



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Evaluación del color en pollo amarillo tipo broiler

Colour evaluation in yellow broiler

Autor/es

Javier Pérez Noriega

Director/es

María del Mar Campo Arribas

Leticia Mur Palús

Facultad de Veterinaria

2020

1. Índice

1. Índice	1
2. Resumen	2
Summary	2
3. Introducción	3
Sector avícola en la actualidad	3
Calidad de carne: color.	7
Medición del color.....	8
Factores que afectan al color.....	9
Pigmentación en pollo Broiler	11
4. Justificación y objetivos.....	13
5. Metodología.....	14
Descripción de los pigmentos	16
6. Resultados y discusión.....	18
7. Conclusiones	25
Conclusions	26
8. Valoración personal.....	27
9. Bibliografía.....	29

2. Resumen

En este estudio se han valorado tres estrategias de pigmentación con productos diferentes aportados en el pienso, evaluando el color obtenido en pollos broiler. Los productos utilizados han sido: Dos fuentes de xantofilas amarillas naturales (Capsantal y Colortek) y otra sintética de carotenoides protegidos apo-éster-carotenoico (Carophyll). Se ha valorado el efecto que tiene la edad, el sexo y el tipo de dieta sobre la expresión de color valorado en dos localizaciones del animal: bajo ala y en la zona tarsotibial. Los resultados han concluido que el color varía a lo largo de la crianza, aumentando la deposición de color a medida que los animales crecen. Dicha deposición se realiza de forma diferente para los efectos estudiados. Además, ha habido diferencia de color en función de las diferentes dietas ya que los animales alimentados con xantófilas naturales han expresado un color más anaranjado que los animales alimentados con xantófilas sintéticas. Por contra, los animales que han consumido en su dieta apo-éster, han obtenido un color más amarillo. No obstante, se ha demostrado que el sexo tiene un efecto significativo en la expresión de color, sobre todo en animales jóvenes, debido a la precocidad en su desarrollo por parte de las hembras.

Summary

In this study, three pigmentation strategies have been evaluated with different products provided in the feed, evaluating the color obtained in broiler chickens. The products used were: Two sources of natural yellow xanthophylls (Capsantal and Colortek) and another synthetic source of apo-ester-carotenoic protected carotenoids (Carophyll). The effect of age, sex and type of diet on the expression of color was valued in two locations of the animal: under wing and in the tarsotibial area. The results have concluded that the color varies throughout the chicken hatchery, increasing the color deposition as the animals grow. This color deposition is carried out differently for the effects that have been studied. Furthermore, there has been a color difference depending on the different diets because of the animals fed with natural xanthophylls have expressed a more orange color than the animals fed with synthetic xanthophylls. In contrast, the animals that have consumed apo-ester in their diet have obtained a more yellow color. However, it has been shown that sex has a significant effect on the expression of color, especially in young animals, due to the early development of females.

3. Introducción

Sector avícola en la actualidad

Durante la década de los 60, se inició el desarrollo de la avicultura industrial en España, un sector que despegó debido al aumento de consumo de carne de pollo en aquellos años. Concretamente, el consumo medio de carne de pollo por español pasó de 2,65 kg por persona en 1961 a 14,74 kg en 1970. En 2019 la media del consumo español fue de 14 kg por persona (Valdivieso, M. 2016). Hoy en día, la avicultura de engorde en España, se produce bajo sistemas integrados.

La carne de ave es una de las carnes con mayor crecimiento a nivel mundial, junto con la de porcino. Además, la tendencia es favorable para el sector, debido principalmente al aumento de consumo por países en vías de desarrollo. En España la mayor parte de la producción de carne de pollo se concentra en Cataluña con un 28,7% de la producción nacional total, seguido de la Comunidad Valenciana con un 16,9%, Andalucía con un 15,8% y Galicia, con un 13,1%. La producción de pavo es de gran importancia también para el sector avícola debido al repunte que ha tenido estos últimos años llegando a alcanzar una media de 236.000 Tn en el año 2019. En el año 2019, se sacrificaron un total de 817.321.000 aves (aumento del +2,21% respecto 2018), mientras que las toneladas totales fueron 1.705.190 (lo que supone un ascenso del 4,19% respecto al año 2018) (MAPA, 2020).

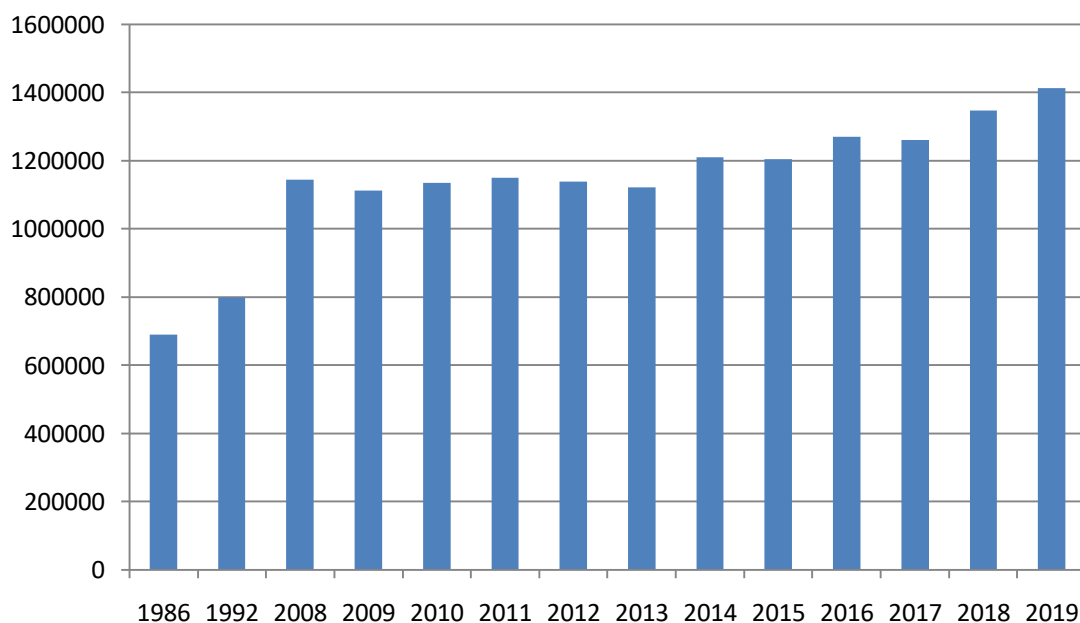


Figura1. Evolución de la producción de carne de ave tipo Broiler en España (Tn/año) (MAPA, 2020)

En cuanto a nivel europeo se refiere, España es el segundo productor de carne de pollo con un 12,3%, superándola solo por Polonia. A nivel mundial, el principal país productor de carne de pollo es Estados Unidos pero no el más importante, debido a que Brasil siendo el tercer país productor a nivel global, es el país que más exporta. La Unión Europea se sitúa en el cuarto puesto en cuanto a producción de carne se refiere(MAPA,2020).

- En el año 2019, se sacrificaron 629,93 millones de pollos, produciendo un total de 1,15 millones de toneladas de carne. El 82,4% de los pollos sacrificados, fueron procesados por apenas 10 empresas integradoras. Por lo que se trata de empresas muy potentes con una gran concentración de mercado. El 51,47% de la producción española de pollo pertenece a las empresas Vall Companys, SADA, Uvesa y Avinatur. Además, destaca la producción de tipo más "natural", que según Propollo, representa actualmente un 3,7% de la producción total. El precio del pollo a la salida del matadero durante el 2019 se situó en 1,54€/kg, 11 céntimos por debajo que en el año 2018(Antelo,A.B. 2020).

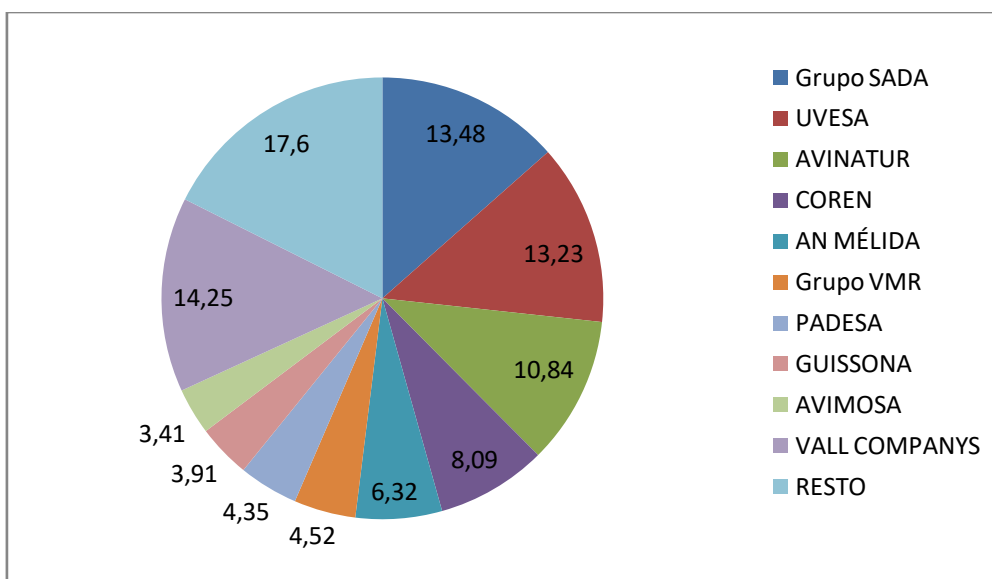


Figura2. Cuotas de mercado (%) de carne por volumen de sacrificio(Alimarket,2020)

La tendencia del sector es hacer de la avicultura un sistema de producción sostenible a nivel económico, social y medioambiental. Existe una preocupación social por el medio ambiente, que pone en el punto de mira a la ganadería intensiva, por lo que en muchas ocasiones se ha debatido la viabilidad y la sostenibilidad de la avicultura como actividad ganadera. Por ello, la avicultura se ha ido adaptando a las nuevas normativas de bienestar animal incluso creando certificados que aseguren las condiciones de vida de los animales.

