

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**“ HUEVOS ENRIQUECIDOS CON ACIDOS GRASOS OMEGA-3
MEDIANTE EL EMPLEO DE SEMILLA DE LINAZA O ACEITE DE
ATÚN EN LA DIETA DE GALLINAS.”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A
RAÚL PRECIADO DURÁN

ASESOR: MC. BENJAMÍN FUENTE MARTÍNEZ
COASESOR: MVZ. EPA. TOMÁS JÍNEZ MÉNDEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

En memoria de mis padres:

Sr Luciano Preciado Díaz⁺

Sra María Dúran López⁺

A mi esposa e hijos

Sra Isabel Maria Cruz Contreras

Jaime y Raúl Preciado Cruz

Por el estímulo que me brindaron para realizar este trabajo

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM por acogerme dentro de sus hijos y poderme dar lo que hoy soy.

Al CEIEPAv por brindarme sus instalaciones y su confianza para poder realizar este trabajo de investigación

Al Dr Ernesto Avila González por su confianza, sus experiencias, conocimientos y tiempo.

Al MC Benjamín Fuente Martínez por haberme dado los instrumentos dentro de sus conocimientos para la elaboración de este trabajo ya que sin el no podía alcanzar el objetivo.

Al MVZ EPA Tomás Jínez Mendéz por darme la oportunidad de trasmitirme sus experiencias prácticas en gallina de postura y por sus consejo para la realización de este trabajo.

A La MC Silvia Carrillo Domínguez y Biol. Rosa María Castillo Domínguez del INCMNSZ por la realización de los análisis de ácidos grasos.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.

3

a. Situación actual de la industria avícola

3

b. Alimentos funcionales

4

c. Composición nutricional del huevo.

6

d. Ácidos grasos

8

e. Ácidos grasos esenciales

11

f. Beneficios de los ácidos grasos omega-3

13

g. Lípidos en la dieta de las aves

14

h. Aceite de atún

14

i. Semilla de linaza.

15

II. JUSTIFICACIÓN

17

III. HIPÓTESIS

18

IV. OBJETIVOS

19

V. MATERIALES Y MÉTODOS.

20

VI. RESULTADOS

24

VII. DISCUSIÓN

27

VIII. CONCLUSIONES.

31

IX. REFERENCIAS.

32

RESUMEN

Preciado Durán Raúl. HUEVOS ENRIQUECIDOS CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 MEDIANTE EL EMPLEO DE SEMILLA DE LINAZA O ACEITE DE ATÚN EN LA DIETA DE GALLINAS. Bajo la dirección de MC. Benjamín Fuente Martínez y MVZ EPA. Tomás Jínez Méndez

Con el objeto de evaluar el enriquecimiento del huevo con ácidos grasos omega 3 en gallinas de postura Isa Babcock B-300 alimentadas con semilla de linaza y aceite de atún, se realizó un experimento. El trabajo se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El experimento se realizó en una caseta convencional con ambiente natural, se utilizaron 144 gallinas de la línea Isa Babcock B-300 de 48 semanas de edad, las cuales se distribuyeron completamente al azar en tres tratamientos con 4 réplicas de 12 gallinas cada uno. Las aves se alojaron en jaulas convencionales, las cuales tuvieron 3 gallinas por jaula. La duración del experimento fue de 56 días. Se emplearon dietas de sorgo + pasta de soya. Los tratamientos fueron: 1) dieta testigo, 2) dieta con semilla de linaza (10%), y 3) dieta con aceite de atún (2%). El alimento y el agua se proporcionaron a libre acceso durante las 8 semanas del experimento. Cada semana se resumieron los datos de consumo de alimento, % de postura, peso de huevo, masa de huevo por ave por día y conversión alimenticia. Al final del experimento se tomaron tres huevos por réplica y se les determinaron lípidos totales y ácidos grasos omega 3 y 6; así como, la calidad interna de estos. Al final del estudio a las variables antes mencionadas, se les realizó un análisis de varianza conforme el diseño experimental empleado. Los resultados obtenidos en las variables productivas fueron similares para los tres tratamientos ($P > 0.05$): Para % de postura (69.2, 67.1, 70.2), peso del huevo (65.7, 64.2 y 62.6g), masa de huevo por ave por día (45.4, 43.0 y 43.9g) y conversión alimenticia (2.264, 2.32 y 2.24kg/Kg.). La calidad interna se mejoró en la coloración de la yema con el abanico colorímetro para los tratamientos 2 y 3 (7.6, 7.7); los ácidos grasos omega-3 contenidos en el huevo completo incrementaron en las dietas 2 y 3 ($P > 0.05$) y los ácidos grasos omega 6 se redujeron en un (40.8%). De los resultados obtenidos, se concluye que se mejoran los perfiles de los ácidos grasos omega-3 y omega 6 contenido en el

huevo de la gallina de postura, con la adición de semilla de linaza (10%) y aceite de atún en (2%).

I. INTRODUCCIÓN.

a. Situación actual de la industria avícola

La industria avícola en México genera 1, 020, 000 empleos, produciendo así una tasa de crecimiento anual en el orden de empleos del 4.4%, por lo que desde el punto de vista económico es una de las actividades pecuarias con mayor desarrollo.¹

Tal importancia radica en la alimentación del mexicano, ya que 6 de cada 10 personas (61.41%) incluyen en su dieta productos avícolas. En la década de los 90's la avicultura productora de huevo creció un 60% ininterrumpidamente en el sector pecuario, hoy en día somos al igual que Japón el primer consumidor de huevo (20.2 Kg per capita) a escala mundial. Los principales estados productores de huevo son Jalisco, Puebla y Sonora en donde se concentra casi el 75% de la producción de huevo. ^{1,2}

La avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal, anualmente procesa 7.7 millones de toneladas de grano.³ Durante el 2002, la industria de alimentos balanceados nacional produjo 22 millones 533 mil toneladas de alimento balanceado, de los cuales 14 millones 36 mil 500 toneladas son de granos , 4 millones 500 mil toneladas son de pastas oleaginosas y 4 millones de toneladas de otros insumos. La demanda de los granos, por el sector pecuario, fue cubierta en un 60% con importaciones y un 40% de producción nacional. ⁴

De perder competitividad, la Industria de Alimentos Balanceados, se rompería la cadena productiva, dejando de adquirirse la materia prima en perjuicio del agricultor nacional y su consecuente desabasto, y elevación de precios, de los productos finales. ⁴

El alimento es el rubro que participa con más del 55% en los costos de producción de huevo. Cabe señalar que los índices de conversión de insumo a producto como el huevo, en el ámbito nacional esta en el orden de 2.0 kilos de alimento por kilogramo producido.¹

b. Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales, se definen como los alimentos a los que se les ha añadido uno o varios ingredientes. Alimentos cuya estructura química o biodisponibilidad de nutrientes se ha modificado; o una combinación de estos dos factores. Es decir, son alimentos modificados, con la particularidad de que algunos de sus componentes (sea o no nutriente), modifique las funciones vitales del organismo de manera específica y positiva, Los alimentos funcionales provienen de su contribución al buen estado de salud y de su capacidad de reducir el riesgo de padecer enfermedades. Se han identificado y determinado los beneficios de estos componentes funcionales de los alimentos. 5,6,7,8

