



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**EFFECTO DE LA LÍNEA GENÉTICA SOBRE LA COMPOSICIÓN EN
ÁCIDOS GRASOS DEL HUEVO AL SUMINISTRAR A GALLINAS
PONEDORAS UNA DIETA CONVENCIONAL Y OTRA CON CANOLA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A

CYNTHIA RODRIGUEZ HERNANDEZ



México, D.F.

2012

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: M. en C. Francisca Aida Iturbe Chiñas

VOCAL: M en C Lucia Cornejo Barrera

SECRETARIO: M.P.A Silvia Carrillo Domínguez

1er. SUPLENTE: M en C Luz Sandra Sánchez Del Angel

2° SUPLENTE: M en C Argelia Sánchez Chinchillas

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN
Y CIENCIAS MÉDICAS SALVADOR ZUBIRAN**

ASESOR DEL TEMA:

M.P.A. Silvia Carrillo Domínguez

FIRMA

SUPERVISOR TÉCNICO:

Dra. María Elena Carranco Jauregui

FIRMA

SUSTENTANTE:

Cynthia Rodríguez Hernández

FIRMA

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I.INTRODUCCIÓN.....	7
II.ANTECEDENTES.....	8
2.1 Situación actual de la salud pública en México	8
2.2 Generalidades sobre los lípidos	10
2.3 Generalidades sobre los ácidos grasos	12
2.4 Producción y consumo de huevo en México	18
2.5 Líneas genéticas de gallinas ponedoras de huevo blanco y café	21
2.6 Generalidades sobre el huevo de gallina	23
2.7 Propiedades funcionales del huevo.....	26
2.8 Valor nutritivo del huevo.....	27
2.9 Alimentación de gallinas productoras de huevo para plato	29
2.10 Sistema digestivo de las gallinas	30
2.11 Digestión de lípidos en las gallinas	32
2.12 Metabolismo de las grasas en las gallinas	33
2.13 Generalidades sobre la pasta de soya	36
2.14 Generalidades sobre la pasta de canola	36
III.JUSTIFICACIÓN.....	40
IV. OBJETIVOS	41
V. HIPÓTESIS	41
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	42
VII. RESULTADOS	47

VIII. DISCUSIÓN	47
IX. CONCLUSIONES.....	53
X. REFERENCIAS	54
XI. ANEXOS.....	57

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales causas de mortalidad en México	9
Cuadro 2. Acidos grasos más frecuentes en alimentos de consumo habitual.....	15
Cuadro 3. Recomendaciones de dieta y hábitos saludables.....	16
Cuadro 4. Líneas genéticas para producción de huevo blanco y café.....	22
Cuadro 5. Proteínas de la clara.....	24
Cuadro 6. Macro nutrimentos presentes en el huevo de gallina.....	27
Cuadro 7. Composición lipídica del huevo.....	28
Cuadro 8. Composición de ácidos grasos en el huevo.....	29
Cuadro 9. Análisis químico aproximado y concentración de ácidos grasos de los aceites de soya y canola	38
Cuadro 10. Composición de la dieta basal (%).....	43
Cuadro 11. Composición de la dieta con inclusión de canola (%)	44
Cuadro 12. Perfil de ácidos grasos (%TAG) de la pasta de canola	47
Cuadro 13. Concentración de ácidos grasos en las dietas (%TAG)	48
Cuadro 14. Efecto de la línea genética y la dieta sobre el contenido de lípidos totales y composición de ácidos grasos en huevo.....	50
Cuadro 15. Resumen de las diferencias en el contenido de lípidos totales y composición en ácidos grasos del huevo por efecto de la dieta y la línea genética....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura básica de un triglicérido.....	12
Figura 2. Estructura del ácido esteárico.....	13
Figura 3. Estructura del ácido oleico	14
Figura 4. Producción de huevo en México	19
Figura 5. Consumo de huevo per cápita	19
Figura 6. Estados productores de huevo en México	20
Figura 7. Estructura del huevo	23
Figura 8. Sistema digestivo de la gallina	31
Figura 9. Formación de lípidos a partir de acetil-COA	34
Figura 10. Síntesis de ácido palmítico	35
Figura 11. Comparación de grasas alimentarias	37
Figura 12. Diagrama del método utilizado para la determinación de ácidos grasos en canola, dietas y huevo.....	45

Efecto de la línea genética sobre la composición en ácidos grasos del huevo al suministrar a gallinas ponedoras una dieta convencional y otra con canola

RESUMEN. El objetivo de este estudio fué determinar si la composición en ácidos grasos del huevo blanco es diferente a la del huevo café, y si ésta también cambia cuando se suministra a las gallinas una dieta convencional con base sorgo-soya, o una con base sorgo-canola. Se utilizaron 240 gallinas de 37 semanas de edad, de dos diferentes razas: 120 aves Bovans White (productoras de huevo blanco) y 120 gallinas ISA-Babcock B-380 (productoras de huevo café). Las aves de cada raza se distribuyeron al azar en 2 tratamientos con 5 repeticiones de 12 gallinas cada una, constituyendo cada repetición una unidad experimental. Los dos tratamientos consistieron en suministrar una dieta formulada con base sorgo-pasta de soya ó una con base sorgo-pasta de canola al 20%. El agua y el alimento se proporcionaron a libre acceso durante las 8 semanas de experimentación. Al final de dicho periodo se colectaron 20 huevos por tratamiento. Se homogeneizaron (yema+clara) con una batidora y se mantuvieron en refrigeración (4°C) hasta su análisis. El contenido de lípidos totales se determinó a través de una extracción cloroformo-etanol, mientras que el perfil de ácidos grasos se analizó por cromatografía de gases. Los resultados mostraron que los lípidos totales en el huevo, así como la concentración de los ácidos linoléico (C 18:2) y araquidónico (C20:4) no se vieron modificados por la línea genética ni por el tipo de dieta ($p>0.05$). En el caso de los ácidos palmítico (C16:0) y palmitoleico (C16:1) la concentración fue mayor en el huevo blanco, sobre todo cuando las aves recibieron la dieta sorgo-soya ($p<0.05$). En el caso del huevo café, hubo una mayor concentración de los ácidos oleico (C18:1), α -linolénico (C18:3) y docosahexánoico (C 22:6) ($P<0.05$), particularmente con la dieta sorgo-canola ($P<0.05$). La concentración del ácido esteárico (C 18:0) en el huevo, solo se vio afectada por el tipo de dieta y no por la línea genética, obteniéndose los valores más altos con la dieta sorgo-soya ($p<0.05$). Con la dieta sorgo-pasta de canola se incrementó en forma significativa la cantidad de los n3 en el huevo, particularmente en el huevo café, logrando reducir la relación n6:n3 en el mismo a 8:1 en comparación con el huevo blanco (9:1)($P<0.05$). Se concluye que la composición en ácidos grasos del huevo blanco es diferente a la del huevo café y que esta también se ve afectada por el tipo de dieta suministrada a las aves.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las primeras causas de mortalidad en México están las enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de cánceres. Existe un gran número de compuestos nutraceuticos que pueden ser de gran utilidad en la prevención y tratamiento de estas y otras enfermedades. Tal es el caso de los ácidos grasos omega 9 (AGn9) y los omega 3 (AGn3), nutrimentos presentes en alimentos como la canola, linaza y productos pesqueros. Utilizar al huevo como vehículo para hacer llegar al consumidor los beneficios de estos ácidos grasos, es una alternativa factible, ya que el huevo forma parte fundamental de la dieta mexicana, es un alimento con un excelente valor nutritivo, posee un alto contenido de proteína, vitaminas y minerales, entre muchos otros nutrimentos; y además, es de bajo costo y fácil digestión.

Una forma de incrementar el contenido de AGn9 y AGn3 en el huevo es incorporando aceites de origen vegetal, como semillas de canola, linaza, girasol, o aceites de pescado, en la dieta de la gallina.

La canola proporciona una cantidad importante de proteína de alta calidad, y es rica en ácido oleico (C18:1 n9) y α -linolénico (C18:3 n3). Particularmente el aceite de canola posee una concentración considerable de estos ácidos grasos, mientras que la pasta de canola se caracteriza por su alto contenido de proteína; sin embargo, se espera que al incorporar esta última en la dieta de las gallinas, el contenido de AGn9 y AGn3 en el huevo también se incrementa, lo que de alguna manera beneficiaría al consumidor.

Por otra parte, es la creencia popular que la composición química del huevo blanco es diferente a la del huevo café, considerando a este último como más nutritivo. Por lo tanto, a través de estudio se espera determinar también, si la composición en ácidos grasos del huevo blanco es diferente a la del huevo café cuando se suministra a las gallinas una dieta convencional con base sorgo-soya, o una con base sorgo-canola.

II.ANTECEDENTES

2.1 Situación actual de la salud pública en México

Las enfermedades cardiovasculares representan el principal problema de salud pública en México y en el mundo (Cuadro 1). Junto al cáncer y complicaciones de la diabetes mellitus, son responsables de aproximadamente el 75% de la mortalidad total en los países desarrollados (Mataix y Gil, 2004; INEGI, 2008).

La cardiopatía isquémica es la principal complicación clínica de la aterosclerosis, proceso inflamatorio que se desarrolla por la interacción entre el colesterol, las plaquetas y las células de la pared arterial. Dentro de los principales factores que se ha identificado contribuyen al desarrollo de estas enfermedades están: los hábitos dietéticos, la poca actividad física, el consumo de tabaco y la obesidad (Guyton, 2001; Mataix y Gil, 2004).

Las predicciones para los próximos veinte años, en lo que respecta a problemas de salud, continúan situando a las enfermedades cardiovasculares como la principal causa de incapacidad y muerte en la población mundial. Se calcula que mediante la modificación de los hábitos dietéticos y la realización de hábitos de vida sanos como, el abandono del tabaco en los fumadores, realizar ejercicio físico y mantener un adecuado control de calorías ingeridas para evitar la obesidad, podría reducirse a la mitad la incidencia de las enfermedades cardiovasculares (Mataix y Gil , 2004).

La nutrición, sin lugar a dudas, ha sido un factor determinante. Los estudios indican que los cambios más importantes que han tenido lugar en la dieta, han ocurrido especialmente en el tipo y cantidad de ácidos grasos esenciales y en el consumo de alimentos que poseen compuestos con acción antioxidante. Desde el punto de vista nutricional, las sociedades industrializadas se caracterizan por tener (Mataix y Gil, 2004; Carrillo et al 2008):

- Aumento en el consumo energético y una disminución en el gasto energético
- Aumento en el consumo de proteínas y disminución en el de antioxidantes
- Aumento en el consumo de grasas saturadas y de ácidos grasos poliinsaturados omega 6 y ácidos grasos *trans*.
- Disminución en el consumo de ácidos grasos omega 3
- Disminución en el consumo de hidratos de carbono complejos y fibra
- Disminución en el consumo de frutas y verduras y aumento en el de cereales

Cuadro 1. Principales causas de mortalidad en México

Principales causas	Defunciones
Total	539 530
Enfermedades del corazón	92 679
Enfermedades isquémicas del corazón	59 801
Diabetes mellitus	75 637
Tumores malignos	67 048
Accidentes	38 875
De tráfico de vehículos de motor	17 058
Enfermedades del hígado	31 528
Enfermedad alcohólica del hígado	13 361
Enfermedades cerebro vasculares	30 246
Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	16 540
Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	14 768
Dificultad respiratoria del recién nacido y otros trastornos respiratorios originados en el periodo perinatal	6 829
Agresiones	14 006
Influenza y neumonía	13 456
Insuficiencia renal	11 202
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	8 946
Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	8 354
Bronquitis crónica y la no especificada, enfisema y asma	5 678
Enfermedad por virus de la inmunodeficiencia humana	5 189
Lesiones auto infligidas intencionalmente	4 681
Septicemia	4 393
Anemias	3 591
Enfermedades infecciosas intestinales	3 574
Úlceras gástricas y duodenal	2 604
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte	10 529
Las demás causas	76 006

Fuente: INEGI (2008)

2.2 Generalidades sobre los lípidos

Los lípidos son compuestos constituidos por átomos de carbono, hidrogeno y oxígeno, forman cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque también pueden contener fósforo y nitrógeno. En general, son solubles en solventes orgánicos y escasamente solubles en agua. Son los principales componentes del tejido adiposo y junto con las proteínas y los hidratos de carbono constituyen el grueso de los componentes estructurales de todas las células. Desempeñan múltiples funciones en los tejidos. Son parte estructural de las membranas celulares y de los sistemas de transporte de diversos nutrimentos, son fuente de ácidos grasos indispensables, precursores de vitaminas y hormonas, algunos otros son pigmentos (Blas y Mateos, 1991; Badui, 2006). Debido a su alto contenido de carbono e hidrogeno y menor porcentaje de oxígeno, las grasas tienen un valor energético más alto (9 kcal/g) que las proteínas y los carbohidratos (Blas y Mateos, 1991).