Además el futuro del sector es favorable, ya que el sector porcino se está viendo azotado por la PPA(peste porcina africana) por lo que se prevé un aumento de la producción de carne de pollo en los próximos años(Dirk Mulder,N.2020).

Hoy en día, vivimos en una sociedad en la que cada vez dedicamos menos tiempo a comer, y cocinar, por ello, el aumento de consumo de productos procesados es una realidad irrefutable. Por eso, en estos últimos años, gran parte de la ganadería se ha dedicado a producir kilos de carne, manteniendo al margen la calidad y sostenibilidad del producto. En consecuencia, se han generado varias corrientes que apuestan por la sostenibilidad del alimento, bienestar animal y garantía de calidad. Prueba de ello, en esta última década se han creado movimientos que impulsan dicha iniciativa, como el "slow food". Dicho movimiento se basa en conocer la materia prima, el modo de su cocinado y valorar la calidad del producto. Esto ha dado pie a la subida del precio de ciertos alimentos a los que se les atribuye mayor calidad, como los productos ecológicos, productos con denominación de origen, etc.

En cuanto al pollo se refiere, se ha establecido un mercado alrededor de esta nueva tendencia, pues actualmente, se pueden clasificar en base al producto final: broiler blanco, broiler amarillo, pollo certificado, pollo de corral y pollo ecológico.

- Broiler blanco se trata de un pollo de crecimiento rápido, alimentado a base de pienso, que se sacrifica con 6 semanas de edad. El espacio en granja oscila entre 33 y 42 kg/m².
- Broiler amarillo. De misma velocidad de crecimiento de que el broiler blanco, pero con la diferencia que a este se le añade pigmentos en el pienso para la expresión de color. El espacio en granja es igual que el anterior.
- Pollo certificado. Es una estirpe de pollo de crecimiento lento, cuya alimentación es 100% vegetal y el sacrificio se produce alrededor de los 56 días de edad.
- Pollo campero. Se trata de estirpes de crecimiento lento, cuya alimentación se basa en pienso compuesto o cereales. El sacrificio se lleva a cabo a como mínimo a los 56 días de edad. Dentro del pollo campero existen las siguientes denominaciones con sus características particulares(Tabla 1).
- Pollo ecológico. La principal diferencia de este tipo de pollo, es su alimentación, pues como denomina su nombre, todo el pienso empleado debe de ser de producción ecológica, por lo que encarece el precio del producto final(Gonzalez,E. 2013).

Una de las diferencias que el consumidor puede apreciar visualmente a la hora de comprar la canal, es precisamente el color que presenta. Actualmente, existen corrientes que aseguran que el pollo amarillo tiene mejores propiedades culinarias que el pollo blanco, aunque no existen estudios que demuestren las diferencias organolépticas entre una canal amarilla y una canal de pollo blanco desde el punto de vista organoléptico. Tradicionalmente, en muchos municipios españoles se alimentaba a las aves de corral con cereales de cosecha propia como el maíz, adquiriendo así un color amarillento en la canal. Este factor ha sido utilizado por las empresas para etiquetar a las canales amarillas como "canales rústicas o de corral". Afirmaciones que incrementan el precio del producto a cambio de ofrecer un pollo de las mismas características, variando únicamente el color. Aun así, en estas últimas décadas, la tendencia de consumo de pollo amarillo ha ido aumentando. De ahí ha surgido la necesidad de estudiar la influencia de los diferentes pigmentos aplicados en el pienso en el color final de la canal del pollo.

Tabla1. Resumen de las características del pollo campero(EC543/2008 Y EC1308/2013)

	Edad Mínima al sacrificio	Espacio granja en	Espacio al aire libre	Tipo de alimento	Estirpe
Extensivo en interior	56 días	Máximo 25 kg/kg	No es necesario	Normal	Normal
Campero	56 días	Máximo 27,5 kg/m ²	1 m ² /pollo, con acceso durante el día al menos la mitad de su vida	Mín. 70% de cereales en engorde	Normal
Campero tradicional	81 días	Máximo 25 kg/m ² Granja máx 1600 m ² y máx. 4800 pollos	2 m ² de por pollo con acceso durante el día, desde las 6 semanas	Mín. 70% de cereales en engorde	Reconocida de crecimiento lento
Campero criado en libertad	81 días	Máximo 25 kg/m ² . Granja 1600 m ² de superficie y máx. 4800 pollos	3 m ² /pollo con acceso ilimitado	Mín. 70% de cereales en engorde	Reconocida de crecimiento lento

Calidad de carne: color.

La calidad de carne se cataloga, según la FAO(Organización de Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura) en función de su calidad composicional (coeficiente magro-graso) y de factores de palatabilidad tales como su aspecto, olor, firmeza, jugosidad, ternura y sabor (FAO,2014). Respecto del punto de vista del consumidor, podemos considerar 7 aspectos en la calidad de la carne:

- Calidad higiénico sanitaria: Los alimentos destinados al consumo humano no deben de suponer ningún peligro para el consumidor. Los peligros más frecuentes que son capaces de alterar la carne son bacterias, parásitos y residuos.
- Calidad nutricional: que la carne, debido a los nutrientes que tiene, cumpla con diversas funciones del organismo.
- Calidad de servicio: Está relacionada con la aptitud culinaria, disponibilidad y precio del producto.
- Calidad subjetiva: Está ligada a la opinión de la gente frente a un producto. Es decir, la imagen que la sociedad tenga sobre un producto. Para ello existen diversas certificaciones(Label, ecológico) que ayudan a mejorar la imagen de un producto y a promocionarlo.
- Calidad funcional o tecnológica: Está relacionada con la aptitud de la carne para el proceso de transformación y conservación.
- Calidad sensorial: Depende de lo que percibimos a través de los sentidos en el momento de la compra o de comer el producto. Esto influye en nuestros gustos personales. Entre ellos, se caracteriza el eje central de este trabajo, el color como calidad de carne.

El primer aspecto de la carne en el momento de la compra se percibe mediante el sentido de la vista, por lo que el color tiene un papel fundamental. No nos podemos olvidar que el color es un factor subjetivo y que dependerá de cada consumidor, influenciado principalmente por la sociedad en la que convive y por la comparación del color con productos de la misma gama. Aun así, existen aparatos de medición, como el espectrocolorímetro, que permiten valorar de forma objetiva el color en la carne. Además de indicar el grado de frescura, el color puede indicar muchas veces si el producto es apto o no para el consumo, pero otras veces son simples diferencias que no alteran las propiedades organolépticas del mismo. Por ello, es necesario conocer perfectamente las preferencias del consumidor, para elaborar un producto acorde con las necesidades creadas. En las aves de puesta, existe una escala denominada

Escala Roche donde el productor puede elegir el color de yema que quiere en los huevos y así, formular un pienso específico para las ponedoras. En pollos de engorde, por contra, existen escalas que indican los diferentes tipos de color en la canal, pero no hay ninguna escala que relacione el color del ave con la concentración de pigmento que se debe aplicar en el pienso. Además, en el caso de la carne, existen muchos factores que influyen en la expresión de color en el animal, por lo que resulta más difícil estandarizar los colores para elaborar dichas escalas. Por ello, las diferentes empresas dedicadas al sector del pollo de engorde, están realizando múltiples estudios para tratar de predecir de forma exacta el color de la canal. Por ello, se ha creado este estudio, que intentará arrojar información al sector y, por lo tanto, resolver cuestiones específicas del color.

Medición del color

Como hemos citado anteriormente, el instrumento más utilizado para la medición del color en las canales, es el espectrocolorímetro. Dicho instrumento se basa en iluminar la muestra con una luz determinada (en este estudio se ha utilizado el iluminante D65) y analizar mediante unos fotoreceptores, las ondas de longitud corta que la muestra refleja.