La industria de los alimentos está tomando acciones para suplementar productos enriquecidos varios alimentos con ácidos grasos esenciales, tal es el caso de la leche, mayonesas, margarinas, aderezos para ensaladas, fórmulas infantiles, cereales y en especial carne de pollo y huevo. ⁹

Las aves tienen la habilidad única de modificar el valor lípidico del huevo; sustituyendo las cantidades de ácidos grasos saturados por ácidos grasos insaturados y poliinsaturados dentro del huevo, cuando la dieta de la gallina contiene altos niveles de estos últimos ¹⁰, por ejemplo, el perfil de ácidos grasos de un huevo normal, donde el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados es del 4.2%. ¹¹

El huevo enriquecido es un producto libre de toxinas, tiene menor costo que muchos tipos de pescados y otros tipos de alimentos abundantes en estos

ácidos grasos. Los huevos enriquecidos con ácidos grasos omega –3 pueden contener de 80-150 mg. De estos nutrientes por cada porción de 50 g, a diferencia de los huevos ordinarios que contienen de 0 a 30 mg.¹²

Una buena dieta para el hombre debe de contener fuentes ricas en ácidos grasos Omega –3 .La ingesta de estos ácidos conlleva múltiples beneficios a la salud. En México como en otros países el consumo de alimentos ricos en estos ácidos, como el pescado es muy bajo (menos del 1%) en comparación con los productos avícolas como el huevo y la carne de pollo cuya ingesta es elevada ¹¹. Para solucionar esta problemática se pueden suministrar a dieta de las aves productos ricos en ácidos grasos Omega-3 y así modificar el perfil lipídico del huevo y la carne de pollo incrementando la concentración de estos ácidos grasos. ¹³

A pesar de su elevado precio, las grasas o aceites se incluyen en las dietas de las aves, ya que mejoran la calidad de la dieta y en este sentido se deben tener en cuenta diferentes factores para la adecuada elección de lípidos. Por lo tanto, el escoger una grasa sobre otra, dependerá de la naturaleza del ingrediente y la apreciación de las ventajas sobre las desventajas del producto, utilizado específicamente en las dietas para aves. ¹¹

La población es cada vez más cuidadosa de su salud, por ello, demanda proteína de origen animal y la mejora de la calidad de éste producto. El uso de aceites alternativos a los comunes da una esperanza para consumir productos avícolas de primera calidad y con un valor agregado.

c. Composición nutricional del huevo.

El huevo es fuente de proteínas de excelente calidad, con un valor energético muy bajo (75 Kcal), es una fuente importante de las vitaminas A, B, D, E y K así como de nutraceuticos como el ácido fólico, colina, hierro, selenio

y de pigmentos como la luteína y la zeaxantina e inmunoglobulinas. En el Cuadro 1, se muestra la composición de macronutrientes del huevo completo, la albúmina y la yema. ¹⁴

Cuadro 1. Composición de macronutrientes en el huevo fresco de gallina (por 100 g).

Nutrimiento	Huevo completo	Albúmina	Yema
Agua(g)	75.1	88.3	51.0
Energía (Kcal.)	147	36	339
Proteína (g)	12.5	9.0	16.1
Grasa (g)	10.8	Trazas	30.5
Carbohidratos (g)	Trazas	Trazas	Trazas

Turbull WH.¹⁴

La proteína del huevo posee un alto valor biológico y es usada como proteína de referencia. Contiene todos los aminoácidos esenciales para el humano como se muestra en el Cuadro 2.

El contenido de grasa total y el perfil de los ácidos grasos pueden ser modificados a través de la dieta que se les da a las aves. Reducir el contenido de colesterol es más complicado. Los principales ácidos grasos saturados presentes en el huevo son el C16:0 y el C18:0, de los monoinsaturados es el C18:1 (n-9) en la configuración cis, mientras que de los poliinsaturados es el C18:2 (n-6) en la configuración cis. El huevo también se distingue por tener una cantidad considerable de lecitina (fosfolípidos), en el Cuadro 3, se muestra la composición de grasa y contenido de colesterol en el huevo fresco. ¹⁴

Cuadro 2. Composición de aminoácidos del huevo fresco (mg/100g).

Aminoácidos	Huevo completo	Albúmina	Yema
Isoleucina	690	500	930
Leucina	1020	730	1370
Lisina	770	520	1160
Metionina	390	320	410
Cistina	220	160	260

Fenilalanina	630	520	650
Tirosina	490	360	650
Treonina	630	430	900
Triptofano	220	160	280
Valina	930	710	1110
Arginina	750	490	1160
Histidina	300	200	410
Alanina	670	520	800
Ácido aspártico	1320	980	1700
Ácido glutámico	1480	1090	1750
Glicina	370	290	440
Prolina	470	360	570
Serina	970	660	1390

Turbull WH.¹⁴

Cuadro 3. Composición grasa y contenido de colesterol en el huevo fresco.

Componente químico	Por 100 g de huevo completo
Grasa total (g)	6.2
Ácidos grasos saturados(g)	1.8
Ácidos grasos monoinsaturados (g)	2.4
Ácidos grasos poliinsaturados (g)	0.9
Ácidos grasos insaturados trans (8g)	0.1
Otros lípidos(g)	1.0
Colesterol(mg)	151

Turbull WH.¹⁴

En el Cuadro 4, se muestra la composición de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en donde se aprecia que el huevo es rico en ácido linoléico (14.3g/ 100 tag).¹⁴

Cuadro 4. Composición en ácidos grasos del huevo.

Ácidos grasos	g/100 Totales de ácidos grasos
Saturados	
Mirístico C14:0	0.3
Palmitico C16:0	20.8
C17:0	0.3
Estearico C18:0	7.7
Araquidico C20:0	0.1

Behenico C22:0	0.2
Lignocerico C24:0	0.1
Monoinsaturados	
Palmitelaidico C16:1 trans1	0.7
Palmitico C16:1 cis	2.0
C17:1	0.4
Elaidico C18:1 trans	0.3
Oleico C18:1 cis n-9	31.3
Vacenico C18:1 cis iso	2.2
Gadoleico ó gondoico C20:1 cis	<0.1
Erucico C22:1 cis	1.9
C24:1	0.1
Poliinsaturados	
C18:2 trans	0.1
Linoleico C18:2 cis n-6	14.3
Alfa- linolenico C24:3 cis n-3	0.7

Turbull WH.¹⁴

d. Ácidos grasos

Las propiedades físicas y químicas de las grasas dependen en gran medida de los tipos y proporciones de los ácidos grasos que lo constituyen, así como del modo en que se distribuyen en el esqueleto del glicerol. Dependiendo del tipo de ácidos graso (saturados e insaturados), las grasas que son líquidas a temperatura ambiente suelen ser más insaturadas que las que aparecen sólidas.¹⁵

Conforme aumenta la longitud de los ácidos grasos, el punto de fusión también se incrementa. Los lípidos se dividen en ácidos grasos de cadena corta los que tienen de dos a seis átomos de carbono; los que contienen de 8 a 12 átomos de carbono se les llama ácidos grasos de cadena mediana, de 14 a 18 átomos de carbono se les conocen de cadena larga y de 20 a 26 los de cadena muy larga.¹⁵

Clasificación de los ácidos grasos.