Clasificación

De acuerdo a su estructura y funciones se clasifica a los lípidos de la siguiente manera (Badui, 2006):

- ✓ Lípidos simples. Ésteres de ácidos grasos y alcoholes

Grasas y aceites. Ésteres de glicerol con ácidos grasos monocarboxílicos

Ceras. Esteres de alcoholes monohidroxilados y ácidos grasos

- ✓ Lípidos compuestos. Lípidos simples, conjugados con moléculas no lipídicas

Fosfoglicéridos. Esteres que contienen ácido fosfórico en lugar de ácido graso combinado con una base de nitrógeno

Glucolípidos. Compuestos de hidratos de carbono, ácidos grasos y esfingosinol, llamados también cerebrosidos.

- ✓ Lipoproteínas. Integradas por lípidos y proteínas
- ✓ Lípidos asociados
- ✓ Ácidos grasos (derivados de los lípidos simples)
- ✓ Pigmentos
- ✓ Vitaminas liposolubles
- ✓ Esteroles
- ✓ Hidrocarburos

Otra clasificación se basa en su capacidad para producir jabones: aquellos que los forman se llaman saponificables y los que no, insaponificables. La saponificación es una reacción de esterificación que se usa en el análisis de los lípidos, y consiste en hacerlos reaccionar con hidróxido de potasio o sodio para generar ésteres de los ácidos grasos (jabones). Los lípidos saponificables comprenden grasas y aceites (Kirk, 1996).

También se dividen en polares y no polares. Los primeros (ácidos grasos fosfolípidos, esfingolípidos), se orientan con el grupo polar hacia el agua, pues su molécula contiene una parte hidrófila y una parte hidrófoba; mientras que los no polares, como el colesterol, permanecen asociados y no se orientan en la interface acuosa (Fennema, 1995).

Los triglicéridos son los principales constituyentes de todas las grasas y aceites, incluyendo el tejido adiposo de los mamíferos y representan más del 95% de su composición (Badui, 2006). En los alimentos, los triglicéridos también constituyen la forma más común de lípidos (Fennema, 1995). Los triglicéridos son ésteres de ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol (Figura 1).

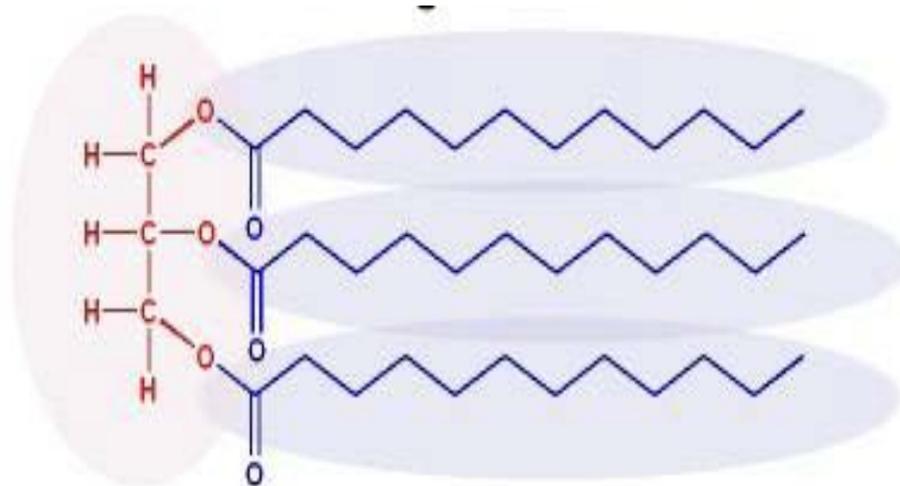


Figura 1. Estructura básica de un triglicérido

Fuente: Wade (2004)

2.3 Ácidos grasos

Por lo general, los ácidos grasos están esterificados, integrando los triglicéridos y cuando llegan a presentarse en estado libre es porque ocurrió una hidrólisis del enlace éster. De acuerdo al tipo de enlace que presentan, se les clasifica como saturados e insaturados (Cuadro 2).

Ácidos grasos saturados (AGS)

Varían de 4 a 26 átomos de carbono y su temperatura de fusión aumenta con el peso molecular o largo de la cadena. Su nomenclatura se basa en el empleo de los nombres comunes, tal como butírico, cáprico, etcétera, o bien añadiendo la terminación “ioco”, su numeración generalmente comienza a partir del grupo carboxilo cuyo carbono corresponde al carbono número uno (Figura 2) (Fennema, 1995).

Los ácidos grasos saturados son más estables a la oxidación, sin embargo, en condiciones de temperatura muy alta (más de 180 °C), como llega a suceder con el freído, y en presencia de oxígeno pueden sufrir reacciones oxidativas (Fennema, 1995).

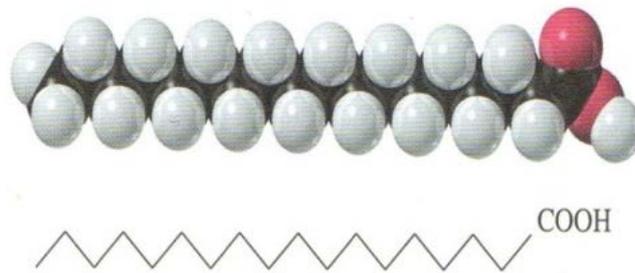


Figura 2. Estructura del ácido esteárico

Fuente: Wade (2004)

Considerados en su conjunto, abundan en los animales terrestres, especialmente en los mamíferos, así como en los aceites de coco y de palma (Mataix y Gil, 2004). Esta clase de ácidos grasos aumentan las concentraciones plasmáticas de colesterol total y colesterol LDL y favorecen la elevación de la presión arterial. Por tanto, una dieta saludable debería contener menos de un 10% de las calorías totales como ácidos grasos saturados (Guyton, 2001).

Ácidos grasos insaturados (AGI)

Debido a sus insaturaciones, estos compuestos tienen una gran reactividad química, ya que son propensos a la saturación y transformaciones oxidativas y de isomerización. Son muy abundantes en aceites vegetales y marinos y su temperatura de fusión disminuye con el aumento de dobles ligaduras (Fennema, 1995).

Los de una insaturación se llaman monoenoicos o mono insaturados, y a los de más de una insaturación se les denomina polienoicos o poliinsaturados (Fennema, 1995).

Además de los nombres triviales, su nomenclatura consiste en indicar el tamaño de la cadena, la localización o número de dobles ligaduras.

Generalmente, el conteo de los átomos de carbono se inicia por el carboxilo (COOH), sin embargo por razones de actividad biológica los poliinsaturados se numeran de acuerdo con la posición del primer doble enlace con respecto al grupo metilo (CH₃) terminal y se dividen en dos grandes grupos: los omega 6, ω6 (n6), que tienen el doble enlace en el sexto carbono (como el ácido linoleico), y los ω3 (n3) con su primer doble enlace en el tercer carbono (como el ácido linolénico). El símbolo ω precede al número del carbono del doble enlace más cercano al grupo metilo final (Fennema, 1995).



Figura 3. Estructura del ácido oleico

Fuente: Wade (2004)

Los ácidos grasos monoinsaturados (AGM), concretamente el ácido oleico (figura 3) (C18:1 n9), tiene un único doble enlace en el carbono número 9. Este ácido está presente en todas las grasas animales y aceites vegetales, especialmente se encuentra en el aceite de oliva, aceitunas y aguacate (Mataix y Gil, 2004).

Cuadro 2. Ácidos grasos más frecuentes en alimentos de consumo habitual

Numero de carbonos	Numero de dobles enlaces	Nombre común	Nombre sistemático
4	0	Butírico	Butanoico
6	0	Caproico	Hexanoico
8	0	Caplílico	Octanoico
10	0	Cáprico	Decanoico
12	0	Láurico	Dodecanoico
14	0	Mirístico	Tetradecanoico
16	0	Palmítico	Hexadecanoico
18	0	Esteárico	Octadecanoico
20	0	Araquídico	Eicosanoico
22	0	Behénico	Docosanoico
24	0	Lignocérico	Tetracosanoico
16	1	Palmitoleico	9-cis hexadecanoico
18	1	Oleico	9-cis-octadecanoico
18	1	Elaídico	9-trans.octadecanoico
20	1	Gadoléico	9-cis-eicosaenoico
20	1	Gondonico	11-cis-eicosaenoico
22	1	Erúcico	13-cis-docosaenoico
18	2	Linoleico	12-cis,12cis-octadecaenocico

Fuente: Mataix (2004)

Entre los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), el más abundante es el linoléico (18:2n6 LA). Este ácido graso se encuentra sobre todo en el aceite de semillas, tales como: soya, girasol, maíz, cártamo, germen de trigo y uva, además del de cacahuete (Mataix y Gil y , 2004).

Por lo que se refiere a los ácidos grasos de la serie omega 3, el primero de la serie, el ácido α -linolénico (18:3, n3, ALA), se encuentra en cantidades pequeñas, aunque suficientes desde el punto de vista de los requerimientos nutricionales, en los aceites de linaza y canola. Los demás ácidos grasos de la serie omega 3, importantes desde el punto de vista alimentario, son los ácidos eicosapentaenoico (20:6 n3 EPA) y docosahexaenoico (22:6 n3 DHA), que están presentes en pescados, mariscos y aceites marinos (Mataix y Gil, 2004).

Los ácidos linoleico y linolénico están considerados como indispensables, por lo que se requiere un consumo continuo. El primero, es precursor del ácido araquidónico necesario para dar rigidez a la mitocondria y empleado en la síntesis de hormonas prostaglandinas (Mataix y Gil, 2004). El segundo, es precursor del EPA, ácido graso importante en la producción y formación de eicosanoides (leucotrienos, tromboxanos y prostaglandinas). Tanto el LA como el ALA, contribuyen al mantenimiento de la piel, del pelo y del sistema reproductivo, así como en la regulación del metabolismo del colesterol, ayudan a la absorción de nutrimentos, a la regulación de la contracción muscular y de la presión arterial, y fortalecen el crecimiento de las células sanas (Badui, 2006).

Beneficios de los AGn9 y AGn3 en la salud

El efecto de un aumento en la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en el contexto de la dieta, produce numerosos efectos benéficos a la salud. Así, una dieta balanceada se asocia con una menor mortalidad por enfermedad cardiovascular y cáncer y las poblaciones que las consumen tienen una mayor longevidad (Mataix y Gil, 2004).

Efectos saludables de los AGn9 (Mataix y Gil, 2004):

- ✓ Perfil lipídico saludable
- ✓ Reducción en la oxidación de las LDL
- ✓ Reducción de la presión arterial

- ✓ Aumento de la vasodilatación arterial
- ✓ Disminución de la trombosis
- ✓ Mejora del metabolismo de la glucosa en la diabetes

Efectos saludables de los AGn3 (Mataix y Gil, 2004):

- ✓ Perfil lipídico favorable
- ✓ Reducción de la presión arterial
- ✓ Aumento de la vasodilatación arterial
- ✓ Disminución de la trombosis
- ✓ Prevención de la arritmia y muerte súbita

El efecto más llamativo de los AGn3 sobre la composición lipoproteica es el descenso en los niveles plasmáticos de triglicéridos (TG) y lipoproteínas (LP) de muy baja densidad (VLDL por sus siglas en inglés). Esta reducción se debe a la inhibición de la síntesis hepática de TG y VLDL. Asimismo, se sabe que el consumo regular de AGn3 produce una reducción en la presión arterial sistólica y diastólica, en sujetos con presión normal, e hipertensos.

En la actualidad se conoce bastante sobre el efecto de los ácidos grasos en la dieta y en base a ello se han elaborado recomendaciones dietéticas para la población a fin de reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular (Cuadro 3)(Mataix y Gil, 2004).

Tal como se señala en el Cuadro 3, para mejorar el estado de salud de la población se recomienda aumentar la ingesta de AGM y de los AGn3. Esto se podría lograr incrementando el consumo de alimentos con un alto contenido de estas grasas, como es el aceite de oliva, el cual tiene en general un elevado costo; y por otro lado, en el caso de los omega 3 habría que estimular el consumo de productos vegetales o marinos que se caracterizan por tener un alto contenido de ALA (ej. Linaza, canola) o EPA/DHA (peces y crustáceos marinos), ya que en México el consumo de estos es muy bajo (Mataix y Gil, 2004).

Cuadro 3. Recomendaciones de dieta y hábitos saludables

Control de peso corporal
Disminución en la ingestión de grasa saturada y colesterol
Aumento en la ingestión de grasa mono insaturada y omega-3
Limitar la ingestión de alcohol a <30 g/día
Actividad física regular

Fuente: Mataix (2004)

Una alternativa adicional para incrementar el consumo de estos ácidos grasos sería incorporar en la dieta de las gallinas ingredientes, como es el caso de la canola, con un alto contenido de ALA, el cual a su vez sería depositado en la yema. Esto es posible, pues se ha demostrado en diversos estudios que la composición lipídica del huevo puede ser modificada a través de la dieta que se da a las aves (González-Esquerra, 2001; Carrillo, 2008).

2.4 Producción y consumo de huevo en México

En los últimos 50 años, las gallinas han doblado su producción de huevos, y siguen aumentando cada año más, todo esto gracias a una buena selección genética y óptimo manejo. Las gallinas comerciales son una de las más avanzadas y productivas entre todos los animales (Quintana, 1999).

Como se puede ver en la Figura 4, la producción de huevo en México, ha aumentado año con año desde 1994, aunque entre los años 2010 a 2011 el incremento fue menor en comparación con los años anteriores.

