Ávila GE, Laparra VJL (1992) Efecto de la suplementación de treonina en dietas prácticas para pollos con diferentes niveles de arginina. *Rev. Vet. Mex.* 23: 223-226.
- Norma Mexicana (2004) *Productos avícolas. Huevo fresco de gallina. Especificaciones y Métodos de Prueba*. NMX-FF-079-SCFI-2004. Secretaría de Economía. Mexico. 23 pp.
- NRC (1994) *Nutrient Requirement of Domestic Animals. Nutrient Requirement of Poultry*. 8<sup>th</sup> ed. National Research Council. National Academy of Sciences. Washington DC, USA. 256 pp.
- Pedrero F, Pangborn R (1996) *Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos*. Alhambra. Mexico. 327 pp.
- Raab P, Bergqvist E, Cáceres O (1971) *Uso e Incidencia Pigmentante de la Harina de Camarones y Langostinos en Broilers*. Tesis. Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 87 pp.
- Rosenfeld D, Gernat AJ, Marciano D, Murillo J, López G, Flores J (1997) The effect of using different levels of shrimp meal in broiler diets. *Poultry Sci.* 76: 581-587.
- SAS (1991) *SAS User's Guide: Statistics*. Ver. 6.04. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scott TA, Silversides FG (2000) The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Sci.* 79: 1725-1729.
- Silversides FG, Scott TA (2001) Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Sci.* 80: 1240-1245.
- Sliusar PM (1972) *Cualidades morfológicas de los huevos y dinámica de sus transformaciones durante el proceso de conservación en un clima caluroso en líneas de la raza Rhode Island*. Informe. Depto. Genética Inst. Inv. Avícolas. La Habana, Cuba. 157 pp.
- Solomon SE (1991) *Egg & Egg-shell Quality*. Wolfe. London, UK. 215 pp.
- Steel and Torrie G (1985) *Biostatística. Principios y Procedimientos*. McGraw-Hill, Mexico. 364 pp.
- Villa JR (2001) Evaluación de la calidad de los huevos de aves reproductoras camperas en diferentes edades. *Rev. Cubana Ciencia Avícola* 25: 155-157.
- Villa JR, García R, Bermúdez JJ, Herrera A, Monteagut A (1987) Características morfológicas de la calidad de los huevos de gallina de la raza White Leghorn y Rhode Island Red conservados entre 0 y 7 días de almacenamiento a temperatura ambiente. *Avicultura* 31: 37-43.

# INTERCIENCIA

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF THE AMERICAS

## SUBSCRIPTION PRICES FOR 2007

INDIVIDUAL	US\$ 110
INSTITUTIONAL	
Latin America & Caribbean	US\$ 140
U.S.A. & Canada	US\$ 170
Europe	US\$ 200
Asia	US\$ 220

For subscriptions please contact us at:

Apartado 51842, Caracas 1050 A, Venezuela. Fax: (58+212) 9923224

e-mail: [interciencia@ivic.ve](mailto:interciencia@ivic.ve) [subs@revistainterciencia.org](mailto:subs@revistainterciencia.org)

[www.interciencia.org](http://www.interciencia.org)