Los ácidos grasos se clasifican por su grado de saturación en:¹⁵

- a) Ácidos grasos saturados; contienen solamente enlaces carbono-carbono simples, los cuales se muestran en el Cuadro 5.
- b) Ácidos grasos insaturados; contienen uno a más enlaces dobles

carbono-carbono , los cuales aparecen en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Ácidos grasos saturados. 15

N o m b r e sistemático	N o m b r e común	No. de átomos	Punto de fusión	Origen típico
Etanoico	Acético	2		Mantequilla
Butanoico	Butírico	4	7.9	Mantequilla
Hexanoico	Capríico	6	-3.4	Aceite de coco
Octanoico	Caprílico	8	16.7	Aceite de coco
Decanoico	Capríco	10	31.6	Aceite de coco
Dodecanoico	Laurico	12	44.2	Aceite de coco
Tetradecanoico	Mirístico	14	54.4	Mantequilla aceite de coco
Hexadecanoico	Palmitico	16	62.9	La mayoría de grasas y aceites
Octadecanoico	Esteárico	18	69.6	La mayoría de grasa y aceites
Eicosanoico	Araquídico	20	75.4	Aceite e cacahuete
Docosanoico	Behénico	22	80.0	Aceite de cacahuete

En muchos aceites y grasas están presentes en cantidades traza ácidos grasos saturados de longitud par e impar. 15

Cuadro 6. Algunos ácidos grasos insaturados de grasas y aceites alimentarios .15

N o m b r e sistemático	N o m b r e común	No. de dobles	No. de átomos	Punto de	Origen típico
-------------------------	-------------------	---------------	---------------	----------	---------------

		enlaces	carbono	fusión 0c	
9-Decenoico	Caproleico	1	10	-	Mantequilla
9-Dodecenoico	Lauroleico	1	12	-	Mantequilla
9-Tetradecenoico	Miristoleico	1	14	18.5	Mantequilla
9-Hexadecenoico	Palmitoleico	1	16	-	Algunos aceites de pescado, grasa de vacuno
9-Octadecenoico	Oleico	1	18	16.3	La mayoría de grasas y aceites
9-Octadecenoico	Elaidico	1	18	43.7	Mantequilla
11-Octadecenoico	Vaccénico	1	18	44	Mantequilla
9,12-Octadecadienoico	Linoleico	2	18	-6.5	La mayoría de grasas y aceites
9,12,15-Octadecatrienoico	Alfa-Linolénico	3	18	-12.8	Aceite de soya y canola
9-Eicosenoico	Gadoleico	1	20	-	Manteca de cerdo
5,8,11,14-Eicosapentaenoico	Araquidónico	4	20	-49.5	Algunos aceites de pescado
5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico	-	5	20	-	Algunos aceites de pescado
13-Docosenoico	Erúcico	1	22	33.4	Aceite de canola
4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoico		6	22		Algunos aceites de pescado

Los ácidos grasos insaturados también se les conocen como ácidos grasos omega, por la posición del primer doble enlace del ácido graso más cercano al metilo terminal de la molécula.

Los ácidos grasos poliinsaturados; también llamados ácidos grasos esenciales, son ácidos grasos de cadena larga. Estos se presentan en el Cuadro 7.¹⁶

Cuadro 7.Nombre comunes y científicos de los ácidos grasos esenciales y sus

derivados comunes. 16

Nombre común	Nombre científico	Notación química
Familia Omega-6		
Ácido linoléico (LA)	Ácido octadecadienoico	C18:2
Ácido gammalinoléico (GLA)	Ácido octadecatrienoico	C18:3
Ácido dihomo-gammalinoléico	Ácido eicosatetraenoico	C20:3
Ácido araquidónico (AA)	Ácido eicosatetraenoico	C20:4
Ácido osbond	Ácido docosapentaenoico	C22:5
Familia Omega-3		
Ácido linolénico (LNA) o (ALA)	Ácido octadecatrienoico	C18:3
Ácido esteriodónico	Ácido octadecatetraenoico	C18:4
Ácido timnodónico (EPA)	Ácido eicosapentaenoico	C20:5
Ácido cervónico (DHA)	Ácido docosahexaenoico	C22:6

e. Ácidos grasos esenciales

Se les denomina esenciales porque no pueden ser sintetizados por el organismo y deben ser suministrados por la dieta. Poseen una estructura química particular de dobles enlaces cerca del grupo metilo al final de la molécula en configuración "cis" y en posiciones específicas.¹⁷ Tal es el caso de los ácidos linoléico y alfa-linolénico, que pueden ser sintetizados solamente por células vegetales y no por células animales, por eso deben ser suministrados en la dieta.¹⁸

En la figura 1 se muestra la estructura del ácido cis -9- dodecenoico. Compuesto consta de doce átomos de carbono, que mantienen una doble ligadura entre los carbonos 9 y 10; su símbolo es 12:1 (9). Este también es un ácido de la serie omega-3, que establece que la doble ligadura se encuentra en el tercer carbono (carbono 10 de la figura 1) a partir del grupo metilo (carbono 12 de la figura 1). Se definiría como un ácido 12:1 (omega-3).

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

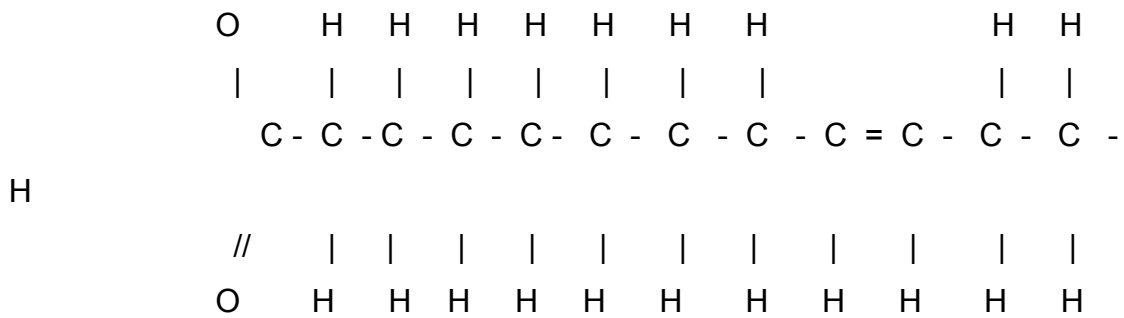


FIGURA 1. notación desarrollada del ácido cis .-9- dodecenoico

Los ácidos linoléico y alfa-linolénico pertenecen a la familia de omega 6 y omega 3, respectivamente. El primero es precursor del ácido araquidónico y el segundo de los ácidos eicosapentanóico (EPA) y del ácido docosahexanóico (DHA); son considerados esenciales porque los animales no tienen la capacidad enzimática de desaturar a los ácidos grasos de la cadena del acilo en el terminal metilo. 19

Son biológicamente activos, debido a que, le sirven al organismo de diversas formas y no solamente como fuente de energía, como el caso de los ácidos grasos saturados. Éstos ácidos grasos son esenciales para el crecimiento, su ausencia puede desarrollar signología como piel seca, excesivo consumo de agua, reducción del crecimiento e infertilidad. 20 21

