

## Mioglobina Factor Principal del cual Depende el Color de la Carne

**Fuente:** Dr. Francisco Héctor Chamorro Ramírez  
Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco  
Profesor Investigador  
Tel.: 54837000  
Correo: [mvzchamorro@yahoo.com.mx](mailto:mvzchamorro@yahoo.com.mx)

Extraído de bmeditores.mx

### Introducción

La calidad de un producto se define por los atributos que el consumidor percibe como deseables a primera vista. En el caso de la carne, el color es una de las características más importantes, ya que influye en la aceptabilidad del producto en general y es definitivo en la decisión de compra. Funciona como medida visual de frescura y calidad.

La mioglobina es la molécula responsable del color debido a su presencia en la carne y a los cambios que presenta al ser expuesta al oxígeno. Su estructura se modifica generando cambios en la refracción de luz y por lo tanto produce cambios en la coloración de la carne. Es importante conocer a fondo los procesos que se suscitan en la mioglobina para mejorar la estabilidad del color y mantener la apariencia de frescura en la carne.

Los factores que determinan el color de la carne son dos: Las reacciones redox de la mioglobina y la cantidad de mioglobina presente en el músculo. Por otra parte, la estabilidad del color se puede afectar debido a muchas circunstancias muy variadas; que pueden ser de origen intrínseco y extrínseco. Por lo tanto, ya que el color de la carne funciona como medida visual de frescura y calidad, y a fin de que se produzca carne de calidad consistente es necesario establecer estrategias para mantener las características de color en estado deseable. Así, es importante mencionar que solamente se puede lograr cuando hay una comprensión de los factores que varían el color de la carne.

### Importancia del color de la carne

De acuerdo con Mohan (2009) en el caso de la carne, el color es una de las características más importantes, ya que influye en la aceptabilidad del producto. El consumidor asocia este atributo con el sabor, la ternura, la sanidad, el tiempo de almacenamiento, e incluso con el valor nutricional (Zohu., 2010). Wilmer et al., (2010) mencionan que el color es el aspecto primordial que los consumidores evalúan como indicador de calidad por encima de otras como el precio, del mismo

modo Oyagüe (2007) menciona que si el consumidor considera que el color es inaceptable el resto de los atributos pierde importancia.

El color de la carne permite la detección de ciertas anomalías o defectos de calidad e inocuidad que puedan presentar los alimentos, es decir, que el consumidor utiliza las variaciones de color como indicador de frescura y sanidad (Tapp, et al., 2011), características que pueden modificarse durante el almacenamiento, lo cual sigue influyendo en la aceptación del consumidor (Girolami et al, 2012).

### **Factores de los cuales depende el color de la carne**

La cantidad de mioglobina presente en la carne, que se refleja como la saturación de color rojo y el estado químico de la mioglobina, afectado por el potencial óxido-reducción, que se ve reflejado como el tono del color, son los principales factores de los cuales depende el color.

Los dos factores pueden ser observados mediante colorimetría utilizando el sistema CIEL\* a\* b\*. Para la determinación de la cantidad de mioglobina se utiliza el valor a\* (tendencia al rojo) que representa al eje rojo – verde y para estimar el estado químico de la mioglobina se utiliza el valor b\* (tendencia al amarillo) que representa al eje amarillo – azul.

Existe además un tercer factor que es determinado por el valor (L\*) que determina el grado de luminosidad de un color y se determina en una escala que se extiende del negro absoluto al blanco absoluto (Onega et al., 2003), la luminosidad está relacionada con el estado, tamaño y posición de las fibras musculares ya que de ello depende el grado de reflexión y absorción del espectro luminoso, además de la presencia de agua, en sus tres posibles estados (libre, contenida y ligada; Oyagüe, 2007).

**Mioglobina.** En 1932 se demostró que la hemoglobina y la mioglobina presente en el músculo son diferentes (Suman., et al 2009) y que poseen espectros de absorción similares, pero la mioglobina es el pigmento dominante en la carne debido al proceso de desangrado previo que elimina la hemoglobina. La mioglobina es una proteína sarcoplasmática que se compone de 153 aminoácidos y tiene un peso molecular aproximado de 18 k Da. Se compone de un grupo prostético; la globina, y un centro que tiene un grupo hemo, responsable del color ya que al poder ligarse con otras moléculas le confiere propiedades de oxidación y reducción (Mohan., 2009) y le permite desempeñar papeles distintos de almacenamiento de oxígeno asumiendo diferentes sub estados de conformación, siendo “alostérica” (Yasunori et al., 2008).