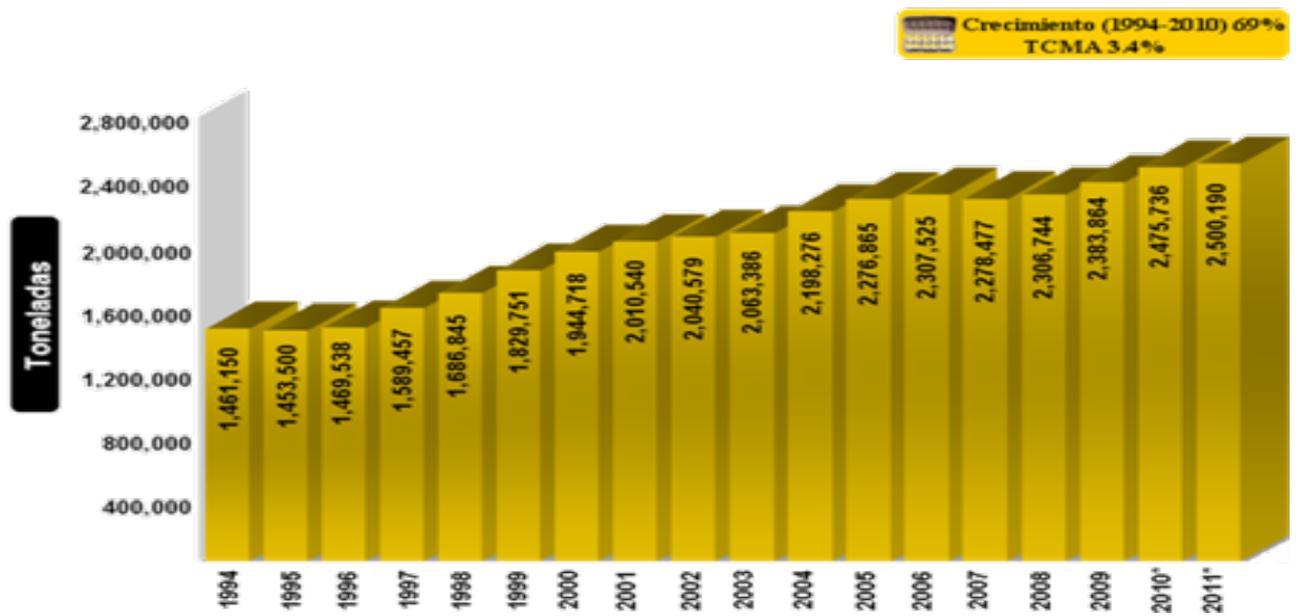


Figura 4. Producción de huevo en México

Fuente: UNA (2010)

*Valores estimados

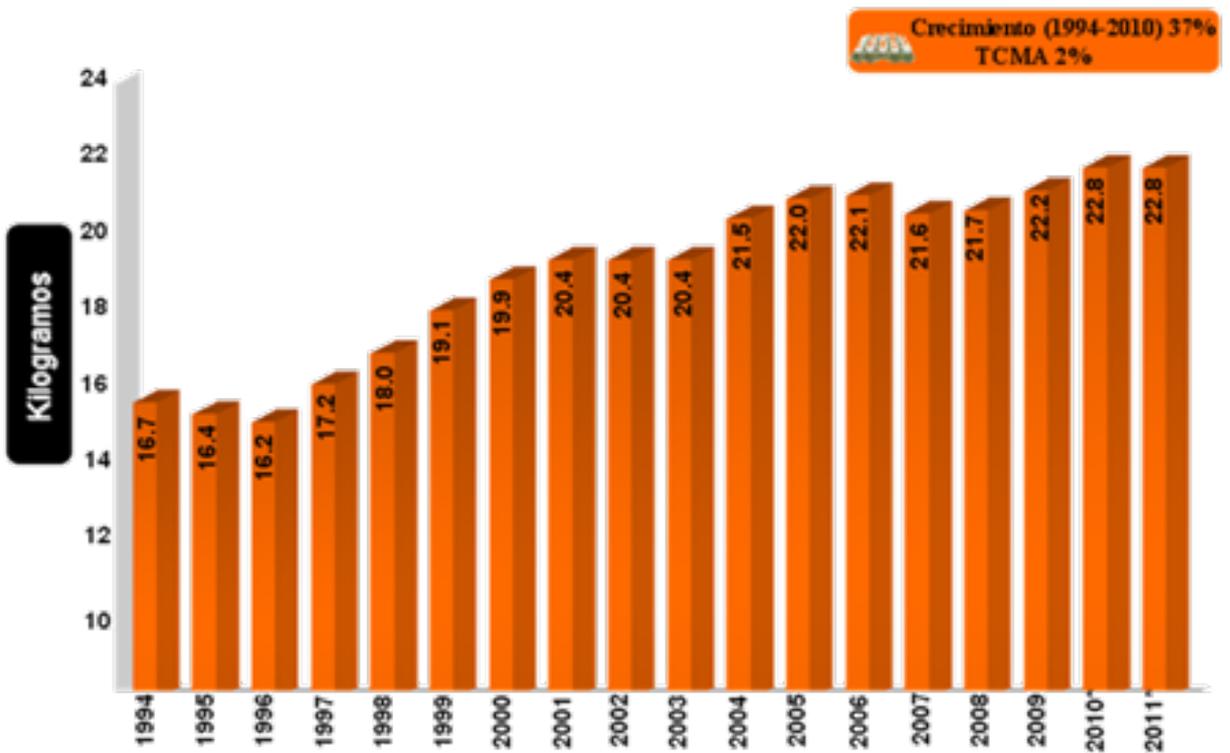


Figura 5. Consumo de huevo *per cápita* en México

Fuente: UNA (2010)

*Valores estimado

Como se puede observar en la Figura 5, el consumo *per cápita* de huevo en México, ha tenido amplias variaciones de 1994 a la fecha, posiblemente como consecuencia de las variaciones en el precio; sin embargo a lo largo de todos ese periodo ha sido evidente un aumento en el consumo, manteniéndose constante en los dos últimos años.

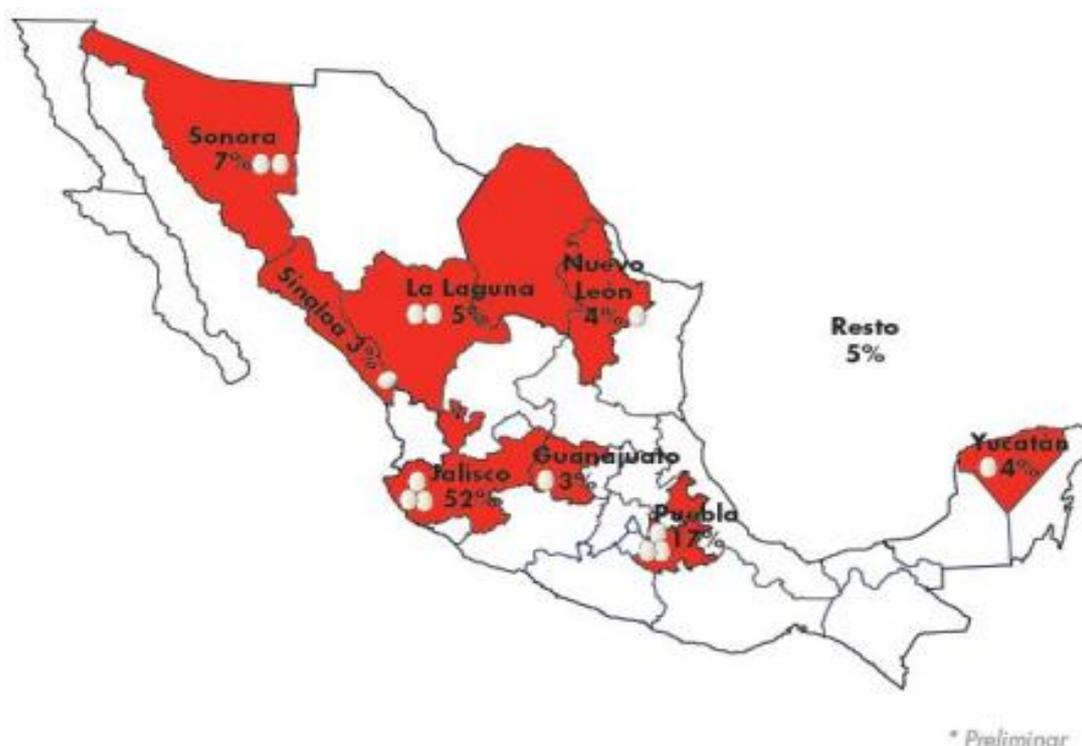


Figura 6. Estados productores de huevo

Fuente: UNA (2010)

Como se ve en la figura 6, los estados donde hay mayor producción de huevo en México son: Jalisco, Puebla y Sonora, el resto de la producción en los demás estados es baja; de estos tres estados, principalmente se distribuyen al resto del país, siendo Jalisco el estado donde se produce más de la mitad del huevo para el País.

2.5 Líneas genéticas de gallinas ponedoras de huevo blanco y café

En las aves de postura, al igual que en los pollos, se comercializan líneas genéticas híbridas con el nombre de la empresa que las produce.

En el caso de las ponedoras de huevos blancos, las líneas fueron creadas por la cruce de aves seleccionadas de la raza Leghorn. Se utilizó solo esta raza ya que no existe otra que cumpla con las condiciones necesarias para ser una excelente ponedora, es decir por cruzamientos dentro de una misma raza. Las líneas de postura de huevos de color café o marrón introdujeron genes de otras razas como la Rhode Island Red o la New Hampshire, que producen menos huevos, pero con las ventajas de que son huevos más grandes y de mayor peso, las aves de desecho alcanzan un mayor peso y muchas veces son preferidos por el consumidor ya que se piensa que se trata de huevos de campo, pero el valor nutritivo de ambos tipos de huevo es igual según lo señalan algunos autores (Blas y Mateos, 1991; Bell y Weaver, 2002).

Las características que se buscan en las líneas de ponedoras son: alta tasa de postura, alta conversión de alimento a huevos, aves pequeñas, huevos de buen tamaño y baja incidencia de enfermedades (Blas y Mateos, 1991).

Otras características productivas de la gallina de postura (Quintana, 1999):

- ✓ Peso y constitución del huevo
- ✓ Elevada velocidad de crecimiento
- ✓ Excelente índice de conversión alimento /huevo
- ✓ Rendimiento Huevos / año
- ✓ Mayor duración del periodo de producción
- ✓ Menor edad para alcanzar el 50% de la producción

Los nombres comerciales de estirpes y líneas consanguíneas para huevo blanco se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Líneas genéticas para la producción de huevo blanco y café

Huevo blanco	Huevo café
Babcock B. 300	Amberlink
Bovans White	Babcock B 380
Dekalb XL Link y 171	Bovans Brown
Fisher 107	Delkalb Warren sex-sal-link G
Hisex blanca	Harco sex-link
H. and N. Nick chick	Hisex Brown
HubbardLeghorn	Hy.line 717
Hy-Lyne W 36	Lohman Brown
Hy-Lyne W 77	Shaver Starcross566
Lohman White	Tatun T. 173
ShaverStarcross 288	Welp Line 65 N
Tatum T. 100	-----
Welp Line 975	-----

Fuente: Quintana (1999)

2.6 Generalidades sobre el huevo de gallina

Un huevo entero pesa aproximadamente 57 gramos y está formado por tres estructuras principales: yema, albúmina o clara y el cascarón (Figura 7).

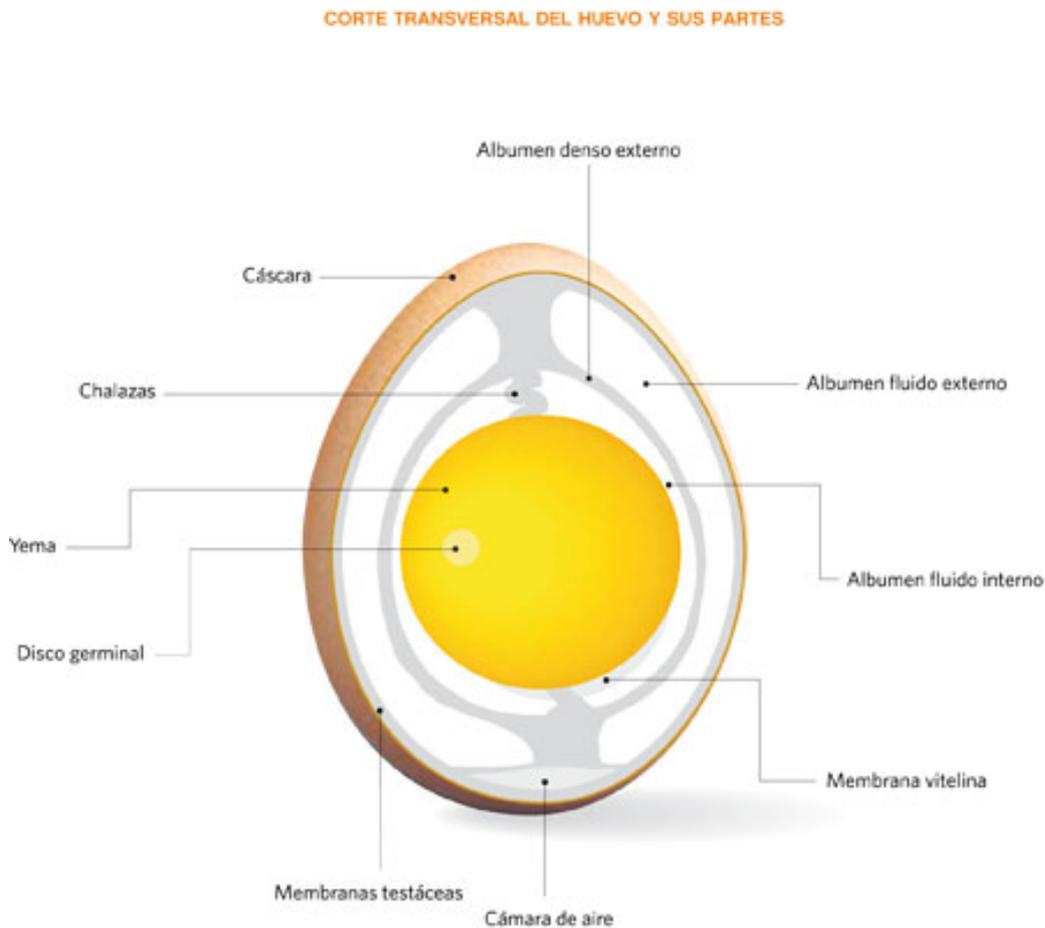


Figura 7. Estructura del huevo. USDA (2002).

