

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“EFECTO DE NIVELES DE XANTOFILAS DE FLOR
DE CEMPASÚCHIL SOBRE LA PIGMENTACIÓN DE
LA PIEL EN POLLO DE ENGORDA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :
MIGUEL MARTÍNEZ PEÑA

ASESORES:
MC. ARTURO CORTÉS CUEVAS
MCI. MSC. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ



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.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIA

A mis padres

Diego Martínez Chavarría
María Peña Arenas
por su ejemplo de amor y trabajo

A mi esposa

Irma Callado Zúñiga
por todo su amor, apoyo y paciencia

A mis hijas

Irma Jimena y Paulina
que son la razón de mi vida

A mis amigos

Ignacio y Gabriel Parra Delgado
por su apoyo y amistad

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas •
UNAM a difundir en formato electrónico e impre-
contenido de mi trabajo recepción.

NOMBRE: MARÍA PEÑA ARENAS

FECHA: 28 - Feb - 2003

FIRMA: [Firma manuscrita]



AGRADECIMIENTOS

A mis asesores

Dr. Arturo Cortés Cuevas

Dr. Ernesto Ávila González

gracias por sus asesorías, por el tiempo que me dedicaron
y por su ejemplo de superación y servicio.

A los doctores

Dra. Elizabeth Posadas Hernández

Dr. Ezequiel Sánchez Ramírez

Dr. Jaime Esquivel Peña

Dr. Benjamín Fuente Martínez

por sus comentarios y aportaciones para este trabajo

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN



CONTENIDO

	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE CUADROS	VI
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MATERIAL Y MÉTODOS	18
RESULTADOS	20
DISCUSIÓN	21
LITERATURA CITADA	24

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1	28
Efecto del pigmento en la coloración de pollos de engorda.	
FIGURA 2	29
Sistema visual de grados de pigmentación de piel en pollos de engorda.	
FIGURA 3	30
Abanico colorimétrico y colorímetro de reflectancia Minolta CR-300.	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



LISTA DE CUADROS

	PÁGINA
CUADRO 1	31
Clasificación de carotenos y xantofilas.	
CUADRO 2	32
Composición de las xantofilas en ingredientes empleados para alimentos.	
CUADRO 3	33
Temperatura del agua usada en el procesamiento de las aves y su efecto sobre la pigmentación del pollo de engorda.	
CUADRO 4	34
Composición de las dietas para pollos de engorda.	
CUADRO 5	35
Resultados obtenidos para parámetros productivos en 47 días de experimentación.	
CUADRO 6	35
Resultados obtenidos en 47 días de edad para la pigmentación en la piel en pollos de engorda.	



RESUMEN

MARTINEZ PEÑA MIGUEL "Efecto de niveles de xantofilas de flor de cempasúchil sobre la pigmentación de la piel en pollo de engorda". (bajo la dirección de MC. Arturo Cortés Cuevas, MSc. Ernesto Ávila González).

Con el objeto de evaluar el efecto pigmentante al adicionar diferentes niveles de xantofilas amarillas saponificadas de flor de cempasúchil en dietas de pollos de engorda para finalización de 22 a 47 días de edad, se realizó el presente trabajo. Se utilizaron 240 pollos de engorda mixtos de la estirpe Ross. Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones de 20 aves cada una. Los tratamientos fueron la adición de (60, 70 y 80 ppm) de xantofilas amarillas saponificado de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*): a dietas sorgo + soya. Los resultados obtenidos en ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$). En lo referente a las lecturas obtenidas con un colorímetro de reflectancia Minolta CR-300, para pigmentación amarilla de la piel existió diferencia estadística entre tratamientos siendo mayor la pigmentación con 80 ppm de xantofilas amarillas ($P<0.01$). Los resultados de enrojecimiento y luminosidad no revelaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P>0.05$). Esta información indica que las dietas finalizadoras para pollo de engorda deben ser suplementadas con 80 ppm de xantofilas saponificadas de flor de cempasúchil para lograr una pigmentación de la piel acorde al mercado mexicano.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

Efecto de niveles de xantofilas de flor de compasúchil sobre la pigmentación de la piel en pollo de engorda.

En la última década la industria avícola mexicana se ha ubicado como una de las ramas pecuarias más importantes en nuestro país, por su creciente participación en el producto interno bruto (PIB) sectorial, obteniendo tasas medias de crecimiento anual de 5.1 % para el huevo y de 7.4 % para el pollo, actualmente representa el 60.23% de la producción pecuaria nacional del año 2000 ⁽¹⁾. México ocupa el sexto lugar como productor de huevo y el cuarto lugar como productor de pollo a nivel mundial. En los últimos años la industria avícola ha mantenido un desarrollo constante debido al crecimiento de grandes consorcios con alto grado de eficiencia y rentabilidad, gracias a su amplia inversión en tecnología, aprovechamiento de su capacidad instalada y mejoramiento del factor de conversión insumo, a producto con mayor especialización de los sistemas de producción con lo cual influye en la disminución de la mortalidad ⁽¹⁾. Para mantener esta actividad pecuaria dentro de márgenes competitivos es necesario bajar costos de producción y tener mayores utilidades, esto se logra con sistemas eficientes de producción ⁽²⁾. El crecimiento que ha tenido la industria avícola ha sido constante en gran parte por un aumento en la demanda de sus productos en el mercado, ya que durante el periodo de 1994 al 2000 la producción de pollo tuvo un crecimiento del 40% y una tasa media de crecimiento anual (TMCA) del 5.8%, en el consumo per-cápita pasó de 15.8 en 1994 a 19.9 en el 2000, en cuanto a los



empleos que genera la avicultura el crecimiento de 1994 al 2000 es del 30% con una TMCA del 4.5% ⁽¹⁾. El incremento en la demanda de carne de pollo se debe en parte al desplazamiento de otros alimentos de origen animal, por su menor precio en comparación con la carne de res y cerdo ⁽²⁾.