El método CIEL*a*b* (Commission Internationale d' Eclairage L*a*b*) es uno de los métodos más populares para la evaluación de color. Este método clasifica los colores basándose en el principio de que un color no puede ser azul y amarillo a la vez, ni tampoco rojo ni verde al mismo tiempo. Este espacio de color es ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color con la percepción visual humana. (Talens, P 2017). Este método establece 3 parámetros de medición:

- L*: Indica la luminosidad, en el que 0 indica el color negro y el 100 el color blanco.
- a*: Indica el grado de diferencia entre el color rojo y verde, que varía entre -60 y 60. Donde los valores negativos corresponden al color verde y los valores con tendencia positiva, al color rojo.
- b*: Esta coordenada indica el grado de diferencia entre el azul y el amarillo, que varía entre -60 y 60, siendo los valores negativos los azules y los positivos amarillos (Konica Minolta, s.f.).

Además, en nuestro estudio incluimos otros dos parámetros de color calculados a partir de las coordenadas tricromáticas:

- Chroma: se trata del grado de pureza de un mismo tono y un mismo valor calculándose como $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$. La cromaticidad o Chroma va desde el valor 0, donde

el color es neutro e irá creciendo a medida que el color se acerca a su máxima pureza. No existen un valor máximo, ya que variará en función de cada color(Grlum,s.f).

- Tono: El tono o color viene dado por la longitud de onda electromagnética que percibimos. Se calcula realizando la arcotangente de (b^*/a^*) expresada en radianes. Los colores principales se pueden expresar en un círculo, siendo 0° y 360° el rojo. Cada 120° se expresan los colores primarios y de forma intermedia se expresan los colores secundarios(Cañequé y Sañudo,C. 2005).

Factores que afectan al color

De forma general la carne cruda de pollo puede variar entre blancoazulado a amarillo. Estos colores pueden en función de múltiples factores, tanto externos como internos, que afectan a la expresión de color en los animales. Además, existen factores extrínsecos que influyen en el color de la carne, afectando o no a la inocuidad de la misma. Los más frecuentes son los siguientes.

- El contenido en pigmentos presentes en el animal, el más importante en cuanto a factores intrínsecos se refiere. Éste está relacionado con la especie animal, la edad, el sexo, la raza y el tipo de alimentación. Además, solo se pueden adquirir a través de la alimentación, por lo que los principales factores limitantes son la aportación en el pienso y su absorción a nivel intestinal (Ortega, STJ, Ortiz, MA, Carmona, MM 2012). Por ello, la integridad intestinal y el apetito son factores claves a la hora de la expresión del color(Estévez y Carné, 2018). En caso de que el animal presente algún tipo de proceso parasitario o infeccioso, afectará bien lesionando el intestino de forma directa, o hará que el animal disminuya el plano de alimentación. La genética es importante, ya que no todas las líneas de pollos son eficientes para fijar pigmento en la piel. De hecho, existen líneas genéticas de pollo de engorde que no fijan carotenoides en la piel(Chris Wright, J. L. 2015). También, un manejo inadecuado puede hacer que los animales se estresen y disminuya la cantidad de pienso ingerido. Por ello, los consumidores más escépticos pueden llegar a pensar que una variación en el color de las canales podría asociarse con un animal enfermo, pero como veremos a continuación, esta afirmación está muy lejos de la realidad.

La mioglobina es la proteína responsable del color rojo en la musculatura de los animales. Esta proteína no está presente en la circulación sanguínea pero se fija a las células del tejido adquiriendo un color púrpura en ausencia de oxígeno. Cuando se mezcla con el oxígeno, la carne adquiere un color brillante. Además, la hemoglobina

también forma parte en el color restante. Esta proteína sí que circula en la sangre y se puede encontrar en pequeñas cantidades en los tejidos del animal tras el sacrificio. En animales viejos, la carne será más oscura debido al aumento de concentración de mioglobina a medida que envejece el animal.

Las regiones anatómicas del animal también influyen en la expresión de color. Se ha visto que en las regiones que más ejercitadas están, la carne es más oscura, debido a la mayor cantidad de pigmentos que presenta por la mayor oxigenación de los músculos. Esto implica que, dentro del propio animal, existan músculos con coloraciones diferentes(USDA,2007).

- Las condiciones de los animales durante el período de pre sacrificio y post sacrificio tales como estrés, temperatura, humedad de la cámara, etc. Estos cambios variarán la curva de caída del pH de la carne y, por lo tanto, se modificará el color final. Un pH excesivamente bajo dará lugar a carnes PSE (pálidas, blandas y exudativas) con un color muy claro, mientras que un pH excesivamente alto dará lugar a carnes DFD (oscuras, firmes y secas) con un color más oscuro de lo normal. Además, es importante que, en la fase de escaldado, acto previo al desplume, no se supere la temperatura de 52°C durante 2 minutos, ya que afectará de forma directa al color de las canales. Cuando se supera esa temperatura la cantidad de carotenoides en la piel disminuye(Chris Wright, J. L. 2015).
- El tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización. Los procesos de oxigenación y oxidación afectan al color que percibe el cliente final. Estos procesos evolucionan durante el almacenamiento en presencia del oxígeno, sobre todo, aumentando progresivamente la oxidación favorecida por la presencia de O₂. Las condiciones de congelación también contribuyen al oscurecimiento de las canales. Además, existen problemas derivados de la misma. Por ejemplo, las partes blancas secas presentes en una canal congelada, es propio de una mala congelación, producido bien por un largo tiempo congelada o por un mal sellado de los envases. Esto no afecta a la inocuidad del alimento, pero sí a las características organolépticas del mismo(USDA. 2012).
- El proceso de transformación de la carne de pollo, también influye en el color de la misma. En el caso de la cocción, se ha observado que en animales de entre 6 y 8 semanas de edad tanto los huesos como la carne existente alrededor de los mismos es más oscura. Esto se debe a una escasa calcificación y a una falta de endurecimiento de los huesos que tienen las canales.

Además de los factores anteriormente citados, el tipo de iluminación de los expositores es de especial importancia a la hora de la elección de las piezas de carne por parte del consumidor.

Pigmentación en pollo Broiler

En los principios de la avicultura como actividad ganadera y productiva, los animales se localizaban en sistemas de semipastoreo, siendo variedades más rústicas, donde se alimentaban a base de vegetación local, la cual disponía de un gran porcentaje de carotenoides. Debido a esas condiciones de manejo, los animales adquirirían un color característico, y los que no lo hacían, se les consideraban enfermos. Hace años, para engordar un pollo de 2,4 kg hacía falta 7 kg de pienso. Hoy en día, se consigue el mismo peso con apenas 4,8 kg. Debido a la disminución de la cantidad de alimento ingerido, por la intensificación del sector (mejora de las estirpes, principalmente), los pollos no tienen acceso a pigmentos naturales, por lo que se hace imprescindible su aplicación en el pienso (Chris Wright, J. L. 2015).

Uno de los principales pigmentos más utilizados en el pienso en avicultura moderna son los carotenoides. Los carotenoides son una familia perteneciente a los compuestos terpénicos que, debido a su estructura química, son capaces de absorber de forma selectiva gran parte del espectro de luz visible. Debido a su condición de antioxidantes liposolubles, se almacenan principalmente en el hígado (Karadas, F., Erdoğan, S., Kor, D., Oto, G., y Uluman, M 2016). Estos se dividen por un lado en carotenos, como son los α -carotenos y β -carotenos y, por otro lado, las xantófilas como la criptoxantina, zeaxantina y luteína. Las xantófilas no son precursoras de la vitamina A como los carotenos, pero son pigmentantes (Hernández Gómez, M. 2018). Estos pigmentos no solo forman parte en el color de piel y músculo del animal, también tienen función antioxidante, así como de potenciador del sistema inmunitario pasivo del animal. Se dividen en dos grupos, en función del color que presentan en su forma natural: xantófilas rojas (capsantina) y xantófilas amarillas (luteína y zeaxantina). Las xantófilas en su forma natural se encuentran en forma de ésteres de ácidos grasos. Una vez ingeridas, se disuelven en la fase lipídica de la dieta y acto seguido, son solubilizadas en micelas formadas por ácidos biliares, fosfolípidos, colesterol, ácidos grasos y monoglicéridos. Esto se consigue mediante el proceso de saponificación y se lleva a cabo en la parte superior del intestino delgado, mediante las enzimas presentes en la bilis. Esto hace que sea más fácil su absorción por parte de los enterocitos. Una vez absorbidos, son transportados por la sangre hasta su destino final (tejido subcutáneo, tejido adiposo, tarsos, piel), donde son almacenados por saturación. La proporción de xantófilas en la dieta influye directamente en la biodisponibilidad de las mismas

y depende principalmente de las características de la dieta y del tipo de xantófilas en cuestión(Kotake-Nara, E., y Nagao, A, 2011).