Yema

La yema es la porción amarilla del huevo, está recubierta por una membrana vitelina que la separa de la clara y la protege de una posible ruptura. El color está determinado principalmente por la dieta de la gallina. Puede presentar manchas rojizas, que corresponden al disco germinativo, a partir del cual se desarrollará el pollo, en caso de que el huevo sea fecundado. Es una dispersión de diferentes tipos de partículas suspendidas en una solución proteínica. La yema está formada por 50% de agua y 50% de sólidos (Bell y Weaver, 2002). Es

excelente fuente de hierro, riboflavina, vitamina A y tiamina. Sus principales proteínas son:

Vitelina: presente como complejo lipoproteico, por lo que se conoce como lipovitelina y es una fosfoproteína.

Fosvitina: proteína alta en fósforo (Bell y Weaver, 2002)

Albúmina o clara

El 58% del peso total del huevo corresponde a la albúmina. La cual está constituida por tres capas diferenciadas por su consistencia: dos densas y una acuosa. El albumen denso va perdiendo su consistencia al pasar el tiempo después de haber sido puesto el huevo, y por lo tanto va perdiendo también su capacidad de mantener a la yema en la posición central. Además se va volviendo más fluida y el pH se incrementa de 7.6 a 9.3 (Bell y Weaver, 2002).

La albúmina está compuesta por 88% de agua, 11% de proteínas, 1% de hidratos de carbono y 0.5% de minerales. Básicamente se trata de una solución de proteínas globulares que contienen fibras de ovomucina (Cuadro 5) (Vaclavik, 2002).

Cuadro 5. Proteínas de la clara

COMPONENTE	%
Ovoalbúmina	63
Conalbumina	14
Ovomucoide	12
Glubulinas	7
Ovomucina	2
Avidina	0.5

Fuente:Vaclavik (2002)

Cascarón

El cascarón es la primera barrera de defensa que posee el huevo. Dentro de sus funciones están la contención, transporte del contenido y la exclusión de patógenos y microorganismos que puedan dañar el desarrollo embrionario. Constituye el 9-12% del peso total del huevo y está constituido por: carbonato de calcio (94%), carbonato de magnesio (1%), fosfato de calcio (1%) y matriz orgánica (principalmente por proteína 4%) (Fennema, 1995).

Se divide en las siguientes partes de adentro hacia afuera:

1. Las membranas: compuestas en parte por colágena (10%), con alto contenido de hidroxiprolina e hidroxilisina.
2. El cascarón: con alto contenido de carbonato de calcio
3. La cutícula: de naturaleza proteínica varía entre especies en grosor y composición química.

Membranas de la Cáscara. Están constituidas por dos membranas; membranas de la cáscara interna y externa que rodean a la clara. Constituye una barrera protectora frente a la penetración bacteriana. La cámara de aire se forma entre las dos membranas.

Cámara de aire. Bolsa de aire que se forma en el extremo ancho del huevo, se produce por contracción de los componentes durante el enfriamiento, después de la puesta. Aumenta de tamaño a medida que el huevo envejece.

Chalazas. Cordones de clara del huevo, retorcidos. Fija la yema en el centro del huevo.

El color del cascarón del huevo depende de la raza de la gallina (blanca o marrón) y no influyen en el valor nutritivo del huevo, en el sabor, en el grosor del cascarón, en las características culinarias, ni en la calidad del mismo huevo (Quintana 1999; Bell y Weaver ,2002).

2.7 Propiedades funcionales del huevo

Algunas de las funciones del huevo en los alimentos son como:

- ✓ **Ligante**
Los huevos son viscosos y coagulan (aun en estado sólido o semisólido); por tanto pueden ligar ingredientes tal como rollos de carne y croquetas, y ligan el pan en el empanizado.
- ✓ **Agente clarificante**
Las claras de huevo crudas coagulan alrededor de las partículas extrañas en un líquido caliente. Por ejemplo, clarifican caldos y sopas.
- ✓ **Emulgente**
Las yemas de huevo contienen fosfolípidos emulgentes, incluyendo lecitina. Los emulgentes permiten que dos líquidos normalmente inmiscibles, tales como agua y aceite, se mezclen en la preparación de la mayonesa.
- ✓ **Formación de espumas, agente impulsor, incorporación de aire**
Las claras de huevo aumentan seis a ocho veces el volumen cuando se baten para formar una espuma. Cuando la clara de huevo batida se calienta, la proteína coagula alrededor de las células de aire. Manteniendo una estructura de espuma estable. Se usa este tipo de espumas en merengues y postres.
- ✓ **Gelificación**
Se forma un sistema de dos fases de líquidos en sólidos cuando los huevos coagulan, formando un gel, por ejemplo en las natillas.
- ✓ **Agente espesante.**
Los huevos coagulan y espesan mezclas como natillas y salsa holandesa.
- ✓ **Otras. Color, sabor, valor nutritivo.**

Los huevos tienen otros numerosos papeles en los alimentos. Los carotenoides de la yema de huevo dan color a los productos horneados y se puede distribuir sobre masas para dar brillo a la corteza (Badiu, 2006)

2.8 Valor nutritivo del huevo

El huevo posee una gran riqueza de nutrimentos esenciales (Cuadro 6). Posee una proteína de excelente calidad, con un valor energético muy bajo (75 kcal). Es fuente importante de vitaminas A, B, D, E y K, así como de ácido fólico, colina, hierro, selenio y pigmentos y tiene minerales como hierro, fósforo, y zinc, así como yodo, potasio y azufre (Vaclavik, 2002).

Cuadro 6. Macro nutrimentos presentes en el huevo de gallina

Componente	%	Agua	Proteína	Grasa	Cenizas
Huevo entero	100	65.5	11.8	11.0	11.7
Clara de huevo	58	88.0	11.0	0.2	0.8
Yema de huevo	31	48.0	17.5	32.5	2.0
Cáscara	11	0*	0*	7.35*	90.14*

Fuente: USDA (2002)

*Valores Calculados

La fracción lipídica del huevo está formada por: triglicéridos, fosfolípidos y colesterol (Cuadro 7). El contenido total de grasas en la yema es 32.5g en 100g de huevo, tomando en cuenta que un huevo pesa aproximadamente 57g, esto representa 5.74 g de lípidos en un huevo (por aporte de la yema), de los cuales 1.5g son grasa saturada y el resto insaturada. Todo el colesterol del huevo y casi toda la grasa se encuentran en la yema, la cual tiene una mayor densidad de nutrimentos que la clara, conteniendo todas las vitaminas, excepto la C. El principal fosfolípido es la fosfatidilcolina o lecitina y el esteroil mejor conocido es el colesterol.

La proteína de la yema es principalmente vitelina, que está presente en un complejo lipoproteico como lipovitelina y lipovitelinina. También se encuentran la fosvitina fosforada y la vitelina azufrada.

La grasa y la mayor parte de la proteína de la yema, están en las partículas de la fase acuosa de la yema, en gránulos y micelas (Vaclavik, 2002).

Cuadro 7. Composición lipídica del huevo

COMPONENTE	%
Triglicéridos	62
Lectina (fosfolípidos)	21
Cefalina (glucolípido)	7
Colesterol	4
Ácidos grasos libres	0.5

Fuente:USDA (2002)

Los principales ácidos grasos saturados presentes en el huevo son, el C16:0 (palmítico) y el C18:0 (esteárico); de los monoinsaturados es el C18:1n-9 (oleico) y de los poliinsaturados como el linoléico C18:2 n6 (Fenema, 1995)(Cuadro 8).

Aun cuando el huevo *per se* tiene un excelente valor nutritivo, la composición química, principalmente la fracción lipídica de éste, puede modificarse, utilizando de esta manera al huevo como vehículo para hacer llegar al consumidor nutrimentos tan importantes como los ácidos grasos omega 9 (AGn9) y omega 3 (AGn3), de gran importancia en la prevención de diversas enfermedades, como las cardiovasculares y diferentes tipos de cánceres.

Incrementar la concentración de estos ácidos grasos en el huevo es posible. Esto se puede lograr a través de la dieta que se les suministra a las aves, en diferentes proporciones y fuentes de lipídicas, tal como lo han demostrado diversas investigaciones (González-Esquerra y Leason ; Carrillo et al, 2008).

Cuadro 8. Composición en ácidos grasos del huevo (g/100g)

Acido graso	Huevo entero
Lípidos totales	9.94
Total saturados	3.10
Láurico C12:0	0.03
Palmítico C16:0	2.26
Estearico C18:0	0.78
Total monoinsaturados	3.81
Palmítico C16:1	0.30
Oleico C18:1	3.47
Total poliinsaturados	1.36
Linoleico 18:2	1.15
α-linolénico 18:3	0.03
Araquidónico 20:4	0.14

Fuente: Bell y Weaver (2002)

2.9 Alimentación de gallinas productoras de huevo para plato

El potencial de producción de huevo en las estirpes actuales se debe en parte a la alimentación. Esta está basada en dietas con una alta densidad nutritiva y con un balance adecuado de energía, proteína, aminoácidos, vitaminas y minerales. Las características nutricionales dependen de la edad y etapa de producción (FMVZ, 2009).

En la industria avícola mexicana los alimentos se elaboran a base de maíz o sorgo como fuente de energía, y como fuente de proteína se utiliza la pasta de soya y, en menor proporción, otras pastas proteínicas de origen vegetal y harinas de origen animal. Todo el alimento que se proporciona debe cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción de las gallinas a través de ingredientes que aporten energía, proteína, aminoácidos, vitaminas y minerales (FMVZ, 2009).

En la elaboración de dietas para gallinas ponedoras en México, el sorgo, el maíz y los subproductos de cereales son la fuente principal de energía. Las grasas o aceites también constituyen una fuente concentrada de energía, satisfacen las necesidades de energía que los granos no pueden cubrir en su totalidad. Además cumplen funciones importantes en el organismo al formar parte de las membranas celulares, ser fuente de ácidos grasos esenciales y medio de transporte de vitaminas liposolubles y pigmentos (FMVZ, 2009).

Entre los aceites y grasas más utilizados en la elaboración de dietas para aves, están los aceites vegetales, grasas animales y grasas de restaurantes. Cada aceite o grasa varía en el contenido de kilocalorías de energía metabolizable (FMVZ, 2009).

2.10 Sistema digestivo de las gallinas

En el sistema digestivo se realiza la presión del alimento, ablandamiento, molienda, digestión y asimilación de sustancias nutritivas que serán aprovechadas para mantenimiento del organismo y para transformación de las mismas en productos avícolas primarios (carne y huevo) (Figura 8). Las estructuras que conforman el aparato digestivo de las aves son (Nasser et al, 1985; North y Bell, 2009; FMVZ, 2009):

Pico: Formado por la valva superior e inferior, efectúa la presión del alimento, su continuación hacia la faringe, se llama orofaringe. En la orofaringe hay glándulas salivales, que tienen la función de lubricar el paso de los alimentos, y ayudar a su ablandamiento por acción de la amilasa, la cual actúa sobre los almidones.

Lengua. Órgano cuya acción es la deglución, su movimiento lo realiza el hueso hioides y la musculatura.

Faringe. Órgano tubular, con paredes músculo-mebranosas, que conecta la cavidad bucal con el esófago.

Esófago. Conecta la orofaringe con el buche, este conducto presenta internamente un epitelio de tipo escamoso y glándulas productoras de moco.

Buche. Funciona como almacén de alimento, remojo y ablandamiento. Aquí tiene lugar muy poca o ninguna digestión.