### **Cantidad de mioglobina presente en el músculo.**

Como se mencionó en el párrafo anterior las concentraciones de mioglobina difieren de acuerdo al tipo de músculo, incluso en algunas áreas dentro del mismo,

así mismo la diferencia en la concentración de mioglobina se da por efecto de la especie, raza y edad. Ejemplo de esto, es la carne de cordero que es más roja que la carne de cerdo, por otra parte la carne de animales más viejos es más roja porque la concentración de mioglobina aumenta a medida que aumenta la edad. En general, los músculos rojos (oxidativos) tienen más mioglobina y son más oscuros que los músculos blancos (glicolíticos).

La actividad del músculo también es importante para determinar la cantidad de mioglobina presente en él. El ejercicio estimula la formación de mioglobina que se traduce en más color rojo. Por ejemplo: El músculo extensor Carpi radialis, cuya función es de movimiento tiene un contenido de mioglobina de 12 mg/g, mientras que el músculo Longissimus dorsi tiene un contenido de 6 mg/g (Oyagüe, 2007).

Además de la edad, especie animal y función muscular, la alimentación es un factor importante en la determinación del color de la carne, ya que a medida que aumenta la cantidad de Fe<sup>+</sup> en la dieta de 10 a 100 microgramos en ración aumenta el color rojo. También el contenido de proteína se correlaciona positivamente con la cantidad de mioglobina (Oyagüe, 2007).

**Estados químicos de la mioglobina.** Deoximioglobina o mioglobina reducida de color rojo púrpura, se encuentra en el interior de la carne donde la presión parcial de oxígeno es baja; subsiste tras la muerte por la propia actividad reductora del músculo (Díaz, 2001). Este tipo de estado se puede observar con claridad en las carnes que han sido empacadas al vacío.

Cuando la disponibilidad de oxígeno es alta, la deoximioglobina se transforma a oximioglobina dando un color rojo brillante en la carne. Por el contrario, si la tensión de oxígeno es baja, ocurre una reacción de oxidación y se forma metamioglobina dando a la carne un color marrón. Las reacciones mencionadas son reversibles y están en relación con la presión parcial de oxígeno, la penetración de oxígeno en el músculo y la tasa de consumo de oxígeno (Girolami et al., 2012).

Oximioglobina o mioglobina oxigenada se forma cuando la deoximioglobina se pone en contacto con el aire, oxigenando al pigmento, esta característica se observa en la superficie de la carne fresca; tiene un color rojo brillante y es el color deseado por el consumidor (Díaz, 2001). Este tipo de color se observa quince minutos después de sacar la carne de un empaque al vacío. A lo largo del procesamiento y comercialización de la carne, ésta se puede llegar a oxidar a rojo púrpura y luego a café rojizo por oxidación paulatina de la oximioglobina (Oyagüe, 2007).

Metamioglobina se forma por exposición prolongada de la oximioglobina al oxígeno o directamente desde la mioglobina reducida cuando las presiones de oxígeno son bajas, siendo de color marrón-pardo. Cuando hay presencia de metamioglobina en más del 20% en la superficie, dos de cada tres consumidores

rechazan la carne (Díaz, 2001). Este fenómeno de color se observa en carne que ha sido almacenada por un periodo largo en presencia del oxígeno, por ejemplo en un anaquel expuesto al oxígeno en el supermercado.

### **Factores que afectan la estabilidad del color**

El cambio de color a marrón por la presencia de metamioglobina se produce bajo condiciones específicas internas: la actividad de la enzima reductasa metamioglobina, la tasa de consumo de oxígeno y tipo de músculo, y por condiciones externas: la maduración post mortem, y el método de embalaje (Mohan, 2009), la exposición a la luz.

**Reducción de la meta- mioglobina.** El sistema reductor de metamioglobina mejor caracterizado es el NADH-citocromo b5 reductasa. El papel de este sistema es reducir la metamioglobina fisiológicamente inactiva a su forma activa (mioglobina). El citocromo b5 reductasa se mantiene activa en cantidades suficientes de NADH, sin embargo durante la conversión del músculo en carne, la actividad enzimática continúa y la disponibilidad de NADH se va agotando por lo tanto, afecta significativamente el color de la carne.

La decoloración debida a la presencia de metamioglobina se puede reducir y retardar por efecto de las reservas de NADH post mortem y que este sustrato, reducirá la metamioglobina que ya ha sido formada (Kim et al, 2009). También se puede adicionar lactato para mejorar la estabilidad del color de carne fresca. El lactato proporciona capacidad antioxidante superior y aumenta la actividad reductora de la mioglobina mediante la elevación de la concentración de NADH (Mohan et al., a2010).

