

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EVALUACIÓN DE UN MÉTODO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR EL
COLOR DE LA CARNE EN PLANTAS DE SACRIFICIO**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA:

MVZ. PERLA BEATRIZ CORAL HERNÁNDEZ

DIRECTOR:

Ph. D. FERNANDO FIGUEROA SAAVEDRA.

CO-DIRECTOR:

Ph. D. CRISTINA PÉREZ LINARES

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

MARZO 2016.

HOJA CONTROL

Evaluación de un método alternativo para determinar el color de la carne en plantas de sacrificio. Tesis presentada por Perla Beatriz Coral Hernández como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobado por el comité particular indicado.

Ph.D. Fernando Figueroa Saavedra
Director de Tesis

Ph.D. Cristina Pérez Linares
Co-Director de Tesis

Dr. Alberto Barreras Serrano
Asesor

Dr. Eduardo Sánchez López
Sinodal

M.C. Jorge Loredó Osti
Sinodal

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE CUADROS.....	ii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Color de la carne.....	3
Componentes de color del espacio CIE L*a*b*	6
Métodos para la medición del color de la carne.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Localización del área de estudio.....	13
Equipo utilizado.....	13
Características generales de los equipos.....	13
Metodología.....	14
<i>Primera etapa</i>	14
<i>Análisis Estadístico</i>	16
<i>Segunda etapa</i>	18
<i>Análisis Estadístico</i>	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
Primera etapa.....	22
Segunda etapa.....	24
CONCLUSIONES.....	28

LITERATURA CITADA..... 29

ANEXOS..... 36

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Muestra de color en papel.....	15
2	Muestras del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	19

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Comparación múltiple de Dunnett con rangos.....	23
2	Coeficiente de correlación de Spearman entre los equipos evaluados.....	25

INTRODUCCIÓN

En la ciencia de los alimentos, las nuevas tecnologías que se desarrollan en respuesta a necesidades que la industria alimentaria requiere son costosas, por ello es importante la evaluación de equipos más económicos que ayuden a medir aquellas variables que determinan la calidad de un producto.

Debido a que el color es de los atributos mas importantes para determinar la calidad, investigaciones y avances tecnologicos han progresado para desarrollar metodos mas precisos y consistentes para su evaluacion (Trinderup y Brad, 2015). Actualmente en la industria alimentaria existen dos técnicas para medir el color; la colorimetría que es la técnica que cuantifica el color mediante la medición de tres componentes de colores primarios de luz captados por el ojo humano (rojo, verde y azul), y la espectrofotometría, que mide la reflectancia espectral o la transmitancia de un objeto a través de todo el espectro de longitudes de onda de luz. Los espectrofotómetros son los instrumentos elegidos para la formulación del color en productos alimenticios, establecimiento de estándares y tolerancias, el control de calidad del color en las operaciones del proceso y en la selección de alimentos (Sensing, 2015).

El Pantone Color Cue™2 es un espectrocolorímetro diseñado para identificar un color desconocido con su equivalente más cercano de colores Pantone, usando una variedad de listas de conversión de color como CMYK,

RGB, sRGB, HTML, L*a*b*, XYZ y Hexachrome, además de permitir seleccionar fuentes de luz (Pantone®, 2015), sin embargo, este equipo no se utiliza como método de medición de color en la industria cárnica, no obstante proporciona el espacio de color CIE L*a*b* dentro de su software.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el espectrocolorímetro Pantone Color Cue™2 como método alternativo para determinar instrumentalmente el color de la carne de bovino en plantas de sacrificio.

REVISIÓN DE LITERATURA

Color de la carne

El color es una característica psicofísica subjetiva, ya que sólo existe en los ojos y el cerebro del observador. No es propio del objeto bajo observación, ya que si se cambia la fuente de luz, el color del objeto también cambia. Actualmente, el color de los alimentos se mide en términos de CIE L*a*b*, ángulo de tono y croma (Meléndez-Martínez et al., 2005 y Girolami et al., 2013).

El color representa el primer factor organoléptico que percibe el degustador permitiéndole formar un criterio sobre la calidad del alimento. Este puede ser evaluado subjetivamente de manera visual, por medio de un panel de consumidores o un panel sensorial entrenado, o bien, puede ser medido objetivamente, es decir, de manera instrumental con un espectrocolorímetro (Ramírez-Navas, 2010).

Es el principal atributo que influye en la decisión de compra, dado que el consumidor asocia el color con el grado de frescura y calidad (Brewer et al., 2002), prefiriendo carne de color rojo brillante, mientras que rechaza la de color apagado o pardo (Díaz, 2001).

El principal componente de un color es la longitud de onda de la luz (Prado et al., 2008). En la carne, al incidir un rayo de luz en su superficie se produce una reflexión difusa que se define como el color (Braña et al., 2011). Los atributos del color son la claridad, tono, saturación y cromaticidad: La claridad es equivalente a la escala de grises o luz reflejada y corresponde al estado físico de la carne principalmente de su superficie, ligada al pH y otros factores que determinan el grado de hidratación y estado de las proteínas musculares; aumenta con el contenido de mioglobina y niveles altos de pH. El tono dependerá del estado de oxigenación u oxidación de la mioglobina (Sánchez, 2006). La cromaticidad se relaciona con la concentración de mioglobina que influye directamente en la saturación del color del musculo que se refiere a la cantidad de pigmento en su mayor parte por proteínas como la mioglobina que constituye un 80-90%, ligado a factores antemortem como son la especie, raza, sexo, edad y alimentación (Sañudo, 1996).

El color de la carne depende principalmente del contenido de mioglobina y de la proporción de las diversas formas en que se encuentra este pigmento. Cuando la carne es fresca o recién cortada la proporción de deoximioglobina (DMb) es alta y esto confiere a la carne un color rojo púrpura, debido a que la mioglobina se encuentra en estado reducido, ya que no hay oxígeno fijado a la molécula. Después de condiciones aerobias, el Oxígeno (O_2) se une a la molécula de DMb para producir oximioglobina (OMb) y generar un color rojo cereza brillante. Esta reacción ocurre en los primeros 3-5 milímetros de la

superficie de la carne, que son los que están en contacto con el oxígeno. Después de una exposición prolongada al medio ambiente, la OMb se oxida a su forma de metamioglobina (MMb) generando un color café-rojizo o marrón (López et al., 2013).