En la industria avícola de México, uno de los problemas de importancia económica, es la pigmentación de la piel y tarsos del pollo de engorda y de la yema de huevo ⁽³⁾.

El color está asociado con muchos aspectos de nuestras vidas y evidentemente la decisión de aceptar un alimento depende en gran medida de su color. El catalogar un alimento como seguro, de buenas características estéticas y sensoriales está directamente relacionado con su color ^(4,5). Fig. 1.

La denominación pigmento se refiere a los oxicarotenoides o xantofilas cuando están presentes o han sido adicionados a las raciones de los pollos o de las gallinas ponedoras por medio de ingredientes naturales o de productos sintéticos, a fin de proporcionar el color amarillo o naranja a los tejidos de dichos animales, tal es el caso de la grasa y la piel o de productos como es el caso de la yema de huevo ⁽⁶⁾.

En los últimos años se ha dado mucha importancia al uso de estas sustancias pigmentantes como consecuencia de la demanda del consumidor y no debido a necesidades nutritivas de las aves ⁽³⁾. La diferenciación de producto, así como la relación del color con la salud, definitivamente constituye una ventaja comercial que se traduce en mejor precio de venta y preferencia por pollos que tengan la piel y los tarsos que aquellos que no las tienen o presentan una coloración más clara ⁽³⁾. Estudios de mercado en diferentes países muestran que existe correlación entre el tono e intensidad de la pigmentación



del pollo y el huevo, y la percepción de calidad de estos productos y consecuentemente el precio de venta de los mismos ⁽⁷⁾.

El nivel requerido de xantofilas en una ración para proveer una adecuada pigmentación puede variar ampliamente, dependiendo de la intensidad de pigmentación deseada por el mercado en particular ⁽⁸⁾. Fig. 2.

La producción de las aves se realiza en confinamiento, lo que motiva que éstas no tengan libre acceso a vegetales ricos en carotenoides por lo cual las dietas formuladas para esta especie en engorda o en postura deben incluir ingredientes proveedores de xantofilas, como maíz amarillo, gluten de maíz, harina de alfalfa, harina de flor de cempasúchil, pigmentos sintéticos y concentrados de xantofilas de chiles. La predilección del público consumidor por dichos productos coloreados proviene de su tradición alimenticia al relacionarlos o condicionarlos con los productos comunmente denominados "de rancho", ya que antaño e incluso en la actualidad, en algunos lugares se explota a las aves en forma extensiva a nivel casero. En este tipo de explotaciones las aves ingieren algunas plantas verdes ricas en pigmentos, que transmiten a éstas y sus productos, un color característico ^(3,9).

Los carotenoides son los pigmentos de origen vegetal más importantes, químicamente son lípidos de naturaleza terpenoide, esto significa que están formados por subunidades repetidas de la molécula de cinco carbonos denominada isopreno. Casi todos los carotenoides están compuestos de cuarenta átomos de carbono ⁽⁸⁾, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a su estructura química en dos grupos:



carotenos y xantofilas (oxicarotenoides) ^(3,8,10) como se ve en el Cuadro 1. Los carotenos, cuyo principal representante es el β -caroteno, no presentan átomos de oxígeno en su molécula, en cambio las xantofilas sí lo presentan, por esta razón se les clasifica como oxicarotenoides ⁽¹¹⁾. Todos los carotenoides se derivan del β -caroteno, precursor en las materias primas de origen vegetal de la vitamina A; sin embargo, pese a que el β -caroteno tiene en una parte de su molécula la misma estructura de la vitamina A, no tiene ningún efecto como colorante ya que el ave dispone en su intestino de enzimas capaces de convertirlo en vitamina A, para que ésta sea almacenada en el hígado ⁽¹²⁾. Tomando en consideración su estructura química, se pueden clasificar como: Cetocarotenoides, Hidroxicarotenoides y productos de degradación del β -caroteno ⁽⁷⁾.

Los carotenoides principalmente incluidos en las dietas para aves ^(9,13) son:

- a) naturales: luteína y zeaxantina,
- b) sintéticos: apoester y cantaxantina; como principales responsables de la pigmentación de la piel del pollo de engorda (Cuadro 2). La luteína es un hidroxicarotenoide que produce cerca del 70% del color de los productos avícolas, es una molécula de color amarillo presente en varios vegetales como la alfalfa, los granos de maíz, la flor de compasúchil, etc. La composición de las xantofilas en la flor de compasúchil (*Tagetes erecta*), que se comercializa contiene un 80% a un 90% de luteína, 5% de zeaxantina y de un 5% a un 15% de carotenoides como violoxantina, criptoxantina, β -caroteno, este último sin valor pigmentante para las aves ⁽¹⁴⁾.

Tyczkowsky y Hamilton en 1986 mencionan que la luteína además de ser un pigmento amarillo muy efectivo para las aves, es rápidamente absorbida en el intestino delgado y transportado a los sitios de depósito ⁽¹⁵⁾. La zeaxantina, es una molécula de color naranja, presente en varios vegetales como la alfalfa, los granos de maíz, la flor de compasúchil, etc. ⁽¹⁶⁾. Los carotenoides son sintetizados únicamente por los organismos fotosintéticos desempeñando una función de protección contra la fotosensibilización ⁽¹⁷⁾, de manera que los animales requieren de su suplementación ⁽¹⁸⁾. Aparte de las mencionadas funciones asociadas al color, los carotenoides son moléculas antioxidantes que protegen contra los efectos dañinos de los oxidantes producidos por el metabolismo corporal, ayudando a mantener la integridad de la membrana celular, favoreciendo la salud de los tejidos con una alta tasa metabólica como los reproductivos, mejoran la respuesta inmune, inhiben mutagénesis e inhiben desarrollo de tumores in vivo ⁽¹⁹⁾.