**Oxidación de la mioglobina.** La mioglobina exhibe una afinidad muy elevada por el oxígeno, (se halla saturada ya en un 50% cuando la presión de oxígeno es de 1 a 2 mm Hg y en un 95% cuando la presión es de 20 mm Hg). Sin embargo, cuando se da lugar a una forma desoxigenada de mioglobina, el resultado es un color morado o lila, que es el color de la carne recién cortada o envasado al vacío. Cuando hay un ligando en la sexta posición se da como resultado la oximioglobina lo cual da lugar al deseado color rojo brillante, pigmento de la carne fresca, lo cual también es llamado "Blooming". La oxigenación es una reacción extremadamente importante para la carne, sin embargo, la tasa de oxigenación es dependiente de la presión parcial de oxígeno y la temperatura (temperaturas menores facilitan la oxigenación) de la carne.

La deoximioglobina y la oximioglobina pueden sufrir una oxidación no enzimática espontánea: el grupo hemo ( $Fe^{2+}$ ) pierde un electrón y se encuentra en su forma oxidada ( $Fe^{3+}$ ), dando lugar a la metamioglobina, pigmento que da el color oscuro a la carne o como suele llamarse: decoloración de la carne. La deoximioglobina es más susceptible a la oxidación que la oximioglobina. La presencia de moléculas del oxígeno en el grupo hemo prostético induce un cambio

conformacional que estabiliza la estructura electrónica de la oximioglobina y evita o retrasa la oxidación de la oximioglobina.

**Tasa de consumo de oxígeno y presión parcial de oxígeno.** El color rojo brillante de la carne se determina por la tasa de oxigenación de la deoximioglobina y la penetración del oxígeno en la superficie de la carne. La presión parcial de oxígeno en la superficie de la carne, la tasa de difusión del oxígeno, el consumo de oxígeno por las enzimas musculares, y la temperatura del producto son los determinantes primarios. El consumo de oxígeno en las mitocondrias disminuye hasta después de las 96 horas de almacenamiento, esto quiere decir que la demanda de oxígeno sigue siendo vital. Una caída en el pH de 6.86 a 5.7 a las 144 horas de almacenamiento, parece ser el factor principal de una reducción en la tasa de consumo de oxígeno, las mitocondrias son capaces de llevar a cabo la fosforilación oxidativa siempre y cuando el pH no caiga por debajo de 5.5 (Mohan, 2009). Efectivamente la tasa de consumo de oxígeno parece estar relacionada con la respiración celular posmortem, cuando ésta disminuye, se altera la cadena mitocondrial de transporte de electrones dando como resultado una disminución en la actividad reductora de metamioglobina. Es por ello que el aumento del pH o la temperatura también aumentan la absorción de oxígeno por el tejido. Un aumento de pH 5.6 a 7.2 produce un aumento de la captación de oxígeno muscular (Mohan, 2009). Por lo tanto es comprensible que la mioglobina tienda a ser más susceptibles a la oxidación a un pH más bajo.

**Penetración de oxígeno en el músculo.** Cuanto más profunda es la capa de oximioglobina más tiempo tarda la metamioglobina para aparecer en la superficie y afectar el tono y la decoloración de la carne (Mohan, 2009). Entre más baja la tasa de consumo de oxígeno más baja la tasa de penetración (Mohan, 2009). En este punto es de vital importancia mencionar porqué la forma en que es cortada la carne afecta el color. La orientación de la fibra al momento del corte de la carne, interactúa con el grado de oxigenación de la mioglobina y por tanto tiene efecto en el color resultante. Cortar filetes donde la orientación de la fibra es perpendicular da lugar a una mayor concentración de miofibrillas y la concentración de pigmentos es potencialmente superior en comparación con los filetes en donde la orientación de la fibra es paralela, lo cual sugiere que la orientación de la fibra afecta el estado químico de la mioglobina. La orientación de la fibra en conjunto con el tipo de envasado y el tiempo de visualización afecta el color, el contenido de pigmento total y el estado químico de la mioglobina (Mohan et al., 2010).

La exposición del tejido al oxígeno depende de la orientación de las fibras, esto es fundamental cuando se sabe que el consumo de oxígeno altera la penetración de oxígeno en el músculo, cuando hay una penetración profunda de oxígeno en el músculo, se produce una conversión más lenta de oximioglobina a metamioglobina, y cuando es poco profunda la penetración de oxígeno en el músculo, se produce un deterioro rápido de color de la carne.

