

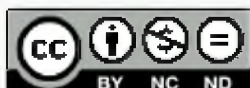
Carranza, Pablo Antonio

Estudio del comportamiento del color de la piel y carne de pollo conservada en distintos métodos

**Tesis para la obtención del título de posgrado de
Maestría en Tecnología de los Alimentos**

Director: Rosmini, Marcelo R.

Documento disponible para su consulta y descarga en **Biblioteca Digital - Producción Académica**, repositorio institucional de la **Universidad Católica de Córdoba**, gestionado por el **Sistema de Bibliotecas de la UCC**.



Esta obra está bajo licencia 2.5 de Creative Commons Argentina.

Atribución-No comercial-Sin obras derivadas 2.5

**“Estudio del comportamiento del color de
la piel y carne de pollo conservada en
distintos métodos”**

Autor:

PABLO A. CARRANZA

MÉDICO VETERINARIO.

Director:

DR. MARCELO R. ROSMINI

MEDICO VETERINARIO

MASTER EN CIENCIA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

DOCTOR EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Facultad de Ciencias Químicas

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CORDOBA

AÑO 2.006

*Dedico el presente a:
mis padres Gustavo y Nora
porque me enseñaron a pensar;
a mi esposa Ana
que me acompaña y ayuda a pensar
y a mis hijos Anita, Federico y María,
los más agudos críticos de mis pensamientos.*

PROLOGO

“Lo esencial es invisible a los ojos”

Antoine de Saint Exupéry (1900 – 1944)

El interés por el tema surge de la observación que los consumidores argentinos prefieren el pollo fresco de piel amarilla, antes que los de color blanquecino, al considerarlo de mejor calidad, más sano y natural, debido a la creencia popular que ese color identifica al “pollo de chacra” o sea criado a campo y sin aditivos ni promotores de crecimiento.

Esta preferencia se estudió con una pequeña encuesta realizada a cincuenta personas en supermercados Jumbo Palermo (50%) y Jumbo Quilmes (50%) de Bs. As. en Abril de 1999 en donde se preguntó sobre diferentes temas relacionados con el consumo de pollo (frecuencia de consumo, motivación del consumo de pollo, etc.) y ante la pregunta de cuales eran los aspectos importantes al momento de decidir la compra la mayoría contestó que tenía en cuenta el color sobre otros datos como son la fecha de vencimiento, marca, precio, origen (Datos no publicados aportados por la empresa Hansen).

Además de los datos recogidos en la encuesta, clientes a los cuales asesoro profesionalmente, me manifestaron que haciendo la reposición de la mercadería en los supermercados de la Ciudad de Córdoba, ellos observaron que al momento de comprar los consumidores llevaban primero los pollos más amarillos.

Estos industriales, productores de alimentos a base de pollo y en los cuales el mismo es preparado con piel, me expresaron la inquietud de contar con un método sencillo y económico para evitar que el producto en la góndola del supermercado pierda color y por lo tanto el consumidor lo rechace.

Como resultado de estas inquietudes es que surge la idea de revisar métodos de envasado que mejoren la presentación del producto en la góndola del supermercado. Una idea es que el envase no sea transparente y que tenga impresa la imagen de un pollo ideal. Otra forma de

encarar el problema es buscar un envase que pueda mantener las características de color iniciales del pollo envasado. Pensando en esta última posibilidad es que se decide envasar el producto al vacío para protegerlo del oxígeno del aire, además, conservarlo protegido de la luz, como forma de evitar la pérdida de color y una combinación de ambos métodos como alternativa

Inconvenientes encontrados:

Debido a que mi labor profesional se desarrolla en forma independiente y al no pertenecer a ninguna institución educativa al momento de realizar el presente trabajo, todo lo relacionado al mismo tuvo que ser afrontado en forma particular, incluidos los costos de los materiales, transportes, encontrar un lugar donde desarrollar las experiencias y el equipamiento para realizar las mediciones.

Como contrapartida de ello, la realización del mismo me demostró que mucha gente está dispuesta a colaborar desinteresadamente y, desde luego, recibí ayuda de varias personas, empresas e instituciones sin las cuales no hubiera podido realizar mi trabajo de tesis.

Es por esto que quiero dejar expresado mi agradecimiento en este trabajo a la empresa L'Equipe Monteur, que realiza trabajos de inyección en plásticos y que gentilmente me permitieron usar el fotocolorímetro para hacer las mediciones, dejándome trabajar en su laboratorio de calidad y tolerando mis interrupciones en sus trabajos.

Mi agradecimiento es también para la empresa Dise, que fabrica bolsas para envasado al vacío, que no sólo me brindó toda la información técnica respecto al material de envasado, sino que además me obsequió las bolsas para realizar mi experiencia.

Además, la empresa Frigorífico José Fazzio SRL, que me facilitó las máquinas para envasar al vacío y con Resinite, además de prestarme las instalaciones para poder acondicionar las muestras.

La empresa INDACOR que me vendió los pollos para realizar el trabajo, y debo agradecerles porque pudimos garantizar el origen de los mismos, debido a que usé animales

criados en las granjas propias de la empresa. Además los seleccionamos de un mismo lote de crianza y pude verificar que la coloración provenía del alimento a base de maíz y no de colorantes artificiales.

La empresa Manufacturados Cary gentilmente hizo de nexo con otras empresas productoras de aves para que pudiera encontrar el proveedor ideal para los pollos.

Supermercados Disco y Carrefour no pusieron ninguna objeción a que midiera los valores de luminosidad y temperatura de las góndolas exhibidoras de pollos.

El Ingeniero Marcelo Blanco me facilitó el luxómetro y el termómetro para realizar las mediciones mencionadas en el párrafo anterior.

Por último deseo destacar muy especialmente el apoyo recibido de parte de mi familia quienes además de brindarme su tiempo, tuvieron que escuchar miles de veces las hipótesis de trabajo, los resultados, aportar sugerencias y comer kilos de pollo durante largo tiempo.

I. INTRODUCCIÓN

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE POLLOS EN ARGENTINA

En Argentina, la actividad avícola se presenta en expansión relacionada con el aumento del consumo interno, acompañado por el notable desarrollo del sector que logró mayor eficiencia y menor precio de la carne de pollo, constituyéndose en un sustituto de otras carnes. (Asad 2002)

En la figura 1 se representa el consumo de carne aviar y su relación con el precio en el período 1990-2000 en Argentina, donde se puede apreciar un aumento del consumo y la disminución en el precio.

Asad (2002), reporta que el consumo nacional *per capita* de carne aviar creció en forma sostenida desde el año 1985 (10 kg/hab/año) duplicándose en 1993, y el incremento se mantuvo hasta llegar a los 26 kg/hab/año en el 2001.

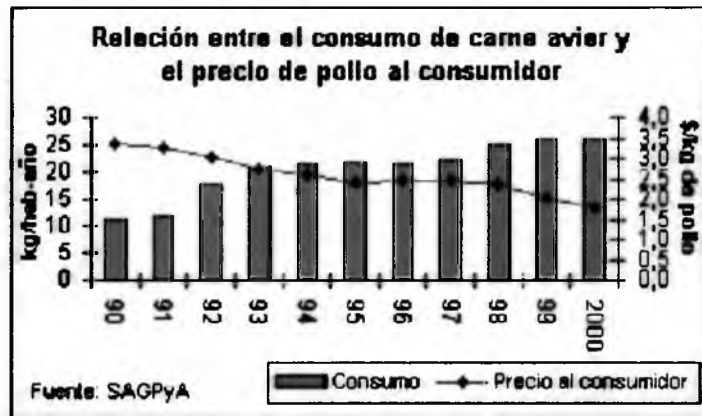


Figura 1: Relación entre el consumo de carne aviar y el precio al consumidor.

La expansión de la industria avícola en la década (1990-2000), se relaciona indudablemente con la retracción del precio en el mercado interno, consecuente con la mayor eficiencia en toda la cadena productiva y con los cambios de hábitos de los consumidores, que demandan carnes blancas y dietéticas.

Entre el año 1996 y 2000, la producción de carne aviar creció el 28%. Esto se explica también por el mejoramiento de la eficiencia del engorde de aves, que representa en consecuencia un mayor rinde en la canal. Durante el período enero a diciembre de 2000 el total producido fue ligeramente superior (2 %) al de igual lapso de 1999 (Figura 2).

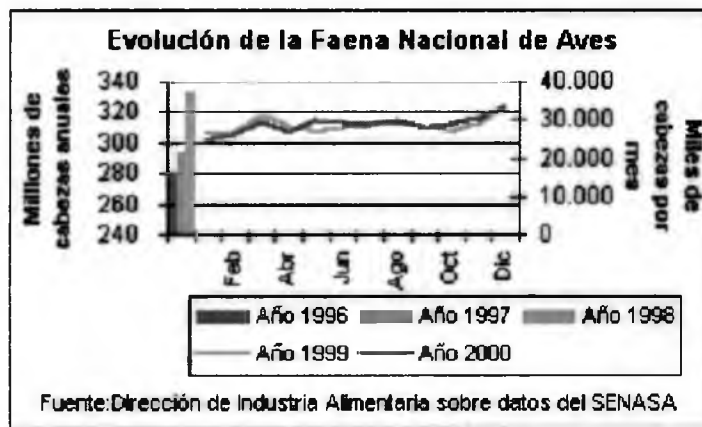


Figura 2: Evolución de la Faena Nacional de Aves

A partir del año 1996, se registró un crecimiento sostenido de la faena de aves, hasta 1999, cuando alcanzó los 910 miles de toneladas y se mantuvo durante 2000 y 2001

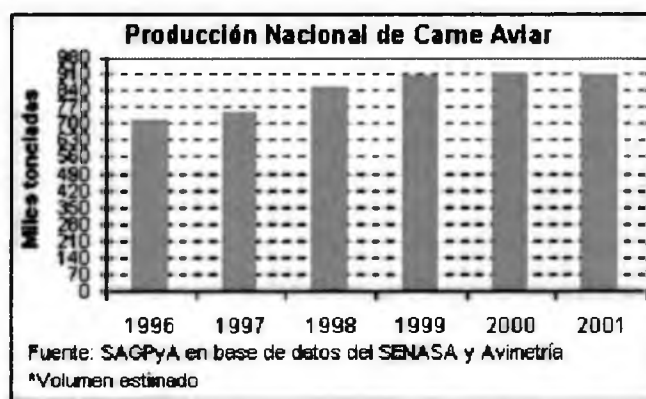


Figura 3: Producción Nacional de Carne Aviar

Los establecimientos faenadores introducen su producción al mercado a través de diversas vías, tales como super e hipermercados, plantas procesadoras de productos semi elaborados y comedores institucionales, que incluyen restaurantes, hoteles, dependencias de las Fuerzas Armadas, hospitales, comedores escolares (Asad y Lamelas, 2004)

El consumidor puede elegir entre variedad de productos: pollo entero (con o sin menudos) enfriado o congelado, trozado (pechuga, pata muslo, ala), pollo deshuesado o supremas y rebozados (milanesas, bocadillos) (Asad y Lamelas, 2004).

Los pollos argentinos presentan coloración amarilla y peso promedio entre 2,2 y 2,5 kg, características de preferencia de los consumidores locales (Asad 2002; Jiménez y col, 2003).

El color es uno de los principales atributos de calidad que tiene en cuenta la mayoría de los consumidores para determinar la aceptabilidad de la carne (MacDougall, 1982; McLaren, 1984; Miller, 1994). Esto explica la gran importancia que tiene la conservación de éstas características durante la etapa de comercialización. (Barut, 2001)

Los distribuidores mayoristas, hipermercados o supermercados poseen como práctica común: la exposición de estos alimentos en vitrinas iluminadas para una atracción al consumidor. Esto puede en ocasiones, afectar la estabilidad del color y su conservabilidad (Fennema, 1993), situación que será analizada posteriormente cuando se discuta el color en los alimentos.