Para desempeñar su función pigmentante, los carotenoides se asimilan a nivel intestinal, son transportados por la sangre y depositados en el hígado, y se almacenan en tejidos grasos, piel y patas. Por lo tanto, su capacidad pigmentante está relacionada con el grado de asimilación a nivel del intestino delgado en primer lugar y en segundo por la afinidad específica o preferencia de cada carotenoide por depositarse en un tejido determinado, para el caso de los pollos de engorda, la zeaxantina (color amarillo-naranja) y la cantaxantina (pigmento rojo), se depositan preferentemente en los tarsos ⁽⁹⁾.

Los pétalos del compasúchil (*Tagetes erecta*) son utilizados como



fuentes pigmentantes para piel y tarsos de los pollos de engorda, algunos productos deshidratados de estas flores contienen desde 6,000 hasta 16,000 mg/kg siendo la luteína el caroteniode predominante ⁽²⁰⁾. Las xantofilas de la harina de flor de cempasúchil se encuentran en gran parte esterificados con ácidos grasos lo que disminuye su biodisponibilidad o eficacia pigmentante, para eliminar éstos se saponifican ⁽²¹⁾. La saponificación es un proceso que consiste en una predigestión de las xantofilas para romper la esterificación con los ácidos grasos y la luteína queda libre ⁽⁸⁾. La diferencia entre la eficacia pigmentante de un producto saponificado y otro que no lo es, se explica en el bajo desarrollo del aparato digestivo del pollo a las ocho semanas, en el cual la cantidad de lipasas y bilis no es suficiente para degradar completamente las xantofilas de sus diesteres a sus formas libres, que son las que se absorben ⁽²⁰⁾.

De esta forma la saponificación permite disminuir la complejidad de la mezcla al aparecer solamente la forma libre del pigmento. Otra ventaja de la saponificación es que destruye la clorofila presente ⁽²¹⁾. Fletcher et al. (1996) evaluaron el efecto de la saponificación en la utilización por pollos de engorda de las xantofilas de flor de cempasúchil, concluyendo que la saponificación de éstas, mejora la capacidad de colorear la piel. Al evaluar el efecto de la saponificación en gallinas para la pigmentación de yema de huevo no encontraron diferencias significativas con el producto sin saponificar, por lo que se cree que esto es debido a una marcada diferencia entre los mecanismos de deposición o a diferencias entre los mecanismos de absorción entre pollos y gallinas ⁽²²⁾.

Ávila (1990) menciona que algunos avicultores administran pigmentos

a niveles bajos de 10 a 12g de xantofila/ton. provenientes de extractos de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*), desde el primer día de vida en los pollos de engorda hasta las cuatro semanas de edad, ya que aparentemente el depósito de xantofilas en los tejidos (tarsos y piel) es más exitoso si hay una base primaria de pigmento. Durante las cuatro últimas semanas es suficiente administrar de 40-60 g de xantofilas provenientes de extractos de flor de cempasúchil por tonelada de alimento, para adquirir una buena pigmentación amarilla ⁽¹⁹⁾.

La apariencia del color está asociada con la creencia de que un animal bien pigmentado es un animal sano, lo cual conlleva una gran dosis de verdad, ya que si se está suministrando la cantidad adecuada de oxicarotenoides pigmentantes y no se obtiene el color adecuado, será indicativo de alguna anomalía en el ave o en alguno de los procesos involucrados alrededor de la producción avícola ⁽²⁰⁾.

Factores que afectan e influyen en la pigmentación

El lograr una pigmentación adecuada en el pollo de engorda no depende únicamente de la concentración de pigmento en la dieta, de hecho, se puede decir que el éxito o fracaso de cualquier estrategia pigmentante es el resultado de la interacción de muchos factores entre los cuales son:

- 1.- Genética de la parvada
- 2.- Medio ambiente
- 3.- Estado de salud



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 4.- Composición de la dieta
- 5.- Tipo de pigmento ofrecido a las aves
- 6.- Manejo
- 7.- Planta procesadora.

1.- Genética de la parvada

No todas las líneas de pollo de engorda presentan la misma eficiencia para fijar pigmento en la piel, debido a diferencias metabólicas entre ellas ⁽²²⁾.

2.- Medio ambiente

Temperatura, iluminación y tensión influyen en una baja en el consumo de alimento y como consecuencia la pigmentación es deficiente ⁽²³⁾.

3.- Estado de salud

Numerosas enfermedades especialmente las que afectan el aparato digestivo (cualquier tipo de daño sobre la mucosa intestinal) reducen la capacidad del ave para absorber y depositar xantofilas. Aves infestadas con coccidiosis subclínica, problemas respiratorios, enteritis, adenovirus, micotoxinas, etc. pueden reducir la pigmentación ^(9,24).

4.- Composición de la dieta

Los ingredientes que se utilizan comúnmente en la elaboración de los alimentos balanceados pueden incrementar o disminuir la pigmentación de las aves ⁽⁹⁾. El contenido de la grasa en la dieta favorece la pigmentación al facilitar la absorción, gracias al carácter

liposoluble de los carotenoides y su almacenamiento en tejido adiposo, sin embargo la ingestión de grasas insaturadas en exceso son desfavorables a la estabilidad del pigmento, ya que las xantofilas también se oxidan ⁽²⁵⁾. De acuerdo con Tyzcowski (1989) la adición creciente de grasa a partir del 2% en el alimento hasta máximo el 6%, mejora la absorción de carotenoides pigmentantes. Cuando los niveles se aumentaron aún más, los efectos resultaron negativos, debido tal vez al aumento en la velocidad de tránsito del alimento en el intestino ⁽²⁶⁾.