Los ácidos grasos omega 6 y 3, ácido araquidónico y ácidos eicosapentanóico, son precursores de familias de moléculas bioactivas circulantes llamadas eicosanoides. Ambas actúan como lipoxigenasas para formar leucotrieneos y cicloxigenasas, las cuales pueden formar prostaglandinas, prostaciclina y tromboxanos. Estos eicosanoides afectan la respuesta inmune, el tono vascular, la agregación plaquetaria, entre otras funciones celulares. En muchos casos los eicosanoides derivados de los omega-6 tienen efecto contrario a los derivados de los omega-3. 20

Los ácidos grasos poliinsaturados de la familia de los omega-6, permiten que el cuerpo forme coágulos sanguíneos, incrementa los procesos de inflamación, vasoconstricción y predispone a arritmias cardíacas. En contraste,

los ácidos grasos poliinsaturados de la familia de los omega-3 protegen al corazón de enfermedades cardíacas. 18

El ácido linolénico tiene que ver en la fluidez de las membranas de las células animales en la función de las enzimas y receptores de las membranas celulares. 16

f. Beneficios de los ácidos grasos omega-3

Muchas enfermedades de orden cardiovascular y coronarias del corazón en el humano, se deben a una dieta baja en ácidos grasos insaturados como son el eicosapentanóico y el ácido linolénico, los cuales se encuentran en el pescado y en las plantas respectivamente. El ácido linolénico es un precursor de la prostaglandina E, esta última es un vasodilatador coronario y es un inhibidor de la agregación plaquetaria. A pesar de lo anterior, la dieta de la mayoría de los humanos no está lo suficientemente fortificada con ácido linolénico. 19

La importancia de los ácidos grasos omega-3 en el humano radica en sus beneficios directos a la salud que pueden ser la prevención de las enfermedades cardiovasculares, hipertensión, arteriosclerosis e infarto al miocardio; la reducción del riesgo de padecer desordenes inflamatorios, autoinmunes y artritis reumatoide, son de gran importancia en el desarrollo del cerebro y tejido de la retina de los recién nacidos y además la disminución de las concentraciones de colesterol en la sangre, tienen propiedades antitrombóticas y antiaterogénicas. 9,22,23

La Asociación Americana del Corazón (AHA) recomienda 1 g de ácidos grasos omega-3 para personas con enfermedades cardíacas y de 2-3 g por día para aquellos que sufren una dislipidemia. 10 A individuos normales se les recomienda consumir aún por los ácidos grasos lo presentados en el Cuadro 8 que contiene.

g. Lípidos en la dieta de las aves

El uso de lípidos como componentes esenciales de energía en la formulación de dietas para la avicultura, ofrece gran flexibilidad, ya que provee más energía con menos pesos en las raciones alimenticias de las aves. Esto determina la velocidad de crecimiento del pollo y su óptima, conversión alimenticia debido al incremento de la densidad calórica .²¹

Otro beneficio es el efecto calórico adicional de la conversión de energía metabolizable en energía neta, ya que esta última se incrementa considerablemente; además existe el efecto “extra” metabólico que mejora el desempeño y aumenta la eficiencia energética .²¹

En gallinas de postura los parámetros productivos se modifican, ya que el consumo alimenticio se incrementa, el tamaño del huevo se aumenta e indirectamente la eficiencia de conversión alimenticia cambia. ²⁴

El suplementar grasa puede ser ventajoso en dietas de gallinas adultas durante periodos de estrés calórico cuando el consumo de alimento disminuye y la energía se vuelve limítrofe a la producción de huevo. Además, en situaciones de deficiencia calórica, las grasas y los carbohidratos evitan la movilización proteica. ²⁵

h. Aceite de atún

El aceite de atún se obtiene del procesamiento y prensado de atún entero y subproductos de la industria conservera. Contiene altos porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados de cadenas largas, responsables de su inestabilidad ante la oxidación de sabores anómalos a los productos finales de los animales que lo consumen. En general, son ricos en ácidos grasos omega-3 (particularmente EPA y DHA), y pobres en omega - 6. ^{17,23}

Contienen altas concentraciones de EPA y DHA(Cuadro 8); obtienen el omega-3 del fitoplancton, específicamente de las algas que contienen el 20% de su peso seco como los lípidos y de estos el 50% lo constituyen ácidos grasos omega-3. La cadena de consumo se liga al hombre, cuando consume estos animales obteniendo de ellos los ácidos grasos acumulados. 18

El ácido eicosapentanóico y el docosahexanóico son importantes para la buena salud de la vida animal. Por ejemplo, el DHA es esencial para las membranas, el cerebro, espermatozoides, músculo cardíaco y en las células de la retina del ojo.16

Cuadro 8. Contenido de lípidos y ácidos grasos en el aceite de atún.26

Lípidos totales	Aceite de atún %
Linoleico(C18:2ω6)	13.90
Araquidónico(C20:4ω6)	14.72
Alfa linolénico(C18:3ω3)	4.14
Eicosapentaenóico(C20:5ω3)	56.90
Docosahexaenóico(C22:6ω3)	165.70
Total ω6	28.62
Total ω3	226.74
ω6: ω3	1:7.9

i. Semilla de linaza.

La semilla de linaza (*Linum usitatissimum l*) se empezó a usar en Europa principalmente en rumiantes y recientemente empezó a usarse en aves, debido a que es una fuente de ácido linolénico (C18:3 omega-3), este ácido graso(Cuadro 9), es precursor de los ácidos grasos docosahexaenóico y el eicosapentaenóico que son importantes en la salud humana especialmente para las personas que tienen enfermedades crónicas del corazón. Alimentar a las gallinas con la semilla de linaza en la dieta en un 10%, incrementa el ácido linolénico en el huevo.27

Lesson y Summers, 27 mencionan que cuando se alimentan a las gallinas de postura con el 30% de semilla de linaza el huevo adquiere sabor a pescado

pero se incrementa la concentración del ácido linolénico y se reduce el contenido de ácidos grasos saturados. Algunos autores,^{17,28} citan que puede ser tóxico para el ave ya que posee factores antinutricionales como diversos glúcidos cianogénicos (0.4% a 0.6%) tales como la linamarina, que pueden producir ácido cianhídrico, y la linatina, que es un factor antipiridoxina cuando no madura bien en el campo. Los factores cianogénicos son más problemáticos en la semilla, ya que en la harina se destruyen, al menos parcialmente por acción del calor.