Otros compuestos que tienen un menor impacto en el color son la hemoglobina, citocromos, catalasas, vitamina B12, peroxidasas y flavinas. La mioglobina también puede formar complejos con otros ligandos, con el CO forma carboximioglobina y con el óxido nítrico forma nitrosomioglobina, con el H₂S y los ascorbatos forma los pigmentos de color verde sulfomioglobina y colemioglobina respectivamente, que se producen como resultado de una intensa actividad bacteriana y un exceso de agentes reductores (Pérez y Ponce, 2013).

Se debe permitir que la carne tenga contacto con el oxígeno antes de evaluar el color para que pase de púrpura a rojo, a esto se le llama florecimiento (blooming en Inglés), para estabilizar el pigmento de la carne. Para estandarizar las mediciones, el color se evalúa luego de 30 minutos de haber cortado la carne (Rubio et al., 2013), realizar 3 mediciones para cada muestra y promediar los valores obtenidos (De Marchi et al., 2013).

De acuerdo con la guía de la American Meat Science Association por sus siglas AMSA (2012), los factores que afectan el color de la carne pueden ser

extrínsecos tales como la genética del animal, sexo, edad, tipo de dieta, tiempo de engorda, estrés ante mortem y condiciones post mortem como la velocidad de enfriamiento de la canal, el espaciado entre canales, estimulación eléctrica de la canal, métodos de procesamiento y envasado, tiempo y temperatura de almacenamiento, entre otros, y factores intrínsecos tales como el pH del músculo, tipo de músculo, las áreas dentro de un músculo, orientación de las fibras musculares, la concentración de mioglobina, capacidad de retención de agua, el tiempo de exposición del músculo al oxígeno, carga microbiana, etc. Por ello, es importante considerar lo anterior en el diseño y la presentación de informes de investigación del color de la carne.

Componentes de color del espacio CIE L*a*b*.

El color que se percibe ha sido definido por CIE (Comisión Internationale de L'Éclairage) como el atributo visual compuesto por una combinación cualquiera de componentes cromáticos y acromáticos (Alberti et al., 2005). El sistema de representación del color más adecuado es el CIE L*a*b*. (CIE, 1986), el cual emplea coordenadas tricromáticas L* (luminosidad), a* (índice rojo) y b* (índice de amarillo), de manera que a partir de relaciones entre ellas se pueden obtener las coordenadas colorimétricas, intensidad de color o croma $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ y tono $H^* = \text{Tan}^{-1} (b^*/a^*)$.

- 1) L*: indica luminosidad o claridad, mide la luz reflejada. Sus valores van de 0 (negro) a 100 (Blanco).
- 2) a*: mide direcciones del rojo (positivo) al verde (negativo). Sus valores son +60 (rojo) hasta -60 (verde).
- 3) b*: mide direcciones del amarillo (positivo) al azul (negativo). Sus valores son +60 (amarillo) hasta -60 (azul).
- 4) C*: especifica el croma o saturación, 0 en el centro del círculo cuando es insaturado a 100 cuando es saturado. Significa la intensidad del color (pálido, luminoso, saturado ó vivo, profundo, oscuro y grisáceo ó débil).
- 5) H*: es el tono o ángulo, 0°= rojo, 90°= amarillo, 180°= verde y 270°=azul. (CIE, 1976; Rubio et al., 2013).

La cantidad de mioglobina presente en la carne se refleja como la saturación de color rojo, para evaluarla se utiliza el valor a* (tendencia al rojo) y para estimar el estado químico de la mioglobina se utiliza el valor b* (tendencia al amarillo). Existe además un tercer factor que es determinado por el valor (L*) que define el grado de luminosidad de un color y se mide 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).

Se ha observado que el incremento de la grasa intramuscular en bovinos cuando se suministran granos en su dieta, se asocia a mayor luminosidad de la carne, distinta de la proveniente de sistemas pastoriles (Priolo et al., 2001). Un estudio realizado en bovinos alimentados con concentrado, tuvieron mayores índices de L* y a* (Torres, 2013), sin embargo, en otro estudio no se encontraron diferencias en el color de la carne cuando los animales eran terminados en base a concentrados o en base a pasturas (Cerdeño et al., 2006).

En un estudio comparando razas de toros, Hernández et al., (2004) analizaron el color (CIE L*a*b*) de la carne en el músculo *Longissimus dorsi* de toros de lidia. La carne de estos animales presentó valores de pH elevados (6.37 ± 0.28) a 24 horas post-mortem debido al tratamiento recibido antes de su muerte, pero solo dos de los animales mostraron carne oscura, firme y seca. Al comparar la carne con aquella de ternera comercial, procedente de toros de raza Pirenaica, se determinó que la carne de toro de lidia tiene un color rojo más púrpura y más saturado que la carne de ternera comercial.

Según Page et al. (2001) en carne de bovino existen correlaciones negativas entre los valores de las coordenadas L*, a* y b* y el pH del músculo *Longissimus dorsi* tras el sacrificio, es decir que los valores de los índices de color del músculo disminuyen cuando el pH aumenta, debido a la acumulación de productos alcalinos originarios de la proteólisis.

A pesar de tener años trabajando con la medición de color, a nivel mundial y entre la comunidad científica, existe mucha discrepancia sobre la metodología a utilizar para medir el color. Esto ha creado que exista poca repetibilidad entre laboratorios e incluso entre experimentos. Es por tanto necesario que se reporte con la mayor precisión posible, la metodología empleada en cada medición (Tapp et al., 2011).

Métodos para la medición del color de la carne

Los métodos de determinación del color de la carne se pueden agrupar en dos categorías:

a) Por apreciación subjetiva: realizada con escalas visuales de color por un grupo panelistas. Este puede estar influenciado por las preferencias personales, la iluminación, las deficiencias visuales de los ojos, entre otros.

b) Por medida objetiva: realizado de manera instrumental mediante colorímetros o espectrofotómetros (AMSA, 2012).

Los panelistas entrenados en color de la carne pueden ser objetivos y exigentes; están dispuestos a aceptar los datos instrumentales ya que este tipo de mediciones parece más simple que la realizada por análisis visual. (O'Sullivan et al., 2003).