La presencia de vitamina E es conveniente debido a sus características antioxidantes. La vitamina A puede ser antagónica si se excede la dosis normal, compitiendo con el pigmento por los sitios de absorción en los lugares de transporte ⁽²⁵⁾. Algunas sales metálicas en exceso, como el manganeso, descomponen u oxidan a las xantofilas, para prevenir la oxidación de las grasas, xantofilas y vitaminas liposolubles; se utilizan varios tipos de antioxidantes como la etoxiquina y el BHT ⁽⁶⁾.

Los antibióticos que se emplean a nivel nutricional en los alimentos para las aves controlan enfermedades subclínicas y mantienen el tracto intestinal sano, por lo cual hay una mejor absorción de nutrientes y pigmentos ⁽⁶⁾.

Si la concentración de pigmentos en la ración es baja, la absorción es limitada y el pigmento depositado es menor ⁽²⁵⁾.

5.- Tipo de pigmento ofrecido a las aves

Los pigmentos deberán reunir algunas características tales como: Estabilidad, ya que los pigmentos son altamente susceptibles al calor, a la luz y al aire, deben ir acompañados por un antioxidante.

Disponibilidad biológica, deben absorberse por el ave.

Forma física, se considera que entre más pequeñas sean las partículas del pigmento, más fácilmente se pueden digerir.

Poder pigmentante, para llegar eficientemente a los sitios de depósito y así contribuir a la pigmentación de los productos avícolas.

Tipo de pigmento, natural y/o sintético, presentación del producto ya sea líquido o polvo, tiempo y dosis de suministro, así como técnicas y secuencias de mezclado del alimento balanceado ⁽²⁵⁾.

6.- Planta procesadora

Es importante tomar en cuenta este proceso, ya que para obtener un desplumado óptimo del pollo, se requiere una temperatura adecuada en el agua, la temperatura alta (60° C) produce separación de la epidermis, arrastrando con esto el pigmento de la piel y consecuentemente el pollo pierde coloración, esto se conoce como pollo "tallado", lo cual trae como consecuencia la mala presentación del producto en el mercado así como un castigo en el precio ⁽¹⁴⁾. La temperatura para obtener un desplumado adecuado sin causar la remoción del pigmento es alrededor de 51° C durante 40 segundos, más grados alteran drásticamente la pigmentación de la piel ^(9,27) (Cuadro 3). De igual manera, si las aves no son bien desangradas se ponen "amoratadas" de tal modo que la coloración no se manifiesta, además de que la apariencia de este tipo de canales de pollo no es muy agradable ⁽⁹⁾.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Métodos para evaluar la pigmentación.

La habilidad para describir un color en términos simples es difícil o casi imposible, pues aún teniendo una excelente visión, existen serias limitaciones que interfieren en la correcta evaluación del color de piel y tarsos en pollo de engorda ⁽²⁰⁾. Se han desarrollado y utilizado muchos métodos para la evaluación de la pigmentación en piel de pollo y la yema de huevo. La selección del mejor método o más adecuado debe ser en función de alguna situación en particular, debido a que un solo método no pudiera cumplir con todas las posibles expectativas. Algunos procedimientos describen el color final del producto, mientras que otros describen la deposición del pigmento. Muchos sistemas actuales no evalúan el producto final en sí (por ejemplo: yema de huevo, o piel y tarsos de pollos), sino que son utilizados para evaluar las propiedades potenciales de pigmentación de un alimento o ingrediente específico. Se menciona que el término pigmentación es considerado tanto para la deposición como para describir el color del producto final ⁽²⁰⁾.

Existen varios métodos para evaluar la pigmentación de los productos avícolas, de los más utilizados están

- 1) Abanicos colorimétricos.
- 2) Determinaciones de carotenoides en plasma, yema o piel.
- 3) La inspección visual de gente experimentada
- 4) La colorimetría de reflectancia

1) Consiste en comparar directamente mediante la observación visual los productos avícolas con patrones preestablecidos; en la yema de huevo se compara con el abanico colorimétrico de Roché, el cual

es un dispositivo que consta de hojas coloreadas y numeradas del 1 al 15 ⁽⁶⁾ (fig. 3).

2) La coloración puede ser evaluada midiendo los niveles de xantofilas en la sangre ⁽²⁰⁾.

3) Es la que hace el introductor o comprador de pollo al ver el color de los tarsos o los cuellos de los pollos en hielo, constituye el medio más común de juicio de calidad, el carácter subjetivo de este tipo de juzgamiento impide las comparaciones de resultados ⁽²⁰⁾.

4) Para el caso de la piel del pollo de engorda se utiliza el colorímetro de reflectancia en el sistema CIELAB de brillantez (L) (fig. 3), la luminosidad es una escala que califica la presencia o no de luz, abarcando desde 0 negro a 100 blanco, en el caso de la piel de pollo el rango aceptable para esta variable es entre 64 a 72. Rojo intenso (a) que corre desde -60 verde a +60 rojo, se necesita un mínimo de 2 y amarillamiento (b) que va desde -60 azul hasta +60 amarillo, se requiere de un mínimo de 41 ^(14,20,29).