Además, la capacidad de la carne para detener la capa de metamioglobina para que no avance a la superficie de la carne se hace más lenta con una mejor capacidad de reducción de la metamioglobina, debido a las implicaciones mencionadas, se puede decir que la orientación de la fibra afecta el consumo y la penetración de oxígeno en la carne, filetes con orientación de la fibra perpendicular son más estables y con mayor color por oximioglobina que los filetes donde la orientación de las fibras era paralela (Mohan et al., 2010).

**Interacción con otros metabolitos.** La oxidación de lípidos y la oxidación del pigmento en la carne probablemente están interrelacionados. La interacción de la mioglobina con los aldehídos, productos de la oxidación de lípidos en la carne, disminuye la estabilidad y la reducción de la oximioglobina, aunado a esto la deoximioglobina es un catalizador potente de la oxidación lipídica en el músculo.

**Proceso de maduración.** Durante el proceso de maduración de la carne se producen cambios en la estabilidad de la acción reductora de la metamioglobina, se incrementa el consumo de oxígeno y es posible que se aumente la penetración del oxígeno. Además existe mayor cantidad de lípidos oxidados. Estos cambios sin duda provocan cambios en el color de la carne volviéndose de un tono más marrón conforme va aumentando el tiempo de maduración.

La maduración en seco produce mayor tasa de oxidación de la mioglobina, mientras que un proceso de maduración en húmedo disminuye la tasa de oxidación ya que se realiza empacada al vacío. De este modo es importante que la maduración de la carne se lleve a cabo en condiciones de temperatura controlada por debajo de 10°C y/o en condiciones de vacío.

Para mantener eficiente la maduración de la carne es importante desarrollar programas de control de proceso considerando los principales factores internos que afectan la estabilidad del color, así como el correcto manejo de las condiciones de proceso y manipulación de la carne para efectuar cortes de forma tal que se contrarresten estos factores, generando así una mejor y más eficiente estabilidad del color.

**Embalaje de la carne.** Si bien es cierto que el color de la carne depende de la cantidad de mioglobina en el músculo, también depende de su estado de oxigenación. Es por esto que durante el proceso de obtención y procesamiento de la carne, el empaque juega un papel importante en la conservación del color ya que durante este proceso la mioglobina en carne puede interactuar en mayor o menor grado con el oxígeno durante su exposición en anaquel o conservación. En la actualidad existen dos principales tipos de envasado disponibles para contrarrestar los efectos de la oxigenación y mantener estable el color de la carne.

**El empaque al vacío.** Es un método que impide la interacción de la mioglobina con el oxígeno, ya que la carne se empaca en una película de tres capas de co-extrusiones de acetato de vinilo de etilo / cloruro de polivinilideno / acetato de etilo

vinilo, que tienen una permeabilidad de O<sub>2</sub> lo cual reduce la exposición prolongada de la carne al oxígeno, esto minimiza las reacciones de deterioro oxidativo, y reduce el crecimiento de bacterias aeróbicas, causantes de pigmentos (Ozlem., et al 2011). Del mismo modo el sellado del empaque se realiza en condiciones de vacío que permite disminuir la presión parcial del oxígeno eliminando todas aquellas moléculas de oxígeno que están libres sin interactuar con mioglobina. Esto evita la oxidación y provoca la presencia de una forma más estable y constante de deoxymioglobina.

La presencia de esta molécula provocará que el color de la carne se torne púrpura, un color poco atractivo para el consumidor. Sin embargo, el color rojo brillante que es el deseable en la carne se restablece una vez que la carne es retirada del empaque y se permite la oxigenación que permite la oxidación de mioglobina.

Este método de empaque puede realizarse para conservar la carne en refrigeración y congelación durante periodos prolongados si se conserva el empaque sin rupturas y sin defectos de sellado. Y se realiza sobre todo para empacar cortes primarios que serán transportados para su posterior proceso.

**El empaque en atmósfera modificada.** Se utiliza ampliamente en productos cárnicos (cortes al detalle; carnes molidas, albóndigas) almacenados a temperaturas de refrigeración. Uno de los propósitos del envasado en atmósfera modificada es estabilizar el color. Considerando que el oxígeno es necesario para mantener la mioglobina en forma oxigenada.

Aunque el uso de una alta concentración de oxígeno puede prolongar la estabilidad del color mediante la promoción de la formación de oximioglobina, el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en empaques en atmósfera modificada pueden originar una disminución de la estabilidad debido a la oxidación y la pérdida de enrojecimiento por la formación de metamioglobina.