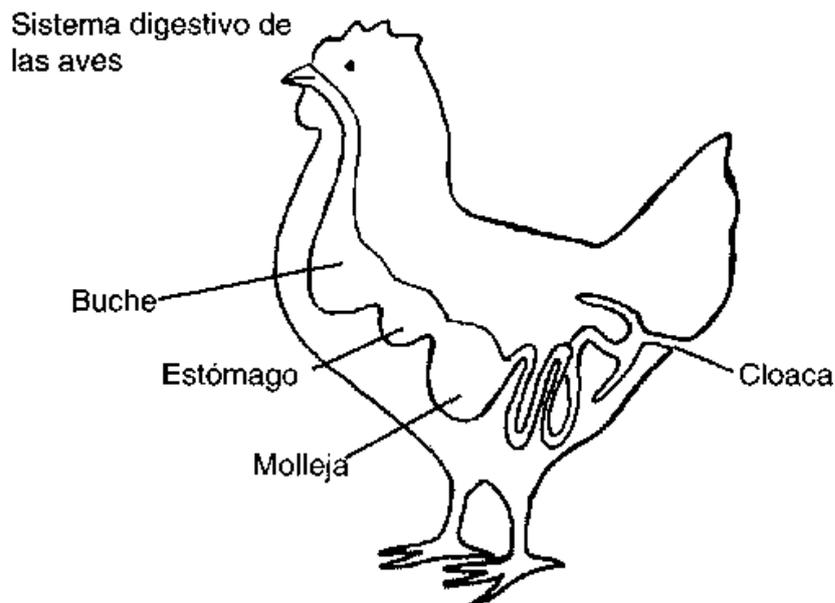


Figura 8. Sistema digestivo de una gallina (FAO, 2009)

Estómago glandular (proventrículo). Entre el buche y la molleja existe una mucosa interior provista de papilas que dan desembocadura a las glándulas productoras de jugo gástrico, el cual contiene ácido clorhídrico y pepsinas.

Estómago muscular. Es conocido como molleja o proventrículo con una gruesa musculatura lisa y revestido internamente por un epitelio resistente de tipo queratinizado y con estriaciones. Con los movimientos potentes de la musculatura se muelen los alimentos.

Intestino delgado. El intestino delgado es en las gallinas el órgano de mayor longitud. En una gallina adulta su longitud es de 1.70 a 1.80 m.

La primera parte está formada por un asa, conocida como asa duodenal. Dentro de ésta se localiza el páncreas, que secreta jugo pancreático, que contiene las enzimas amilasa, lipasa y tripsina, el yeyuno es la continuación del duodeno, forma la mayor parte de las asas intestinales, el íleon es el tercer tramo del intestino, tiene una secreción ascendente y otra descendente, que continúa en el intestino grueso.

Ciegos. Entre el intestino delgado y el grueso, se localizan dos sacos conocidos como ciegos. No se conoce su función exacta, pero es evidente que tienen poco que ver con la digestión; sólo tiene lugar una mínima absorción de agua, una ligera digestión de hidratos de carbono y proteínas, además de acción bacteriana.

Intestino grueso. El último segmento intestinal, de poca extensión (7 a 8cm) recibe los desechos del proceso digestivo (excretas) y reabsorbe agua.

Cloaca. Es un órgano complejo y especializado de las aves. En él concluyen los sistemas digestivo, urinario y reproductor. Consta de tres segmentos, bien delimitados funcionalmente: coprodeo, urodeo y proctodeo (North, 2009).

2.11 Digestión de lípidos en las gallinas

La digestión de las grasas en las aves empieza hasta su llegada al duodeno. La presencia de la comida en el duodeno estimula la secreción de hormonas intestinales (colecistoquinina, CCK) produciendo la contracción de la vesícula biliar y la secreción del jugo pancreático (Crawford, 1990).

Las sales biliares aumentan la superficie de contacto entre la grasa y la lipasa pancreática, encargada de la hidrólisis. La emulsificación es el primer paso en la digestión de las grasas. Posteriormente entra en acción la lipasa que hidroliza los enlaces entre el glicerol y los ácidos grasos esterificados en las

posiciones 1 y 3 del triglicérido. Para que ocurra eficientemente la hidrólisis es necesaria la presencia de colipasa, segregada en el jugo pancreático (Blas y Mateos, 1991).

El grado de saturación de las grasas afecta directamente las propiedades físico-químicas de la interface donde ocurre la reacción. Cuanto más saturadas sean las grasas, mayor cantidad de sales biliares serán necesarias para su emulsificación y para la formación de micelas, pudiendo resultar en una reducción en la absorción de grasa. Añadiendo grasas insaturadas a las saturadas, se aumenta considerablemente la absorción de la porción saturada. En el caso de la gallina ponedora, la secreción de sales biliares y jugo pancreático son suficientes como para que la digestibilidad de las grasas sea muy elevada (Blas y Mateos, 1991).

La mayor parte de la digestión de la grasa tiene lugar en el duodeno y yeyuno superior, mientras que la absorción de grasa ocurre principalmente en el yeyuno (Blas y Mateos, 1991).

2.12 Metabolismo de las grasas en las gallinas

Una vez absorbidos, los ácidos grasos y los monoglicéridos se reesterifican mediante la acción de la enzima acil-CoA-ligasa que se encuentra en el retículo endoplasmático de la mucosa intestinal. Los ácidos grasos son transportados (del hígado al torrente sanguíneo) en el citoplasma de las células hepáticas unidos a una proteína (Escribano, 2006).

La síntesis *de novo* de la grasa (lipogénesis) ocurre principalmente en el hígado. El compuesto de partida para la síntesis de colesterol, fosfolípidos, ácidos grasos y muchos otros metabolitos es la acetil- CoA (Figuras 9 y 10), que puede proceder de la:

- Degradación de piruvato formado a partir de la glucosa en la glucólisis.
- Degradación de ácidos grasos
- Degradación de aminoácidos

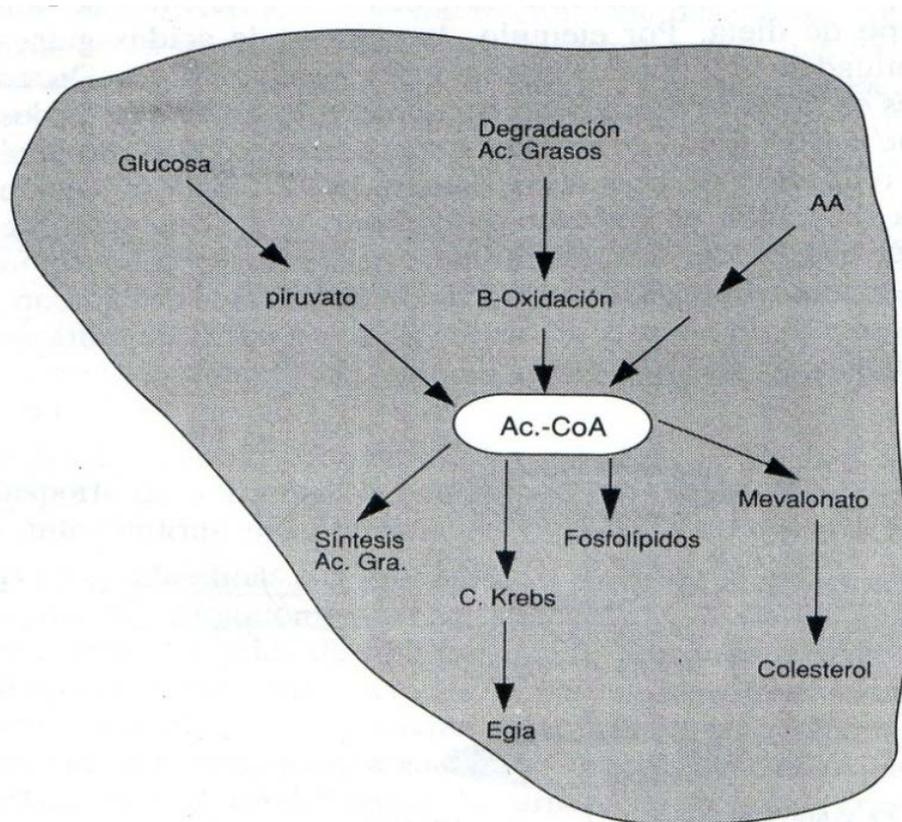


Figura 9. Formación de lípidos a partir de la Acetil CoA

Fuente: Escribano(2006).

La síntesis de ácidos grasos dependerá de la cantidad de hidratos de carbono y biotina disponibles. Dietas con alto contenido en hidratos de carbono aumentará la síntesis de ácidos grasos, mientras que la sustitución de hidratos de carbono por grasa resultará en una importante reducción en la síntesis (Escribano, 2006)

Las aves pueden sintetizar ácidos grasos de hasta 18 átomos de carbono e introducir un doble enlace en la posición 6 de la cadena carbonada (ácido oleico); sin embargo, el doble enlace en posición 9 no se puede introducir, lo que da el carácter de indispensable al ácido linoleico (Escribano, 2006).

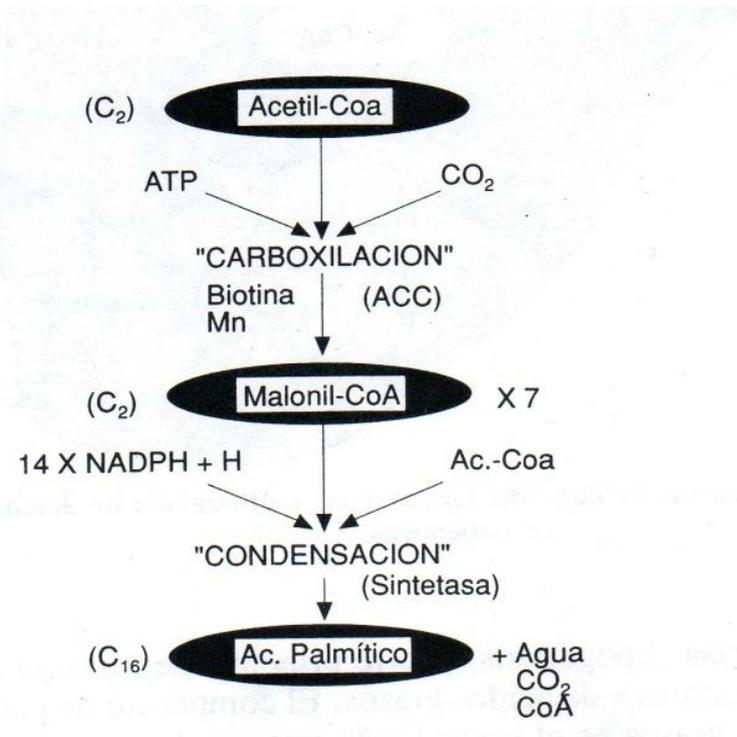


Figura 10. Síntesis del ácido palmítico

Fuente: Escribano (2006).

La deficiencia de ácido linoléico produce en las aves, crecimiento pobre, y en gallinas de postura disminuye el peso del huevo y en reproductoras la nacencia es baja. Las necesidades de ácido linoléico son del orden del 1% tanto para pollos como para gallinas en postura, sin embargo, para obtener huevos con pesos óptimos las necesidades son mayores y pueden ser de 1.2 a 2.0% (Blas y Mateos,1991).

Tal como se mencionó antes, los ácidos grasos esenciales (AGE) son componentes estructurales de las membranas celulares y precursores de prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos. En la gallina ponedora, las contracciones del útero y la relajación de la vagina durante la puesta, así como la secreción del jugo gástrico, son ejemplo de actividades reguladas por la acción de prostaglandinas.

Por lo tanto, dado que la deficiencia de AGE resulta en una reducción de la eficiencia energética y productiva, es importante suministrar a las aves ácido linoleico (C18:2 n6 LA) y α -linolenico (C18:3 n3 ALA), ya que ambos son fuente de

eicosanoides, compuestos involucrados en múltiples funciones del organismo y en la prevención y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de cánceres (Escribano, 2006).

Dos ingredientes que pueden ser incorporados en la dieta de las aves por tener un alto contenido de estos AGE son la soya y la canola, el primero es fuente importante de LA (C18:2), mientras que el segundo lo es del ácido oleico (C18:1 n9) y del ALA (C18:3 n3).

2.13 Generalidades sobre la Pasta de Soya

La pasta de soya es un subproducto de la extracción del aceite al frijol de soya. Es una de las mejores fuentes de proteína de origen vegetal con que se cuenta actualmente, debido a su alto contenido de lisina. Su contenido y calidad de su proteína es variable (40-50%) de acuerdo al proceso empleado (Cuadro 9). La metionina es el primer amino ácido limitante de la pasta de soya, seguido por la treonina (Blas y Mateos, 1991; Cuca et al, 2009).