El uso de la espectrofotometría de reflexión, como herramienta para determinar el color, es sencilla, rápida, no invasiva y con una gran reproducibilidad. Los espectros pueden aportar información sobre los procesos, ingredientes y aditivos, así como sobre la vida útil. Sin embargo, se debe considerar el pH, la estructura y el grado de integridad del músculo, la orientación de las fibras y el agua libre en superficie (Gallego et al., 2010).

En la actualidad, hay muchas opciones disponibles para analizar instrumentalmente el color, entre ellos los colorímetros y espectrofotómetros; cada instrumento ofrece una variedad de opciones que permiten a los investigadores elegir varios sistemas de color (Hunter, CIE y triestímulo), Iluminantes (A, C, D₆₅, y Ultralume), Observadores (2 y 10 grados), y tamaños apertura (0.64-3.2 cm) Mancini y Hunt, 2005.

Para los colorímetros, el iluminante recomendado es el D₆₅ que representa mejor la luz del día y el observador de 10°, se recomienda que las mediciones se hagan en zonas homogéneas y representativas, evitando la grasa intramuscular y manchas de sangre, después de 30 minutos de oxigenación del músculo realizar tres mediciones, moviendo el aparato por toda su superficie midiendo los tres parámetros L*, a* y b* (Albertí, 2000; AMSA, 2012).

Las técnicas instrumentales para medir color, se definen básicamente en función del proceso con el que se evalúa la luz que se recibe de la muestra. Los

colorímetros evalúan la luz mediante el uso de filtros de tres o cuatro colores (longitud de onda específica), mientras que los espectrofotómetros proyectan un haz de luz monocromática sobre la muestra y miden la cantidad de luz que es absorbida en diferentes longitudes de onda. El espacio de color CIE $L^*a^*b^*$, es una transformación matemática de las coordenadas X, Y, Z. En ocasiones, algunos autores prefieren expresar los valores, en términos de Luminosidad (L^*), Cromo o saturación (C^*) y Hue o tono (H^*), ya que estos permiten una descripción numérica del color de manera semejante al que comunican en términos de luminosidad, tonalidad y saturación (Pérez y Ponce, 2013).

Algunos instrumentos de medición de color, incluyendo los espectrofotómetros, pueden cuantificar el color “verdadero” del objeto o la apariencia del objeto para ayudar a los usuarios a controlar su color y apariencia. Esto se hace a través de los modos de medición de los instrumentos, estos son el Componente Especular Incluido (SCI) y Componente Especular Excluido (SCE). Para medir el color “verdadero” de un objeto se usa generalmente el modo SCI. Este tipo de medición incluye la reflexión de luz especular y difusa, haciendo que no se vea afectada por ningún tipo de superficie. Si medimos dos objetos de color azul con diferentes superficies, una medición SCI generará los mismos valores de color para ambos objetos. Este modo es ideal cuando se formulan recetas para emparejar colores y cumplir con los estándares de calidad de color en forma más efectiva. Para medir la apariencia del color de un objeto se usa generalmente el modo SCE. Este tipo de medición excluye cualquier luz

especular reflejada, haciéndolo más sensible a las condiciones de superficie. Si medimos los dos objetos azules mencionados anteriormente, una medición SCE generará diferentes valores de color para cada objeto. El objeto brillante estará en la región más oscura y saturada definida en el espacio de color y el objeto con superficie más áspera estará en una región más clara y menos saturada del espacio de color definido. Este modo es a menudo usado durante evaluaciones de control para asegurar la apariencia de los productos para mantener consistencia y cumplir con el estándar (Sensing, 2015).

Otra forma más fácil de expresar el color de la carne, es mediante el uso de guías gráficas, pictóricas de color o Pantones, los cuales son escalas o patrones, que representan a las diferentes variantes de la carne (Rubio et al., 2013).

En el 2002, se creó una norma mexicana NMX-FF-078-SCFI-2002 que menciona la utilización del sistema Pantone, que cita lo siguiente: El color de la carne es la coloración de las fibras musculares que se manifiesta en diferentes tonalidades de rojo, desde el rojo claro, rojo cereza y rojo oscuro, mismos que son referidos con base al sistema numérico Pantone. Y clasifica grados de calidad de las canales con dicho sistema como: 1) Suprema: Color de la carne Rojo cerezo (Clave 186C), 2) Selecta: Rojo cerezo (Clave 186C) a rojo intenso (Clave 1805), 3) Estándar: Rojo intenso (Clave 1805) a rojo oscuro (Clave 188C) y 4) Comercial: Se acepta rojo oscuro (Clave 188C).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se realizó en 2 etapas: La primer etapa se llevó a cabo en el laboratorio de calidad físico-química de productos de origen animal del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California en el municipio de Mexicali, B.C. La segunda etapa se efectuó en las instalaciones de una planta de sacrificio Tipo Inspeccion Federal en el municipio de Mexicali, B.C.

Equipo utilizado

Se utilizaron 2 equipos: un espectrocolorímetro Pantone Color Cue™2, U.S., y un espectrofotómetro Minolta CM-2002 (Minolta Camera, CO., Ltd, Japón), el cual fue utilizado como equipo de referencia.

Características generales de los equipos:

El espectrocolorímetro cuenta con 6 diferentes bibliotecas para determinar el color dependiendo de la superficie que se desee medir (1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.-

Paper), su función es mostrar una carta Pantone, lo más cercano al color real que está evaluando.

El espectrofotómetro mide la reflectancia espectral de las superficies con un diámetro de 8 mm. Combina la medición y procesamiento de datos en una sola unidad. Posee sensores espectrales ultracompactos, proporcionando mediciones de reflectancia espectral de 400 a 700 nm. Emplea el componente especular incluido (SCI), un iluminante D_{65} y un observador de 10 grados.

Metodología:

Primera etapa:

El objetivo de esta etapa fue determinar cual de las 6 bibliotecas del equipo Pantone Color Cue™2 se asemeja a los valores de las coordenadas de color medidas con el equipo Minolta CM-2002, por lo cual se obtuvo información sobre los componentes del color de 12 diferentes muestras de papel en colores rojos simulando el color de la carne (Figura 1), utilizando ambos equipos.

Se puso a prueba la hipótesis estadística de igualdad de los valores de las coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* y H^* de las 6 bibliotecas del equipo Pantone Color Cue™2 y los valores de las coordenadas generadas con el equipo Minolta CM-2002.