Es importante mencionar que el ojo humano no detecta la diferencia de colores entre distintas combinaciones de amarillos y rojos, es posible obtener la misma aceptación en el color de la piel de pollo, a pesar de que los niveles no sean iguales, solo se requiere que las lecturas de amarillo en el colorímetro CR-300 sean de 42 hasta 50 ó más y los consumidores observaran pollos con un color agradable ⁽¹⁴⁾. El colorímetro de reflectancia Minolta CR300 es un instrumento de medición del color el cual proporciona la expresión numérica de este con el que eliminamos la subjetividad en la evaluación, este instrumento se basa en tres elementos que son: Tono = Color, Claridad = Luminosidad, Cromo = Saturación ⁽⁷⁾. Algunas ventajas que se tienen al usar el colorímetro de reflectancia portátil son: elimina la fatiga de

la persona que hace la lectura, la subjetividad de las lecturas, la variación entre diferentes lectores. Tiene patrones de referencia. Se expresan mínimas diferencias en forma numérica, lo cual es esencial cuando hablamos del mismo color ^(6,28). En el pollo vivo, el área para evaluar será (por comodidad y confiabilidad) el área torácica (bajo el ala y a un lado de la vena de la grasa, zona poco emplumada) y las evaluaciones para tener referencia de buena o mala pigmentación se recomienda hacerlas semanalmente a partir de la etapa de inclusión de pigmento. En pollo procesado la evaluación se hará en la parte terminal de la vena de grasa. También debe de considerarse el momento de la evaluación de las aves, recién procesadas (caliente) y las que fueron refrigeradas o enhieladas (frio) ya que los resultados son diferentes incrementándose en el pollo frio. Interpretación : Para la interpretación de resultados se consideran los 3 elementos del sistema L* a* b* así como la estadística para conocer la uniformidad de pigmentación de la parvada. Cada empresa u operación avícola determina de acuerdo a su mercado el nivel óptimo de pigmentación requerida para la comercialización de sus productos ⁽⁷⁾.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

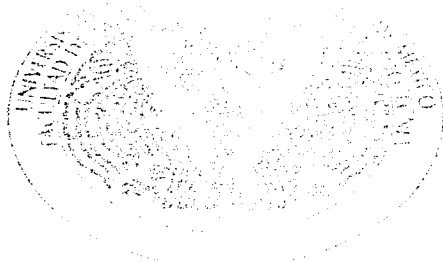
JUSTIFICACIÓN

La edad al sacrificio en los últimos años se ha reducido una semana ya que las aves alcanzan el peso al mercado en menor tiempo, lo cual sugiere que el ave consume menos alimento, por lo tanto menor cantidad de pigmentos, esto puede ocasionar que la pigmentación final en el ave no sea la adecuada para un mercado en específico. Con base en lo anterior se pretende evaluar si 60 ppm. de xantofilas de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en el alimento son suficientes para una adecuada pigmentación de las aves a las 7 semanas de edad o el adicionar una mayor cantidad de pigmento se reflejará en un incremento de la pigmentación en la piel de los pollos al final del ciclo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HIPÓTESIS

La adición de 70ppm. y 80ppm en lugar de 60ppm de xantofilas amarillas saponificadas de flor de cempasuchil (*Tagetes erecta*) en dietas para pollos de engorda de los 21 a los 47 días de edad, mejoran gradualmente la pigmentación de la piel.



OBJETIVO

Evaluar diferentes niveles de adición (60, 70 y 80 ppm) de xantofilas amarillas de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en dietas para pollos de engorda y valorar el efecto del pigmento en la piel de los pollos de engorda a los 47 días de edad con los tres niveles de inclusión.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, la cual se localiza en Zapotitlán, Delegación Tláhuac, Distrito Federal, a una altitud de 2,250 metros sobre el nivel del mar, paralelo 19°15', latitud oeste, con un clima templado subhúmedo, con bajo grado de humedad; siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, con temperatura media anual de 16° C. Y precipitación pluvial media anual de 747 mm ⁽³⁰⁾.

La investigación se realizó en los meses de abril a mayo, se trabajó con 240 pollos de engorda mixtos de la estirpe Ross, de un día de edad, los cuales se distribuyeron completamente al azar en 12 corrales con 20 aves cada uno. Los tratamientos fueron la adición de xantofilas amarillas de flor de compasúchil (*Tagetes erecta*), con cuatro repeticiones cada tratamiento. Las aves se alojaron en una caseta de ambiente natural, la cual cuenta con piso de cemento, techo de lámina y paredes con cortinas laterales para el manejo de la ventilación. Se utilizó durante el experimento cama de viruta (madera), comedero tipo tolva de material plástico, un bebedero por corral y una criadora de gas por cada dos corrales para dar calor a las aves durante las primeras cuatro semanas de vida. Se emplearon durante el experimento dos tipos de alimento a base de sorgo-soya: iniciación de 1 a 21 días de edad sin pigmento, y finalización de 22 a 47 días de edad con pigmento. Las dietas de las dos etapas se encuentran en el Cuadro 4.

Los tratamientos quedaron como sigue a partir de la etapa de finalización:

- 1.- Dieta con adición de 60 ppm. de xantofilas amarillas saponificadas de flor de cempasúchil.
- 2.- Dieta con adición 70 ppm. de xantofilas amarillas saponificadas de flor de cempasúchil.
- 3.- Dieta con adición 80 ppm de xantofilas amarillas saponificadas de flor de cempasúchil.