2.14 Generalidades sobre la Pasta de Canola

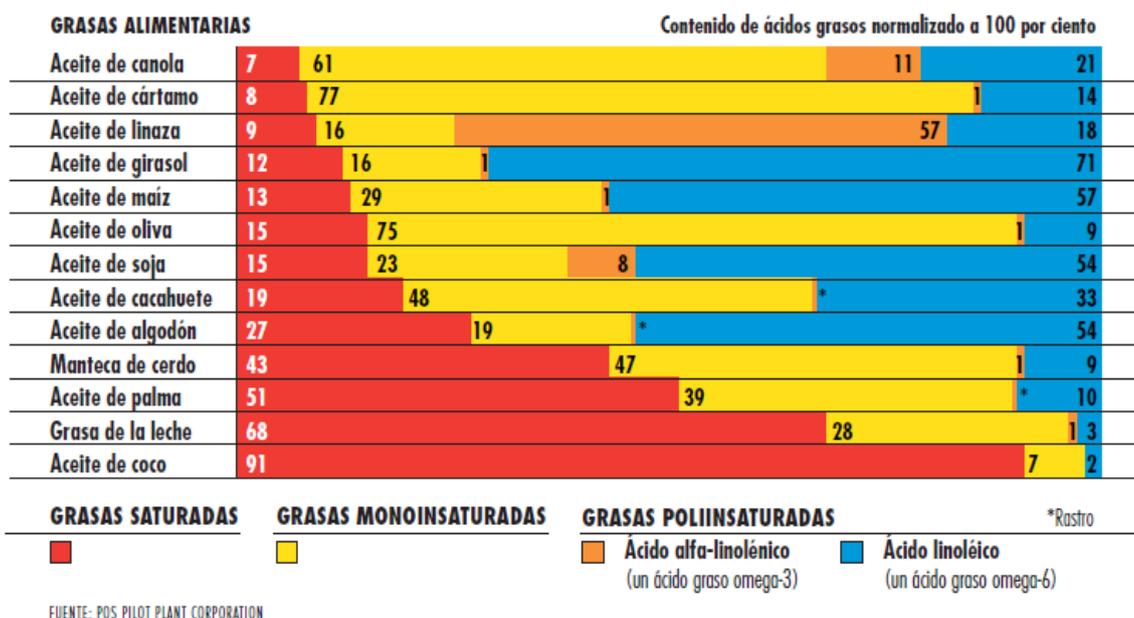
La canola es descendiente de la colza o nabo (*Brassica campestris* y *B. napus*). Se desarrolló mediante técnicas de mejoramiento de semillas, con el fin de obtener niveles menores de ácido erucico (< 2%) en la porción aceitosa y bajos niveles de glucosinolatos (< 30 $\mu\text{mol/g}$) en la porción de la pasta. La semilla de canola es pequeña y redonda, 1-2 mm de diámetro. Contiene aproximadamente de 42 a 43% de aceite, que se extrae para usarse como aceite vegetal comestible de primera calidad. Se acuñó entonces el término “canola” (Canadian oil) para distinguirlo de la colza (Leeson, 1997; Hickling, 2001).

El aceite de canola se caracteriza por tener un alto contenido de grasa monoinsaturada (61%) en comparación con otros aceites (Figura 11). Siendo la concentración de los ácidos oleico y el α -linolénico superior a la del aceite de soya (Cuadro 9).

La pasta de canola que queda después de la extracción del aceite se usa como fuente de proteína en los alimentos balanceados para animales. Su contenido de proteína (30-40%) puede variar de acuerdo al origen de la colza. La pasta utilizada en la alimentación animal debe tener menos de 2 % de erúxico y menos de 30 mmoles de glucosinolatos/g de materia seca de semilla libre de aceite, ya que estos compuestos son tóxicos para los animales (Blas, 1991).

Los principales productores y usuarios de la pasta de canola y de colza son Australia, Canadá, China, la Unión Europea y la India (Hickling, 2001).

Comparación de Grasas Alimentarias



CanolaInfo  canolainfo.org

Figura 11. Comparación de grasas alimentarias

Cuadro 9. Análisis químico aproximado y concentración de ácidos grasos en la pasta de soya y canola.

	Pasta de Soya	Pasta de canola
Proteína cruda (%)	44-50	30-38
Energía metabolizable (Kcal/Kg)	2491-2530	2000
Extracto etéreo (%)	0.5-1.6	1.2-3.5
Fibra cruda (%)	3-7	11-18
Acidos grasos (g/100g)		
Palmítico (C16:0)	10.0	6.0
Esteárico (C18:0)	2.0	2.0
Oleico (C18:1)	19.0	57.0
Linoléico (C18:2)	62.0	20.0
α-linolénico (C18:3)	3.0	9.0

Fuente: Fennema (1995); Cuca et al (2009).

La pasta de canola tiene varias características nutritivas que le añaden valor, entre ellas el hecho de que posee un buen balance de aminoácidos con niveles especialmente elevados de metionina, cistina e histidina. También tiene niveles elevados de fósforo (Blas y Mateos, 1991).

Algunas desventajas que tiene son las siguientes: posee niveles relativamente bajos de lisina y de energía en comparación con la pasta de soya; un alto contenido de taninos, que en algunos casos puede ser de hasta 3%, así como un alto contenido de ácido fítico. Contiene cantidades significativas de sinapinas (1.5%), que en el caso de las gallinas productoras de huevo café, le transmiten un olor a pescado al huevo, ya que un subproducto de la degradación de las sinapinas en el tubo intestinal es la trimetilamina, la cual se deposita en la yema y responsable de producir el olor a pescado en el huevo de color café. Aun así, su uso en la alimentación de las aves se ha extendido y a menudo se le considera como la mejor proteína complementaria de la pasta de soya (Cuca et al, 2009; Lesson y Dummas, 1997; Butler et al, 1982).

El proceso de extracción de la pasta de canola con solvente incluye los siguientes pasos (Hickling, 2001):

- ✓ Limpieza de la semilla
- ✓ Pre acondicionamiento y descamado de la semilla
- ✓ Cocción de la semilla (15 a 20 mín, de 80 a 105°C)
- ✓ Prensado de la hojuela para remover mecánicamente una porción del aceite
- ✓ Extracción con hexano, para eliminar el resto del aceite
- ✓ Desolventización, calentamiento de la pasta de 95- 115°C, 30 minutos y tostado de la pasta
- ✓ Homogeneizado y almacenado como pasta

El uso de la pasta de canola como ingrediente en la dieta para gallinas ponedoras es algo común hoy en día. Se han realizado diversos estudios sobre los efectos del uso de pasta de canola sobre la producción de huevo y otras variables productivas (Nasser et al, 1985, Roblee et al,1986). En estos estudios, el nivel de inclusión promedio utilizado fue de 10% en sustitución de la pasta de soya y en ellos se observó que tanto la producción como el tamaño del huevo no se vieron afectados.

Otros estudios en los que se emplearon niveles de inclusión de hasta 20% de pasta de canola mostraron un rendimiento excelente de las gallinas en cuanto a producción de huevo y en la conversión del alimento. En general, se recomienda agregar un máximo de 10% de pasta de canola a las dietas pero puede intentarse subir estos niveles de inclusión a 15% ó 20% (Hickling, 2001).

III. JUSTIFICACIÓN

Por la excelente calidad de su proteína, por su versatilidad en la preparación de diversos platillos, por su fácil digestión, bajo costo y por muchas razones más, el huevo es uno de los alimentos de mayor consumo en México. Incrementar el contenido de ácidos grasos benéficos a la salud como el ácido oleico (n9) y el α -linolenico (n3) en el huevo, es una manera de dar a este alimento un valor agregado más y una alternativa para hacer llegar al consumidor los múltiples beneficios a la salud que estos compuestos bioactivos nos brindan.

Habitualmente las gallinas son alimentadas con dietas que incluyen pasta de soya como fuente de proteína, así mismo la pasta de canola también ha sido empleada como una fuente alterna de proteína en la alimentación de las mismas. Sin embargo, no se han reportado datos sobre los cambios que en la composición en ácidos grasos del huevo puede haber cuando se emplea a la pasta de canola en la dieta de las aves.

Por otro lado, existe la creencia popular de que el valor nutrimental del huevo blanco es diferente al del huevo café, sin embargo, algunos autores señalan que no existe tal diferencia. Por lo tanto, en el presente trabajo se pretende determinar también, si la deposición de ácidos grasos es diferente en el huevo blanco y en el café.

IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar si la deposición de ácidos grasos n3 y n6 en el huevo es afectada la línea genética (raza) de las gallinas y por la dieta, con el fin de saber si la composición en ácidos grasos del huevo blanco es diferente a la del huevo café, y si sustituir la pasta de soya por pasta de canoa modifica la composición de estos ácidos grasos en el huevo.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Determinar si existe diferencia en la composición en ácidos grasos del huevo de acuerdo a la línea genética.
- 2) Determinar la composición en ácidos grasos del huevo cuando las aves son alimentadas con una dieta con base sorgo-pasta de soya.
- 3) Determinar la composición en ácidos grasos del huevo cuando las aves son alimentadas con una dieta con base sorgo-pasta de canola.

V. HIPÓTESIS

- 1) La composición en ácidos grasos del huevo difiere de acuerdo a la línea genética.
- 2) La composición en ácidos grasos del huevo es diferente cuando las aves son alimentadas con una dieta que incluye pasta de soya o pasta de canola.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo con las gallinas ponedoras se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El análisis químico de la canola, dietas y huevo se realizó en el Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Preparación de las dietas

Se formularon dos dietas, una dieta de referencia con base sorgo-pasta de soya (Cuadro 10), y otra en la que se sustituyó parcialmente la pasta de soya de la dieta basal con 20% de pasta de canola. Para la formulación se utilizó el programa NUTRION Windows™ vers. 5.0 Pro (Comercializadora de Software S.A. de C.V). Las dietas cubrían las necesidades para gallinas ponedoras señaladas por el NRC (1994).

Ensayo experimental

Para el estudio se utilizaron 240 gallinas de 37 semanas de edad, de dos diferentes líneas genéticas:

- ✓ 120 gallinas de la línea genética ISA-Babcock B-380 ponedoras de **huevo café**.
- ✓ 120 gallinas de la línea genética Bovans White ponedoras de **huevo blanco**

Las aves de cada grupo se distribuyeron al azar en 2 tratamientos con 5 repeticiones de 12 gallinas cada una:

- ✓ T1 – dieta formulada con base sorgo-pasta de soya
- ✓ T2- dieta formulada con base sorgo-pasta de canola al 20%,

Cada repetición constituyó una unidad experimental. El agua y el alimento se proporcionaron a libre acceso durante las 8 semanas de experimentación.

Cuadro 10. Composición de la dieta testigo (%)

Ingrediente	%
Sorgo	56.48
Pasta de soya	26.91
Pasta de canola	0.00
Carbonato de calcio	9.96
Aceite vegetal	3.82
Ortofosfato	1.65
Sal (NaCl)	0.46
DL-Metionina	0.18
Vitaminas premezcla	0.10
Antimicótico	0.10
Avelut pigmento	0.10
L-lisina	0.09
Minerales premezcla	0.05
Cloruro de colina	0.05
Avired pigmento	0.02
Furacil	0.01
Antioxidante IQ	0.01
TOTAL	99.99
Aporte nutrimental calculado:	
Energía metabolizable(Mcal/Kg)	2.85
Proteína cruda (%)	17.00

La dieta testigo incluía 26.91% de pasta de soya como fuente de proteína. En la dieta se sustituyó un 20% de pasta de soya con pasta de canola, quedando un 21.53% de pasta de soya y un 5.38% de pasta de canola, (lo que representa el 20% en aporte de proteína, los demás ingredientes no se modificaron en la dieta.

Cuadro 11. Composición de la dieta enriquecida con Canola (%)

Ingrediente	%
Sorgo	56.48
Pasta de soya	21.53
Pasta de canola	5.38
Carbonato de calcio	9.96
Aceite vegetal	3.82
Ortofosfato	1.65
Sal (NaCl)	0.46
DL-Metionina	0.18
Vitaminas premezcla	0.10
Antimicótico	0.10
Avelut pigmento	0.10
L-lisina	0.09
Minerales premezcla	0.05
Cloruro de colina	0.05
Avired pigmento	0.02
Furacil	0.01
Antioxidante IQ	0.01
TOTAL	99.99
Aporte nutrimental calculado:	
Energía metabolizable(Mcal/Kg)	2.85
Proteína cruda (%)	17.00

Preparación de las muestras

Al final de las 8 semanas de experimentación, se colectaron 20 huevos por tratamiento y se forman 5 *pool* (yema + clara) de 4 huevos. Se homogeneizaron con una batidora y se mantuvieron en refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Cuantificación de lípidos totales y perfil de ácidos grasos

El contenido de lípidos totales se determinó utilizando una mezcla de Cloroformo:etanol (1:1, v/v), posteriormente para la cuantificación de ácidos grasos se metiló el extracto lipídico con trifloruro de boro (método AOAC 969.33).