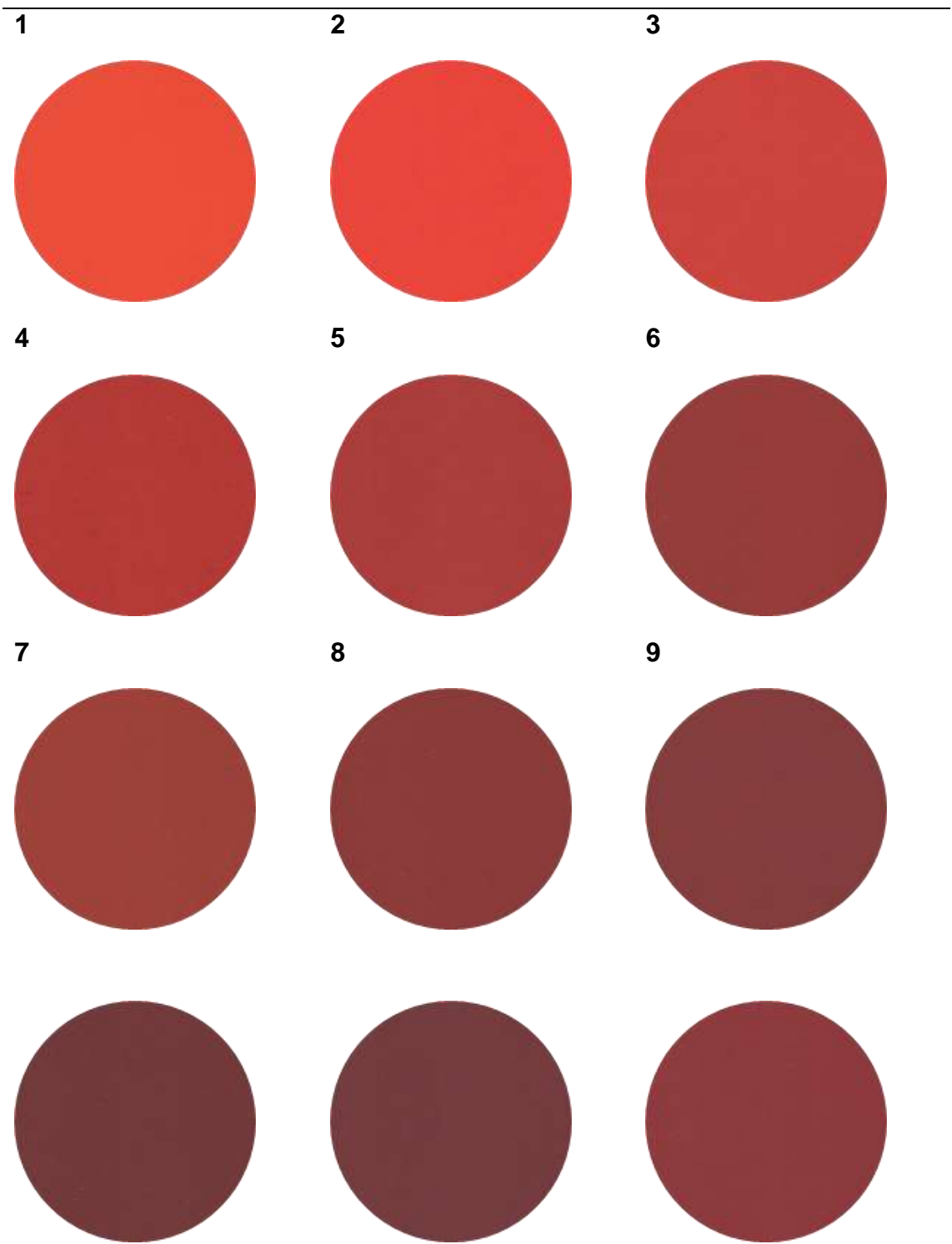


Figura 1. Muestra de color en papel

Para cada una de las 12 muestras de papel, se realizaron 20 mediciones sobre su superficie para generar valores de las coordenadas de color (L^* , a^* , b^*), con cada una de las 6 bibliotecas del espectrocolorímetro (Pantone Color Cue™2, U.S.) utilizando sobre la superficie del papel un vidrio anti reflejante Konica Minolta CR-A 51. Se repitió el procedimiento con el espectrofotómetro Minolta CM-2002 el cual tiene el mismo vidrio integrado (Minolta Camera, CO., Ltd, Japón), registrando los valores de las coordenadas del sistema CIE $L^*a^*b^*$. Se calcularon los valores de croma (C^*) y ángulo (H^*) a partir de los valores que se generaron, utilizando las siguientes formulas: $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$ y para $H^*=\text{Tan}^{-1}(b^*/a^*)$, (Schanda, 2007).

Análisis estadístico: Se obtuvieron los estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión para cada muestra de papel con cada una de las 6 bibliotecas del equipo Pantone Color Cue™2 y con el equipo Minolta CM-2002.

Para dar respuesta a la hipótesis se utilizó la prueba de F en el análisis de varianza (ANOVA) para un diseño de bloques generalizado (DBG) siendo las muestras de papel el bloque, el modelo lineal correspondiente fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta,

μ = el efecto medio,

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento,

β_j = efecto del j -ésimo bloque,

$\alpha\beta_{ij}$ = interacción bloque por tratamiento,

ε_{ijk} = el efecto de la j -ésimo bloque sujeta al i -ésimo tratamiento (error experimental) , $\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \sigma_e^2)$

Se comprobaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro Wilks y de homocedasticidad con la prueba de Bartlett, aplicando los procedimientos UNIVARIATE y GLM del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0. Como los supuestos no se cumplieron los datos se transformaron a rangos con el procedimiento RANK y se resolvió la hipótesis empleando F en el análisis de varianza, como resultó significativa la interacción bloque*tratamiento (muestra de papel por biblioteca) se realizó la comparación múltiple utilizando Dunnett (Zar, 2010).

Además, para determinar la fuerza de asociación entre los valores de las coordenadas generadas de las bibliotecas del equipo Pantone Color Cue™2 con respecto al equipo Minolta CM-2002 se resolvió con el coeficiente de correlación de Spearman utilizando el procedimiento FREQ del paquete SAS. Los criterios de asociación pueden ser: débil <0.30, moderada >0.60 y fuerte >0.80 (Nieves y Domínguez, 2009).