No obstante, debe tenerse en cuenta que en el sistema de comercialización en supermercados los productos quedan expuestos en las góndolas para que el consumidor los tome sin recibir otra información más que la que brinda el producto en su rótulo. Esta situación determina que la decisión de compra es tomada en base a ciertos atributos del producto como el envase o, en el caso de los pollos, el color de la piel.

Para poder exhibir y comercializar los productos perecederos en general y en particular el pollo, los mismos deben ser envasados apropiadamente. Por la importancia que presenta el envase es que nos referiremos al mismo en el siguiente apartado.

ENVASES

Se entiende por envases alimentarios, los destinados a contener alimentos acondicionados en ellos desde la fabricación, con la finalidad de protegerlos hasta el momento de su uso por el consumidor de agentes externos de alteración y contaminación así como de la adulteración (CAA, 1996).

Mediante el envasado podemos abastecer, con productos que mantengan sus cualidades naturales, a consumidores ubicados en lugares distantes de la planta de producción.

El envasado de productos cárnicos para el consumo comenzó con el desarrollo de la industria de los supermercados. En un principio el producto era cortado y envasado en unidades en el propio supermercado (Lundquist, 1994), luego en los frigoríficos se comenzaron a envasar grandes piezas de carne para ser distribuidas (boxed beef) y en la actualidad, debido a las mejores condiciones para el envasado que poseen los mismos, las carnes son envasadas en los mataderos para ser luego transportadas a los supermercados (Lundquist, 1994).

El desarrollo de películas flexibles y el envasado al vacío para conservar productos cárnicos constituye uno de los mayores logros de la tecnología de los alimentos (Lundquist, 1994).

Los envases deberán ser bromatológicamente aptos, para lo cual deben cumplir los siguientes requisitos (CAA, 1996).

Estarán fabricados con los materiales autorizados y no deberán transferir a los alimentos sustancias indeseables, tóxicas o contaminantes que puedan enfermar al consumidor.

No deberán ceder sustancias que modifiquen las características composicionales y/o sensoriales de los alimentos.

Deberán disponer de cierres o sistemas de cierres que eviten la apertura involuntaria del envase en condiciones razonables.

El envase debe tener un rótulo o etiqueta donde se encuentre información obligatoria (nombre del producto, peso, etc.) e información facultativa como el valor nutricional.

Debe además, debido a la forma de comercialización, presentar una imagen que estimule al consumidor a comprarlo (Lundquist, 1994)

También, por razones económicas, deben ser baratos y comportarse adecuadamente en la cadena de elaboración desplazándose por ella sin riesgos de rotura y sin que se requieran sistemas de transporte complicados (Fellows, 1993).

Los sistemas de envasado se diseñan para mantener estables los atributos de calidad del producto durante el flujo comercial, hasta que este llegue al consumidor. El tiempo que demora el producto para llegar al consumidor está también en relación con la vida útil del producto.

La vida útil es el tiempo que un producto, en condiciones determinadas de almacenamiento y envasado, permanece sin presentar alteraciones de sus características organolépticas que lo harían inadecuado o inaceptable para su comercialización. El principal mecanismo de alteración en las carnes de aves refrigerada es el desarrollo de microorganismos no deseables que provocan la aparición de limo superficial y de olores anómalos. (Brody, 1996).

El período de aptitud de la carne de ave depende principalmente de las condiciones microbiológicas que ésta posee al momento de su envasado. Mediante diferentes métodos se puede prolongar la misma, es decir demorar los procesos de alteración que la hagan inaceptable, pero de ninguna manera se puede mejorar la calidad de la carne que se envasa (Brody, 1996)

El envasado al vacío es un método de conservación que consiste en la eliminación total del aire del interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas. De esta forma eliminamos el oxígeno del medio y por lo tanto conseguimos inhibir el desarrollo de las bacterias que necesitan

del mismo para sus procesos metabólicos (bacterias aerobias). Es importante destacar que con este método no se inhibe el desarrollo del grupo de bacterias anaeróbicas, o sea que crecen en ausencia de oxígeno, entre las cuales se encuentra el *Clostridium botulinum* como patógeno más importante de este grupo.

Además, al quitar el aire se produce una diferencia de presión entre el exterior y el interior del envase, con lo cual este sistema es poco apto para envases rígidos y semirígidos, pero si es muy apto para el sistema de película adherida, en donde el envase está en íntimo contacto con el producto, independientemente de la forma del mismo (Brody, 1996).

Por otra parte, en el envasado en atmósfera modificada, donde se reemplaza el aire por una mezcla de gases definida previamente y que permite la conservación del producto, porque dificulta el crecimiento de los microorganismos alteradores y patógenos. En el caso específico de la carne de ave, la incorporación de CO₂ en concentraciones elevadas a la mezcla de gases de envasado, prolonga sustancialmente la vida útil de la misma (Brody, 1996).

Cuando se usan métodos de envasado al vacío o en atmósfera modificada se requiere que la permeabilidad del material con que se fabrica el envase sea selectivo para el gas incorporado (CO₂, N) o bien impermeable a gases atmosféricos como el O₂.

Es difícil encontrar un material que satisfaga estos requisitos por lo que, en general, se recurre a los envases multicapas compuestos por varias capas de diferentes polímeros que le van confiriendo al envase las características deseadas. Genéricamente se los denomina “films barrera”. Para clasificarlos se toma en cuenta la capacidad que tiene un gas determinado para atravesar el film en condiciones estandarizadas y se expresa en: cm³/m² x 24 h x atm para un determinado espesor y a una temperatura y humedad relativa ambiente prefijada (por ejemplo film de 25 μm a 25°C y 0% de Humedad Relativa).

Los gases más importantes, cuya permeabilidad generalmente debe ser controlada, son el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono.

Otro parámetro que se tiene en cuenta para este tipo de envase es su permeabilidad al vapor de agua, ya que los productos cárnicos que serán envasados, tienen un alto porcentaje de humedad y no se deben deshidratar mientras estén dentro del envase.

COLOR

Desde el punto de vista de la física las propiedades ópticas derivan de los fenómenos de transformación de la luz que incide en ellos. Son estas propiedades el color, la transparencia, la turbidez y el brillo. Si a estas propiedades físicas le añadimos el aspecto sensorial, son propiedades ópticas también la forma, el tamaño y las características de superficie (rugosidad, manchas etc.). Todas estas propiedades inciden en la actitud de una persona de consumir o no un alimento (Calvo y Duran, 1997).

La transparencia y la opacidad se relacionan con la cantidad de luz que el material refleja o deja pasar a través de él, mientras que la turbidez se relaciona con la difusión de la luz en el seno del mismo.

Estas propiedades, junto con el color conforman el aspecto visual de los alimentos.

Para abordar la medición del color es necesario definir los conceptos de: Color-Radiación; Color-Objeto y Color-Sensación.

La luz es una radiación electromagnética que se origina como liberación de energía en procesos térmicos de incandescencia (fuego, sol, filamentos metálicos) o por la excitación de los átomos o moléculas de un gas mediante descargas eléctricas (luces de neón). Las longitudes de onda de estas radiaciones electromagnéticas definidas como luz se ubican entre los 380 y 770 nm. Dependiendo de la longitud de onda, o mezcla de longitudes de onda, que una fuente de luz emita será el color de esa luz y definirá el Color-Radiación desde el punto de vista físico. Si esta luz posee un intervalo pequeño de longitud de onda la definimos como luz monocromática, así para el color verde la longitud de onda se encuentra entre 450 y 500 nm o para el color naranja entre 570 – 590 nm (Calvo y Duran, 1997).

Cuando la luz llega a un objeto se refleja, se absorbe o se transmite a través de él, sufriendo modificaciones y dando una distribución espectral diferente, por lo tanto se percibe un

color particular (diferente del iluminante). Cuando lo iluminamos con una luz blanca, dependiendo de la luz que transmite o refleja (mezcla de longitudes de onda) hablamos de un Color-Objeto en particular.

La capacidad de alterar la distribución espectral de la luz depende de la composición química y de la estructura del objeto. Se sabe que algunas moléculas orgánicas poseen grupos cromóforos, es decir estructuras atómicas que muestran capacidad de transformar la calidad espectral de la luz incidida por ej. $N=N$; $C=C$; $C=O$ etc. Así, por ejemplo, pigmentos como la clorofila o la hemoglobina contienen estos grupos. El color depende además de la estructura de estas moléculas orgánicas, que en los alimentos es bastante compleja.

El color objeto, como propiedad de un material se puede medir y definir mediante espectrofotometría (Calvo y Duran, 1997).

Color sensación: En la retina del ojo existen dos tipos de receptores: los conos y los bastones. Ambos difieren en la percepción visual y eso es influenciado por la intensidad de la luz. Con una intensidad débil la visión depende de los bastones, ubicados en la periferia de la retina. Los bastones son sensibles a la intensidad de la luz, pero no dan visión de los colores (visión nocturna). Con una intensidad mayor entran en funcionamiento los conos, que están situados en la parte central de la retina y son los responsables de la visión de los colores.

Experimentalmente se demostró que hay tres tipos de conos: los sensibles al azul (con una absorción máxima a los 445 nm), al verde (máximo a los 535 nm) y al rojo (máximo a los 575 nm).

Durante mucho tiempo la teoría de la percepción tricromática en la retina se enfrentó a la teoría de los colores opuestos que postula que la percepción de los colores se produce en las coordenadas rojo – verde, azul – amarillo y blanco – negro. Se ha demostrado que existen células ganglionares específicamente sensibles a estos pares de sensaciones y que la transmisión de información al cerebro se produce según este esquema. Actualmente ambas teorías son aceptadas

y coexisten bajo la interpretación de que la teoría tricromática explica la primera fase del proceso visual y la teoría de los colores opuestos la segunda. (Calvo y Duran, 1997)

La visión de los colores es en cierta medida comparable entre los distintos seres humanos. De hecho, en la vida diaria, uno intuitivamente supone que los colores que percibe otra persona son los mismos que nosotros percibimos. Se han realizado estudios en personas y los resultados permiten establecer la definición de una visión normal de colores.

Para una visión defectuosa de los colores se ha usado a veces el término “ceguera de colores” que en realidad es incorrecto, ya que estas personas sí poseen visión cromática. Lo que se observa es que los daltónicos perciben como iguales colores que los normales pueden distinguir. Un caso extremo es la “acromacia” en que el individuo por sólo poseer bastones en su retina es incapaz de distinguir colores.

La medición subjetiva del color, a través de personas entrenadas se basa en que el ojo humano posee gran capacidad de discriminación (distinguir entre tonalidades semejantes) y capacidad integradora para sacar una idea global del color de un grupo de unidades similares, sabiendo abstraerse al efecto de las sombras o manchas que puedan aparecer en el conjunto. Sin embargo existen deficiencias en el método como: a) la mala memoria de color, es decir, su dificultad para recordar como era el color observado anteriormente, b) la nomenclatura, debido a que faltan definir o no existen palabras para todos los tipos de colores que se perciben, e incluso las que existen resultan confusas y no dan una idea clara del color que intentan describir. c) la percepción del color está influenciada por el tamaño, la forma, el tipo de iluminación que actúa sobre la muestra y por último, por el fondo, o sea, por el color del entorno de la muestra que puede ejercer un importante efecto de contraste.