Las dietas se formularon a manera de cubrir las necesidades de nutrientes para los pollos en las dos etapas conforme a lo señalado por Cuca et al. ⁽³⁾. El agua y el alimento se ofrecieron a libertad. Durante el transcurso del experimento se llevaron registros de los siguientes indicadores productivos: Ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad general. A los 47 días de edad se sacrificaron en el rastro 20 aves por tratamiento y se midió la pigmentación de la piel de la pechuga en caliente con un colorímetro de reflectancia Minolta CR-300. A los datos obtenidos de las variables antes mencionadas se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESULTADOS

Los resultados promedio en 47 días de edad para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se pueden observar en el Cuadro 5. Se puede apreciar que no existió diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos para las variables antes mencionadas. Los resultados obtenidos para pigmentación amarilla de la piel se encuentran en el Cuadro 6, se observa que existió diferencia estadística entre tratamientos ($P<0.01$) con una mayor pigmentación en el tratamiento 3, el cual contenía 80 ppm de xantofilas amarillas, con 6.97% más de pigmentación con respecto al tratamiento 2 que contenía 70 ppm de xantofilas amarillas y de un 12.47% más de amarillo respecto al tratamiento 1 con 60ppm. Sin embargo estadísticamente fueron semejantes los tratamientos 1 y 2 y a su vez fueron similares ($P>0.05$) entre tratamientos.

En lo que se refiere al depósito de pigmentos rojos en la piel no existió diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos. Los resultados de luminosidad tampoco revelaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre tratamientos; sin embargo, numéricamente existió una menor luminosidad en el tratamiento 3, respecto al los tratamientos 1 y 2 los cuales fueron muy similares.

DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del ciclo productivo de los pollos, los indicadores productivos: ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia no se obtuvieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos. Los datos obtenidos en este experimento, coinciden con los obtenidos por varios autores quienes han demostrado que la adición de pigmentos en la dieta no ejerce ningún efecto sobre el valor nutritivo, ni tampoco sobre los parámetros productivos ^(3,9,28,31,32). Los resultados obtenidos referentes a la pigmentación mostraron un mayor efecto de amarillamiento en el tratamiento 3 con 80 ppm y un menor amarillamiento en el tratamiento 1 con 60 ppm, lo cual comprueba que en el pollo de engorda actual una cantidad mayor de xantófilas adicionadas en la dieta, aumenta la pigmentación de la piel, esto coincide con la investigación realizada por Castañeda et al. ⁽³¹⁾ quienes realizaron un trabajo con pigmentos naturales y sintéticos y concluyeron que los valores de b^* (amarillamiento) durante el ciclo productivo fueron los más altos para los tratamientos de pigmentos naturales amarillos a altos niveles (85 ppm).

En cuanto al depósito de pigmentos rojos en la piel no existió diferencia entre tratamientos, esto se debe a que las xantofilas de flor de cempasúchil solo aportan xantofilas amarillas ⁽⁹⁾. Los resultados obtenidos coinciden con Calderón y Mendoza ⁽³²⁾, quienes evaluaron el efecto de adicionar diferentes niveles de xantofilas (60, 70, 80 y 90 ppm) a una dieta de pollos de 4 a 7 semanas de edad encontrando adecuado 80 ppm de xantofilas.

Cuca et al. mencionan en 1996 que con la inclusión de 60 ppm de xantofilas en dietas para pollos de engorda se obtiene una aceptable pigmentación en 56 días de edad del pollo, en el presente experimento con esta cantidad de pigmento en la dieta con 47 días de edad se obtuvo un nivel de amarillamiento de 39.18, siendo que el mínimo recomendado es de 41 ⁽¹⁴⁾. Sin embargo el nivel de pigmentación en la piel de pollo obtenido con la adición de 60 ppm en este experimento no cumple las exigencias de pigmentación en el mercado, por lo que se requerirá de más tiempo en el consumo de pigmento para llegar a un depósito mayor del aditivo en la piel de los pollos. Al adicionar 80 ppm se mejoró la pigmentación 5.58 puntos respecto a la dieta con 60 ppm, datos que indican que al aumentar 20 ppm de pigmento en la dieta mejoran la pigmentación de la piel al mismo nivel que si la alimentación se proporcionara en 56 días con un nivel de 60 ppm tal como lo señalan Cuca et al. ⁽³⁾.

Los resultados de luminosidad indicaron menor valor numérico con 80 ppm, esto se debe a que consumieron mayor cantidad de xantofilas por lo que se presentó mayor deposición de luteína, ya que un color más intenso refleja menos luz, este efecto concuerda con Becerril ⁽²⁸⁾, quien evaluó el poder pigmentante de la luteína y la capsaxantina en pollo de engorda obteniendo que los valores de luminosidad de aves sacrificadas a distintas edades mostraron únicamente diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en los valores promedio, los valores numéricos menores corresponden a los tratamientos que consumieron mayor cantidad de xantofilas que indican que hubo deposición de luteína.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir lo siguiente:

1. El uso de xantofilas saponificadas de flor de cempasúchil no causó ningún efecto sobre los indicadores productivos en el pollo de engorda.
2. La pigmentación amarilla de la piel en pollos de engorda a los 47 días de edad fue mayor en el tratamiento con 80 ppm en la dieta, que en los tratamientos de 60 ppm y 70 ppm.
3. En el mercado del Valle de México 80 ppm resulta un nivel adecuado de xantofilas saponificadas de flor de cempasúchil para una buena pigmentación de la piel del pollo de engorda.

BIBLIOGRAFÍA

1. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola. 2000-2001. México (D.F.); abril 2001.
2. Sagar <http://www.sagar.gob.mx>
3. Cuca GM, Avila GE y Pro MA. Alimentación de las aves 8ª. Edición Universidad Autónoma de Chapingo. Edo de México, 1996.
4. Fletcher DL. Methodology for achieving pigment especifications. Poultry Sci. 1992; 71:733-745
5. Williams WD. Origin and impact of color on consumer preference for food. Poultry Sci. 1992; 71: 744-746.
6. Tirado FJ. Pigmentos y pigmentación. Memorias del X Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura; 1991 junio 27-28; Guadalajara (Jalisco, México). México (D.F.). Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal 1991: 181-197.
7. <http://www.alcosa.com.mx>. 07/11/01. 1-10.
8. Bauernfeind JC. Carotenoids as colorants and vitamin A precursors Technological Nutritional Application. Academic Press New York. NY 1981.
9. Ávila GE. Pigmentantes en: Ávila GE, Shimada AS y Llamas G. Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria. México; sistema de educación continua en producción animal en México. AC 1990: 239-249.
10. Zepeda GJ. Pigmentos una nueva opción. Síntesis Avícola 1986; 4: 22-24.