Segunda etapa:

Con el objetivo de evaluar si los equipos Pantone Color Cue™2 y Minolta CM-2002 pueden ser utilizados por igual manera en la industria cárnica, se emplearon 12 medias canales de bovino a las que se realizaron mediciones para generar información sobre los componentes del color.

Se puso a prueba la hipótesis estadística de igualdad de los valores de las coordenadas L*, a*, b*, C* y H* de la biblioteca número 6.- Paper del equipo Pantone Color Cue™2 y los valores de las coordenadas del equipo Minolta CM-2002.

Las mediciones se realizaron en medias canales refrigeradas 24 horas después del sacrificio, previamente se requirió hacer un corte transversal entre las costillas 12 y 13 para exponer la superficie del músculo *Longissimus dorsi* (Figura 2) y que la carne se oxigenara, la evaluación se realizó a los 30 minutos después del corte a temperatura de 10°C.

Para cada una de las 12 medias canales de bovino se realizaron 10 mediciones con la biblioteca 6.- Paper del equipo (Pantone Color Cue™2, U.S.), utilizando sobre la superficie del músculo un vidrio anti reflejante Konica Minolta CR-A 51.

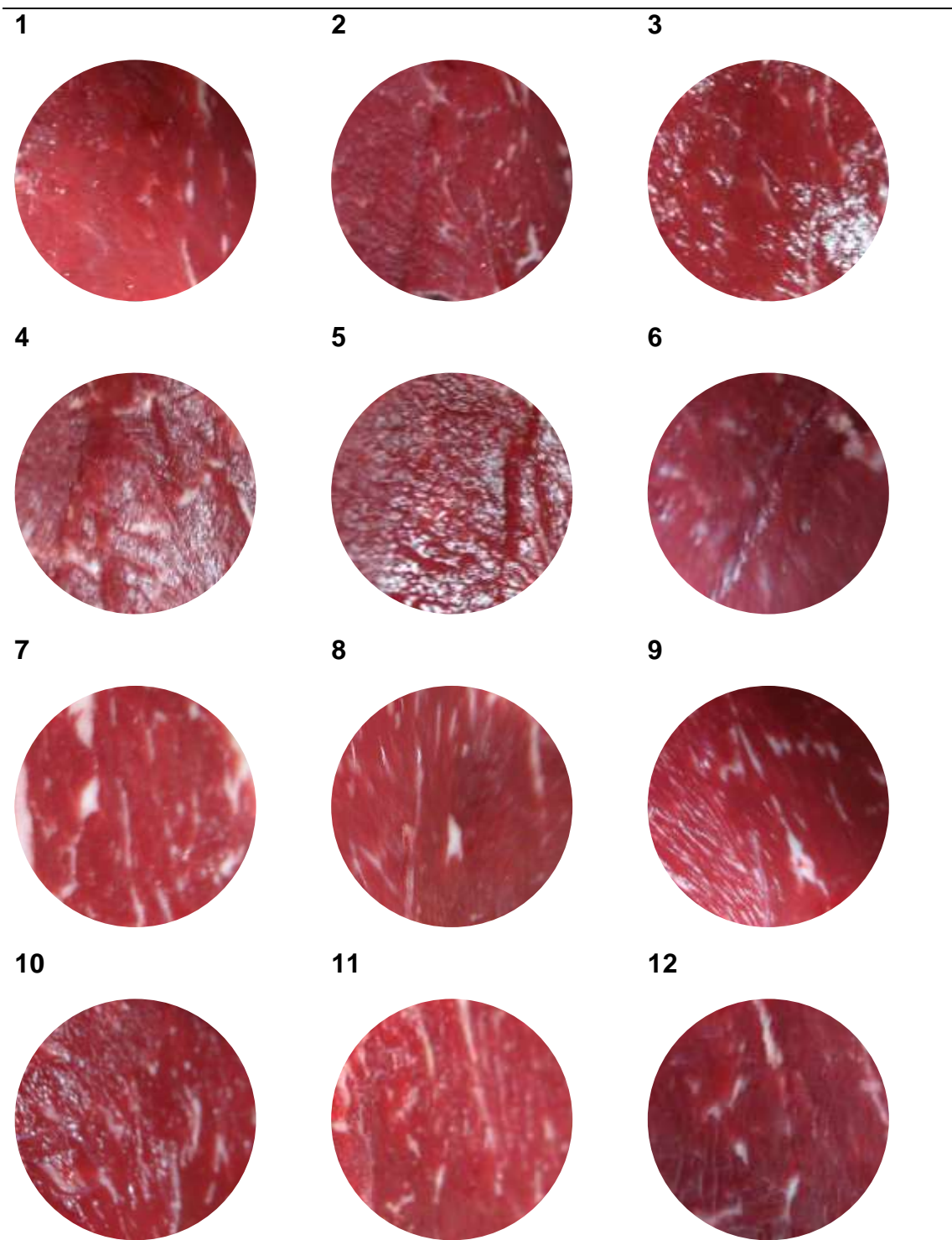


Figura 2. Muestras del músculo *Longissimus dorsi*

Se repitió el procedimiento con el equipo Minolta CM-2002 (Minolta Camera, CO., Ltd, Japón) registrando las coordenadas de color generadas del sistema CIE L*a*b*. Se calcularon los valores de croma (C*) y ángulo (H*) a partir de los valores de las coordenadas que se generaron utilizando las siguientes formulas: $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$ y $H^*=\text{Tan}^{-1}(b^*/a^*)$, (Schanda, 2007).

Análisis Estadístico: Se obtuvieron los estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión por cada superficie del músculo con el equipo Pantone Color Cue™2 y el equipo Minolta CM-2002.

Para dar respuesta a la hipótesis se utilizó la prueba de F en el análisis de varianza (ANOVA) en un diseño completamente al azar con submuestreo (DCAS) siendo la superficie del músculo *Longissimus dorsi* la unidad experimental, el modelo lineal correspondiente fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta,

μ = el efecto medio,

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento,

ε_{ij} = el efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta al i-ésimo tratamiento (error experimental), $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

δ_{ijk} = efecto de la k-ésima observación tomada de la j-ésima unidad experimental sujeta al i-ésimo tratamiento (o error de muestreo), $\delta_{ijk} \sim NI(0, \sigma_s^2)$.