A. COLOR DE LOS ALIMENTOS

En el lenguaje coloquial se suele asociar colores con objetos o cosas (azul turquesa). Los colores están impregnados de sentimientos, sensaciones e influencias culturales. Los estímulos de color provocan complejos procesos en la retina y en los centros cerebrales de la vista y el habla.

La aceptación agradable del color de un alimento es esencial para que se produzca el acto de compra y para que el mismo se consuma con agrado. Esta es la razón para que los estudios de mercado se enfoquen en los aspectos relacionados con el color de un producto, el envasado y los locales e instalaciones donde estos se exponen para la venta. (Prändl, 1994)

Existen compuestos químicos denominados carotenoides que cuando se acumulan son responsables de la coloración de diversos alimentos de origen animal; algunos ejemplos son la yema de huevo, la grasa y piel de los pollos.

Los carotenoides están muy extendidos en la naturaleza. Los primeros se obtuvieron de la zanahoria y a la mezcla obtenida se llamó carotina. Existen en las hojas (donde se hacen visibles en otoño al desaparecer la clorofila), en los frutos (tomate, pimiento, naranjas, duraznos), en flores (pistilos de azafrán, pensamientos), en los tejidos animales (yema de huevo, caparazón de langostas y langostinos etc). Están también en las grasas de los animales, leche, manteca y suero sanguíneo (Primo Yufera, 1996).

Estos compuestos no son sintetizados por el organismo animal, sino que provienen de la asimilación y almacenamiento de los carotenoides presentes en el alimento. (Perez Alvarez y col, 2000)

Los carotenoides son colorantes poliénicos rojos y amarillos cuya molécula posee un grupo cromóforo de dobles enlaces conjugados en una cadena alifática ramificada (grupos metilos), formada por ocho restos de isoprenos. Son, por lo tanto, tetraterpenos. Algunos son lineales pero la mayor parte tienen uno o dos ciclos. (Primo Yufera, 1996)

Los carotenos, como los hidrocarburos, son sustancias lipófilas, solubles en éter, aceites y disolventes no polares. Los derivados oxigenados de los carotenos existen en gran número y variedad en la naturaleza siendo los alcoholes (xantofilas) uno de los tipos más importantes. Pertenecen a este grupo la *zeaxantina*, xantofila dihidroxilada derivada del β -caroteno y principal colorante del grano de maíz (figura 4); la *luteína*, que es un dialcohol derivado del α -caroteno que se encuentra principalmente en las plantas (por ejemplo en la alfalfa). Otros derivados importantes son la *cantaxantina* (derivado cetónico) y el β -Apo-8'-Carotenal que es resultado de la escisión y posterior oxidación de un fragmento de la estructura completa de cuarenta átomos de carbono (Figura 4). Este es uno de los carotenoides sintéticos que más se usa en la industria de la alimentación (Primo Yúfera, 1996).

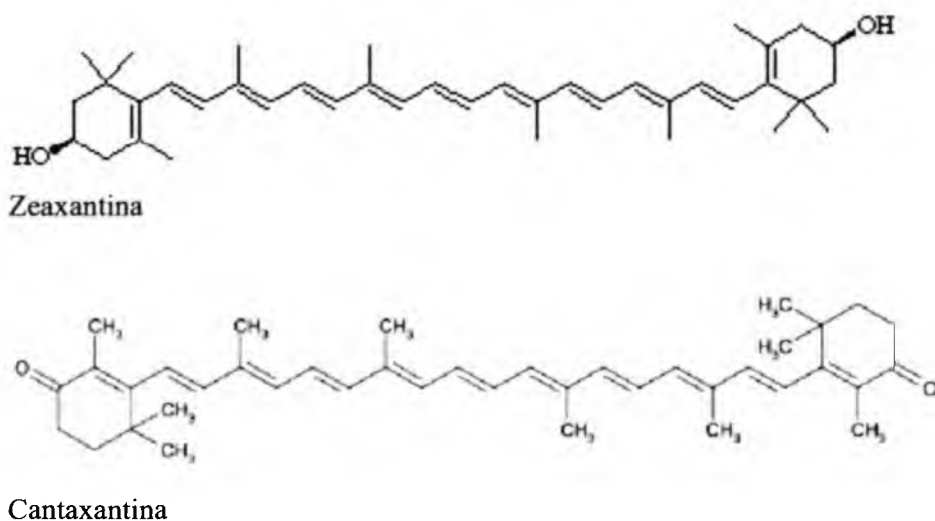


Figura 4: Estructura química de Zeaxantina y Cantaxantina.

El color de la piel del pollo está dado por la acumulación de pigmentos provenientes del alimento. Estos pigmentos pueden ser naturales como zeaxantina (presente en el maíz) o la luteína (presente en la alfalfa), o bien, artificiales como la cantaxantina o el apocarotenal (North y Bell, 1998)

Luteína y zeaxantina pertenecen al grupo de las xantofilas, son derivados oxigenados de los carotenos, tienen en su molécula dobles enlaces conjugados y la posición de éstos es la causa

que se presenten amarillas, como así también las hace susceptibles de ser oxidadas, dando lugar a productos incoloros. (Pérez-Álvarez y col, 2000)

La causa principal de la degradación de los carotenoides de los alimentos es la oxidación. La intensidad de la oxidación depende de si el pigmento se encuentra in vivo o in vitro y de las condiciones ambientales. En los alimentos procesados el mecanismo de oxidación es complejo y depende de muchos factores. Los pigmentos se pueden autooxidar por reacción con el oxígeno atmosférico a velocidades que dependen de la luz, el calor y de la presencia de pro – oxidantes. Las reacciones son debidas a la formación de radicales libres en tres etapas distintas. Los carotenoides sufren la oxidación acoplada en presencia de lípidos a velocidades que dependen del sistema. Los carotenoides ordinariamente son más estables en sistemas con alto grado de instauración, posiblemente porque el sistema lipídico por sí mismo acepta los radicales libres más fácilmente que el caroteno. Al contrario, los carotenos son menos estables en sistemas lipídicos con bajo grado de instauración; en la bibliografía existen muchas excepciones a este respecto. Los carotenoides pueden actuar como antioxidantes o pro – oxidantes dependiendo del sistema. (Fennema, 1993)

Las pérdidas de color durante el procesamiento y más aún, durante el periodo de conservación son cuantiosas, los factores ambientales como luz (fotooxidación), el calor (termodegradación) y oxígeno atmosférico potencian estos procesos. (Pérez-Álvarez y col, 2000).

El color de las aves (pollos) expuestos a la venta está también influido por el color del músculo subyacente, que se observa por transparencia de la piel. El color del músculo está en relación a la concentración de pigmentos propios como son la mioglobina y la hemoglobina. Estas son proteínas de naturaleza y comportamiento similares denominadas cromoproteínas. Contienen en su estructura un grupo porfirínico conjugado con un metal de transición, principalmente el hierro (metaloporfirinas), que forma complejos de coordinación (grupo hemo), siendo este el responsable de la coloración.

De las hemoproteínas presentes en el músculo, es la mioglobina la principal responsable del color de la carne, puesto que la hemoglobina (proveniente de los hematíes) contribuye sólo en

aproximadamente un 5% al mismo, ya que la sangre fue eliminada en el desangrado durante la faena del animal.

La concentración de estos pigmentos varía entre especies, así por ejemplo la mioglobina junto con hemoglobina es de menos de 0,1 mg/g de músculo en la pechuga de pollo, pasando por 1 – 3 mg/g de músculo Longissimus dorsi de cerdo hasta alcanzar 3 – 6 mg/g de músculo Longissimus dorsi de vacuno. (Warris, 2003)

De modo general la concentración más alta de mioglobina se encuentra en los músculos de animales activos en comparación con los sedentarios; en los criados en sistemas extensivos más que en los criados en sistemas intensivos y se encuentra también en mayor cantidad en los músculos de animales viejos, comparados con los músculos de animales jóvenes. Cabe destacar también que una dieta pobre en hierro hará disminuir la concentración de mioglobina en los músculos. (Warris, 2003)

La mioglobina se puede definir como una proteína globular de estructura compacta, bastante ordenada y plegada específicamente, de forma casi triangular, enlazada a un grupo hemo (Bohinski, 1978; Whitaker, 1972).

La mioglobina puede dividirse estructuralmente en dos grupos: grupo protéico y grupo hemo.

El grupo protéico de la mioglobina presente en una sola cadena polipeptídica, constituida por 153 restos de aminoácidos, con una dimensión de 3,6 nm y un peso de 16900 dalton. (Lehninger, 1995).

Su estructura está constituida por ocho segmentos relativamente rectos (en estos segmentos se encuentra el 70 % de los aminoácidos), separados por curvaturas ocasionadas por la incorporación en la cadena, de prolina y otros aminoácidos que no forman hélices alfa (como la serina e isoleucina). Cada segmento está constituido por una porción de hélice alfa, el más largo consta de 23 aminoácidos y el más corto de 7, todos ellos en sentido dextrógiro.

El elevado contenido helicoidal presente y la carencia de enlaces disulfuro, hace de la mioglobina una de las proteínas globulares más atípicas (Suttie, 1979). La carencia de estos grupos proporciona la elevada estabilidad de esta molécula (Whitaker, 1972).

Aunque su estructura tridimensional aparece como irregular y asimétrica, no resulta anárquica debido a que todas las moléculas de Mb poseen la misma conformación (Fernández-López, 1998).

Un aspecto importante de la parte proteica de la mioglobina es la carencia de color. Sin embargo, las variaciones que presentan en su estructura primaria las diversas especies de abasto, son el origen de las diferentes coloraciones que presentan las carnes cuando éstas son expuestas bajo las mismas condiciones (Pérez-Álvarez y col., 2000).

El grupo hemo presente en la mioglobina es una metaloporfirina. Estas moléculas se caracterizan por ser muy coloreadas, resultado de su estructura tetrapirrólica cíclica conjugada. El grupo hemo está constituido por una estructura anular orgánica compleja, la protoporfirina, a la que se halla unida un átomo de hierro en estado ferroso. Este átomo posee seis enlaces de coordinación, cuatro de ellos los establece con la molécula plana de protoporfirina (formando un complejo planar cuadrado) y los otros dos son perpendiculares a ella. El sexto enlace de coordinación está abierto y actúa como sitio de unión de la molécula de oxígeno. (Perez Álvarez y col. 2000)

Las propiedades químicas de la mioglobina se basan en su capacidad de formar complejos iónicos y covalentes con otras moléculas. La interacción de la mioglobina con los diversos gases y el agua dependerá del estado de oxidación del hierro del grupo hemo, ya que este puede estar tanto en el estado ferroso (Fe II) como férrico (Fe III).

Cuando el sexto enlace de coordinación se encuentra libre, la mioglobina se denomina generalmente como desoximioglobina que presenta una coloración púrpura. Cuando este enlace se encuentra ocupado por oxígeno se forma un complejo no covalente entre este gas y la mioglobina y se le denomina oximioglobina, siendo su coloración de una rojo cereza o rojo

brillante. Cuando el estado de oxidación del átomo de hierro se modifica al estado férrico el sexto enlace de coordinación es ocupado por una molécula de agua, denominándose como metamioglobina, la cual presenta una coloración marrón.

B. MEDICIÓN DEL COLOR

Las mediciones de color de la carne involucran dos métodos básicos: la apreciación visual humana (método subjetivo) y el análisis instrumental (método objetivo) (Hunt, 1980). La determinación objetiva del color a través de la espectrofotometría de reflectancia es uno de los métodos más utilizados debido a su estrecha correlación con la percepción visual del ojo humano. A diferencia de la espectrofotometría de absorción, la de reflectancia se mide sobre la superficie del objeto, no siendo necesaria su destrucción y permitiendo evaluar los cambios de color a lo largo del tiempo sobre una misma muestra (Hunt y col., 1991).

La Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International de l'Eclairage - CIE) ha definido el sistema de descripción del color más importante y utilizado en la actualidad, el cual se basa en la utilización de observadores y fuentes de iluminación estándares (Giese, 1995). El sistema obtiene los valores triestímulo CIE sobre la base del espectro visible, definiendo tres colores primarios: rojo (X), verde (Y) y azul (Z). A partir de ellos se calculan matemáticamente las coordenadas de color L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde), b^* (amarillo-azul) y las magnitudes psicofísicas H^* (tono) y C^* (croma) para el espacio de color CIELAB (Schmidhofer, 1994; Giese, 1995).

La coordenada L recibe el nombre de claridad o luminosidad y puede tomar valores entre 0 y 100 siendo $L=100$ blanco y $L=0$ negro.

Las coordenadas colorimétricas (a^* , b^*) forman un plano perpendicular con la claridad. La coordenada a^* define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el rojo si a^* es positiva y hacia el verde si a^* es negativa. (UNE, 1984)

Análogamente la coordenada b^* define la desviación hacia el amarillo si b^* es positiva y hacia el azul si b^* es negativa. (Gilabert, 1992).

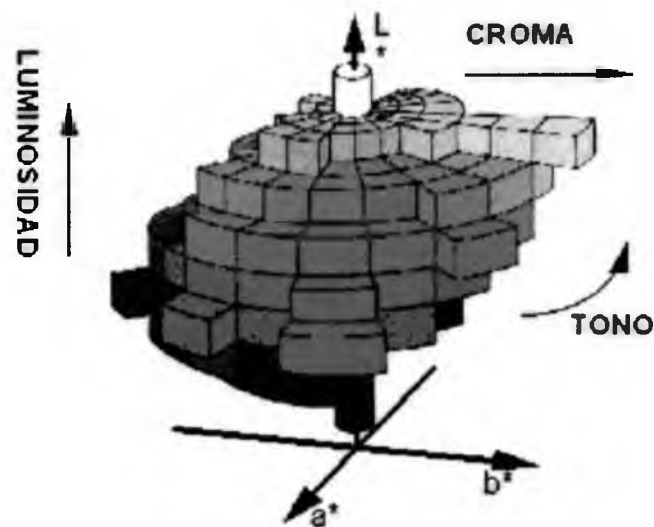


Figura N° 5: Gráfico del Espacio de Color CIELAB

El conjunto a^* , b^* recibe el nombre de cromacidad y junto con la luminosidad definen el color de un estímulo (en coordenadas cartesianas). Esto se corresponde con el término cromaticidad (x,y) .

Como ninguno de los dos términos indican explícitamente el tono y la saturación, se definen dos magnitudes colorimétricas nuevas a través de las siguientes fórmulas:

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$H^* = \text{artg}(b/a)$$

El croma C^* toma el valor 0 para estímulos acromáticos, y normalmente no pasa de 150. El tono, H^* varía entre 0 y 360° y para los estímulos acromáticos ($a=0$ $b=0$) es una magnitud indefinida.

La especificación numérica del color psicofísico en este sistema viene dada por tres magnitudes: luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (H^*).

Mediante la colorimetría es posible la determinación objetiva de las diferencias de color (Schmidhofer, 1994). En el espacio CIELAB la diferencia de color (ΔE) se calcula por la siguiente fórmula matemática:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{-1/2}$$

En función de las diferencias que se encuentran en los valores de L^* , a^* , b^* con referencia a los valores patrón (o luego de transcurrido un determinado tiempo), se obtiene información de cómo se desarrollan los cambios de color, así si la diferencia de L^* es positiva el color es más claro y si es negativa es más oscura. Si el cambio en a^* es positivo el color será más rojo y si es negativo será más verde; y con respecto a b^* si el cambio es positivo el color será más amarillo y si es negativo será más azul. (Schmidhofer, 1994)

Hay que tener en cuenta además la magnitud del valor de la diferencia de color (ΔE), ya que si el valor del diferencial es muy pequeño el ojo humano no lo percibe. Así lo podemos expresar en la siguiente tabla: (Schmidhofer, 1994)

Tabla 1: Relación entre diferencia de color y percepción por el ojo humano.

DIFERENCIA DE COLOR	PERCEPCIÓN
Hasta 0.2	Imperceptible
0.2 – 0.5	Muy pequeña
0.5 – 1.5	Pequeña
1.5 – 3.0	Evidente
3.0 – 6.0	Muy evidente
6.0 – 12.0	Grande
Mayor a 12.0	Muy grande

HIPOTESIS

De acuerdo a todo lo expuesto el color de la piel del pollo se debe en gran parte a la presencia de carotenoides. Estos carotenoides se degradan por la oxidación y la presencia de luz. Debido a que al oxidarse pierden el color amarillo – naranja que naturalmente tienen, es que se plantea la siguiente hipótesis:

Usando un método de envasado, que sea aplicable a escala comercial (práctico, económico y accesible a un productor mediano), se puede proteger a la carne y a la piel del pollo de la acción de la luz y de la oxidación por el aire y, de esta forma, evitar que se decolore y, por consiguiente, que mantenga la aceptación por parte del consumidor.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de los parámetros de color del pollo en el transcurso del tiempo en muestras con diferentes condiciones de envasado y expuestas a la luz y en la oscuridad.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos son:

- a) Calcular el ΔE de las muestras con diferentes métodos de envasado y condiciones de mantenimiento
- b) Determinar si alguno de los métodos de envasado estudiados previene la degradación del pigmento y la consecuente pérdida de color de la piel.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTRAS

Para realizar el trabajo se utilizaron 30 pechugas de pollo constituidas por los músculos pectorales superficiales y profundos (derecho e izquierdo), incluida la piel de cobertura, provenientes de animales de un mismo criadero y de un mismo lote de crianza.

Los animales fueron alimentados, durante su ciclo productivo, con alimentos balanceados elaborados en el propio establecimiento y libres de colorantes artificiales. El alimento estaba formulado con maíz amarillo, como principal fuente de pigmentos naturales que pudo contribuir al color de los tejidos de los animales estudiados.

El proceso de faena de los animales se realizó en un establecimiento frigorífico, habilitado por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y con inspección oficial, ubicado en las cercanías de la ciudad de Córdoba. La edad de los animales faenados era de 58 días y el peso promedio de las canales era de 2 kg.

Se estableció que la duración de la prueba sería de 48 hs debido a condiciones operativas para realizar las mediciones de color pertinentes.

A. PREPARACIÓN DE MUESTRAS

La porción muscular fue separada de la estructura ósea (deshuesado) en forma manual y posteriormente se la dividió en cuatro porciones o filetes de carne, de aproximadamente 2,5 cm de espesor. A los fines experimentales cada una de estas porciones fue definida como unidad de muestra, quedando así cuatro muestras por pechuga de un mismo animal.

B. ACONDICIONAMIENTO Y ENVASADO DE LAS MUESTRAS

Cada porción o filete se colocó sobre una lámina rígida de polipropileno expandido de color blanco, para ser posteriormente envasada.

Las cuatro porciones de cada pechuga (provenientes de un mismo animal) fueron divididas en dos grupos. Uno de estos grupos fue envasado a vacío utilizando una bolsa marca Disevac AB ® (film impermeable al oxígeno y con filtro para luz ultravioleta) y el otro grupo fue envasado utilizando un film de polietileno de Resinite ® (permeable al oxígeno). Las especificaciones técnicas de ambos envoltorios se encuentran en el anexo N° 2

Al haber partido de 30 pollos nos quedan entonces 120 muestras, de las cuales 60 son envasadas al vacío y las otras 60 con film de polietileno.

C. TRATAMIENTOS CON LUZ Y OSCURIDAD

La mitad de las porciones envasada al vacío (30 muestras) y la mitad de las envasadas con film permeable al oxígeno (30 muestras) fueron mantenidas, durante 48 h, en una cámara de frío ($3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$) y expuestas a una intensidad de luz de 1075 unidades lux ± 125 .

El resto de las porciones fue mantenida en la misma cámara, en idénticas condiciones, pero protegidas de la luz mediante un film triple de polietileno negro de 7 μ .

Quedan de esta manera conformados cuatro lotes de 30 muestras cada uno a detallar:

- uno envasado al vacío y expuesto a la luz
- uno envasado al vacío y conservado protegido de la luz
- uno envasado con film permeable al oxígeno y expuesto a la luz
- uno envasado con film permeable al oxígeno y conservado protegido de la luz.

DETERMINACIÓN DE COLOR

Las determinaciones de color se realizaron siguiendo las normas de la American Meat Science Association. Las lecturas se efectuaron con un colorímetro de reflectancia (CIELAB) marca Braine modelo Supercroma, con el iluminante D65 y el observador 10° (Norma UNE 40-080, 1984). Los parámetros de color estudiados fueron las coordenadas L* (luminosidad), a* (rojo-verde) y b* (amarillo-azul) (CIE, 1986), a partir de las cuales se calcularon las magnitudes psicofísicas H* (tono) y C* (croma), el cociente a*/b* (Francis & Clydesdale, 1975; Lavelle y col., 1995) y las diferencias de color (ΔE^*) (UNE 72-036, 1982; Schmidhofer, 1994).

Sobre cada unidad de muestra se realizaron cuatro determinaciones distribuidas en igual número de sectores o cuadrantes y cada determinación estuvo constituida por cinco destellos que el equipo promedió en forma automática. El resultado final de cada unidad de muestra corresponde al promedio aritmético de los valores de los cuatro cuadrantes.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el fin de conocer las condiciones de comercialización del pollo que se están utilizando en el mercado nacional se realizó un relevamiento de información sobre la temperatura, la intensidad de luz en las góndolas en las que son exhibidos los pollos en los supermercados de la ciudad de Córdoba (Argentina). La información recopilada indicó que en todos los casos los pollos están envasados en film de Resinite[®], expuestos a una intensidad de luz de entre 950 a 1200 lux y mantenidos a temperatura de refrigeración. A partir de esta información y considerando el interés de estudiar un sistema de envasado alternativo, se definieron las condiciones experimentales de estudio.

El modelo experimental quedó conformado de la siguiente manera:

Grupo 1: muestras expuestas a la luz y envasadas con film permeable al oxígeno.

Grupo 2: muestras expuestas a la luz y envasadas con film impermeable al oxígeno.

Grupo 3: muestras protegidas de la luz y envasadas con film permeable al oxígeno.

Grupo 4: muestras protegidas de la luz y envasadas con film impermeable al oxígeno.

Para fijar la variabilidad proveniente de las diferencias individuales existentes entre los animales (factor pollo), cada pechuga aportó al diseño cuatro unidades de muestra y cada una de estas unidades formó parte de cada uno de los grupos antes mencionados, de forma que todos los tratamientos se realizaron en cada una de las pechugas estudiadas. La distribución de cada unidad de muestra en cada grupo fue aleatoria.

A partir de los valores obtenidos de las coordenadas de color (L^* , a^* , y b^*) se calculó la diferencia de color de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\Delta E = [(L^*1 - L^*0)^2 + (a^*1 - a^*0)^2 + (b^*1 - b^*0)^2]^{1/2}$$

donde L^*0 , a^*0 y b^*0 corresponden a los valores de esas coordenadas al inicio de la experiencia y L^*1 , a^*1 y b^*1 corresponden a los valores de esas coordenadas de color final del experimento (48 h).