Además, la capacidad de pigmentación, está directamente relacionada con la afinidad específica que tiene cada carotenoide por depositarse en un tejido determinado (Pérez-Vendrell, A. M., Hernández, J. M., Llauradó, L., Schierle, J., & Brufau, J. 2001). Debido al alto crecimiento y aumento de peso del broiler, los pigmentos se ingieren cuando los animales no tienen el intestino completamente desarrollado, por lo que se hace necesario que las xantófilas se administren en su forma libre. Para ello, se realiza un proceso de digestión en la fabricación de los pigmentos, donde ocurre una digestión mediante saponificación o hidrólisis alcalina. Los niveles de consumo de xantófilas totales por ave van desde los 250 a 500 mg, administrados generalmente durante las últimas semanas de edad(4,5 semanas) (Hernández Gómez, M. 2018). Aun así, cada empresa tiene sus requerimientos en función del mercado de destino.

4. Justificación y objetivos

Como ya se ha comentado, el sector del pollo amarillo se encuentra en pleno crecimiento, por lo que el sector está invirtiendo en estudiar este tipo de pollo debido a su alta demanda. Este trabajo se ha creado a partir de la necesidad de conocer el comportamiento de los productos pigmentantes en el color de los pollos. Actualmente, existen muy pocos trabajos que demuestren la relación de los tipos y concentración de pigmentos con el color de los animales. Aun así, tanto la medición como los métodos de estudio de color son muy parecidas a otras especies animales, por lo que el punto de partida es común para la mayoría de ellas. A diferencia de otras especies, el pollo tradicionalmente ha tenido un color diferente al broiler blanco que existe actualmente. Además de la diferencia en el tipo de pollo, existía una diferencia en la alimentación del mismo. Por eso, existe la atribución de mayor calidad organoléptica al pollo amarillo. Una de las cuestiones más discutidas en el sector del pollo de engorde, es la formulación del pienso para la obtención del color de pollo establecido por la empresa. De ahí que se tenga la necesidad de estudiar la expresión de color en los animales en función de dietas con tipos y concentración de pigmentos diferentes.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con este trabajo consisten principalmente en:

- Analizar las diferencias en la expresión del color en los animales dependiendo del producto pigmentante consumido, en dos zonas anatómicas. Interpretar los resultados y tratar de identificar el causante de las diferencias en el color.
- Evaluar el efecto del sexo en la expresión de color.
- Valorar la evolución de color a lo largo de la vida de los animales.

5. Metodología

El presente proyecto se ha realizado con la aprobación de la Comisión ética asesora para la experimentación animal PD19/20. El estudio se ha realizado en una granja experimental perteneciente a la empresa UVESA® situada en Tudela, con una crianza comercial. Los animales objeto de estudio son de tipo broiler, concretamente de la estirpe Ross 308®. Durante todas las fases de la crianza, todos los lotes de animales se situaron en la misma nave y tuvieron las mismas condiciones ambientales. Los animales se dividieron en 36 corrales con 60 animales cada uno, la mitad de los corrales machos y la mitad hembras, alternados entre sí a lo largo de la nave. A cada corral se le administró la misma dieta de arranque, pero a partir del día 14, se diferenciaron 3 dietas, cada una suplementada con un producto diferente (Capsantal, Carophyll, Colortek). La composición nutricional y de ingredientes de las dietas se muestran en las Tablas 1 y 2, respectivamente. Al llegar a 41 días de edad, los animales se transportaron al matadero de Uvesa® situado en el polígono industrial Montes del Cierzo, en las inmediaciones de Tudela, con un trayecto de menos de 30 min, sacrificándose en condiciones comerciales con aturdimiento con gas.

Tabla 1. Composición bromatológica de los principales nutrientes de las dietas

	Arranque	Crecimiento		
		Capsantal	Carophyll	Colortek
EMAn kcal/kg	2979,4	3099,4	3099,4	3099,4
PB %	23,7	18,7	18,7	18,7
PD %	20,5	15,9	15,9	15,9
FND %	10,9	9,5	9,6	9,6
Almidón %	32,3	40,7	40,9	40,8
EE %	4,4	5,0	4,9	4,9

EMAn: Energía Metabolizable Aparente corregida por nitrógeno.

PB: Proteína Bruta.

PD: Proteína Digestible.

FND: Fibra Neutra Detergente.

EE: Extracto Etéreo.

Tabla 2. Composición en ingredientes(%) y en dosis pigmentantes(ppm) de las dietas

	Arranque	Crecimiento		
		Capsantal	Colortek	Carophyll
Maíz	15	29,99	29,99	29,99
Harina de soja 47	29,9	26,97	26,97	26,91
Trigo	24,39	25	25	25
Cebada	14,55	11,56	11,78	11,85
Soja extrusionada	6	0	0	0
Harina de girasol 34	3	0	0	0
Aceite de soja	1,5	0	0	0
Corrector vit-mineral	0,5	0,5	0,5	0,5
Concentrado proteico	2,26	0	0	0
Grasa 3-5ª	0	2,90	2,83	2,81
Fosfato bicálcico	0,94	1,06	1,06	1,06
Colortek	0,34	0	0,68	0
Carbonato cálcico	0,42	0,72	0,11	0,42
Metionina hidroxil Sal cálcica	0,45	0,36	0,36	0,36
Carophyll	0	0	0	0,34
L-Lisina Polvo	0,27	0,24	0,24	0,25
Sal	0,17	0,22	0,22	0,22
Capsantal	0	0,17	0	0
Bicarbonato sódico	0,10	0,13	0,13	0,14
Treonina	0,13	0,10	0,10	0,10
Carophyll Rojo	0	0,08	0,08	0,08
Dosis pigmentantes añadidas (ppm)				
Xantófilas amarillas	34	68	34	68
Xantófilas rojas	0	4	4	4

Para la medición del color, se escogió a 5 animales de cada corral de forma aleatoria y se les valoró el color por espectrocolorimetría en vivo a los días 14 y 27 de crecimiento, en la propia granja. Previamente se calibraba el aparato en vacío, es decir, sin ninguna muestra delante del aparato para el patrón negro, y con un patrón blanco. Una vez calibrado, se procedía a la toma de datos. Para ello, se apartaban las plumas del animal, y con el espectrocolorímetro pegado a la piel, se mantenía pulsado el gatillo hasta que el aparato lanzase el haz de luz y obtuviese los resultados. Además, se midió en el momento del sacrificio, sobre la canal a los 41 días, en las instalaciones propias del matadero de Uvesa®. Para la medición de color se usó el espectrofotómetro de marca Konica Minolta® modelo CM-600d. El iluminante utilizado fue el D65 (el cual describe las condiciones de iluminación de un mediodía en Europa Occidental), el observador 10°C y las variables objeto de estudio fueron L*, a*, b*, Chroma y Tono pertenecientes al espacio de color CIE-L*a*b*. Los datos se almacenaron en el propio aparato y acto seguido, se exportaron a un ordenador, los cuales se trasladaron posteriormente a una tabla Excel.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa informático SPSS® 26.0. Este programa pertenece a la empresa IBM® desarrollado en la plataforma Java. Este programa permite manejar grandes volúmenes de datos y realizar estadísticos descriptivos.

Primeramente, los datos se segmentaron por localización (bajo ala o tibiotarsal). Se aplicó un análisis de varianza a través de un Modelo Lineal General con el sexo, la dieta y el momento de la medida, como efectos fijos. Debido a la gran cantidad de interacciones significativas con el momento de medida, se segmentó el análisis para cada punto de medida, incluyéndose los efectos del sexo y la dieta, junto con sus interacciones, en el modelo para cada momento y localización. Las diferencias entre medias se valoraron mediante la prueba de rango múltiple (Duncan). Esta prueba post hoc identifica subconjuntos homogéneos de medias que no se diferencian entre sí. Para diferenciar la hipótesis nula de la hipótesis alternativa, se emplearon pruebas multivariante para las diferentes variables.

Descripción de los pigmentos

Los tres productos que se han testado en el ensayo, han sido Capsantal, Carophyll y Colortek.

En el pienso de arranque se incluyó una base de pigmentante amarillo para todos los animales, 34ppm de xantófilas amarillas, procedente del mismo origen, de producto Colortek.

Los tres piensos de crecimiento tenían una aportación de xantofila roja sintética, cuyo principio activo era cantaxantina, con una concentración de 4ppm, comercializada bajo el nombre de Carophyll Red .

CAROPHYLL RED es un colorante sintético, cuyo principal compuesto es la cantaxantina, carotenoide perteneciente a la familia de las xantófilas. Este pigmento se aisló por primera vez en el hongo *Cantharellus cinnabarinus*, de donde proviene el nombre. La cantaxantina contiene por dos grupos carbonilos, uno en cada anillo, conjugados con los dobles enlaces c=c. Su uso como pigmentante se centra en promover el factor rojo en los animales (Jáuregui, M. E. C., De La Concepción Calvo Carrillo, M., y Romo, F. P. G. 2011).