Se comprobaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro Wilks y homocedasticidad con la prueba de Bartlett, aplicando los procedimientos UNIVARIATE y GLM. Como el supuesto de homocedasticidad no se cumplió entonces se aplicó a la hipótesis la prueba análoga no paramétrica de Kruskal Wallis utilizando el procedimiento NPAR1WAY del paquete SAS 9.0. (Zar, 2010).

Además, para determinar si existe una fuerte asociación entre los valores de las coordenadas generadas de ambos equipos como en la primera etapa pero esta vez en la carne, se determinó con el coeficiente de correlación simple de Spearman utilizando el procedimiento FREQ del paquete estadístico SAS. Los criterios de asociación pueden ser: débil <0.30 , moderada >0.60 y fuerte >0.80 (Nieves y Domínguez, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera etapa

Los estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión obtenidos se muestran para cada muestra en los anexos 1 al 12. Reflejan que los valores las coordenadas evaluadas con las bibliotecas del equipo Pantone Color Cue™2 son distintos a los obtenidos del equipo Minolta CM-2002, inclusive entre las 6 bibliotecas del mismo equipo. Se muestran desviaciones estandar (DE) de cero, lo que indica valores iguales en todas las repeticiones y cuando la DE fue variable, los valores se alejaron ampliamente en comparación a la DE observada en el equipo Minolta CM-2002, indicando una dispersión de los datos amplia. Las especificaciones técnicas del equipo refieren que las condiciones de estabilidad son menos de 0.1 en cada componente CIE L*a*b* (Pantone®, 2015).

En respuesta a la hipótesis de igualdad de valores de las coordenadas L*, a*, b*, C* y H* de las 6 bibliotecas del equipo Pantone Color Cue™2 y los valores de las coordenadas del equipo Minolta CM-2002, el resultado del análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre las bibliotecas para todas las coordenadas ($P < 0.0001$). Los resultados de la comparación múltiple de Dunnett (Cuadro 1) muestra aquellas bibliotecas que son iguales al espectrofotómetro Minolta CM-2002.

Cuadro 1. Comparación múltiple de Dunnett con rangos.

	L*	a*	b*	C*	H*
Muestras					
1	2,6	3	6	5	S
2	S	S	S	S	S
3	S	S	S	S	S
4	5	2	S	2,3	6
5	5	S	S	S	S
6	6	5,6	5,6	2,5	6
7	2	6	5	S	S
8	5	6	6,7	6	5
9	S	S	S	S	S
10	S	3, 6	4, 6	3, 6	6
11	S	S	S	S	S
12	S	S	S	3	S

Control el equipo Minolta CM-2002 vs las 6 bibliotecas del equipo Pantone Color Cue 2.

S: significancia o diferencia. Las bibliotecas son: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.-Cotton y 6.- Paper.

Destaca la biblioteca 6.- Paper ya que se muestra mayormente para las muestras de papel 6, 8 y 10, lo que indica que para esas características de color el equipo funciona igual que el equipo de referencia.

Los resultados de asociación realizada con la correlación de Spearman (Cuadro 2) mostraron que las bibliotecas 2.- Solid Matte y 6.- Paper del equipo Pantone Color Cue™2, poseen los coeficientes de L^* , a^* , b^* , C^* y H^* >0.80 con relación al equipo Minolta CM-2002; por lo tanto, estos resultados y los obtenidos de la comparación múltiple de Dunnett dieron la pauta para determinar que la biblioteca 6.- Paper del equipo Pantone Color Cue™2 fuera utilizada en la segunda etapa del proyecto.

Segunda etapa

Los estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión obtenidos se muestran para cada equipo en los anexos 13 y 14. Al analizar los valores de las coordenadas de color con ambos equipos en el músculo *Longissimus dorsi* de las medias canales, el equipo Pantone Color Cue™2 mostró valores de L^* menores, pero muy semejantes a los tomados con el equipo Minolta CM-2002. Mullen et al. (2004), sugieren que el valor de luminosidad (L^*) es uno de los parámetros que mejor predice la presencia de carne oscura, firme y seca, por lo tanto, este equipo no clasificaría con certeza el color de la carne además que se requieren de las demás coordenadas para su clasificación.

Cuadro 2. Coeficiente de correlación de Spearman entre los equipos evaluados

Pantone		MINOLTA							
CC2	L*	a*	b*	C*	H*				
L*1	0.5970	a*1	0.9618	b*1	0.9212	C*1	0.9578	H*1	0.8598
L*2	0.9482	a*2	0.9671	b*2	0.9444	C*2	0.9555	H*2	0.9400
L*3	0.9677	a*3	0.9461	b*3	0.9542	C*3	0.9328	H*3	0.8749
L*4	0.9563	a*4	0.8841	b*4	0.8631	C*4	0.9124	H*4	0.7881
L*5	0.7554	a*5	0.8753	b*5	0.8328	C*5	0.8756	H*5	0.5137
L*6	0.9068	a*6	0.9611	b*6	0.9646	C*6	0.9867	H*6	0.8894

Pantone CC2: Equipo Pantone Color Cue 2. Las variables L*, a*, b*, C* y H* con numeración 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (Dirección Vertical) corresponden respectivamente a cada biblioteca del equipo Pantone Color Cue 2, y las variables L*, a*, b*, C* y H* del renglón superior (Dirección Horizontal) corresponden al equipo Minolta.

En respuesta a la hipótesis estadística de igualdad de los valores de las coordenadas de color L^* , a^* , b^* , C^* y H^* en ambos equipos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kuskal Wallis, el resultado indica que ambos equipos son diferentes estadísticamente para todas sus coordenadas ($P < 0.0001$), ésta diferencia entre equipos pudo deberse a que el funcionamiento de ambos poseen métodos distintos para procesar el color. Las especificaciones técnicas de los instrumentos utilizados para medir el color pueden alterar la magnitud de las estimaciones (Yancey y Kropf, 2008), en el caso del equipo Pantone Color Cue™2 por default utiliza el observador de 2° mientras que para el espectrofotómetro Minolta CM-2002 es de 10°, esto define los grados de campo de visión del observador estándar.

Por otra parte también existen varios factores inherentes al equipo que pueden afectar las mediciones independientemente del colorímetro tricromático o espectrofotómetro que se tenga (Braña et al., 2011), como la interacción de la luz emitida a la superficie cárnica analizada. El índice de refracción de la carne no es uniforme, posee líquidos en su superficie y en su interior, por lo tanto, ésta causa múltiples reflexiones y refracciones lo que resulta en una difusión de la luz o dispersión (Oleari, 2008).