Para determinar si existían diferencias significativas entre los valores de ΔE de los cuatro grupos estudiados se efectuó un análisis de la varianza. Para determinar entre cuáles de los grupos las diferencias eran significativas se contrastó con un test de Tuckey

Para verificar la homogeneidad de la varianza se realizó un test de Levene, el cual confirmó el supuesto de homogeneidad. Para comprobar la normalidad de la varianza se efectuó un test de Shapiro-Wilks (modificado), el cual indicó que el supuesto de normalidad no se cumplía pero el análisis de la varianza era robusto frente a esa falta de normalidad.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COORDENADAS DE COLOR L*, a* y b*

En la tabla 2 se presentan los valores promedio para las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas en film permeable al oxígeno y expuestas a la luz, estos resultados fueron obtenidos en dos tiempos: al comienzo de la prueba, tiempo cero (T0) y a las 48 h (T1).

Tabla 2. Resultados promedio de las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas con film permeable al oxígeno y expuestas a la luz. (Resinite).

	L* en T0	L* en T1	a* en T0	a* en T1	b* en T0	b* en T1
X	67,32	66,38	5,55	4,88	23,29	22,78
std	2,72	2,90	2,88	1,90	3,40	3,62

En la tabla 3 se muestran los valores promedio para las coordenadas de color para muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y expuestas a la luz, al comienzo de la prueba (T0) y a las 48 h (T1).

Tabla 3. Resultados promedio de las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas con film impermeable al oxígeno y expuestas a la luz.

	L* en T0	L* en T1	a* en T0	a* en T1	b* en T0	b* en T1
X	66,19	65,61	4,73	4,70	24,18	23,83
std	3,12	3,03	2,03	1,99	3,58	3,18

En la tabla 4 se muestran los valores promedio para las coordenadas de color para muestras envasado en film permeable al oxígeno y protegido de la luz, al comienzo de la prueba (T0) y a las 48 h (T1).

Tabla 4. Resultados promedio de las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas con film permeable al oxígeno y no expuestas a la luz.

	L* en T0	L* en T1	a* en T0	a* en T1	b* en T0	b* en T1
X	68,05	67,57	5,55	4,88	22,95	23,34
std	2,91	2,46	2,62	2,05	3,99	4,50

En la tabla 5 se presentan los valores promedio para las coordenadas de color para muestras envasado en film impermeable al oxígeno y protegido de la luz, al comienzo de la prueba (T0) y a las 48 h (T1).

Tabla 5. Resultados promedio de las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas con film impermeable al oxígeno y no expuestas a la luz.

	L*en T0	L en T1	a* en T0	a* en T1	b* en T0	b* en T1
X	66,15	66,24	3,72	4,55	23,21	23,60
Std	2,61	2,59	2,07	2,09	3,72	3,80

Los resultados obtenidos fueron diferentes a los encontrados por Quiao y col (2001), en un estudio realizado con pechugas de pollos, a las 24 horas post-mortem, describen valores más bajos (L*: 51,32; a*: 4,09; b*: 5,06) que los obtenidos en el presente trabajo. Es importante tener en cuenta que el autor mencionado realizó sus estudios con mediciones efectuadas directamente sobre el músculo del ave.

En el caso particular de la coordenada b^* , los valores promedio encontrados en los diferentes tratamientos oscilaron entre 20,31 y 23,87. Dichas cifras son marcadamente superiores a las informadas para esa coordenada por Lyon y col. (2004) $b^*= 3,22$; por Petracci y col. (2004) $b^*= 3,51$ y Wattanachant y col. (2004) $b^*= 3,62$; todos trabajos en los cuales las determinaciones objetivas de color se realizaron sobre los tejidos musculares.

Estos resultados están poniendo de manifiesto el importante aporte de componentes amarillos que realizó la piel del pollo, a diferencia del menor aporte realizado por los tejidos musculares.

RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL ΔE .

En la tabla n° 6 se exponen los resultados de los diferenciales de color total (ΔE) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R), con tratamientos de luz y oscuridad. Estos valores fueron obtenidos mediante cálculo a partir de los resultados presentados en las 4 tablas anteriores.

Tabla 6. Resultados del diferencial de color (ΔE) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R), con tratamientos de luz y oscuridad.

Muestra	ΔE	Muestra	ΔE	Muestra	ΔE	Muestra	ΔE
R1	9,37	RO 1	5,15	V 1	2,37	VO 1	1,57
R2	7,71	RO 2	4,53	V 2	1,05	VO 2	2,33
R3	7,91	RO 3	5,87	V 3	1,81	VO 3	2,94
R4	2,67	RO 4	6,30	V 4	2,13	VO 4	1,89

R5	4,77	RO 5	3,86	V 5	1,16	VO 5	2,93
R6	4,78	RO 6	5,60	V 6	1,63	VO 6	1,12
R7	8,35	RO 7	3,09	V 7	5,52	VO 7	3,22
R8	4,28	RO 8	3,14	V 8	2,00	VO 8	2,00
R9	3,02	RO 9	2,16	V 9	1,07	VO 9	2,09
R10	3,44	RO 10	1,94	V 10	7,71	VO 10	5,29
R11	2,02	RO 11	2,73	V 11	0,68	VO 11	1,17
R12	3,72	RO 12	2,81	V 12	1,64	VO 12	4,16
R13	3,38	RO 13	2,25	V 13	2,93	VO 13	2,06
R14	1,43	RO 14	1,90	V 14	4,96	VO 14	3,51
R15	4,59	RO 15	1,98	V 15	2,56	VO 15	2,45
R16	1,25	RO 16	2,81	V 16	3,80	VO 16	1,64
R17	1,59	RO 17	3,02	V 17	2,01	VO 17	1,71
R18	3,26	RO 18	1,77	V 18	1,09	VO 18	1,16
R19	1,82	RO 19	1,33	V 19	0,88	VO 19	0,73
R20	3,91	RO 20	4,12	V 20	1,47	VO 20	2,17
R21	2,47	RO 21	1,04	V 21	3,10	VO 21	2,26
R22	4,59	RO 22	0,80	V 22	2,78	VO 22	1,04
R23	4,36	RO 23	4,44	V 23	4,07	VO 23	5,00
R24	1,46	RO 24	4,22	V 24	0,49	VO 24	3,23
R25	2,14	RO 25	2,88	V 25	1,86	VO 25	1,06
R26	2,95	RO 26	11,95	V 26	2,16	VO 26	3,49
R27	3,17	RO 27	6,97	V 27	1,80	VO 27	4,06
R28	2,40	RO 28	4,14	V 28	0,69	VO 28	2,20
R29	4,25	RO 29	4,51	V 29	3,47	VO 29	5,15
R30	2,87	RO 30	2,04	V 30	0,98	VO 30	4,15

Referencias: R (Resinite/Luz), V (Vacío/Luz), RO (Resinite/Oscuridad), VO (Vacío Osuridad).

A. SUPUESTO DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA EL DIFERENCIAL DE COLOR (ΔE)

El análisis de los residuos correspondientes a la varianza, efectuado mediante el test de Levene, permite afirmar que el supuesto de homogeneidad de varianzas se cumplió (tabla n° 7 y gráfico n° 1).

Tabla 7. Resultados del Test de Levene para verificar la homogeneidad de la varianzas.

Variable	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Tratamiento	3	205,7	68,5647	1,20	NS 0,3130
Error	116	6627,8	57,1362		

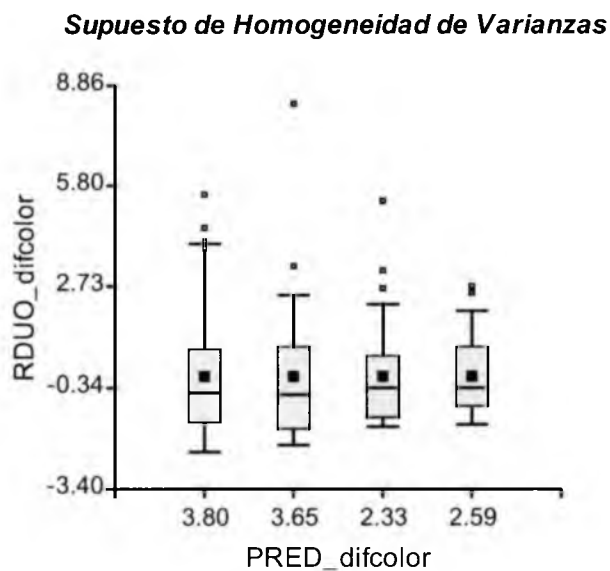


Gráfico 1. Supuesto de Homogeneidad de Varianzas.

B. SUPUESTO DE NORMALIDAD DE VARIANZAS PARA EL DIFERENCIAL DE COLOR (ΔE)

El test de Shapiro Wilks modificado rechaza la hipótesis nula de normalidad (tabla n°8), apreciación confirmada en el gráfico n° 2. Este resultado permite afirmar que el análisis de varianza es robusto frente a la falta de normalidad.

Tabla 8. Test de Shapiro-Wilks (modificado), para los valores de ΔE , de las pechugas de pollo.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
RDUO_difcolor	120	0,00	1,82	0,89	< 0,0001

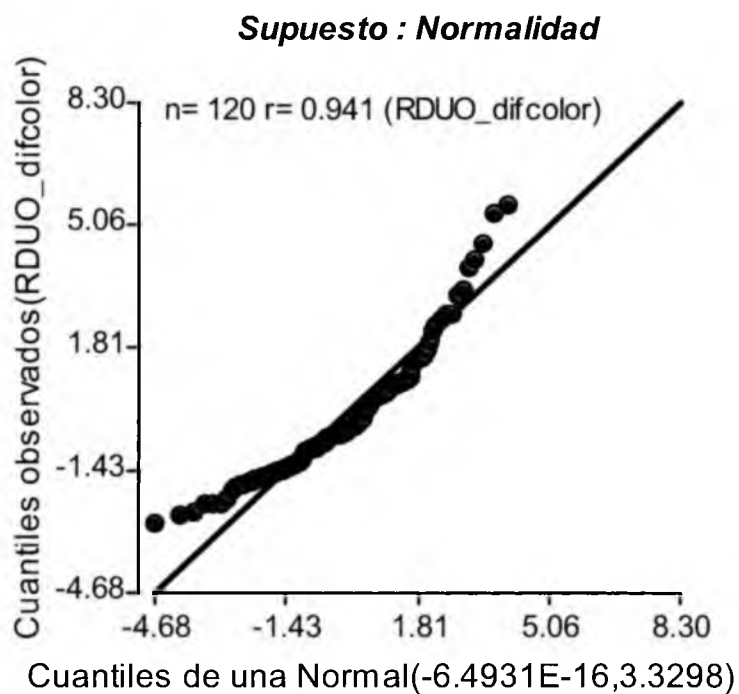


Gráfico 2. Supuesto Normalidad.

C. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZAS PARA EL DIFERENCIAL DE COLOR (ΔE)

En la tabla n°9 Se presentan los resultados del Análisis de la Varianza realizado a los valores de ΔE obtenidos a partir de las coordenadas de color de las pechugas de pollo.

Tabla 9. Análisis de la varianza, para los valores de ΔE , de las pechugas de pollo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	49,06	3	16,35	4,79	0,0035	
Resinite*vacío	47,67	1	47,67	13,95	0,0003	**
Luz*oscuridad	0,09	1	0,09	0,03	0,8696	
Resinite*vacío*Luz*oscuridad	1,30	1	1,30	0,38	0,5385	
Error	396,24	116	3,42			
Total	445,30	119				

** Diferencia Significativa.

El test de tuckey confirmó la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los grupos tratados con y sin oxígeno ($P < 0,05$), pero no ($P > 0,05$) entre los expuestos a la luz y a la oscuridad (tabla n° 10).

Tabla 10. Resultado del Test de Tukey, para los valores de ΔE , de las pechugas de pollo.