Las altas concentraciones de oxígeno (50-70%) son eficaces en el mantenimiento y la prolongación de la rojez de la carne, pero también conducen a la disminución de la estabilidad lipídica ya que presencia de oxígeno aumenta la velocidad de oxidación de los lípidos, provocando cambios indeseables en el color y el sabor. (Zhou., et al 2010).

### **Control de procesos de empaque**

Del mismo modo que es importante conocer las causas que originan el cambio de color en la carne (cantidad y estado de la mioglobina), es igualmente importante mantener condiciones adecuadas de producción (Manejo de la alimentación animal, elección de la especie y Manejo animal apropiados).

Establecer tanto en las unidades de producción como en los establecimientos de procesamiento, distribución y venta de la carne programas de control de proceso,

garantizará el manejo de la carne de tal forma que se conserven las características de color más estables, evitando cambios severos que afecten la calidad del producto. Esto llevará a la disminución de defectos de color y evitará el rechazo de producto por parte del consumidor.

Es importante contar con un servicio de asesoría para establecer Programas de Control de Proceso que permitan realizar el procesamiento de la carne de forma eficiente y mejorar la productividad de las empresas.

## **Conclusiones**

El color es un indicador de calidad, frescura y salubridad de una carne para los consumidores.

Defectos en el color de la carne ocasionan que los demás atributos sensoriales dejen de ser importantes.

El color de la carne depende de dos factores: Contenido de mioglobina y estados químicos de la mioglobina.

Es necesario contar con asesoría especializada para la instrumentación de programas de control durante el procesamiento y empaque de la carne para mantener mejor eficiencia en la estabilidad del color de la carne.

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

- Díaz, M. Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Memoria para optar al grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Franco, D., Esperanza Bispo, Laura González, José Antonio Vázquez, Teresa Moreno. 2009. Efecto de acabado y tiempo de envejecimiento en los atributos de calidad de la carne de lomo de vacas de desecho Holstein-Friesian. *Meat Science*. (83)3, páginas 484-491.
- Girolami, A., Fabio Napolitano, Daniela Faraone, Ada Braghieri. 2012. Medición del color de la carne utilizando un sistema de visión por ordenador. *Meat Science*. (93). Pages 111-118.
- Kim, Y., HS Yang, SB Smith, JE Sawyer, JW Savell, 2009. Estabilidad de color y características bioquímicas de los músculos de la especie bovina cuando mejoradas con L-o D-lactato de potasio en altos niveles de oxígeno atmósferas modificadas *Meat Science* (82)2, páginas 234-240.
- Mohan, A. 2009. Myoglobin redox form stabilization: role of metabolic intermediates and nir detection. An abstract of a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of philosophy. Food Science. Kansas State University. Manhattan, Kansas.

- aMohan, MC Hunt,, TJ Barstow., TA Houser, C. Bopp, DM Hueber. 2010. Efectos de la orientación de las fibras, la mioglobina forma redox, y el almacenamiento post-mortem sobre las mediciones NIR oxímetro de tejido de carne longissimus músculo, Meat Science. (84)1, páginas 79-85.
- bMohan, MC Hunt, TJ Barstow, TA Houser, S. Muthukrishnan, 2010. Efectos de la malato, lactato y piruvato en la estabilidad de la mioglobina redox en homogeneizados de tres músculos bovinos. (86) 2. Páginas: 304-310.
- Onega E. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Memoria para optar al grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Oyagüe, M. 2007. Estabilidad del color de la carne fresca. Nacameh. (1)1. Páginas: 67-74.
- Suman, S., P. Joseph, Li a, L. Steinke b, M. Fontaine. 2009. Primary structure of goat myoglobin. Meat Science (82), páginas 456–460.
- Tapp, W. Yancey JW and JK Manzana. 2011 ¿Cómo es el instrumental para medir el color de la carne? Meat Science (89) 1, páginas 1-5.
- Warner R. PL Greenwood, W Pethick, DM, Ferguson. 2010. Efectos genéticos y ambientales en la calidad de la carne. Meat Science. (86) 1. Páginas 171-183.
- Wilmer S. Sepúlveda, María T. Maza, Luis Pardos. 2010. Aspects of quality related to the consumption and production of lamb meat. Consumers versus producers. Meat Science 87, páginas: 366–372.
- Zhou, G. XL Xu , Liu B. 2010. Tecnologías de conservación de la carne fresca – Una revisión. Meat Science (86) 1. Páginas 119-128.

Artículo publicado en

Los Porcicultores y su Entorno Vol. No. 94