11. Ochoa Ríos H.R., Marco A. y López CC. Características de los pigmentos usados en raciones para aves. *Avirama* 1985; 2: 4-8.
12. Hencken H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Sci.* 1992; 71: 711-717.
13. Schaeffer JL, Tyczkowski JK, Parkhurts CR and Hamilton PB. Carotenoid composition of serum egg yolks of hens fed diets varying in carotenoid composition. *Poultry Sci* 1988; 65:1137-1140.
14. Fernández S. Pigmentación en avicultura. Memorias de producción avícola: Nutrición y alimentación avícola; 2001; DF (México) México. México (DF) Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2001: 150-174.
15. Tyczkowski JK, Hamilton PB. Evidence for differential absorption of zeacarotene, cryptozanthin, and lutein in young broiler chickens. *Poultry Sci.* 1986; 65: 1137-1140.
16. Latscha T. Carotenoids in animal nutrition. F. Hoffman-La Roche Ltd. Animal nutrition and Health, Basel Switzerland 1990.
17. Mathews-Roth M. Technics for studing photoprotective function of carotenoid pigments, *Methods in Enzimology.* 1992. 213: 479-484.
18. Tyczkowski JK, Hamilton PB. Absortion, Transport and Deposition in chickens of lutein diester, a carotenoid extracted from marigold (*Tagetes erecta*) petals. *Poultry Sci.* 1986; 65: 1526-1531.

19. Bendich A. and Olson JA. Biological actions of carotenoids FASEB J. 1989; 3: 1927-1932.
20. Piracés SF y Cortés CR. Factores que afectan la pigmentación del pollo de carne. X Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura AMENA; 1991 junio . 27-28; Guadalajara (Jalisco) México. México (DF): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, AC, 1991: 103-111.
21. De Ritter E. and Purcell AE. Carotenoid Analytical Methods. In: Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. Ed. By JC. Bauerfeind Ed. Academic Press. N.Y. USA 1981; 815-882.
22. Fletcher DL, Papa CM, Tirado FX. The effect of saponification on the broiler coloring capability of marigold extracts. Poultry Sci. 1986; 1708-1714.
23. Harms RH, Fry JL and Mc Person BN. Evidence of differences in pigmentation among strains and crosses of broilers. Poultry Sci 1977; 56:86-90.
24. Schaeffer JL, Tyczkowski JK, Hamilton PB. Alterations in carotenoid metabolism during ochratoxicosis in young broiler chickens. Poultry Sci. 1987; 71:733-743.
25. Ochoa R, Ríos HR, Marco A. y López S. Características de los pigmentos usados en raciones para aves. Avirama 1985; 2(30): 4-8.
26. Tyczkowski JK. Influence of dietary lipids on pigmentation of young chicken. Poultry Sci. 1989; 68: 1246-1254.
27. Heath JL and Thomas OP. The effect of scalding conditions on the xanthophyll content and colour of broiler skin.

- Poultry Sci 1974; 53:1880-1885.
28. Becerril GM. Evaluación del poder pigmentante de luteína y capsantina en pollo de engorda y gallinas en postura con un colorímetro de reflectancia. (Tesis de maestría) México D.F. México Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia 1989.
 29. Janky DM. The use of the Minolta reflectance chromameter II for pigmentation evaluation of broilers shanks. Poultry Sci. 1986; 3: 491-496.
 30. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Segunda Ed. México (DF): Instituto de Geografía, UNAM, 1973.
 31. Castañeda SM, Hirschler EM y Sams AR. Evaluación del color de la piel en pollo de engorda utilizando pigmentos naturales y sintéticos en la dieta. Memorias del XXVI Convención Anual ANECA; 2001 abril 25-28, Acapulco, Gro. México. México DF: Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas AC, 2001: 64-66.
 32. Calderón CE, Mendoza PJ. Evaluación de diferentes niveles de xantofilas en pollos de engorda de 4 a 7 semanas de edad. (Tesis de licenciatura) Chapingo (Edo. México) México: Universidad Autónoma de Chapingo. 1997.
 33. Goodwin T. W. Biochemistry of the carotenoids. Vol. 1: plants - 2nd. ed. Ed. Chapman and Hall. N.Y. USA 1980.