Factor		Medias	n	Obs
OXIGENO	Sin O ₂ (vacío)	2,46	60	A
	Con O ₂ (Resinite)	3,72	60	B
LUZ	Luz	3,06	60	A
	Oscuridad	3,12	60	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De los resultados obtenidos en el Anova y el test de tukey, se puede observar que existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos con o sin oxígeno. Sin embargo, no se observan diferencias entre los tratamientos con o sin luz y en la interacción de ambos. Por lo tanto, el envasado a vacío se podría utilizar como medida preventiva a la modificación del color de pollo durante el envasado, mientras que el almacenamiento en la oscuridad no presentaría ventajas respecto de la conservación del color del producto, al menos a los valores de iluminación que se utilizan en las góndolas de los supermercados.

Esta influencia negativa del oxígeno para el color del pollo fue también informada por Saucier y col. (2000) en un estudio realizado para evaluar la vida útil de la carne de pollo envasada en diferentes atmósferas. Estos autores encontraron los mejores resultados cuando la carne de pollo fue envasada en atmósferas libres de oxígeno y con diferentes combinaciones de anhídrido carbónico y nitrógeno.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ANOVAS PARA LOS DIFERENCIALES DE LAS COORDENADAS ΔL^* , Δa^* Y Δb^* Y PARA LOS DIFERENCIALES DE LAS MAGNITUDES ΔC^* , ΔH^* .

En la tabla n°11 se presentan los valores promedio para las diferencias de L^* , a^* y b^* , para las muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y protegido de la luz, considerando los tiempos al comienzo de la prueba (T_0) y a las 48 h (T_1).

Tabla 11: Valores promedios de los ΔL^* , Δa^* y Δb^* de las muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y protegido de la luz, al comienzo de la prueba (T0) y a las 48 h (T1)

Muestra	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Resinite y luz	0,94	0,67	0,51
Resinite y oscuridad	0,48	0,48	-0,39
Vacío y luz	0,58	0,03	0,35
Vacío y oscuridad	-0,09	0,83	0,39

El ANOVA efectuado para los diferenciales de cada una de las coordenadas de color no encontró diferencias significativas ($P > 0,05$) para el ΔL^* ni para el Δb^* , pero sí para Δa^* ($P < 0,05$).

En la tabla 12 se presentan los resultados del ANOVA realizado para el Δa^* para muestras envasadas con vacío (V) y con Resinite (R), con tratamientos de luz y almacenadas en la oscuridad. En ella se puede observar que las diferencias resultaron significativas ($P < 0,05$) para los tratamientos resinite y vacío.

Tabla 12. Resultados del ANOVA para el diferencial de la coordenada rojo-verde (Δa^*) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R) con tratamientos de luz y oscuridad.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	43,26	3	14,42	4,03	0,0091	**
Resinite*vacío	32,25	1	32,25	9,02	0,0033	**
Luz*oscuridad	6,30	1	6,30	1,76	0,1871	
Resinite*vacío*Luz*oscuridad	4,72	1	4,72	1,32	0,2532	
Error	414,87	116	3,58			
Total	458,13	119				

** Diferencia Significativa.

El test de Tukey demostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las muestras envasadas con resinite (presencia de O_2) y las envasadas al vacío (sin O_2), pero no encontró diferencias entre las muestras expuestas a la luz y las almacenadas en oscuridad (tabla 13).

Estos resultados coinciden con lo observado al analizar la diferencia total del color (ΔE) y permiten determinar que dichas diferencias estaban relacionadas con la variable rojo-verde (a^*).

Tabla 13: Test Tukey para Δa^* (T1-T0) (Alfa = 0,05)

Film	Medias	n	
Resinite	-0.64	60	A
Vacío	0.40	60	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Mientras que la coordenada a^* alcanzó un valor promedio de 5,38 para las muestras envasadas en resinite, para aquellas que fueron envasadas al vacío esa coordenada registró un valor promedio de 4,90 (Anexo 1).

La coordenada rojo verde (a^*) en la carne y los productos cárnicos depende de varios factores, concentración de hemopigmentos, contenido de humedad, estado de los hemopigmentos presentes (oxidados, reducidos, oxigenados), pH (Pérez-Álvarez, 1996; Rosmini, 1997; Fernández-López, 1998; Zogbi, 2005). Esta coordenada disminuye tras la oxidación de la mioglobina, mientras que la oxigenación incrementa sus valores (Pérez-Álvarez y col., 1998).

Es probable que al estar las muestras acondicionadas sólo con resinite y expuestas al oxígeno atmosférico se haya producido la oxigenación de la mioglobina presente. Por el contrario, cuando las muestras se acondicionaron en vacío la ausencia del oxígeno produjo menores valores de la coordenada a^* y, además, minimizó las diferencias entre el tiempo cero y las cuarenta y ocho horas.

En el Anova no resultaron significativas ($P < 0,05$) las diferencias entre los cuatro tratamientos estudiados para la variable Croma (C^*), ni para las diferencias de entre los valores a tiempo cero y a las cuarenta y ocho horas.

Por el contrario, resultaron significativas ($P < 0,05$) las diferencias entre los valores de tono (H^*) de las muestras envasadas al vacío y aquellas que se acondicionaron con resinite. A tiempo 0 las muestras envasadas al vacío mostraron valores de $H^* = 78,61$ y en las envasadas con resinite de $H^* = 75,03$. A las 48 horas de almacenamiento las muestras envasadas al vacío mostraron valores de $H^* = 78,52$ y en las envasadas con resinite de $H^* = 76,26$. A pesar que las muestras acondicionadas en resinite y en contacto con el oxígeno atmosférico mostraron valores inferiores que las envasadas al vacío, todas se ubicaron dentro de los tonos amarillo - naranja (Instituto Nacional de Racionalización, 1981).

El ANOVA efectuado encontró diferencias significativas ($P < 0,05$) para el ΔH^* del tratamiento resinite*vacío considerando los valores a tiempo 0 y a las 48 horas (tabla 14). Por otra parte, el test de tukey demostró que, para la mencionada variable, eran significativas las diferencias ($P < 0,05$) existentes entre las muestras envasadas en resinite (con O_2) y las envasadas al vacío (sin O_2), pero no encontró diferencias ($P > 0,05$) entre las muestras expuestas a la luz y las acondicionadas en la oscuridad. El ΔH^* alcanzó un valor de 1,23 en las muestras expuestas al oxígeno (resinite) durante las 48 hs de almacenamiento. Atento que la magnitud H^* refleja la relación entre la coordenada a^* y la b^* , estos resultados estarían confirmando las observaciones realizadas al analizar esas variable en forma individual, es decir una tendencia a perder los componentes rojos (coordenada a^*) en relación a los componentes amarillos (coordenada b^*).

El H^* de la carne y productos cárnicos está relacionado directamente con el estado de los hemopigmentos (oxidado, reducido). Los estados oxidados incrementan el valor del tono, mientras que los valores reducidos reducen los valores del mismo (Zogbi, 2005).

Tabla 14. Resultados del Anova para el diferencial de la magnitud psico-física Tono (ΔH^*) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R) con tratamientos de luz y oscuridad.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	207,07	3	69,02	2,55	0,0590	**
Resinite*vacío	161,70	1	161,70	5,98	0,0160	**
Luz*oscuridad	14,77	1	14,77	0,55	0,4616	
Resinite*vacío*Luz*oscuridad	30,61	1	30,61	1,13	0,2897	
Error	3138,47	116	27,06			
Total	3345,55	119				

** Diferencia Significativa.

El ANOVA efectuado encontró diferencias significativas ($P < 0,05$) para los valores del $\Delta a^*/b^*$ (diferencia del índice de rojez). Los resultados se presentan en la tabla 15, se puede observar que sólo resultó significativo para el tratamiento resinite*vacío ($P < 0,05$).

El test de tukey demostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las muestras envasadas en resinite (con O_2) y las envasadas al vacío (sin O_2), pero no resultaron significativas ($P > 0,05$) las diferencias entre las muestras expuestas a la luz y las almacenadas en oscuridad.

La tabla 16 presenta los valores promedios para las coordenadas a^* y b^* y para el índice de rojez (a^*/b^*), obtenidos en las muestras envasadas al vacío y con resinite. Se puede observar que los mayores valores de a^* y, al mismo tiempo los menores valores de b^* , se encontraron en las muestras envasadas con resinite. Esto puede estar relacionado directamente con la presencia de oxígeno, el cual contribuye a la formación de oximioglobina y, por consiguiente, aporta componentes rojos a las muestras. En la misma tabla también se observa que los mayores valores de b^* y los menores valores de a^* se encontraron en las muestras envasadas al vacío. La relación de ambas coordenadas, al calcular el índice, justifica que las muestras envasadas al vacío presentaran menor valor ($P < 0,05$) para el a^*/b^* que aquellas envasadas en resinite (tabla 16).

Estos resultados están indicando que al aplicar el vacío las muestras disminuyeron su rojez manteniendo los valores de la coordenada b^* , los cuales por ser valores positivos están relacionados con los componentes amarillos. El valor de rojez alcanzado no se pudo mantener a lo largo de las 48 h del estudio, no obstante, al finalizar el mismo el índice de rojez era menor que el de las muestras que habían permanecido en contacto con el oxígeno.

Tabla 15. Resultados del Anova para el diferencial del índice de rojez a^*/b^*

($\Delta a^*/b^*$) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R) con tratamientos de luz y oscuridad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,07	3	0,02	2,59	0,0559	**
Resinite*vacío	0,06	1	0,06	6,27	0,0136	**
Luz*oscuridad	0,01	1	0,01	0,57	0,4534	
Resinite*vacío*Luz*oscuridad	0,01	1	0,01	0,95	0,3329	
Error	1,11	116	0,01			
Total	1,19	119				

** Diferencia Significativa.

Tabla 16: Valores medios para las coordenadas a^* , b^* y para el índice a^*/b^* .

	T0	T48
a^* resinite	5,255 ^a	5,385 ^a
a^* vacío	4,490 ^b	4,905 ^b
b^* resinite	20,215	20,335
b^* vacío	23,874	23,893
a^*/b^* resinite	0,259 ^c	0,264 ^c
a^*/b^* vacío	0,188 ^d	0,205 ^c

^a y ^b: letras diferentes entre filas indica diferencias significativas ($P < 0,05$)

^{c,d} y ^e: letras diferentes entre columnas indica diferencias significativas ($P < 0,05$)

IV - CONCLUSIONES

Luego del análisis de todos los resultados obtenidos, confirmamos lo planteado como hipótesis y podemos decir que mediante un método de envasado aplicable a escala comercial se pueden evitar los cambios de color de la carne y la piel del pollo en el tiempo que duró la prueba.

Respondiendo a los objetivos planteados podemos decir:

- La diferencia total de color ΔE del pollo se vio afectado por el método de envasado utilizado.
- El envasado al vacío (sin O_2) produjo valores de ΔE inferiores comparado con el envasado en Resinite (con O_2), pero al conservarlo en presencia de luz o en oscuridad no se apreció diferencia.
- La coordenada que mostró mayor diferencia por el método de envasado utilizado fue la a^* , presentado menores valores cuando el pollo es envasado en vacío y, como consecuencia, produciendo un menor índice de rojez (a^*/b^*) de las muestras.
- Como consecuencia de su acción sobre la coordenada a^* , el método de envasado de vacío produce una disminución del índice de rojez (a^*/b^*) y un aumento del tono de color (H^*). Esta observación produce un efecto en el cual predominan los pigmentos amarillos.
- A la percepción por el ojo humano, el promedio de la diferencia de color ΔE en las muestras envasadas al vacío resultó evidente (ΔE promedio 2.45), mientras que en las envasadas con resinite esa diferencia de color ΔE promedio resulta ser muy evidente (ΔE promedio 3.715) según lo expuesto en la tabla 1.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. (1998) Estudio del color por métodos objetivos en sistemas modelos de pastas de embutidos crudo-curados. Tesis Doctoral. Departamento de Producción animal. Universidad de Murcia. Murcia.