Comparada con otras semillas de oleaginosas, la proteína de la linaza es de calidad aceptable en función del tratamiento, pero es deficiente en lisina (en torno a la mitad del contenido en lisina de la soya) y treonina, y relativamente rica en metionina y triptofano, por lo que se complementa bien con la de los cereales. Su utilización digestiva en monogástricos es baja, especialmente en aves.¹⁷

Cuadro 9. Composición química de la semilla de linaza. ¹⁷

Humedad %	9.3
Cenizas %	4.8
Proteína cruda %	22.0
Extracto etéreo %	34.7
Grasa verdadera %	95
Fibra cruda	8.5
Fibra detergente neutra %	17.0
Fibra detergente ácida	10.2
Almidón	1.3
Azúcares	4.0
C16:0	2.3
C18:0	1.32
C18:1	5.93
C18:2	5.27
C18:3	17.8
C>20	0.03
Total omega-3	53.3
Total omega-6	12.7
Relacion o-6/o-3	4.2

I. JUSTIFICACIÓN

Con estos antecedentes el propósito del presente trabajo, fue el uso de la semilla de linaza (10%) y o aceite de atún (2%) como fuentes de ácidos grasos omega-6 y omega-3 que modifiquen el perfil lipídico del huevo, incrementando los niveles de ácidos grasos omega-3 y 6, sin afectar los parámetros productivos de la gallina ni proporcionan un sabor u olor desagradable.

Emplear alimentos de mayor consumo como el huevo (UNA,2004), para hacer llegar a un mayor sector de la población los beneficios de los ácidos grasos omega -3 de origen marino es posible, pues se ha demostrado que se puede modificar la composición en ácidos grasos del huevo mediante el tipo y cantidad de grasa que se proporcione a las aves en su dieta.³⁰ Aceites de pescado como el de menhaden y de sardina han sido evaluados como una fuente de EPA y DHA para la yema de huevo ,incorporando hasta un 3% de los mismos en la dieta de gallinas ponedoras, sin embargo con este nivel de inclusión el huevo adquiere un sabor a pescado, que resulta desagradable para algunas personas ^{19,30,37}. El aceite de atún es otro recurso que también puede ser empleado como fuente de ácidos grasos omega-3 en el huevo para consumo, en virtud de su elevado contenido de EPA y DHA ^{31,35},sin embargo hasta la fecha no se habían realizado estudios para determinar su potencial como tal.

II.

HIPÓTESIS

La adición de semilla de linaza o aceite de atún en dietas de gallina de postura, modifican la composición de ácidos grasos omega-3 en el huevo completo, sin modificar los parámetros productivos.

III. OBJETIVOS

Evaluar el enriquecimiento del huevo con ácidos grasos omega-3 en gallinas de postura Isa Babcock B-300 alimentadas con semilla de linaza y aceite de atún.

- a) Medir el porcentaje de postura de la gallina Isa Babcock B-300 con la adición semilla de linaza y aceite de atún.

- b) Calcular la conversión alimentaria y evaluar la calidad interna del huevo

- c) Medir el peso promedio del huevo en relación con el consumo de alimento semanal.

I. MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en Santiago Zapotitlán Delegación Tlahuac, D.F. México; a una altitud promedio de 2235 m.s.n.m.; en los paralelos 19° 17' 30" latitud norte y 98° 57' 30" longitud oeste. Presenta un clima templado subhúmedo, con una temperatura anual de 16° C y una precipitación pluvial media de 600 a 800 mm. 29

Se utilizaron 144 gallinas de la línea Isa Babcock B-300, de 48 semanas de edad, las cuales se distribuyeron completamente al azar en 3 tratamientos con 4 réplicas de 12 gallinas cada una. Las aves se alojaron en jaulas convencionales, las cuales tuvieron 3 gallinas por jaula.

El estudio se realizó en una caseta convencional con ambiente natural 32. La duración del experimento fue de 56 días. Se emplearon dietas sorgo +pasta de soya, como se muestra en el Cuadro 10, incluyendo semilla de linaza o aceite de atún en dietas isoproteicas y cantidades similares de aminoácidos, calcio y fósforo.

Los tratamientos fueron los que se señalan a continuación:

- 1) Dieta testigo.
- 2) Dieta con semilla de linaza (10%).
- 3) Dieta con aceite de atún (2 %).

El alimento y el agua se proporcionaron a libre acceso durante las 8 semanas del experimento. Cada semana se resumieron los datos de consumo de alimento.

A las gallinas se les proporcionó un fotoperíodo de 16 horas 32. Las variables a estudiar fueron: Porcentaje de postura, peso del huevo, masa del huevo ave / día, consumo de alimento ave / día, conversión alimenticia, así como

Cuadro 10. Composición de las dietas experimentales empleadas.

Ingredientes	Testigo	Semilla de linaza 10%	Aceite de atún 2%
	Kg	Kg	Kg
Sorgo (9%)	681.257	618.820	669.533
Pasta de soya (46%)	195.167	157.601	197.420
Semilla de linaza	0	100.00	0
Carbonato de calcio	90.660	90.261	90.639
Fosfato de calcio(18:20)	11.309	11.385	11.345
Aceite vegetal	10.000	10.00	0
Sal	4.000	4.000	4.000
Vitaminas*	2.500	2.500	2.000
Pigmento**	1.500	1.500	1.500
Minerales*	1.000	1.000	1.000
DL-Metionina	0.778	0.698	0.787
Fungicida	0.500	0.500	0.500
Cloruro de colina 60%	0.500	0.500	0.500
L-Lisina HCl	0.329	0.735	0.276
Bacitracina zinc	0.300	0.300	0.300
Antioxidante ⁺	0.200	0.200	0.200
Aceite de atún	0	0	20.00
Total	1000	1000	1000
Análisis calculado			
E.M. Kcal/Kg	2804	2937	2859
Prot. Cruda %	15.000	15.000	15.000
Met+Cist %	0.578	0.578	0.578
Lisina %	0.730	0.730	0.730
Metionina. %	0.307	0.307	0.307
Sodio %	0.180	0.186	0.180
Fósforo disp. %	0.300	0.300	0.300
Calcio total %	3.500	3.500	3.500

** 15 g amarillo y 5 g de rojo (cortesía de pigmentos vegetales del centro S.A. de C.V).

*Premezcla de vitaminas y minerales por Kg: Mn 120g; Zn 120g; Fe 120g;Cu 12g;I 0.60g;Se 0.40g;Co 0.20g; Excipiente CBP 1000g., Vit A 40,000,000 UI; Vit D3 8,000,000 UI;Vit E 40g; Vit K 10g; Vit B1 4g; vit B2 20g; Vit B6 8g; Vit B12 60mg; Ac Fólico 1.2g; Niacina 100g; Ac Pantoténico 32g; excipiente CBP 1000g.

datos sobre calidad del huevo (altura de albúmina, Unidades Haugh pigmentación con el abanico colorímetro de Roche y grosor del cascarón).

Al final del experimento se tomaron 3 huevos por réplica y se les determinaron lípidos totales y ácidos grasos omega -3. Dichos análisis se llevaron a cabo en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, en el área de Nutrición Animal, en la Delegación Tlalpan, D.F.

A los huevos frescos, se les determinaron lípidos totales a través de una extracción de cloroformo: metanol 2:1 siguiendo el método de Folch *et. al.*³³ Los ácidos grasos linoléico, alfa-linolénico, araquidónico, eicosapentanoico y docosahexanoico, se cuantificaron por el método descrito por Castro-González *et. al.*³⁵, que consiste en metilar el extracto lipídico con una solución de hidróxido de sodio y metanol. Se emplearon una mezcla de ésteres metílicos para identificar el tiempo de retención de cada uno de ellos y así realizaron su cuantificación. El ácido miristoléico se utilizaron como estándar interno y se determinaron los ácidos grasos en un cromatógrafo de gases modelo "Varian 3400" con detector de Ionización de Flama (DIF), usando una columna capilar DB23 de 30 metros de longitud y 0.25 mm de diámetro interno; así como datos sobre calidad del huevo (altura de albúmina, Unidades Haugh pigmentación con el abanico colorimétrico de Roche y grosor del cascarón).