Fig. 1. Efecto del pigmento en la coloración de pollos de engorda

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

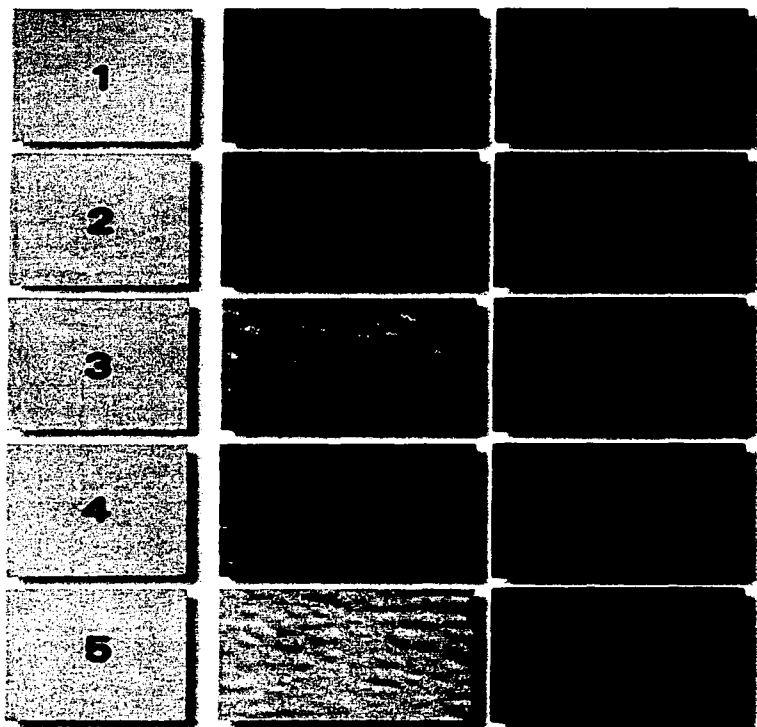


Fig. 2. Sistema visual de grados de pigmentación de piel en pollos de engorda



*Fig.3. Abanico Colorimétrico y Colorímetro de Reflectancia
Minolta CR-300*

Cuadro 1. Clasificación de carotenos y xantofilas

CAROTENOS COMPUESTOS CONSTITUIDOS POR CARBONO E HIDROGENO		XANTOFILAS COMPUESTOS QUE CONTIENE CARBONO HIDRÓGENO Y OXIGENO	
EJEMPLOS	PRODUCTOS QUE LOS CONTIENEN	EJEMPLOS	PRODUCTOS QUE LOS CONTIENEN
ALFA, BETA, GAMA CAROTENOS Y LICOPENO	ZANAHORIA CALABAZA NARANJA Y EN GENERAL LAMAYORIA DE FRUTAS Y VERDURAS	LUTEÍNA ZEAXANTINA CANTAXANTINA BIXINA	FLOR DE CEMPASÚCHIL ESPINACA MAIZ ALFALFA HONAGOS CRUSTÁCEOS SEMILLA DE ACHIOTE

Cuadro 2. Composición de las xantófilas en ingredientes empleados para alimentos

COMPOSICIÓN % DE XANTOFILAS EN INGREDIENTES

OXICAROTENOIDES	MAIZ	GLUTEN DE MAIZ	HARINA DE	HARINA DE FLOR	COLOR DEL PIGMENTO
	AMARILLO	AMARILLO	ALFALFA	DE CEMPASUCHIL	AMARILLO
LUTEÍNA	54.0	53.4	75.6	88.0	AMARILLO-NARANJA
ZEAXANTINA	23.0	29.3	4.4	3.6	ROJIZO
CRIPTOXANTINA	8.0	10.0	1.0	0.6	SIN VALOR
OTROS CAROTENOIDES	15.0	7.3	18.0	7.8	PIGMENTANTE

Ávila et al. 1990 ⁽⁹⁾

Cuadro 3. Temperatura del agua usada en el procesamiento de las aves y su efecto sobre la pigmentación del pollo de engorda.

TEMPERATURA DEL AGUA °C	XANTOFILAS mg	% DE PERDIDA
37.7	5.2	—
49.0	4.5	14
54.0	3.72	18

Ávila et al. 1990⁽⁹⁾

Cuadro 4. Composición de las dietas para pollos de engorda.

INGREDIENTE Kg/Ton	INICIADOR DE 0-21 DÍAS	FINALIZACIÓN DE 22-47 DÍAS*
SORGO 9%	566.760	595.037
PASTA DE SOYA 46%	357.680	321.431
ACEITE VEGETAL	28.980	42.764
FOSFATO DE CALCIO	18.080	16.146
CARBONATO DE CALCIO	15.900	13.887
SAL (NaCl)	4.400	3.804
VITAMINAS**	2.000	2.000
MINERALES**	1.000	1.000
DL-METIONINA	2.240	1.882
CLORURO DE COLINA 60%	1.000	0.800
ANTICOCCIDIANO	0.500	0.600
L-TREONINA	-	0.348
BACITRACINA-ZINC	0.10	0.300
TOTAL	1000.00	1000.00
ANÁLISIS CALCULADO		
PROTEINA CRUDA (%)	22.00	20.00
LISINA (%)	1.200	1.053
METIONINA (%)	0.580	0.480
METIONINA + CISTINA (%)	0.900	0.830
FÓSFORO DISPONIBLE (%)	0.500	0.45
CALCIO TOTAL (%)	1.00	0.90
EM (Kcal/Kg)	3000	3100

* Los niveles de 60, 70 y 80 ppm de xantofias amarillas se adicionaron con avelut. ** Vitamina a (12,000,000 UI), Vitamina D3 (2,500,000), Vitamina E (15,000 UI), Vitamina K (2.0g), Vitamina B1 (2.25g), Vitamina B2 (7.5g), Vitamina B6 (3.5g), Vitamina B12 (20 mg), Ac. Pantoténico (12.5g), Ac. Fólico (1.5g), Biotina (125 mg), Niacina (45 g), Hierro (50g), Zinc (50g), Manganeseo (110g), Cobre

Cuadro 5 Resultados obtenidos para parámetros productivos en 47 días de experimentación.

XANTOFILAS	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
1.- 60 ppm	2471	4317	1.76
2.- 70 ppm	2457	4359	1.77
3.- 80 ppm	2455	4328	1.76

Cuadro 6 Resultados obtenidos en 47 días de edad para la pigmentación en la piel en pollos de engorda.

XANTOFILAS	LUMINOSIDAD (L)	ROJOS (a)	AMARILLOS (b)*
1.- 60 ppm	70.49 a	4.38 a	39.18b
2.- 70 ppm	71.22 a	4.51 a	41.64 ab
3.- 80 ppm	69.80 a	4.87 a	44.76 a

Valores con distinta letra en columna son diferentes ($P < 0.05$).