FRANCIS, F.J. & CLYDESDALE, F.M. (1975) Food colorimetry: Theory and applications. Westport (Connecticut), AVI Publishing Co.

GIESE, J. (1995) Measuring physical properties of food. *Food Technology*, 49, 54-63.

GILABERT, E.J. (1992) Medida del color. Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicaciones. SPUPV-92.684.

HUNT, M.C. (1980) Meat color measurements. En Proceedings of 33th Reciprocal Meat Conference. Purdue, American Meat Association y National Live Stock and Meat Board, p. 41-46.

HUNT, M.C.; ACTON, J.C.; BENEDICT, R.C.; CALKINS, C.R.; CORNFORTH, D.P.; JEREMIAH, L.E.; OLSON, D.P.; SALM, C.P.; SAVELL, J.W. & SHIVAS, S.D. (1991) American Meat Science Association, Guidelines for meat color evaluation. Chicago, National Live Stock and Meat Board.

INSTITUTO NACIONAL DE RACIONALIZACION (1981). "Nomenclatura Cromática Española". Madrid, INR.

JIMÉNEZ S.M., TIBURZI M.C., SALSI M.S., PIROVANI M.E. and MOGUILVSKY M.A. (2003) The role of visible faecal material as a vehicle for generic *Escherichia coli*, coliform, and other enterobacteria contaminating poultry carcasses during slaughtering *Journal of Applied Microbiology*. N° 95, p. 451-456

LAVELLE, C.L.; HUNT, M.C. & KROPPF, D.H. (1995) Expressible juice and internal cooked colour of ground beef patties from vitamin E-supplemented. Proceedings of 41th International

Congress of Meat Science and Technology. San Antonio (Texas), American Meat Science Association. C79, p. 396-7.

LAWLESS HARRY T. ; HEYMANN HILDEGARDE (1999) Sensory evaluation of food, principles and practices. Cap. 12. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland 1999.

LEHNINGER, ALBERT L. (1995) Bioquímica: las bases moleculares de la estructura y función celular. Barcelona: edición Omega.

LION & COL. (2004) Lyon, B. G.; Smith, D. P.; Lyon, C. E. and Savage, E. M. Effects of Diet and feed withdrawal on the Sensory Descriptive and Instrumental Profiles of Broiler Breast Fillets. Poultry Science 83:275-281.

LUNDQUIST, B.R. (1994). En Price, J.F. y Schweigert, B.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza, Acribia. Cap. 14. p. 441 – 455

MC DOUGALL, D. B. (1982) Changes in the Colour and opacity of meat. Food Chemistry. 9, p 75 –88.

MCLAREN, K. (1984) Food Colorimetry. En Developments in food colours – 1 por J. Walford (Ed.). London : Applied Science Publishers Ltd., Vol. I, cap. 2, p. 27-45.

MILLER, R. K. (1994) Quality Characteristics. En Kinsman, D. M.; Kotuba, A. W. & Breindnstein, B. C. Muscle Food. Meat poultry and Sea foods technology. New York, Chapman y Hall, 11 P. 296 – 332.

NORTH MACK O. , BELL DONALD D. (1998) Manual de producción avícola. Editorial El Manual Moderno.

PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. (1996) Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudo-curados. Ph.D. Thesis Science. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, M.E. & CARTAGENA-GRACIÁ, R. (1998) Description of colour parameters of the different raw material used in the meat industry. Eurocarne 63, p. 115-122.

PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. & SAYAS-BARBERÁ, E. (2000) Paprika in the meat industry. In: Rosmini MR, Pérez-Alvarez JA, Fernández-López J, editors. Nuevas Tendencias en la Tecnología e Higiene de la Industria Cárnica., Elche: Universidad Miguel Hernández, p. 235-252.

PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E. (2000) Fundamentos físicos, químicos, ultraestructurales y tecnológicos en el color de la carne. Nuevas Tendencias en la Tecnología e Higiene de la Industria Cárnica., Elche: Universidad Miguel Hernández, p. 51 – 71

PETRACCI, M.; BETTI, M.; BIANCHI, M. and CAVANI, C (2004). Color Variation and Characterization of Broiler Breast meat During Processing in Italy. Poultry Science 83: 2086-2092.

PRÄNDL O.; FISCHER A.; SCHMIDHOFER T.; SIVELL H.J. (1994) Tecnología e higiene de la Carne: Zaragoza. Acribia

QUIAO, M. ; FLETCHER, D.L. ; SMITH, D. P. ; NORTHCUTT, J. K. (2001) The effect of Broiler Breast Meat Color on pH, Moisture, Water- Holding Capacity, and Emulsification Capacity. J. Poultry Science N° 80 p. 676- 680.

ROSMINI, M.R. (1997) Proceso de elaboración de los productos cárnicos fermentados: caracterización objetiva mediante parámetros de color. Tesis doctoral, Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

SAUCIER, L.; GENDRON, C. ; GARIEPY (2000) Shelf Life of Ground Poultry fMeat Stored Under Modified Atmosphere. *Poultry Science* 2000; 79 p 1851 – 1856.

SCHMIDHOFER, T. (1994) Métodos analíticos. En Prändl, O.; Fischer, A.; Schmidhofer, T. & Sinell, H.J. *Tecnología e higiene de la carne*. Zaragoza, Acribia. Parte E, II, p., 723-803.

SUTTIE, J.W. (1979) *Fundamentos de bioquímica*. México, Interamericana.

UNE (1982) Norma española 72-036: Especificación de Diferencias de Color Psicofísicas. Madrid. IRANOR

UNE (1984a) Norma Española 40-080: Determinación de coordenadas cromáticas “CIE”. Madrid. IRANOR

WARRIS P.D. (2003) *Ciencia de la Carne*. Zaragoza. Acribia.

WATTANACHANT, S; BENJAKUL, S; and LEDWARD, D. A. (2004). Composition, Color and texture of Thai Indigenous and Broiler Chicken Muscles. *Poultry Science* 83: 123-128

WHITAKER, J.R. (1972). *Principles of enzymology for de foods sciences*. New York. Marcel Decker.

YUFERA, EDUARDO PRIMO (1996) *Química Orgánica Básica y Aplicada. De las moléculas a la industria*. Reverté S.A. Tomo II.

ZOGBI, A. P. (2005) *Evaluación objetiva de los parámetros de color en pastas de carne bovina, utilizadas para la elaboración de embutidos crudo-curados*. Tesis de maestría, Maestría en Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Católica de Córdoba. Córdoba.

VI ANEXOS

ANEXO N° 1:

Valores medidos de intensidad lumínica y Temperaturas en las góndolas donde están exhibidos los pollos.

Supermercados Disco Nuevo Centro Shopping

Estantería 1: 750 - 820 lux

Estantería 2: 1300 – 1320 lux

Estantería 3: 950 - 800 lux

Estantería 4: 1350 – 1400 Lux

Supermercados Disco Avenida Vélez Sarsfield

Estantería 1: 1500 – 1600 lux

Estantería 2: 1590 – 2300 lux

Estantería 3: 1600 – 1700 lux

Supermercados Disco Avenida Richieri

Estantería 1: 700 – 900 lux

Estantería 2: 1100 – 1500 lux

Estantería 3: 1100 – 1300 lux

Supermercados Carrefour Avenida O'Higgins

Góndola 1: 1800 – 2100 lux

Góndola 2: 1400 – 1600 lux

Las mediciones se realizaron con un aparato marca Luximeter HD 8366 Delta OHM con sensor de sílice.

Las temperaturas en todos los casos se ubicaron entre 2 y 7 grados.

Las variaciones en los valores de iluminación se debe a que se midió en los diferentes lugares de las estanterías para obtener el valor máximo y mínimo.

ANEXO N° 2:**CARACTERÍSTICAS DE LOS ENVASES UTILIZADOS****a. Para envasado al Vacío:**

Se usaron bolsas Disevac AB producidas por Plásticos Dise S.A. con fábrica en Bv. De los Latinos 6315 de Barrio los Boulevares de la Ciudad de Córdoba.

Características Técnicas:

Material coextruido de cinco capas, constando cada capa con los siguientes materiales:

- 1 – Capa exterior de poliuretano, sirviendo como barrera a la humedad y filtro UV.
- 2 – Capa intermedia sirve como adhesivo entre el polietileno y la capa con EVOH que actúa como barrera de las grasas.
- 3 – Capa interior de EVOH que es el material que da la barrera.
- 4 – Capa intermedia sirve como adhesivo entre la capa con EVOH y el polietileno interior y a su vez actúa como barrera a las grasas.
- 5 – Capa interior que es de polietileno siendo el material soldante y actúa como barrera a la humedad.

Espesor: 100 (+/- 5) Micrones.

Permeabilidad al O₂: entre 1 a 10 cc/m²*24 h*1bar (medidas en condiciones estandarizadas: 25°C y 50% de humedad relativa del ambiente).

b. Muestras con film permeable al O₂:

Resinite ®. Film de PVC Grado Alimentario.

Producido por: Resipac Argentina SRL

ANEXO N° 3

Tabla 17. Valores de las coordenadas de color para muestras envasado en film permeable al oxígeno y expuesto a la luz (R) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1)

Muestra	Valor de L	Valor de L	Valor de a	Valor de a	Valor de b	Valor de b
	T 0	T 1	T0	T1	T0	T1
R1	70,56	62,83	9,09	4,09	24,10	22,38
R2	69,48	63,50	9,36	6,00	17,88	21,40
R3	66,15	66,87	1,80	8,14	24,90	20,23
R4	62,53	63,79	5,25	4,54	20,67	22,91
R5	68,01	66,63	4,32	6,40	22,53	26,60
R6	68,77	66,93	1,87	4,20	21,29	17,55
R7	65,38	61,56	8,15	6,61	26,89	19,63
R8	66,28	63,44	4,07	2,39	19,73	17,01
R9	63,78	63,58	8,26	6,30	23,84	26,13
R10	67,31	68,48	9,04	6,52	28,14	26,12
R11	64,49	64,64	3,75	3,25	19,14	17,19
R12	66,36	65,56	0,70	3,37	20,82	18,35
R13	67,46	66,52	0,50	2,36	18,94	16,28
R14	66,91	66,87	3,71	5,09	26,99	26,61
R15	70,27	72,23	6,33	3,07	19,48	22,04
R16	68,25	68,11	6,71	5,47	24,19	24,06
R17	66,24	66,04	6,68	6,02	26,29	24,86
R18	71,08	71,87	6,98	4,77	21,75	24,01
R19	64,76	64,46	4,58	3,03	18,84	19,75
R20	65,69	64,49	12,80	9,19	29,87	28,97
R21	66,05	67,45	5,37	3,34	27,20	27,27
R22	65,64	66,63	5,77	1,60	24,46	26,10
R23	67,73	64,79	5,38	3,33	23,04	20,55
R24	60,21	61,55	4,48	4,87	23,56	23,98
R25	67,44	65,57	5,28	6,26	23,15	23,47
R26	70,76	68,44	3,21	3,33	22,38	20,56
R27	72,39	70,98	6,41	5,99	29,46	26,65
R28	69,99	72,37	4,55	4,85	27,94	27,82
R29	70,05	68,22	10,11	8,70	21,75	25,32
R30	69,48	66,99	2,03	3,46	19,35	19,47

Tabla 18. Valores de las coordenadas de color para muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y expuesto a la luz.(V) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1)