El pesaje del huevo se realizó diariamente por réplica, utilizando una báscula electrónica marca Torrey modelo EQ-5 / 10 con capacidad de 5 x 0.001 Kg.

El pesaje del alimento que se proporcionó se realizó cada tercer día en la báscula electrónica, para evitar desperdicio de alimento y para tener disponible las aves; el alimento restante se pesó semanalmente a la misma hora. El consumo se obtuvo por la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado durante una semana. Los bebederos se limpiaron dos veces por semana y se realizó revisiones diarias corroborando el buen funcionamiento por si hubiera alguna obstrucción. Se revisaron diariamente la salud de las aves y su comportamiento.

Al final del experimento a las variables antes mencionadas, se les realizó un análisis estadístico conforme al siguiente modelo.³⁴

Donde: $i = 1,2,3$

$j = 1,2,3,4$

U = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

Y_{ij} = Variable de respuesta.

E_{1j} = Error experimental.

Se utilizó el paquete computacional de la Universidad de Nuevo León ver 2.5, la comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey, ³⁴ con una significancia de $P < 0.05$.

I. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en 56 días en parámetros productivos se muestran en el Cuadro 11, donde se observa que el porcentaje de postura fue similar en los 3 tratamientos ($P>0.05$), lo mismo aconteció con la masa de huevo por ave día.

El consumo de alimento de los tratamientos semilla de linaza y aceite de atún fue menor al tratamiento testigo; siendo esta diferencia no significativa ($P>0.05$). por consecuencia la conversión alimenticia fue similar a los tres tratamientos.

El peso del huevo fue menor en el tratamiento con aceite de atún (62.6 g), pero fue similar con la dieta testigo y con semilla de linaza (65.7,64.2 g), ($P<0.05$).

Cuadro 11. Resultados promedio de los parámetros productivos de gallinas alimentadas con semilla de linaza o aceite de atún.

Tratamiento	Testigo	Semilla de linaza	Aceite de atún
Postura %	69.2±8.5 ^a	67.1±2- ^a	70.2±9.3 ^a
Peso del huevo g	65.6±1 ^a	64.1±1.4 ^{ab}	62.6±.06 ^b
Conversión alimentaria Kg:Kg	2.2±.27 ^a	2.32±.14 ^a	2.2±.19 ^a
Consumo de alimento g	101.1±3 ^a	96.8±2 ^a	96.5±5 ^a
Masa de huevo ave/día g	45.4±5 ^a	43.0±2 ^a	43.9±6 ^a

Media± desviación estandar.

Valores con distintas letra son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

Los resultados promedio de la calidad interna de huevo se muestran en el Cuadro 12, en donde se nota que se vieron afectados con la adición de semilla de linaza y aceite de atún las unidades Haugh (UH) ni en el grosor del cascarón ($P>0.05$).

El color de la yema con el abanico de Roche mostró una mejoría en las dietas que contenían semilla de linaza (7.6) y aceite de atún (7.7). Siendo menor en la dieta testigo (5.9) y ($P<0.05$).

Cuadro 12. Resumen de 8 semanas del efecto de la adición semilla de linaza y aceite de atún en la calidad interna del huevo.

Tratamiento	Testigo	Semilla de linaza	Aceite de atún
Unidades Haugh	88.72±4.1 ^a	92.92±3.8 ^a	85.9±4.1 ^a
Color de la yema	5.9±0.35 ^a	7.6±0.34 ^b	7.7±0.25 ^b
Grosor del cascarón (μ)	349.32±11 ^a	334.6±22 ^a	340.1±9 ^a

Media ± desviación estándar.

Valores distintas literal son estadísticamente diferentes (P<0.05).

En el Cuadro 13 se muestra la composición de ácidos grasos omega-3 y 6 contenidos en el huevo completo en donde el ácido linoléico (LA) tuvo mayor concentración (3105.9mg/g de lípidos). La dieta que contiene semilla de linaza y la dieta que contenía el 2% de aceite de atún tuvo la menor cantidad (1999.3mg/gramos de lípidos).

Con relación al ácido araquidónico (AA) se muestra una reducción del (40.8%) en los tratamientos que contiene la semilla de linaza y aceite de atún (P<0.05).

Los ácidos grasos omega- 3 α linolénico, eicosapentaenóico (EPA) y docosahexaenóico (DHA) muestran un incremento con relación a la dieta testigo, siendo el contenido mayor de estos ácidos grasos en los huevos de las gallinas alimentados con aceite de atún (P<0.05).

El ácido linolénico (ALA) mostró un incremento en los huevos de las gallinas alimentadas con semilla de linaza (1412.6mg/g) con la relación a los huevos de las gallinas alimentadas con aceite de atún (63.1mg/g) y a las dietas testigo (50.1mg/g).

Cuadro 13. Composición de ácidos grasos omega-3 y 6 contenidos en el huevo

completo.

Tratamiento	Testigo	Semilla de linaza	Aceite de atún
Lípidos totales g/100g	27.92±2.01 ^a	28.19±3.37 ^a	25.51±2.13 ^a
Ácido linoléico mg/g	2531.1±511.3 ^{ab}	3105.9±232.1 ^a	1999.3±317.1 ^b
Ácido alfa-linolénico mg/g	50.1±11.08 ^a	1412.6±137.8 ^b	63.1±11.5 ^a
Ácido araquidónico mg/g	431.8±78.5 ^a	178.8±23.4 ^b	173.5±29.08 ^b
Ácido eicosapentaenóico mg/g	8.5±1.5- ^a	24.04±6.7 ^b	92.3±24.9 ^c
Ácido docosahexaenóico mg/g	122.24±25.8 ^a	555.9±76.2 ^b	786.3±122.7 ^c
Total de ω6 mg/g	2966.9	3284.7	2172.9
Total de ω3 mg/g	180.9	1992.6	941.7
Relación Omega-6/Omega-3	16.37:1±0.88 ^a	1.66:1±0.05 ^b	2.36:1±0.54 ^b

Media± desviación estandar.

Valores con distintas letra son estadísticamente diferentes (P<0.05).

II.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este experimento en parámetros productivos concuerdan con lo mencionado por De la Cruz, ³⁶ quien no encontró diferencias significativas en los parámetros productivos al adicionar aceite de pescado en la dieta de gallina de postura, solo en peso promedio del huevo se encontró en este experimento diferencia estadística significativa, esto pudo deberse a que De la Cruz, ³⁶ solo emplea el 1.5% de aceite de pescado en sus dietas, resultados similares se tuvieron con lo obtenido por Castillo et al, ²⁶ quienes al incluir el 2% de aceite de atún en la dieta también disminuyó el peso promedio del huevo.

Los resultados promedio obtenidos en este experimento en cuanto a calidad interna fueron similares a los reportados por Castillo et al, ²⁶ en unidades Haugh y grosor de cascarón, la mayor coloración del huevo en este experimento se pudo deber a que fueron más digestibles los lípidos del aceite de pescado que los de la semilla de linaza.