El color de la carne fresca es un concepto muy complejo, esta posee diferentes propiedades físicas de absorción y dispersión de la luz, por lo que múltiples factores pueden influir en su color (Flrtcher, 2002; Trinderup et al.,

2015) por lo que se debe considerar el pH, la estructura y el grado de integridad del músculo, la estructura y orientación de las fibras musculares y el agua libre en superficie (Gallego et al., 2010), la presencia de grasa y las concentraciones heterogéneas de mioglobina en el músculo (Sawyer et al., 2007 y Chen et al., 2010), las cuales favorecen una mayor reflexión de la luz y por ende la coordenada L^* (Sánchez-Zapata y Pérez-Álvarez, 2007).

Además, para comprobar si la fuerza de asociación entre los valores de las coordenadas de color del espectrocolorímetro Pantone Color Cue™2 y el espectrofotómetro Minolta CM-2002 se asemejan a los valores obtenidos en la primera etapa del proyecto se resolvió con la correlación de Spearman arrojando los siguientes datos: $L^* = 0.4018$, $a^* = -0.0234$, $b^* = 0.1003$, $C^* = 0.0119$ y $H^* = 0.1214$, estos valores indican que existe una débil asociación <0.30 entre los equipos. Aun siendo ligeramente mayor la fuerza de asociación para la coordenada de Luminosidad L^* no tiene relevancia para la determinación de la función del equipo. Se esperaba una respuesta favorable puesto que en la primera etapa la correlación fue mayor de .80 además que el espectrocolorímetro Pantone Color Cue™2 posee aproximadamente 9000 cartas de color (Pantone®, 2015), pudiendo asemejarse a los valores de las coordenadas que proyectaba Minolta CM-2002.

CONCLUSIONES

El espectrocolorímetro Pantone Color Cue™2 mostró limitaciones ya que muestra repetidamente el mismo color para áreas diferentes del musculo. Este equipo no genera coordenadas correspondientes al verdadero color de la carne, por lo que se comprueba que su uso como tecnología alternativa no puede recomendarse para medir instrumentalmente el color de la carne de bovino en plantas de sacrificio.

En su lugar, el equipo Minolta CM-2002 proyecta mediciones fiables que determinan el color, aunque el dispositivo no es accesible para la mayoría de las plantas de sacrificio por su costo elevado.

En conclusión, se requiere continuar evaluando equipos de bajo costo para la generación de mediciones objetivas en plantas de sacrificio para determinar el color de la carne.

LITERATURA CITADA

Alberti P., B. Panea, G. Ripoll, C. Sañudo, JL Olleta, L. Negueruela, M. Campo, y X. Serra. 2005. Medición del color. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España: MICYT-INIA: (3)216-225.

Albertí, P. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medición del color. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera Nº1, 11-16.

AMSA (American Meat Science Association) 2012. Meat color measurement guidelines. Champaign, Illinois USA.

Braña D, E. Ramírez, M. Rubio, A. Sánchez, G. Torrescano, M. Arenas, J. Partida, E. Ponce y F. Ríos. 2011. Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Folleto técnico no.11. INIFAP.

Brewer S., J. Wilson and F. McKeith. 2002. The effect of pig genetics and palatability, colorant physical characteristics of fresh loin chops. Meat Sci. 61: 249-256.

- Cerdeño A., C. Vieira, E. Serrano, P. Lavín and A. Mantecón. 2006. Effects of feeding strategy during a short finishing period on performance, carcass and meat quality in previously-grazed young bulls. *Meat Science*. 72 (4): 719-726.
- Chen K., X. Sun, C Qin and X. Tang. 2010. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine. *Computers and Electronics in Agriculture*. 70(1): 27–32.
- CIE, 1986. Colorimetry, 2nd Ed. Comission Internacionale de l'Eclairage.
- CIE, 1976. Recommendations on uniform color spaces-color difference, equations. *Psycometric Color Terms. Supplement No. 2. Comisión Internationale de l'Eclaraige.*
- De Marchi M., M. Penasa, A. Cecchinato and G. Bittante. 2013. The relevance of different near infrared technologies and sample treatments for predicting meat quality traits in commercial beef cuts. *Meat Science*. 93: 329–335.
- Díaz, M. T. 2001. Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Memoria Doctor en Medicina Veterinaria. Madrid, España. Fac. De Veterinaria Complutense de Madrid.

Fletcher, D. 2002. Calidad de la carne de ave. *World's Poultry Science Journal*, 58: 131-146.

Gallego J., J. Pérez-Álvarez. y O. Ochoa. 2010. Los espectros de reflexión como herramienta auxiliar para la determinación del color en la carne y los productos cárnicos. En: *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 250: 36-41.

Girolami A, F. Napolitano, D. Faraone, A. Braghieri (2013). Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Science*. 93: 111–118.

Hernández B., G. Lizaso, A. Horcada, M.J. Beriain y A. Purroy (2006). Meat colour of fighting bulls. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14 (3).

López L., D. Braña y V. Hernández Hernández. 2013. Estimación de la vida de anaquel de la carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Libro Técnico No. 11.

Mancini R.A y M.C. Hunt. 2005. Current research in meat color. *Meat Science* 71: 100–121.

Melendez-Martinez, A. J., Vicario, I. M., y Heredia, F. J. 2005. Instrumental measurement of orange juice colour: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 894 - 901.

- Mullen A., B. Murray and D. Troy. 2004. Predicting the eating quality of meat. Teagasc Report 4391:1-24.
- Nieves A. y F. Domínguez. 2009. Probabilidad y Estadística para Ingeniería: Un enfoque moderno. McGraw-Hill Interamericana.
- Norma Mexicana NMX-FF-078-SCFI-2002. Productos pecuarios. Carne de bovino en canal: Clasificación. Publicado en el Diario Oficial de la Federación.
- O'Sullivan, M. G., Byrne, D. V., y Martens, M. 2003. Evaluation of pork colour: Sensory colour assessment using trained and untrained sensory panelists. Meat Science. 63(1): 119–129.
- Oleari, C. 2008. Misurare il colore. 2nd ed.. Milano: Hoepli Editore.
- Onega M, 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.