CAPSANTAL YELLOW, está formado por una xantófila amarilla, principalmente luteína, obtenida a partir de la flor de Marigold (*Tagetes erecta*). Se encuentra en un elevado porcentaje de isómeros trans, estabilizados, homogeneizados y saponificados. Estos procesos hacen que la absorción sea óptima por parte del intestino y se aumente la eficiencia de deposición en los tejidos (Itpsa 2018).

CAROPHYLL YELLOW 10% es un colorante compuesto por xantófilas sintéticas, 10% de cantaxantina apo-ester. Contiene etoxiquina y ácido ascórbico como antioxidantes.(RNT,2019).

El COLORTEK® Yellow B. Está compuesto de xantófilas amarillas(luteína y zeaxantina) naturales al 10%(Castillo M. , Cousine Celine ,Peris S. y Alleno C. 2019).La luteína, se encuentra presente en diversos vegetales, pero el color está enmascarado con la clorofila. De forma generalizada, la luteína se extrae a partir de las flores de "Clavelón de la India" o "Flor de Marigold" *Tagetes Erecta*, debido a la alta concentración de luteína en las flores. Posee dos grupos hidroxilo, pero en el pienso, se encuentra en forma no esterificada. La zeaxantina, se encuentra en gran parte de los vegetales, acompañando a otros carotenoides. Este carotenoide está en altas concentraciones en el maíz(*Zea mays*), de ahí el nombre de la sustancia. Cabe destacar que tanto la luteína como la zeaxantina son sustancias liposolubles, y no son precursores de la vitamina A, ya que no se convierten en retinol (Reardon, J. W. 2018). Además, ambos compuestos, en su forma natural, protegen a la planta de las radiaciones ultravioletas del sol y previenen la degradación de la misma, debido a su alto poder antioxidante. Al ser antioxidantes, protegen al organismo de los radicales libres, nocivos para las células.

6.Resultados y discusión

En las Tablas 4 y 5 se muestran la significación de los efectos para las variables estudiadas. Se aprecia que, para la edad, los datos son significativos. Es decir, existe variabilidad en cuanto a fase de la crianza se refiere. Esto se observa en las significaciones obtenidas en la columna edad ($P < 0,001$). Por ello, los datos deben ser segmentados en las tablas posteriores por el efecto edad.

Tabla 4. Significaciones totales de las variables L, a*,b*, Chroma y Tono, en la zona bajo ala, para los efectos sexo (S), dieta (D) y edad (E).

	Sexo	Dieta	Edad	S*D	S*E	E*D	S*D*E
L*	0,91	0,25	<0,001	0,07	0,05	0,37	0,20
a*	0,02	0,04	<0,001	0,30	0,60	0,30	0,02
b*	<0,001	<0,001	<0,001	0,12	0,01	<0,001	0,15
Chroma	<0,001	<0,001	<0,001	0,12	0,02	<0,001	0,13
Tono	0,96	<0,001	<0,001	0,53	0,29	0,28	0,03

Tabla 5. Significaciones totales de las variables L, a*,b*, Chroma y tono, en la zona tibiotarsal para los efectos sexo (S), dieta (D) y edad (E).

	Sexo	Dieta	Edad	S*D	S*E	E*D	S*D*E
L*	<0,001	0,06	<0,001	0,58	0,31	0,47	0,21
a*	0,004	0,251	<0,001	0,84	0,58	0,01	0,58
b*	0,25	<0,001	<0,001	0,17	0,68	<0,001	0,23
Chroma	0,22	<0,001	<0,001	0,18	0,69	<0,001	0,25
Tono	0,003	0,08	<0,001	0,90	0,38	0,01	0,45

Tabla 6. Significaciones y valores medios para cada sexo y dieta a 14 días de edad, en la zona bajo ala

	Sexo		Dieta			ESM ¹	Sexo	Dieta	S*D ³
	Hembra	Macho	Caps ²	Carophyll	Colortek				
L*	62,8	62,9	62,9	62,8	62,9	0,12	0,85	0,98	0,10
a*	2,15a	1,72b	1,800	2,01	2,00	0,07	0,002	0,39	0,26
b*	8,18a	7,56b	8,07	7,56	7,99	0,15	0,05	0,35	0,16
Chroma	8,53a	7,81b	8,32	7,89	8,31	0,15	0,02	0,40	0,25
Tono	74,8	75,9	76,7	74,4	75,0	0,55	0,30	0,20	0,04

(1) Error estándar de la media; (2) Capsantal; (3) Interacción Sexo*Dieta

Como se puede apreciar en la Tabla 6, a los 14 días no se aprecia ningún efecto de la dieta en cuanto al color en la zona bajo ala, puesto que todos los lotes estaban alimentándose con el mismo pienso antes del inicio de la prueba (pienso de arranque), con lo que se confirma que las diferencias que se obtengan a partir de esta fecha lo serán debidas a los cambios en la composición de la alimentación, que es el objetivo de esta prueba. Sin embargo, sí se observa

un efecto significativo del sexo a esta edad en el índice de rojo ($P=0,002$), amarillo ($P=0,047$) y Chroma ($P=0,019$), ya que las hembras muestran mayor a^* , b^* y Ch^* . Dicha coloración está relacionada con la base de xantofilas amarillas naturales que se incluyó en el pienso (34ppm) y la composición en pigmentos que contengan las materias primas de la dieta de manera natural y el hecho de que la mayoría de dichos pigmentos sean liposolubles, y de que las hembras son más precoces que los machos (Vega Palacios, J., Aguirre Rojas, R. 2011), por lo que engrasarán antes. Este aspecto puede ya apreciarse tras solo dos semanas de crecimiento pudiendo ser la responsable de las diferencias de color debidas al sexo.

Tabla 7. Significaciones y valores medios para cada sexo y dieta a 27 días de edad, en la zona bajo ala

	Sexo		Dieta			ESM ¹	Sexo	Dieta	S*D ³
	Hembra	Macho	Caps ²	Carophyll	Colortek				
L*	64,1	63,1	63,5	63,5	63,7	0,27	0,07	0,91	0,450
a*	2,60	2,47	2,5	2,59	2,53	0,11	0,54	0,94	0,73
b*	13,0 a	11,3 b	12,4 b	10,8 c	13,2 a	0,28	<0,001	<0,001	0,86
Chroma	13,3 a	11,6 b	12,7 b	11,2 c	13,5 a	0,29	<0,001	<0,001	0,89
Tono	78,4	77,7	78,5 b	76,2 c	79,4 a	0,45	0,41	0,01	0,61

(1) Error estándar de la media; (2) Capsantal; (3) Interacción Sexo*Dieta

Como se aprecia en la Tabla 7, a los 27 días se empiezan a notar efectos de la dieta en los animales, los cuales llevan 13 días alimentándose con compuestos diferentes. Esto indica que la variación de color entre los lotes, se debe al cambio de alimentación. Ello se refleja en el color amarillo ($P<0,001$), en el Chroma ($P>0,001$) y en el tono ($P=0,01$). Además, sigue existiendo diferencia entre sexos en los parámetros de amarillo (b^*) y Chroma, siendo las hembras las que han obtenido los valores más altos (a). En cuanto a las dietas, Colortek ha sido el producto que más índice de b^* , Chroma y Tono ha producido seguido de Capsantal y, por último, Carophyll. A diferencia de la medición anterior, a día 27 no existen resultados significativos para el índice de rojo (a^*).

Tabla 8. Significaciones y valores medios de sexo y dieta a 41 días de edad, en la zona bajo ala

	Sexo		Dieta			ESM ¹	Sexo	Dieta	S*D ³
	Hembra	Macho	Caps ²	Carophyll	Colortek				
L*	64,1	63,1	63,6	63,5	63,7	0,30	0,18	0,72	0,93
a*	2,60	2,47	2,50	2,59	2,53	0,16	0,31	0,06	0,04
b*	13,0a	11,3b	12,4b	10,8c	13,2a	0,57	<0,001	<0,001	0,16
Ch*	13,3a	11,6b	12,7b	11,2c	13,5a	0,58	<0,001	<0,001	0,14
Tono	78,4	77,7	78,5b	76,2c	79,4a	0,25	0,46	<0,001	0,05

(1) Error estándar de la media; (2) Capsantal; (3) Interacción Sexo*Dieta

A los 41 días de edad, se observa que el efecto de la dieta se hace más significativo (Tabla 8). Es decir, debido a la mayor cantidad de pigmento ingerido, la variación de color es más acusada entre los diferentes lotes de animales, principalmente en las variables índice de amarillo, Chroma y Tono. Aunque la dieta también tiene una cantidad constante de 4ppm de cantaxantina para incrementar el color rojo, las dietas varían fundamentalmente en los pigmentos amarillos, por lo que el índice b* es la principal variable que se modifica. Los animales concentran más el color a medida que van ingiriendo más cantidad de pigmento. La diferencia entre sexos en las variables b* y Chroma y Tono resulta ser significativa, siendo las hembras las que obtienen valores mayores. En cuanto a las dietas, los valores más altos del índice de amarillo (b*) y Chroma corresponden a Colortek, seguido de Capsantal, finalizando con Carophyll. En cuanto al sexo, se puede observar que a medida que evoluciona la crianza, los índices de color que resultan ser significativos cambian. Esto puede ser debido a que las curvas de deposición de color de hembras y machos se acercan y los machos empiezan a depositar más pigmento, o por el mayor consumo de pienso y por tanto de pigmento.