La cantidad de lípidos totales en el huevo no se modificó al adicionar la semilla de linaza ni el aceite de atún a las dietas de gallina, estos resultados concuerdan con lo mencionado por Cherian et al, ³⁸ quienes al incorporar 3.5% de aceite de sábalo, aceite de palma, aceite de linaza o aceite de girasol a las dietas para gallinas, con base en trigo y pasta de soya no observaron cambio alguno en el contenido de lípidos totales en la yema. Asimismo Van Elwyk et al. ⁴², Castillo et al ³⁷ y Castillo et al ²⁶, no detectaron diferencias en el contenido de lípidos totales con 3% de aceite de sábalo, 3% de aceite de sardina y 2% de aceite de atún respectivamente. Esto indica que independientemente de la fuente (vegetal o marina) que se empleó para incrementar los ácidos grasos omega-3 en el huevo la cantidad total de lípidos no se verán modificadas pero si la composición de los mismos .

En cuanto al aumento en el contenido de ácidos grasos omega-3 en el

huevo en los grupos donde se incluyó semilla de linaza y aceite de atún fue resultado de la elevada concentración de ácido eicosapentaenóico y docosahexanoico en estos ingredientes y por consecuencia teniendo una incorporación de un 520% superior de estos ácidos grasos en relación al grupo testigo. Estos resultados concuerdan con lo observado por Van Eswyk ³⁹ , Adams et al,⁴⁰ Castillo et al,²⁶ Gonzáles-Esquerro y Leeson,¹⁹ y De la Cruz.³⁶ quienes al utilizar aceite de pescado obtuvieron altas concentraciones de estos dos ácidos grasos en el huevo.

Por otro lado al adicionar aceite de atún y semilla de linaza en la dieta se redujo la cantidad de los ácidos grasos omega -6 en el huevo comportándose en forma inversa a los ácidos grasos omega-3 estos resultados concuerdan con lo mencionado por Castillo et al, ²⁶ y Caston y Leeson . ⁴¹

La relación de ácidos grasos omega-6/omega-3 disminuyó en el huevo completo al adicionar aceite de atún en un 85.5% con respecto a la dieta testigo estos resultados son similares a lo obtenido por Castillo et al, ³⁷ y esta misma relación disminuyó al adicionar la semilla de linaza en la dieta en un 89.9% con respecto a la dieta testigo resultados similares obtuvieron Caston y Leeson. ⁴¹

Al aumentar la cantidad de ácidos grasos omega-3 en el huevo y disminuir la de los ácidos grasos omega-6, la relación omega-6,/ omega-3 fue similar entre los tratamientos que contenía aceite de atún y semilla de linaza , menor al grupo testigo. Castillo et al, ²⁶ obtuvieron una relación similar cuando emplearon 1.5% y 3% de aceite de sardina (3,5:1 y 2,5:1 respectivamente), Van Elswyk et al,⁴² encontraron una proporción de 3 a 1 al emplear 3% de aceite de sábalo. Castillo et al, ³⁷ encontraron que al adicionar diferentes niveles de aceite de atún(1% y 2%) en dietas para gallinas de postura encontraron una relación de 3.8:1 y 3.0:1 respectivamente. Caston y Leeson ⁴¹ obtuvieron una relación de 2.91:1 en dietas con diferentes niveles de semilla de linaza de modo que la

inclusión de aceites de pescado y semilla de linaza en la dieta de las aves aumenta significativamente la concentración de ácidos grasos EPA y DHA mejorando notablemente la relación de ácidos grasos omega-6/ omega-3 en el huevo.

La organización mundial de la salud sugiere una relación de omega-6/ omega-3 de 5 a 1; como se señaló anteriormente en la alimentación humana predominan los omega-6 en comparación de los omega-3 por lo que la mayor parte de los eicosanoides producido por el cuerpo humano aumentar la ingestión de ácidos grasos omega-3 a través del consumo del huevo con un alto contenido de ácidos grasos omega-3 permitirá al consumidor obtener los beneficios de estos nutrientes y al mismo tiempo contribuirá a mantener un balance ácidos grasos omega-6/ omega-3 adecuado, reduciendo significativamente el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares .^{43, 44}

Los resultados obtenidos de este experimento para el consumo de alimento, masa de huevo, conversión alimenticia, unidades Haugh y grosor de cascarón, no mostrarán diferencias entre tratamientos. La reducción en el peso del huevo en los tratamientos que incluyeron aceite de atún es un comportamiento que también fue observado por Gonzales-Esquerria y Leeson,¹⁹ incorporar aceite de menhaden desodorizado y no desodorizado en la dieta de gallinas ponedoras. Castillo et al,²⁶ incorporar dos niveles de aceite de atún en dietas para gallinas de postura Van Elswyk et al,⁴² sugieren que esto puede deberse a que al reducirse los niveles de triglicéridos en sangre a causa de los omegas -3 presentes en la dieta ,se pudiera estar limitando la disponibilidad de lípidos para le formación de la yema de huevo. También sugiere que estos omegas-3 pudieran afectar la circulación de estradiol, que igualmente afectaría la formación del huevo. Asimismo Surai y Sparks,⁴⁵ señalan que los ácidos grasos omegas-3, particularmente el DHA, pueden reducir las concentraciones de vitamina E en plasma y tejidos, por lo que es posible que esto afecte de alguna manera en la formación del huevo, ya que para producir un huevo la gallina requiere el doble de la cantidad de vitamina E, que la

presente como reserva en el hígado .Sin embargo, aun no existe una explicación clara sobre el mecanismo por el cual el peso del huevo se ve reducido por los ácidos grasos omegas –3

La utilización de aceite de atún en 2% y la inclusión de semilla de linaza en un 10% en las raciones de gallinas productoras, a fin de enriquecer el huevo con los ácidos grasos omegas-3, EPA y DHA, es una excelente opción para hacer llegar al consumidor los beneficios de estos nutrientes.

I. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que:

La utilización de aceite de atún en 2% y la inclusión de semilla de linaza en un 10% en las raciones de gallinas productoras, es una buena alternativa para enriquecer el huevo con los ácidos grasos omegas-3, EPA y DHA y disminuir la relación omega-6/ omega-3.

La adición de semilla de linaza o aceite de atún en dietas de gallina no afecta los parámetros productivos ni la calidad interna del huevo.

La adición de aceite de atún en 2% en dietas para gallinas disminuye el peso del huevo.

.