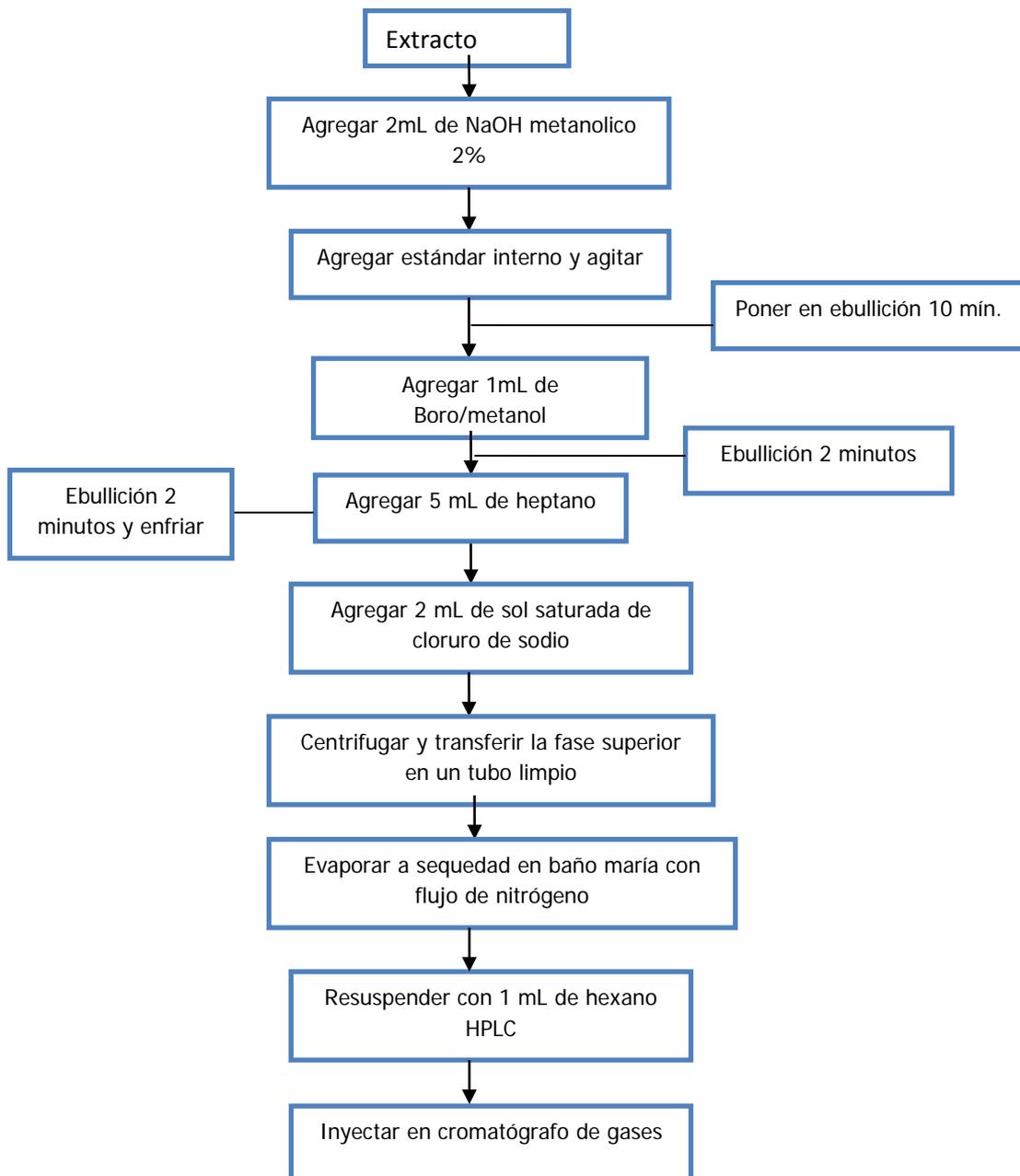


Figura 12. Diagrama del método empleado en la preparación de la muestra para la determinación de ácidos grasos en la pasta de soya, canola, dietas y huevo.

Las muestras se inyectaron en un cromatógrafo de gases Varian 3400CX equipado con una columna capilar DB-23 (30m x 0.25mm di) y un detector de ionización de flama. El gas acarreador fue nitrógeno, aplicando un flujo de 30 mL/min. Las temperaturas utilizadas en el cromatógrafo fueron: columna: 280°C, inyector 260°C y detector 280°C. Los tiempos de retención fueron comparados con un estándar interno (ácido miristoléico).

Los resultados de lípidos totales se reportan como g/100g de huevo fresco, mientras que los ácidos grasos se reportan como porcentaje del total de ácidos grasos (%TAG).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron a través de un análisis de varianza para un diseño factorial 2x2, donde los factores a considerar fueron la línea genética (ISA-Babcock B-380 y Bovans White) y la dieta (sorgo-pasta de soya y sorgo-pasta de canola). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% (SAS versión 6.12, SAS Institute Inc.).

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Contenido de lípidos totales y ácidos grasos en la pasta de canola

La cantidad de lípidos totales obtenidos en el presente estudio, el aporte de canola (2.7%) resultó ser menor a la informada por el Consejo de Canola de Canadá (3.5%) (Cuadro 11). Esto posiblemente se deba a que en Canadá se vuelven a agregar las gomas que se obtienen durante la refinación del aceite a la pasta de canola. Estas gomas consisten en: glicolípidos, fosfolípidos y cantidades variables de triglicéridos, esteroides, ácidos grasos, etc. Al agregar las gomas a la pasta se aumenta el valor energético de esta última (Canola Council, 2001).

Cuadro 12. Perfil de ácidos grasos (%TAG) de la pasta de canola

	Pasta de canola
LIPIDOS TOTALES (g/100g)	2.7
Acidos grasos (%TAG)*	
Laurico (C12:0)	nd
Mirístico (C14:0)	0.6
Palmítico (C16:0)	16.6
Esteárico (C18:0)	4.9
Total AGS	22.29
Palmitoleico (C16:1)	1.1
Oleico (C18:1 n9)	34.4
cis-vaccénico (C18:1)	9.9
Total AGM	45.4
Linoléico (C18:2 n6 LA)	25.1
α -linolénico (C18:3 n3 ALA)	3.4
Eicosapentaenoico (C20:5n3 EPA)	0.2
Docosahexaenoico (C22:6n3 DHA)	nd
Total AGPI	28.7

* Total de ácidos grasos ; nd-no detectado

En la pasta de canola los resultados mostraron un mayor contenido de ácidos grasos monoinsaturados (AGM), principalmente del ácido oleico, seguido de los poliinsaturados (AGPI) (principalmente ácido linoleico) y finalmente los saturados (AGS) (principalmente palmítico). Aunque las concentraciones son menores a las del aceite de canola (34% vs 57% de oleico, 3% vs 9% de α -

linolenico), aun así ejercieron influencia en la composición del huevo, como se verá más adelante.

7.2 Contenido de lípidos totales y composición en ácidos grasos de las dietas experimentales

El contenido de lípidos totales fue superior en la dieta sorgo-canola porque la pasta de canola tiene mayor contenido de grasa (2.5 -3%) que la pasta de soya (NRC, 1904)

En lo que respecta a los ácidos grasos, de forma general se observó en ambas dietas hubo una mayor concentración de AGM, seguida por los AGPI y finalmente por los AGS (Cuadro 12). Asimismo, en la dieta sorgo-canola hubo una mayor cantidad de los ácidos palmítico, esteárico y oleico y menos ácido linoléico que en la dieta sorgo-soya. Esto era de esperarse, ya que la canola se caracteriza por tener un mayor contenido de oleico que la soya, y lo contrario sucede con el ácido linoleico (LA), el cual está presente en mayores concentraciones en la soya.

Cuadro 13. Concentración de ácidos grasos en las dietas (%TAG)

	Dieta sorgo-soya	Dieta sorgo-canola
LIPIDOS TOTALES (g/100g muestra)	1.63	2.33
Acidos grasos		
Mirístico (C14:0)	0.98	1.16
Palmítico (C16:0)	16.53	17.99
Heptadecanoico (C17:0)	0.28	0.34
Esteárico (C18:0)	5.60	6.93
Total AGS	23.76	26.93
Pentadecanoico (C15:1)	0.11	0.13
Palmitoleico (C16:1)	0.55	0.62
cis10-heptadecenoico (C17:1)	0.15	0.19
Elaídico (C18:1 trans)	1.67	1.89
Oleico (C18:1 n9)	36.65	38.20
cis-vaccénico (C18:1)	1.14	1.55
Total AGM	40.71	43.08
Linoléico (C18:2 n6 LA)	30.40	24.70
Alfa-linolénico (C18:3 n3 ALA)	3.30	3.22
Araquídico (C20:0)	0.36	0.39
Eicosenoico (C20:1)	0.46	0.50
Eicosapentaenoico (C20:5 n3 EPA)	0.24	0.26
Total AGPI	33.94	28.32

Comparando con el cuadro 10, el contenido de ácidos grasos en la dieta de referencia es mucho menor, esto debido a que en la dieta basal se encuentran los componentes que se adicionaron en la dieta, y en el cuadro 13 se muestra el contenido de lípidos totales después de la extracción, esta disminución se debe a que el aceite vegetal que contiene otras sustancias, como pigmentos e impurezas, las cuales son separadas en la extracción con solvente (Cloroformo-etanol) por la diferente polaridad, afinidad al solvente, temperatura de extracción (Alton, 1984).

Es importante señalar que en ambas dietas se detectaron concentraciones muy pequeñas del otro ácido graso n3, el eicosapentaenoico (C20:5 EPA) y la ausencia del ácido docosahexaenoico (C22:6 n3 DHA). Esto resulta de interés porque en el huevo ocurrió lo contrario, como se verá más adelante.

7.3 Contenido de lípidos totales y ácidos grasos en el huevo blanco y café de gallinas alimentadas con una dieta sorgo-soya y con una dieta sorgo-canola

Con respecto al contenido de lípidos totales en el huevo, se puede decir que ni la línea genética ni el tipo de dieta tuvieron efecto significativo sobre este componente químico en el huevo ($p > 0.05$). Es decir que, el contenido de esta fracción química fue igual tanto en el huevo blanco como en el café, independientemente de si las gallinas fueron alimentadas con una dieta sorgo-soya ó sorgo-canola (Cuadro 14).

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Jia (2008), quienes señalan que en general el contenido de lípidos totales, no se ve afectado ya que aquí se toma en cuenta la contribución total, donde se incluyen vitaminas, pigmentos, fosfolípidos, colesterol, ácidos grasos saturados como insaturados. Lo que cambia es la proporción de ácidos grasos, sin embargo el aporte total no se modifica. Es decir aun cuando se incrementa el aporte de lípidos en la dieta de la gallina, el ave no va depositar más lípidos en el huevo.

Por otra parte, se observó que independientemente de la dieta y de la línea genética, en el huevo hubo un mayor contenido total de AGM, seguido de los AGS y finalmente de los AGPI (Cuadro 13). Este comportamiento difirió de lo

observado en las dietas. En forma específica se detectaron diferencias en la composición de ácidos grasos.

En el caso de los ácidos palmítico (C16:0) y palmitoleico (C16:1) la concentración fue mayor en el huevo blanco, sobre todo cuando las aves recibieron la dieta sorgo-soya ($P < 0.05$).

En el caso del huevo café, hubo una mayor concentración de ácido oleico (C18:1) con ambas dietas, sin embargo el aumento fue significativo solo con la dieta sorgo-canola ($P < 0.05$). También, el huevo café de la dieta sorgo-canola mostró los valores más altos de ácido α -linolénico (C18:3 ALA) y del ácido docosahexanoico (C 22:6 DHA) ($P < 0.05$).

La concentración del ácido esteárico (C 18:0) en el huevo, solo se vio afectada por el tipo de dieta y no por la línea genética. Obteniéndose los valores más altos con la dieta sorgo-soya ($p < 0.05$).

Cuadro 14. Efecto de la línea genética y la dieta sobre el contenido de lípidos totales y composición en ácidos grasos del huevo

Dieta	T1 Sorgo-soya		T2 Sorgo-canola	
	Blanco	Café	Blanco	Café
Huevo/ raza				
Lípidos totales (g/100g)	9.79 a	9.89 a	9.71 a	9.57 a
Acidos grasos (%TAG)				
Palmitico (C16:0)	26.22 a	23.64 b	23.00 b	22.50 b
Estearico (C18:0)	7.49 a	6.96 ba	6.64 b	7.00 ba
Palmitoleico (C16:1)	3.47 a	2.70 b	2.50 cb	2.24 c
Oleico (C18:1)	44.44 bc	46.43 ba	42.34 c	48.18 a
Linoleico (C18:2 n6)	11.12 a	12.14 a	11.27 a	11.97 a
Araquidónico (C20:4 n6)	1.84 a	1.72 a	1.80 a	1.69 a
Alfa-linolenico (C18:3 n3)	0.47 c	0.53 b	0.55 b	0.59 a
Docosahexaenoico (C22:6n3)	0.85 c	0.97 ba	0.90 bc	1.01 a
Total AGM	47.91 b	49.13 ba	44.84 c	50.41 a
Total AGS	33.70 a	30.60 b	29.63 b	29.49 b
Total AGPI	14.27 a	15.36 a	14.52 a	15.27 a
Total n6	12.95 a	13.86 a	13.07 a	13.66 a
Total n3	1.32 c	1.50 ba	1.45 bc	1.60 a
n6:n3	9.78 a	9.28 ba	9.13 ba	8.54 b

a,b y c, en cada renglón, literales distintas indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

La concentración de ácidos grasos saturados en huevo blanco respecto al café, coincide con lo reportado por Grobas (2001) donde se obtuvo que, en las gallinas que producen huevo blanco hay un mayor contenido de ácidos grasos saturados ($P < 0.001$) que en huevo café.

Los resultados observados son congruentes con lo esperado, ya que hubo un incremento de omega-3, por el aporte del ácido α -linolenico (C 18:3) presente en la pasta de canola.