Muestra	Valor de L	Valor de L	Valor de a	Valor de a	Valor de b	Valor de b
	T0	T1	T0	T1	T0	T1
V1	66,68	64,65	8,02	9,05	31,85	31,19
V2	62,38	62,78	4,79	5,76	19,84	19,75
V3	65,56	65,15	7,32	7,23	22,66	24,42
V4	65,82	66,74	4,57	6,37	24,98	24,30
V5	67,51	67,91	8,36	7,76	25,82	26,73
V6	64,39	63,68	0,88	1,41	17,67	16,30
V7	60,94	60,66	6,31	4,14	23,19	18,12
V8	64,71	66,41	3,92	2,90	21,59	21,84
V9	62,89	62,95	2,81	3,11	25,58	24,55
V10	64,38	62,10	8,27	6,33	31,47	24,37
V11	64,19	64,25	2,01	1,70	16,94	16,34
V12	64,23	64,39	6,99	5,59	25,28	24,45
V13	65,85	64,71	3,66	6,21	24,77	25,64
V14	64,72	64,16	3,40	2,43	30,60	25,77
V15	68,16	65,88	5,66	5,18	26,51	25,46
V16	70,92	67,92	4,69	4,55	21,85	24,18
V17	62,54	62,28	3,29	4,20	23,66	25,43
V18	68,59	68,66	5,79	5,77	21,89	22,98
V19	65,14	65,01	5,21	5,87	23,58	24,14
V20	60,91	61,66	2,98	2,98	20,36	21,63
V21	66,52	65,34	4,43	2,90	29,13	26,70
V22	69,12	67,66	5,73	5,39	23,37	25,71
V23	65,14	62,24	5,72	3,31	22,87	21,34
V24	62,39	61,97	1,99	1,77	21,98	22,10
V25	69,04	67,23	6,07	6,42	26,43	26,66
V26	69,09	68,89	0,61	1,46	20,70	22,68
V27	70,58	68,88	3,54	4,10	25,24	25,41
V28	70,64	71,01	6,07	5,66	26,35	26,76
V29	71,28	71,66	3,86	6,90	23,66	25,29
V30	71,50	71,56	4,97	4,68	25,49	24,56

Tabla 19. Valores de las coordenadas de color para muestras envasadas en film permeable al oxígeno y protegidas de la luz. (RO) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1).

	Valor de L	Valor de L	Valor de a	Valor de a	Valor de b	Valor de b
Muestra	T0	T1	T0	T1	T0	T1
RO1	70,77	67,35	9,20	6,73	27,95	30,90
RO2	68,12	66,79	4,15	4,72	16,32	20,61
RO3	60,96	64,35	6,46	3,04	18,54	15,18
RO4	69,88	69,39	7,84	1,96	23,66	25,86
RO5	65,93	68,50	3,65	6,10	22,52	21,01
RO6	66,73	68,81	4,05	4,91	21,88	27,01
RO7	68,96	67,10	8,24	7,20	25,83	23,59
RO8	68,12	68,15	5,52	5,66	20,69	23,83
RO9	67,12	65,17	7,58	8,28	30,69	31,29
RO10	64,84	65,12	1,23	1,74	17,69	15,84
RO11	64,98	66,78	4,05	3,19	18,85	20,72
RO12	68,46	67,87	9,54	6,80	22,86	22,60
RO13	63,60	65,58	4,30	3,81	18,93	17,97
RO14	65,59	65,91	5,14	3,60	21,15	22,22
RO15	69,38	68,90	1,23	2,16	18,92	17,24
RO16	69,27	67,01	2,73	3,08	18,16	16,53
RO17	68,26	68,78	12,80	10,29	27,58	29,18
RO18	67,24	66,01	5,47	6,38	20,97	20,08
RO19	65,74	66,02	5,73	5,64	25,42	24,12
RO20	68,74	68,64	8,92	5,73	26,45	29,05
RO21	71,39	70,71	6,59	6,46	30,72	29,94
RO22	62,88	63,11	4,65	4,01	21,20	21,63
RO23	69,94	67,09	7,27	3,87	24,80	25,06
RO24	71,65	68,32	5,06	7,06	25,89	27,53
RO25	71,36	72,36	8,84	7,04	24,17	26,18
RO26	68,85	61,96	2,59	3,97	16,95	26,61
RO27	72,31	69,99	4,00	6,29	28,60	22,44
RO28	66,89	67,61	3,99	3,54	22,72	18,67
RO29	73,70	72,83	4,42	7,78	25,30	22,42
RO30	69,83	70,88	4,32	4,06	23,20	24,93

Tabla 20. Valores de las coordenadas de color para muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y protegidas de la luz. (VO) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1)

Muestra	Valor de L	Valor de L	Valor de a	Valor de a	Valor de b	Valor de b
	T0	T1	T0	T1	T0	T1
VO1	65,02	64,57	3,66	5,09	27,48	27,01
VO2	68,26	68,38	1,41	3,67	22,38	21,18
VO3	62,53	63,17	0,44	1,77	15,75	18,29
VO4	61,80	62,74	3,45	2,92	21,76	20,21
VO5	66,38	65,81	5,29	4,71	22,03	24,85
VO6	64,96	65,35	5,39	6,15	28,38	29,11
VO7	63,92	62,79	2,68	2,37	21,68	18,68
VO8	68,26	68,92	5,97	7,62	26,98	26,06
VO9	67,51	67,10	9,30	9,77	26,95	28,95
VO10	63,90	63,79	4,85	1,89	21,50	17,12
VO11	66,31	66,55	3,34	4,39	23,55	24,00
VO12	63,02	64,00	1,76	5,39	17,59	19,37
VO13	61,81	61,57	2,31	2,84	18,83	16,85
VO14	64,18	65,77	1,13	3,40	21,65	23,80
VO15	65,41	65,39	4,35	6,75	24,23	24,83
VO16	67,85	67,48	5,01	4,47	24,42	25,92
VO17	66,40	67,61	4,92	4,62	25,71	24,54
VO18	70,36	70,79	5,32	5,68	22,71	23,73
VO19	68,36	68,36	6,20	6,46	26,16	26,84
VO20	64,01	62,50	2,25	2,07	23,32	21,77
VO21	68,52	67,70	3,94	6,05	28,78	28,82
VO22	68,93	68,13	6,51	7,06	28,85	28,48
VO23	62,32	62,32	2,60	3,08	23,94	18,96
VO24	67,53	69,90	5,99	7,78	28,47	29,73
VO25	66,53	66,85	3,03	3,68	21,81	22,58
VO26	67,11	68,62	0,17	2,05	18,22	20,74
VO27	70,26	68,99	4,39	4,40	21,56	25,42
VO28	65,16	65,28	2,36	2,17	20,48	22,67
VO29	66,15	66,27	1,21	1,99	15,58	20,67
VO30	71,68	70,57	2,42	6,21	25,58	26,86

INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRAFICOS

Figura 1: Relación entre el consumo de carne aviar y el precio al consumidor.	p. 10
Figura 2: Evolución de la Faena Nacional de Aves	p. 11
Figura 3: Producción Nacional de Carne Aviar	p. 11
Figura 4: Estructura química de Zeaxantina y Cantaxantina.	P. 21
Figura N° 5: Gráfico del Espacio de Color CIELAB	p. 27

Tabla 1: Relación entre diferencia de color y percepción por el ojo humano.	p. 28
Tabla 2. Resultados promedio de las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas expuestas a la luz y envasadas con film permeable al oxígeno (Resinite).	p. 37
Tabla 3. Resultados promedio de las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas expuestas a la luz y envasadas con film impermeable al oxígeno	p. 37
Tabla 4. Resultados promedio de las coordenadas de color L*, a* y b* para muestras envasadas no expuestas a la luz y envasadas con film permeable al oxígeno.	p. 38
Tabla 5. Resultados promedio de las coordenadas de color L* ,a* y b* para muestras envasadas no expuestas a la luz y envasadas con film impermeable al oxígeno.	p. 38
Tabla 6. Resultados del diferencial de color (ΔE) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R), con tratamientos de luz y oscuridad	p. 39
Tabla 7. Resultados del Test de Levene para verificarla homogeneidad de la varianzas.	p. 41
Tabla 8. Test de Shapiro-Wilks (modificado), para los valores de ΔE , de las pechugas de pollo.	p. 42
Tabla 9. Análisis de la varianza, para los valores de ΔE , de las pechugas de pollo	p. 43
Tabla 10. Resultado del Test de Tukey, para los valores de ΔE ,de las pechugas de pollo.	p. 42
Tabla 11: Valores promedios de los ΔL^* Δa^* y Δb^* de las muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y protegido de la luz, al comienzo de la prueba (T0) y a las 48 h (T1).	p. 45

Tabla 12: Resultados del ANOVA para el diferencial de la coordenada rojo-verde (Δa^*) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R) con tratamientos de luz y oscuridad.	p. 45
Tabla 13: Test Tukey para Δa^* (T1-T0) (Alfa= 0,05)	p. 46
Tabla 14: Resultados del Anova para el diferencial de la magnitud psico-física Tono (ΔII^*) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R) con tratamientos de luz y oscuridad.	p. 48
Tabla 15: Resultados del Anova para el diferencial del índice de rojez a^*/b^* ($\Delta a^*/b^*$) para muestras envasadas a vacío (V) y con Resinite (R) con tratamientos de luz y oscuridad	p. 49
Tabla 16: Valores medios para las coordenadas a^* , b^* y para el índice a^*/b^* .	p. 49
Tabla 17: Valores de las coordenadas de color para muestras envasadas en film permeable al oxígeno y expuesto a la luz (R) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1)	p. 61
Tabla 18: Valores de las coordenadas de color para muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y expuesto a la luz (V) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1)	p. 62
Tabla 19: Valores de las coordenadas de color para muestras envasadas en film permeable al oxígeno y protegidas de la luz (RO) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1).	p. 63
Tabla 20: Valores de las coordenadas de color para muestras envasadas en film impermeable al oxígeno y protegidas de la luz (VO) al inicio (T0) y a las 48 horas (T1)	p. 64
Gráfico 1: Supuesto de Homogeneidad de Varianzas	p. 41
Gráfico 2: Supuesto Normalidad.	p. 42

Indice General

-Prologo	p. 5
- I – Introducción	p. 9
.Producción y comercialización de Pollos en Argentina	p.10
. Envases	p.13
. Color	p.17
A- Color de los alimentos	p.20
B- Medición del color	p.26
. Hipótesis	p.29
. Objetivo general	p.29
. Objetivos específicos	p.29
- II- Materiales y Métodos	p.30
. Muestras	p.31
A- Preparación de las Muestras	p.31
B- Acondicionamiento y Envasado de las Muestras	p.32
C- Tratamiento con luz y oscuridad	p.32
. Determinación del color	p.33
. Diseño Experimental y Análisis Estadísticos	p.34
- III- Resultados y Discusión	p.36
. Coordenadas de color L^* , a^* y b^*	p.37
. Resultados correspondientes a ΔE	p.39
A- Supuesto de Homogeneidad de varianzas para ΔE	p.41
B- Supuesto de Normalidad de varianzas para ΔE	p.42
C- Resultado de Análisis de la Varianza para ΔE	p.43
. Análisis de los Resultados de ANOVA para los diferenciales de las coordnadas ΔL^* ; Δa^* ; Δb^* y para las magnitudes ΔC y ΔH	p.44
- IV- Conclusiones	p.50

-V- Referencias Bibliográficas	p.52
VI- Anexos	p.58
. Anexo N° 1	p.59
. Anexo N° 2	p. 60
. Anexo N° 3	p.61
. Índice de tablas y gráficos	p. 65