Tabla 9. Significaciones y valores medios de sexo y dieta a 14 días de edad, en la zona tibiotarsal

	Sexo		Dieta			ESM ¹	Sexo	Dieta	S*D ³
	Hembra	Macho	Caps ²	Carophyll	Colortek				
L*	67,5b	69,2a	67,9	68,8	68,3	0,27	<0,001	0,32	0,41
a*	3,50a	3,02b	3,42	3,26	3,10	0,10	0,02	0,42	0,45
b*	21,9	21,9	22,1	22,6	21,0	0,35	0,99	0,18	0,27
Chroma	22,2	22,1	22,4	22,8	21,3	0,35	0,94	0,18	0,27
Tono	80,9b	82,0a	81,0	81,8	81,6	0,23	0,01	0,39	0,57

(1) Error estándar de la media; (2) Capsantal; (3) Interacción Sexo*Dieta

Las medias obtenidas en la localización tibiotarsal son más altas que las obtenidas en la localización bajo ala, para todas las variables (Tabla 9). Como hemos citado anteriormente, esta diferencia de color se debe principalmente a que en el pollo broiler, las patas están más ejercitadas que las alas, por lo que explica que el color de la articulación tibiotarsal sea más oscuro. A los 14 días se observan diferencias entre sexos en las variables L*, a* y Tono para el efecto sexo. En machos las variables L* y Tono son superiores que en hembras. Por contra, en hembras, el índice a* se incrementa antes en hembras que en machos. A diferencia de la localización bajo ala, en la tibiotarsal los machos pigmentan antes que las hembras para las variables L* y Tono.

Tabla 10. Significaciones y valores medios de sexo y dieta a 27 días de edad, tarsotibial

	Sexo		Dieta			ESM ¹	Sexo	Dieta	S*D ³
	Hembra	Macho	Caps ²	Carophyll	Colortek				
L*	72,7	73,4	73,3	73,3	72,5	0,23	0,12	0,28	0,10
a*	6,01	5,70	5,68	5,62	5,82	0,18	0,39	0,71	0,49
b*	33,0	32,1	33,6	30,9	33,2	0,70	0,52	0,25	0,51
Chroma	33,6	32,7	34,1	31,6	33,7	0,71	0,51	0,29	0,50
Tono	79,9	80,2b	80,5a	79,1c	80,3b	0,20	0,20	0,01	0,64

(1) Error estándar de la media; (2) Capsantina; (3) Interacción Sexo*Dieta

A los 27 días (Tabla 10), en la zona tarsotibial no se observan diferencias significativas entre sexos. En el índice de tono para el efecto dieta, existe resultado significativo, siendo el valor superior para Capsantal, seguido de Colortek y Carophyll. La explicación de que apenas se observen resultados significativos para sexo y dieta, puede basarse en que la deposición de color se produce de forma más lenta en esta localización. Es decir, tanto el efecto dieta como el efecto sexo no son notables a día 27. Además, las curvas de deposición de pigmentos de ambos sexos se igualarían al no ser una zona de especial acúmulo adiposo, por lo que esto explicaría la ausencia de diferencias significativas para la variable sexo, a diferencia del día 14.

Tabla 11. Significaciones y valores medios de sexo y dieta a 41 días de edad, en la zona tibiotarsal

	Sexo		Dieta			ESM ¹	Sexo	Dieta	S*D ³
	Hembra	Macho	Caps ²	Carophyll	Colortek				
L*	69,2b	70,4a	69,75b	70,2a	68,9c	0,17	<0,001	0,02	0,75
a*	10,5a	9,70b	9,82b	9,70c	11,1a	0,19	0,04	0,01	0,70
b*	57,9	56,5	58,8b	51,9c	61,6a	0,63	0,21	0,01	0,03
Ch*	58,9	57,4	59,6b	52,8c	62,6a	0,64	0,19	<0,001	0,04
Tono	79,7	80,2	80,5a	79,5c	79,7b	0,14	0,07	<0,001	0,09

(1) Error estándar de la media; (2) Capsantal; (3) Interacción Sexo*Dieta

Como indica la tabla 11, a los 41 días de edad, observamos una evolución clara respecto a la medición anterior. Existen diferencias en el sexo para las variables L* y a*. En cuanto a las 3 dietas aportadas, se puede afirmar que existen diferencias para todas las variables (L*, a*, b*, Chroma y Tono). Es decir, el aportar dietas con pigmentos diferentes a los animales, tiene una relación directa con el color adquirido por los mismos. Las medias obtenidas en los lotes Colortek para las variables a* (11,1), b* (61,69) y Ch* (62,6), son notablemente más altas que las obtenidas para las dietas Carophyll y Capsantal. Esto indica que los animales alimentados con esta dieta, son más amarillos y con un alto porcentaje de color rojo. Es decir, la apreciación que nosotros realizamos a través de la vista, es que los animales que han consumido dieta con Colortek tienen un color más anaranjado que el resto. Por contra, la dieta Carophyll ha sido la que ha obtenido medias más bajas para los valores a*, b*, Chroma y Tono. Aun así, es la dieta que más índice de luminosidad ha presentado en los animales, seguido de Capsantal y

Colortek. Por ello, los animales alimentados con esta dieta, poseen un amarillo y un factor rojo más débiles que los animales alimentados con las otras dietas. También se observan datos llamativos para la interacción sexo-dieta, concretamente para las variables b^* y Chroma. Ello indica que, para cada sexo, las 3 dietas se comportan de manera diferente, por lo que es el color amarillo el que varía en las distintas interacciones.

Como se ha observado a lo largo de este trabajo, tanto la alimentación administrada a los animales como la propia genética de los mismos influye de forma directa en el color de la piel. Además, los colores varían en función de las distintas regiones anatómicas del animal. En este caso, debido a que las medias obtenidas son más altas en el caso de la zona tibiotarsal que las obtenidas bajo el ala para todos los variables, se puede corroborar la afirmación descrita por autores anteriores que las partes más ejercitadas son las que más pigmentan y por lo tanto adquieren colores más oscuros. Es decir, las aves de engorde, ejercitan más los músculos de las patas que los de las alas, por lo que en nuestro caso, los muslos tienen un naranja más intenso que las alas. Este efecto está más definido por la propia genética (estirpe) del animal que por el manejo. Además, se trata de un efecto fijo que es independiente a las dietas administradas.

Debido a las significaciones obtenidas para la variable edad de los animales ($P < 0,001$), podemos afirmar que el efecto edad es significativo. A medida que los animales se van desarrollando, las medias obtenidas van creciendo. Esto lo podemos explicar por el efecto acumulativo que tienen los pigmentos en los animales y además por el mayor desarrollo de los órganos internos del pollo, principalmente del intestino delgado, donde se transforman y se absorben los pigmentos administrados en el pienso. Para explicar este suceso, se ha elaborado como ejemplo dos gráficas que describen los parámetros de color a^* y b^* a lo largo de la crianza en machos y en hembras medidos en la zona tibiotarsal.

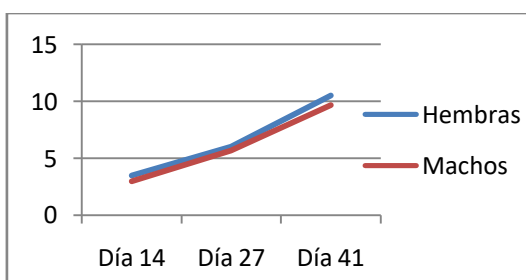


Figura 3. Evolución de a^* para sexos, tibiotarsal

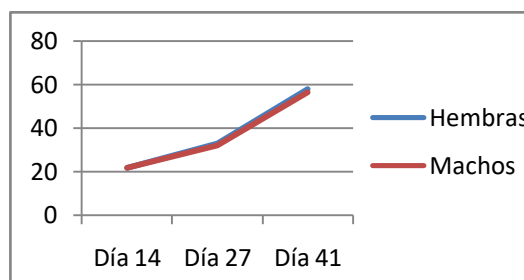


Figura 4. Evolución de b^* para sexos, tibiotarsal

Como se puede apreciar en las Figuras 3 y 4, los valores correspondientes a^* y b^* crecen siguiendo la evolución de la crianza. La deposición de color tanto en machos como en hembras

se produce de forma muy similar. No ocurre lo mismo entre índices a^* y b^* , pues el índice a^* se deposita de forma homogénea durante la crianza, pero el índice de amarillo (b^*) se deposita menos en la primera mitad de la crianza y más pigmento en la segunda mitad, entre los días 27 y 41.