Por otra parte, resultó interesante observar que mientras en las dietas se detectó la presencia de los AGn3, α -linolenico (C18:3 ALA) y eicosapentaenoico (C20:5 EPA); en el huevo solo se observó la presencia del α -linolenico (C18:3 ALA) y del docosahexaenoico (C22:6 DHA). Esto puede ser explicado por el hecho de que en el ave, el ALA puede ser transformado a EPA y luego a DHA por procesos de elongación y desaturación. Existiendo una mayor preferencia por la enzimas para depositar el DHA, más que el EPA, en tejidos como la retina, células nerviosas y en la yema (González-Esquerro, 2000).

Edwards et al (1960 y 1963) encontraron diferencias por efecto de la raza en los ácidos grasos: palmítico, palmitoleico, oleico, linoleico, α -linolenico, y docosahexanoico.

La relación n6:n3 observada en todos los casos, fue elevada y coincide con la que actualmente se da en una dieta habitual occidental, que es de 10:1. Tal como señala Simopoulos (1991), dicha proporción no es recomendable, la ideal es 2:1. Esto es porque los AGn6 dan origen a compuestos eicosanoides con propiedades que favorecen la agregación plaquetaria y de coágulos; mientras que los eicosanoides que se originan a partir de los AGn3 tienen un efecto contrario, reducen la formación de coágulos e inhiben la agregación plaquetaria, etc. De ahí la importancia de mantener una relación adecuada de n6:n3.

En realidad no se esperaba observar diferencias por efecto de la raza, ya que la mayor parte de la literatura señala que la raza no influye sobre la composición química, y que la única diferencia entre el huevo café y blanco es que las gallinas que producen huevo café carecen de una enzima, que no les permite oxidar la trimetilamina, un compuesto proveniente de la fermentación

bacteriana, por lo que al suministrar a aves productoras de huevo café una dieta con canola, el huevo tendrá un olor a pescado provocado por dicho compuesto. Aparentemente eso no tiene que ver en la síntesis de ácidos grasos (Bell, 2001).

En este estudio se mostró que las concentraciones de ALA en la pasta de canola en realidad son bajas porque, la mayor parte se queda en el aceite, aun así lograron incrementar en forma significativa la cantidad de los n3 en el huevo, particularmente en el huevo café, logrando reducir la relación n6:n3 en el mismo logrando reducir la relación n6:n3 (Cuadro 13) en el mismo, lo cual es benéfico para los consumidores de huevo.

Cuadro 15. Resumen de las diferencias en el contenido de lípidos totales y composición en ácidos grasos del huevo por efecto de la dieta y línea genética.

Dieta	Oleico	LA	ALA	AA	DHA
	C 18:1	C18:2	C18:3	C20:A	C22:6
% Total de ácidos grasos					
Dieta					
Sorgo-soya	44.72	11.2	0.52	1.3	0.66
Sorgo-canola	45.67	11.54	0.56	1.66	0.97
Raza					
Blanco	43.96	10.78	0.53	1.31	0.68
Café	46.43	11.96	0.55	1.65	0.95
P- Dieta*raza	0.0502	0.013	0.0006	0.0001	0.0001

a,b en cada factor literales distintas indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

Como se puede observar en el cuadro 14, por efecto de la dieta hubo diferencia significativa en todos los ácidos grasos, excepto en el linoléico (C18:2) en el huevo ($p < 0.05$).

Cuando en la dieta se sustituyó la parte de soya con 20% de pasta de canola, la concentración de los ácidos grasos oleico (C18:1), alfa-linoléico (C18:3),

araquidónico (C20:4) y docosahexaenoico (C22:6) aumentó significativamente en el huevo ($P \leq 0.05$).

Por otro lado, en el huevo café hubo una mayor concentración de los ácidos oleico, linoleico, araquidónico y docosahexaenoico ($P < 0.05$).

Tanto por dieta como raza se obtuvo una diferencia significativa

IX Conclusiones

Se concluye que bajo las condiciones en que se condujo el presente estudio, la composición en ácidos grasos del huevo blanco es diferente a la del huevo café y que esta también se ve afectada de acuerdo a la dieta suministrada a las aves.

En el huevo blanco existe un mayor contenido de ácido palmítico, palmitoleico y entonces se muestra que en el huevo café predominan los ácidos grasos oleico, linoleico, araquidónico y docosahexaenoico.

Se comprobó que al sustituir en la dieta la pasta de soya por pasta de canola, aumenta la concentración de los ácidos grasos oleico, alfa-linoleico, araquidónico y docosahexaenoico en el huevo blanco y café.

La sustitución parcial de la pasta de soya por pasta de canola reduce en forma positiva la relación n6:n3.

Recomendaciones:

Por lo mencionado anteriormente, sería importante realizar más estudios respecto al metabolismo de lípidos entre diferentes razas.

Debido a la falta de información sobre este tipo de estudio, se abre la posibilidad de complementar la línea de investigación que se ha llevado a cabo en el INNSZ con diferentes líneas genéticas de gallinas ponedoras y la posible influencia de dietas que incluyan otras fuentes de proteína y aceites, y su aplicación en beneficio del consumidor.

X.REFERENCIAS

Alton E. B. 1984. Grasas y Aceites Industriales, Editorial Reverté, S.A, Barcelona, pp 78-86

AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. AOAC International, USA, pp. 21-25, 53-58.

Badui DS. 2006. Química de los Alimentos, 3ra edición, Editorial Alhambra Mexicana, México pp. 90-132.

Bell D. and Weaver WD. 2002. Commercial Chicken Meat and Egg Production, 5th edition, Editorial Kluwer Academic Publishers, United States pp. 4-53,143-152,838-845.

Blas C y Mateos G. 1991. Nutrición y Alimentación de Gallinas Ponedoras, Editorial AEDOS, España, pp. 84-100.

Butler EJ, Pearson AW and Fenwick GR. 1982. Problems which limit use of rapeseed meal as a protein source in poultry diets. Journal Science Food Agriculture 33:866-875.

Carrillo S, López E, Casas MM, Avila E, Castillo RM, Carranco ME, Calvo C, Pérez-Gil E. 2008. Potential use of seaweeds in the laying hen ration to improve the quality of n-3 fatty acid enriched eggs. Journal Applied Phycology 20:721-728

Crawford RD. 1990. Poultry Breeding and Genetics. Amsterdam, Department of Animal and Poultry Science, Editorial Elsevier, pp 730.736.

Cuca GM, Avila GE, Pro MA. 2009. Alimentación de las Aves. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. 276 pp.

Edwards HM Jr. 1963. The influence of breed and/or strain on the fatty acid composition of egg lipids. Poultry Science 43: 751-754

Edwards HM Jr, Driggers JC, Dean R and Carmon JL. 1960. Studies on the cholesterol content of eggs from various breeds and/or strains of chickens. Poultry Science, 39: 487-489.

Escribano F, 2006, Nutrición Animal, Editorial Trillas, México, pp 14- 25.

Fennema OR. 1995. Química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 402-423, 210.

FMVZ. 2009. Zootecnia Avícola. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Primera edición, México. pp 100-140

González-Esquerra R and Leeson JD. 2000, Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. Poultry Science 81: 295-305.

Guyton AC. 2001. Tratado de Fisiología Médica, séptima edición, México, Editorial Interamericana Mc Graw Hill, pp. 812-821.

Grobas S, and Méndez J. 2001. Influence and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. Poultry Science, 80: 1171-1179.

Hickling D. 2001. Pasta de canola. Guía para la Industria del Pienso. Tercera edición. Canola Council of Canada. Canada. 39 pp.

Jia W, Slominski BA, Guenter W, Humphreys A and Jones O. 2008. The effect of enzyme supplementation on egg production parameters and omega-3 fatty acid deposition in laying hens flaxseed and canola seed. Poultry Science, 87: 2005-2014.

Kirk RS. 1996. Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson, México Compañía editorial Continental, pp. 1-10, 65-69.

Leeson S. and Summers JD. 1997. Commercial Poultry Nutrition. Second edition. University Books, Ontario, Canada. 350 pp.

Mataix J. y Gil A. 2004. Libro Blanco de los Omega-3 y los Ácidos Poliinsaturados Omega 3 y Monoinsaturados Tipo Oleico y su Papel en la Salud, México, Editorial Medica Panamericana, pp. 13-65, 136-141.

Nasser AR, Goeger MP and Arseott GM. 1985. Nutrition Reports International. 31:1349-1355.

North MO y Bell DD. 2009. Manual de Producción Avícola, tercera edición, Editorial El Manual Moderno S.A de C.V, México, pp. 13-22.

NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th edition. National Research Council, National Academy Press, Washington DC.

Quintana JA. 1999. Avitecnia, 3ra edición, Editorial Trillas, México, pp. 96-99.

Roblee AR, Clandinin DR, Summers JD and Slinger SJ. 1986. Canola meal for poultry. In Canola for Livestock and Poultry. Canola Council of Canada. Winnipeg, Manitoba, Canada.

Simopoulos PA. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. American Society for Clinical Nutrition, 438-457.

Vaclavik VA. 2002. Fundamentos de Ciencia de los Alimentos, España, Editorial Acribia, pp. 1-5, 189-217.

Wade LG. 2004. Química Orgánica, quinta edición, editorial Pearson Prentice Hall, Estados Unidos p.p 715-720

Citas en línea

www.canolacouncil.org.

Unión Nacional de Avicultores, México, Producción de huevo, 2011.
www.una.org.mx

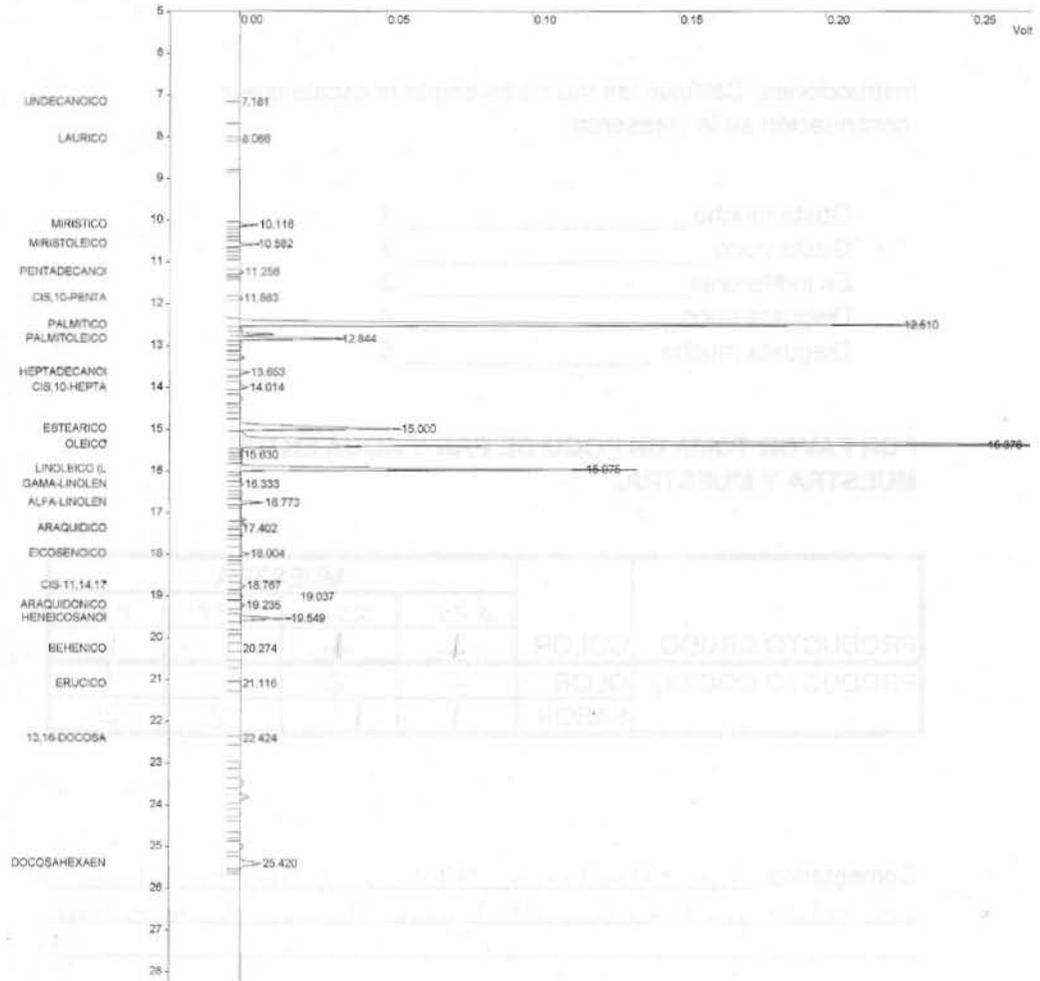
INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, Defunciones generales totales por principales causas de mortalidad, 2008.
www.inegi.org.mx

USDA, United States Department of Agriculture, United States, Chickens and Eggs. 2010
www.usda.gov

Operator : ROSAMA Detector Type: 3800 (1 Volt)
 Workstation: Bus Address : 44
 Instrument : Varian Star #1 Sample Rate : 10.00 Hz
 Channel : Front = FID Run Time : 28.972 min

** GC Workstation Version 6.30 ** 04202-7780-826-1220 **

Chart Speed = 0.79 cm/min Attenuation = 1218 Zero Offset = 8%
 Start Time = 5.000 min End Time = 28.970 min Min / Tick = 1.00



CROMATOGRAMA DE ACIDOS GRASOS EN HUEVO CAFE