I. REFERENCIAS.

1. Dirección de Estudios Económicos. Compendio de indicadores económicos de sector avícola 2003-2004. Unión Nacional de Avicultores. México (DF): UNA, 2004.
2. Centro de estadística Agropecuaria. Situación actual y perspectiva del huevo para plato en México 1990-2000. México (DF): SAGARPA, 2001.
3. Yáñez CMA. La importancia del sector avícola mexicano y sus perspectivas, (Unión Nacional de Avicultores). Tecnol. Avipec. en Latinoa; 152: 20-26,2000.
4. Sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales-CANACINTRA La industria alimenticia animal en México. México (DF): CANACINTRA, 2003.
5. Arai S. Studies of Functional Foods in Japan. State of Art. Biosc. Biotechg Biochem. 60:9-15. 1996.
6. Hallingworth P. Mainstreaming healthy foods. Foods Technol. 51 3: 55-58, 1997.
7. Wildman C.R.C. Handbook of nutraceutical and functional foods.1Ed Wildman CRE, CRC Press: USA. 2001.
8. Best D. All natural and nutraceutical. Prepared foods. 166 6:32-38, 1997.
9. Simopoulos, A. Symposium: Role of poultry Products in enriching the human diet with PUFA, Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. Poultry Sci. 79:961-970, 2000.
10. Carrillo S., Carranco M., Castillo R., Castro-González M., Pérez- Gil, F. y Ávila E. El huevo como Fuente de Ácidos Grasos W-3 y W-6 al incorporar Harina de Crustáceo Langostilla en raciones para ponedoras. Memoria del XVI Congreso Latinoamericano de Avicultura Septiembre, Perú: APA, 338-342, 1999.
11. Miles R., Butcher G., Advantages and Disadvantages of Feeding Fats in Poultry Nutrition, Florida Agricultura Experiment Station Journal Series. University of Florida.
12. El instituto del huevo. Memoria del Seminario Mito y Realidades del consumo del huevo: <http://www.Institutodelhuevo.org.mx/memorias2.html> /cinco Fecha de consulta: 15-04-05.

13. Castillo C., González M., Morales E., Carrillo S. y Castillo R. El aceite de Atún como fuente de Ácidos Grasos Omega-3 para la Yema del huevo. Memorias de XXVI Convención Anual ANECA; 2001 abril 25-28. Acapulco (Guerrero) México. México (DF): Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, AC, 184-188, 2001.
14. Turbull WH. Eggs. Nutritional Value. In. MJ Sadler, JJ Strain and B Caballero. Enciclopedia of Human Nutrition. Volume Two. Academic Press, UK. 1999.
15. Ziller S. Grasas y aceites alimentarios. Edit Acribia Zaragoza, España 1994.
16. Brenen L, Sanders M, Salmiren S, Athongate J. Food Aditives, New York, EUA, Meral Dekker. Inc. 2002.
17. De Blas C, Mateos G, Rebollar P. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. Departamento de producción animal, Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid: PANCOSOMA, 1999.
18. Esteve-García E., Huevos Enriquecidos: Modificaciones del Perfil Lipídico de la Yema del huevo., Tecnología Avícola en Latinoamérica, 170, 2002.
19. González –Ezquerro, R. y Lesson, S. Alternatives for Enrichment of Eggs and Chicken Meat with Omega-3 Fatty Acids. Can J. Anim Sci, 81 3:295-305, 2001.
20. Cuca GM. Ávila GE., Pro. MA. Alimentación de las aves. Departamento de Zootecnia, Chapingo (México): Universidad Autónoma Chapingo, 1996.
21. Miles R y Jacob J. Omega-3 fatty Acids understanding the requires a Knowledge of their chemistry (folleto informativo).
22. Ahn M. y Sell J. Effect of Dietary Conjugated Linolenic Acid on the Composition of Egg Yolk Lipids. Poultry Sci, 78:1639-1645, 1999.
23. Kent, J., Biblioteca Riegel de Química Industrial. Tomo 2, edit. CECSA, Capitulo 12.
24. González G, Garcia M y Salado S. Influencia de la suplementación lipídica sobre la productividad avícola. Avicultura profesional 1998.
25. Gary G Peral G. Feeding Fats. Director's Digest, Fats and Proteins Research Foundation, inc, 269, 1995.
26. Castillo-Badillo C, Vazquez-Valladolid JL, González-Alcorta M,

- Morarles-Barrera E, Castillo-Domínguez RM, Carrillo-Dominguez S. El aceite de atún como fuente de ácidos grasos ω -3 en el huevo de gallina. *Grasas y Aceites*. 56:154-160, 2005.
27. Leeson S, Summers JD. *Comercial poultry nutrition*. 2ª ed. Canada (Ontario): University Books, 1997.
 28. McDonald P, Edwards RA, Grenhalgh JFD, Morgan CA. *Nutrición animal*. 5ª ed. España (Zaragoza): Acribia, 1995.
 29. García ME. *Modificaciones al Sistema de Clasificación climáticas de Copen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana*. México (DF): Talleres Offset Larios. 1998
 30. Hargis, P.S., Van Elswyk, M.E. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *Worlds Poultry Sci. J.* 49, 262-264. 1993.
 31. Roldan-Luna, D. Salazar M., González F. A. *La cadena de atún en Colombia*. Documento de trabajo No 25. Desarrollo Rural .Bogota, Colombia. 2003.
 32. Quintana JA. *Avitecnia*. 3ª ed. México (DF): Trillas, 1999.
 33. Folch JL, Leesm, Stanley-Sloane GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem* 226: 497-509. 1957.
 34. Kuehl OR. *Diseño de Experimentos*. 2ª ed. México (DF): Thomson Learning, 2001.
 35. Castro-González MI. Montaño- Benavides S. Pérez-Gil Romo F. Ácidos Grasos del Atún de diferentes zonas pesqueras del pacífico mexicano, en aceite y agua. *Arch Lat Nutr*. 51 4 .407-413. 2001.
 36. De la Cruz SCE. *Comportamiento productivo y calidad del huevo con la adición de aceite de avestruz y pescado en dieta de gallina semipesados*. (tesis de Licenciatura). México (DF) México. Universidad Nacional Autónoma de México FMVZ, 2003.
 37. Castillo DRM, Carrillo DS, Pérez-Gil RF, Avila GE, Cassis NL. Efecto del aceite de sardina sobre la concentración de ácidos grasos omegas- 3 en huevo y sus características sensoriales. Libro de Resúmenes del XII Congreso Latinoamericano de Nutrición; Noviembre, Buenos Aires

- Argentina. Argentina.12-16. 2000.
38. Cherian G., Wolfe F.W., Sim J.S..Dietary oils with added tocopherols : Effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. Poultry Sci. 75,423-431.1996.
 39. Van Elswyk, M.E. Nutritional and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. Words Poult. Sci. J. 53, 253-264. 1997.
 40. Adams R.L., Pratt D.E., Stadelman w.J., Introduction of omega-3 polyunsaturated fatty acids into eggs. Poultry Sci., 68-,166. 1989.
 41. Caston L and Leeson S. Dietary flax and egg composition. Poultry Sci. 1617-1620. 1990.
 42. Van Elswyk M.E., Sams A.R., Hargis P.S. Composition functionally, and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden oil. J. Food Sci., 57,342-344-349. 1992.
 43. Corrida B., Wilson A. Health Effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. En: Encyclopedia of Human Nutrition, 57-769. M.J. Strain B Caballero Eds. Academic Press, London. 1999.
 44. Rice R. Fish Nutritional Value. En: Enciclopedia of Human Nutrition. M.J. Sadler J.J. Strain, B. Caballero Eds. Academic Press. USA. Vol. 2. 1999.
- Surai P.F, Sparks N.H.C. Tissue-specific fatty acid and-tocoferol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. Poultry Sci. 79, 1132-1142. 2000.