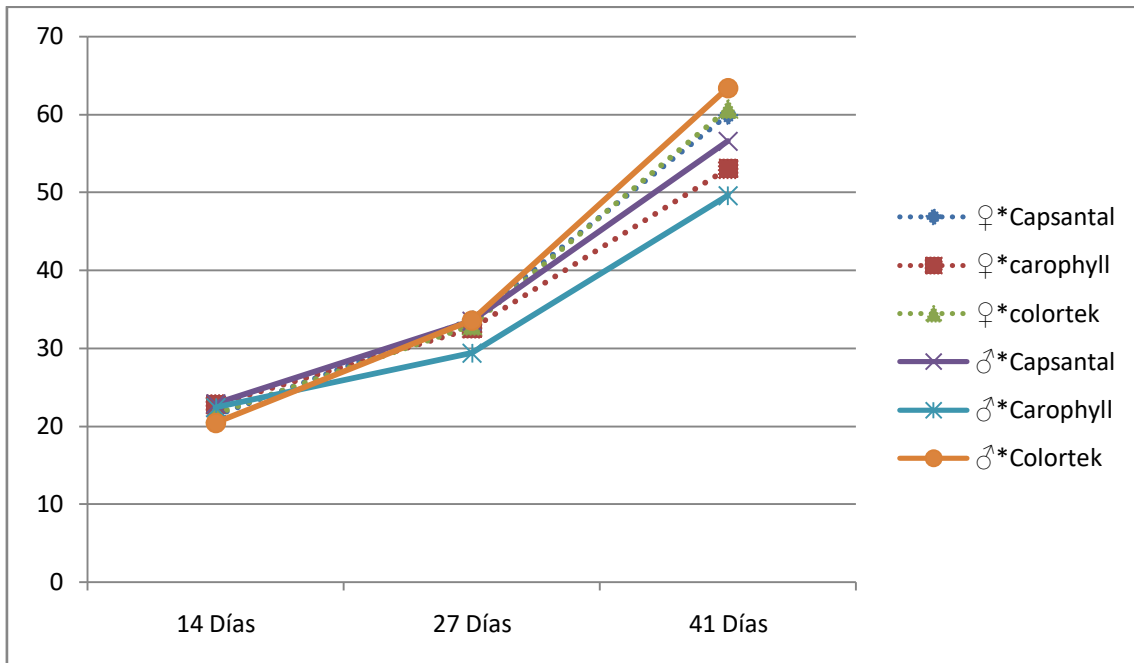


Figura 5. Evolución del índice b^* para sexo-dieta, tibiotarso

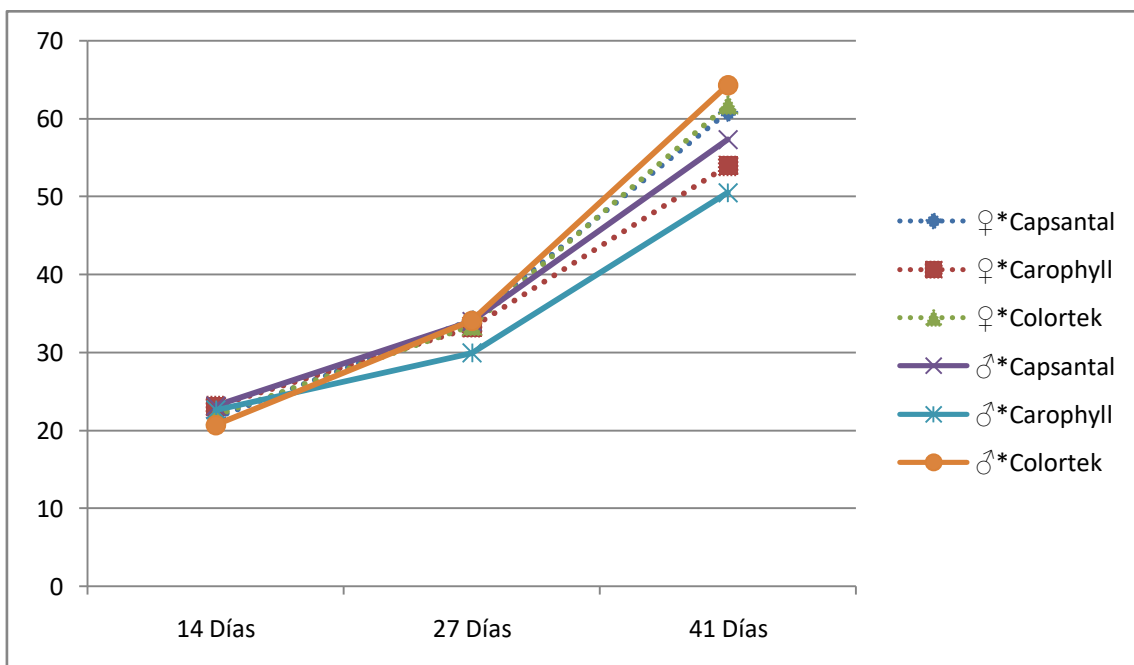


Figura 6. Evolución de Chroma para sexo-dieta, tibiotarso

Debido a la diferencia de pendientes obtenidas en las gráficas anteriores(Figura 5 y 6), podemos afirmar que existe interacción entre sexo y dieta. Como se aprecia en las dos gráficas, la interacción se comporta de forma muy similar en el tiempo para las dos variables (b^* y chroma). La interacción más acusada es macho*colortek siendo la menor para macho*carophyll. Además, se puede observar que las interacciones ocurren en la segunda mitad de la crianza. Aunque la gráfica no señale si una interacción es significativa o no, las tablas de medias y significaciones realizadas anteriormente(Tabla 11), indican que estadísticamente esta interacción es significativa.

Se han obtenido resultados significativos en relación con la dieta de los animales. En los primeros 14 días de vida, se administra la misma dieta a todos los animales. Por ello, no existen valores significativos en el efecto dieta, por lo que las únicas diferencias obtenidas en el color, se deben a condiciones genéticas, ya que las condiciones de manejo no han variado para ningún lote. Esta condición genética se refiere principalmente al sexo de los animales. Como hemos citado anteriormente, esta diferencia de coloración entre machos y hembras, se debe principalmente a la precocidad de las hembras frente a los machos. Debido a que los pigmentos utilizados son liposolubles, los valores de b^* (índice de amarillo) son más altos en hembras que en machos, ya que éstas, depositan más grasa a edades más tempranas. Por contra, a medida que los animales van creciendo, no se observan resultados significativos para el efecto sexo en las dos localizaciones. Esto es debido a que los machos tienen mayor velocidad de crecimiento e igualan en peso a las hembras tras los primeros días(consumen más pienso). A pesar de que las hembras tienen tendencia a un mayor engrasamiento que los machos, en el color esta diferencia no se hace notable, ya que los animales se sacrifican antes de que se aprecien diferencias significativas entre sexos debido a la grasa subcutánea. Según describen otros autores, el peso de las hembras a partir de los 42 días de edad se debe al aumento del tejido adiposo, no al crecimiento del tejido muscular(Giordani G., Meluzzi A., Cristofori C., Calini F. 1993).

7. Conclusiones

En las condiciones de este trabajo, y con el material y métodos utilizados se puede concluir que:

- Se aprecia una clara evolución de color tanto en machos como en las hembras a lo largo de la vida del animal, por lo que el efecto de los pigmentos en la carne es acumulativo y no parece alcanzar el punto de saturación, ya que antes de que ocurra, los pollos son enviados a matadero.
- Además, en hembras, en la primera fase de la crianza, pigmentan de un color más amarillo que en machos debido a la precocidad de las mismas. Después, debido a la alta velocidad de crecimiento de los machos, la pigmentación no difiere entre sexos.
- Los valores obtenidos para las dos localizaciones son diferentes, siendo en todos los casos las medias más altas para las mediciones obtenidas en la zona tibiotarsal. Por lo tanto, la coloración en las extremidades posteriores es más intensa.
- El tipo de pigmento aplicado es totalmente significativo en la expresión de color, principalmente en las últimas fases de la crianza. Los animales alimentados con dieta Carophyll son los animales menos amarillos con un factor rojo muy bajo, mientras que los animales alimentados con la dieta Colortek, son los animales que más factor amarillo y rojo presentan a la vez. Esta combinación de colores, hace que se forme un naranja intenso. En cuanto a los pollos alimentados con la dieta Capsantal, son animales con una coloración intermedia entre las dos dietas anteriores, adquiriendo un color naranja con una intensidad baja.

Conclusions

With the conditions of this work, the material and the methods that have been used, it can be concluded that:

- There is an evolution of color in both males and females throughout the life of the animal, so the effect of pigments in the meat is cumulative and does not seem to reach the saturation point. That is because before it happens, the chickens are sent to slaughter.
- Furthermore, in the first phase of rearing, females pigment are more yellow than males pigment due to their precocity. Later, due to the high growth rate of males, pigmentation does not differ between sexes.
- The values obtained for the two locations are different. In all cases the highest means are for the measurements obtained in the tibiotarsal area. Therefore, the coloration in the hind limbs is more intense.
- The type of pigment applied is totally significant in the expression of color, mainly in the last stages of aging. On the one hand, animals fed with the Carophyll diet are the least yellow animals, with a very low red factor. On the other hand, animals fed with the Colortek diet are the animals that have the most yellow and red factors. This combination of colors form an intense orange. Furthermore, the chickens fed with the Capsantal diet are animals with an intermediate coloration between the two previous diets. That is why they achieve, as a result, an orange color with a low intensity.

8. Valoración personal

El presente trabajo ha resultado ser muy enriquecedor debido a que además de lo aprendido en la redacción del mismo, debido a lo aprendido en la búsqueda de bibliografía, estilos de referencias científicas, y ajuste de formato. Me ha resultado muy útil en el aprendizaje de programas estadísticos y en el manejo de datos. He profundizado mis conocimientos en la estadística, ya que ha sido necesario para la elaboración de las tablas de datos e interpretación de los mismos. Además, me he familiarizado con equipos de medición de color y con los parámetros que hoy en día se utilizan para mediciones de color y que antes, desconocía. Bajo mi punto de vista, el color es un aspecto que muchas veces pasa desapercibido en la elección de un producto, pero de tal importancia que puede condicionar nuestra elección entre dos productos semejantes. Además, estos métodos de evaluación de color en pollo, son semejantes para otras carnes o incluso para otros tipos de alimentos. Por ello, creo que existe una necesidad profunda de estudiar este aspecto bajo un punto de vista objetivo y así poder sacar conclusiones para elaborar productos competitivos. Cabe de destacar que el pollo amarillo, es un tema que está a la orden del día y que el sector del pollo tiene necesidad de ampliar estos conocimientos para poder desarrollar productos que se adecúen a las necesidades del mercado. Además, creo que sería interesante en un futuro poder estandarizar los colores de la carne del pollo de engorde, para poder cumplir las necesidades del público al que está destinado. Este trabajo trata de aportar un granito de arena al sector y así en un futuro no muy lejano poder conseguir una carta de color parecida a las aves de puesta.

La viabilidad de este trabajo consiste en poner en práctica las conclusiones extraídas, además de demostrar afirmaciones que ya habían descrito previamente otros autores. Es decir, elaborar dieta para pollo amarillo tipo broiler que hagan de ellos un alimento competente, seguro, y acorde con las necesidades del consumidor.

Las limitaciones que presenta este estudio, es la necesidad de tener dispositivos de medición que permitan medir el color de forma objetiva. Estos aparatos tienen un alto coste y su utilización requiere de conocimientos previos. Además de conocer los métodos de color, también debemos conocer y saber manejar los programas de estadística (en nuestro caso SPSS®) para poder interpretar los resultados.

Este trabajo ha resultado de gran utilidad debido que he ampliado los conceptos y me he familiarizado con un sector, que como hemos visto, está en pleno crecimiento debido a la gran demanda de carne que existe en el mundo. Debido a que he estado presente en dos de las tomas de muestras, me ha permitido conocer de primera mano tanto la granja donde se ha

elaborado el ensayo como el laboratorio, donde una vez finalizado este trabajo, se ha realizado un segundo estudio con un panel de consumidores. Además, el presente Trabajo Fin de Grado ha resultado ser muy completo ya que se ha manejado distintos conocimientos de diferentes áreas que pertenecen al Grado en Veterinaria. Me ha sorprendido gratamente la utilidad que tiene la estadística para este tipo de estudios, ya que sin ellos resultaría imposible llegar a conclusiones objetivas.

Cabe destacar que este TFG se basa en un estudio realizado por Uvesa[®], por lo que es de interés comercial. Gracias a mi participación, he conocido a gente del entorno de la empresa, que me ha facilitado en todo momento los datos que han sido requeridos para la elaboración de este trabajo.

9. Bibliografía

- Antelo A.B. (2020) *El sector avícola se adentra en terreno incierto*. Alimarket.
- Cañeque y Sañudo C. (2005). *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa en los rumiantes)*. MICYTINIA: Ganadera.216-225.
- Castillo M. , Cousine Celine ,Peris S. y Alleno C.(2019).*An innovative source of natural yellow carotenoids as a substitute to synthetic pigment for broiler skin pigmentation* . NOVUS.
- Chris Wright, J. L. (2015). *Pigmentación en pollo de engorde - El Sitio Avicola*. Pigmentación En Pollo de Engorde.
- Dirk Mulder,N. (2020).*Perspectiva mundial de las proteínas animales 2021: emergiendo de un mundo de incertidumbre*.
- Estévez y Carné(2018) *Estrategias naturales para la mejora de la reproducción en avicultura*. NUTRINEWS Noviembre 2018,86-90.
- FAO(2014). *Calidad de la carne*.
- Giordani G., Meluzzi A., Cristofori C., Calini F. (1993). *Indagine sulle prestazioni produttive e sulla adiposità del broiler moderno: confronto fra ceppi*. Zoot. Nutr. Anim., 19, 33-42.
- Gonzalez E.(2013). *Análisis de la situación actual del consumo de pollo certificado frente al blanco en Navarra*. UPNA.
- GRLum (s. f.)*Fundamentos de la iluminación*.
- Hernández Gómez, M. (2018). *La Pigmentación de Huevos y Pollos de Engorde*. BM Editores.
- itpsa(2013). *Capsantal EBS NT&Capsantal FS NT*.
- Jáuregui, M. E. C., De La Concepción Calvo Carrillo, M., y Romo, F. P. G. (2011). *Carotenoides y su función antioxidante: Revisión*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
- Karadas, F., Erdoğan, S., Kor, D., Oto, G., y Uluman, M. (2016). *The effects of different types of antioxidants (Se, vitamin E and carotenoids) in broiler diets on the growth performance, skin pigmentation and liver and plasma antioxidant concentrations*. Revista Brasileira de Ciencia Avicola. <https://doi.org/10.1590/18069061-2015-0155>.
- Konica Minolta. (2014). *Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B**. Konica Minolta Color, Light, and Display Measuring Instruments.

- Kotake-Nara, E., y Nagao, A. (2011). *Absorption and metabolism of xanthophylls*. In Marine Drugs. <https://doi.org/10.3390/md9061024>
- MAPA (2020). *El sector de la avicultura de carne en cifras*.
- Ortega, STJ, Ortiz, MA, Carmona, MM. (2012) *Evaluación de parámetros productivos en pollo de engorda en función de la integridad intestinal e inmunidad en el aparato digestivo*. Memorias 5a Reunión AECACEM. Marzo 2012., Pag. 250-254.
- Pérez-Vendrell, A. M., Hernández, J. M., Llauradó, L., Schierle, J., & Brufau, J. (2001). *Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance*. *Poultry Science*. <https://doi.org/10.1093/ps/80.3.320>.
- Reardon, J. W. (2018). *Luteína y Zeaxantina: ¿en qué alimentos conseguirlos?* Food and Drug Protection Division.
- Reglamento (CE) nº 543/2008 de la Comisión, de 16 de junio de 2008, por el que se cumplen normas de desarrollo del Reglamento (CE) nº 1234/2007 del Consejo en lo que atañe a la comercialización de carne de aves de corral. Diario Oficial de la Unión Europea L157, 17 de junio de 2008, 46-86.
- Reglamento (UE) nº 1308/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de diciembre de 2013, por el que se establece una organización común de mercados de productos agrícolas y se derogan los Reglamentos (CEE) nº 922/72, (CEE) nº 234/79 del Consejo, (CE) nº 1037/2001 y (CE) nº 1234/2007. Diario Oficial de la Unión Europea L347, 20 de diciembre de 2013, 671-854.
- RNT(2019) *CAROPHYLL® Yellow 10%*.
- Talens P.(2017) *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*.
- USDA. (2007). Información sobre Inocuidad de Alimentos *El Color de las Carnes y de las Aves*. Información Sobre Inocuidad de Alimentos.
- USDA. (2012). Información sobre Inocuidad de Alimentos. In Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos.
- Valdivieso, M. (2016,). *Cómo el pollo conquistó España*. *El Español*.
- Vega Palacios, J., Aguirre Rojas, R. (2011). *Comparación de variables productivas entre macho y hembra en la producción de pollos parrilleros en el Departamento de Santa Cruz*. UCEBOL. 39-47.