Page J., D. Wulf and T. Schwotzer. 2001. A survey of beef muscle color and pH. Journal of Animal Science. 79: 678-687.

Pantone®, 2015. Pantone Color Cue™2 User Manual.

Pérez, M y Ponce E. 2013. Manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes. Universidad Autónoma Metropolitana.

Prado S.A., J. T. Camas y L. Laredo. 2008. Sensopercepción del color. Rev Mex Oftalmol. 82(2):101-110.

Priolo A., D. Micol y J, Agabriel. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Animal Research. 50: 185-200.

Ramírez-Navas J.S. 2010. Espectrocolorimetría: caracterización de leche y quesos. Tecnología Láctea Latinoamericana. 61: 52-58.

Rubio M., D. Braña, D. Méndez, G. Torrescano, A. Sánchez, C. Pérez, F. Figueroa, y E. Delgado. 2013. Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas. INIFAP.

Sánchez L., 2006. Veinte años de buiatría: Actas del XIV Congreso Internacional de la Federación Mediterránea de Sanidad y Producción de Rumiantes: Calidad de la carne de razas autóctonas. Lugo-Santiago de Compostela.

Sánchez-Zapata E. y J. Pérez-Álvarez, 2007. El color en distintas especies de pescado. Caracterización objetiva, Alimentación, Equipos y Tecnología 219, 39-43.

Sañudo C., 1996. Calidad organoléptica de la carne. Mundo Ganadero.

Sawyer J., R. Baublits, J. Apple, J. Meullenet, Z. Johnson and T. Alpers. 2007. Lateral and longitudinal characterization of color stability, instrumental tenderness, and sensory characteristics in the beef semimembranosus. Meat Science. 75: 575–584.

Schanda J. 2007. Colorimetry: Understanding the CIE System. John Wiley & Sons.

Sensing, K. (2015). Konica Minolta Sensing Color, Luz, Pantalla LED y los Instrumentos de Medida. [online] Konica Minolta Sensing Americas. Available at: <http://sensing.konicaminolta.com.mx> [Accesado 23 Abril 2015].

Tapp WN, J. Yancey and J. Apple. 2011. How is the instrumental color of meat measured?. Meat Sci. 89:1-5.

- Torres A. 2013. Composición química y calidad de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación del estado de Puebla. Tesis (Maestría en Ciencias, especialista en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional).- Colegio de Postgraduados, Puebla.
- Trinderup C. and Y. Brad. 2015. Fresh meat color evaluation using a structured light imaging system. *Food Research International*. 71: 100-107.
- Trinderup C., A. Dahl, K. Jensen, J. Carstensen and K. Conradsen. 2015. Comparison of a multispectral vision system and a colorimeter for the assessment of meat color. *Meat science*. 102: 1-7.
- Yancey J. and D. Kropf. 2008. Instrumental reflectance values of fresh pork are dependent on aperture size. *Meat Science*. 79: 734–739.
- Zar J. 2010. *Biostatistical Analysis 5th Edition*, Northern Illinois University.

ANEXOS

Anexo 1. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 1

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	41.81 ± 2.19	58.92 ± 3.50	34.48 ± 3.46	68.28 ± 4.75	30.26 ± 1.12
Pantone CC2	2	47.54 ± 0.0	51.98 ± 0.0	27.53 ± 0.0	58.82 ± 0.0	27.91 ± 0.0
Pantone CC2	3	56.05 ± 0.0	50.82 ± 0.0	27.34 ± 0.0	57.71 ± 0.0	28.28 ± 0.0
Pantone CC2	4	45.62 ± 5.18	52.45 ± 1.72	32.58 ± 3.69	61.79 ± 3.47	31.75 ± 1.89
Pantone CC2	5	41.93 ± 0.0	51.87 ± 0.0	33.74 ± 0.0	61.88 ± 0.0	33.04 ± 0.0
Pantone CC2	6	51.86 ± 0.0	56.16 ± 0.0	43.47 ± 0.0	71.02 ± 0.0	37.74 ± 0.0
Minolta	-	49.72 ± 0.06	50.20 ± 0.10	37.29 ± 0.13	62.53 ± 0.15	36.61 ± 0.05

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 2. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 2

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	43.04 ± 0.0	60.89 ± 0.0	36.43 ± 0.0	70.96 ± 0.0	30.89 ± 0.0
Pantone CC2	2	47.02 ± 0.0	59.5 ± 0.0	24.72 ± 0.0	64.43 ± 0.0	22.56 ± 0.0
Pantone CC2	3	51.29 ± 0.0	48.33 ± 0.0	19.09 ± 0.0	51.96 ± 0.0	21.55 ± 0.0
Pantone CC2	4	39.79 ± 0.0	53.32 ± 0.0	33.71 ± 0.0	63.08 ± 0.0	32.3 ± 0.0
Pantone CC2	5	41.84 ± 0.0	57.97 ± 0.0	32.18 ± 0.0	66.3 ± 0.0	29.04 ± 0.0
Pantone CC2	6	41.04 ± 0.0	55.97 ± 0.0	36.74 ± 0.0	66.95 ± 0.0	33.28 ± 0.0
Minolta	-	46.91 ± 0.06	53.18 ± 0.13	33.47 ± 0.13	62.84 ± 0.18	32.19 ± 0.04

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 3. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 3

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	36.09 ± 0.0	56.3 ± 0.0	25.33 ± 0.0	61.74 ± 0.0	24.22 ± 0.0
Pantone CC2	2	41.58 ± 0.0	57.47 ± 0.0	19.58 ± 0.0	60.71 ± 0.0	18.81 ± 0.0
Pantone CC2	3	51.47 ± 0.37	48.25 ± 0.17	18.49 ± 1.23	51.68 ± 0.58	20.96 ± 1.22
Pantone CC2	4	39.79 ± 0.0	53.32 ± 0.0	33.71 ± 0.0	63.08 ± 0.0	32.3 ± 0.0
Pantone CC2	5	43.52 ± 0.0	53.26 ± 0.0	25.78 ± 0.0	59.17 ± 0.0	25.83 ± 0.0
Pantone CC2	6	46.14 ± 0.0	47.76 ± 0.0	33.24 ± 0.0	58.19 ± 0.0	34.84 ± 0.0
Minolta	-	42.98 ± 0.09	47.04 ± 0.19	26.48 ± 0.16	53.98 ± 0.22	29.37 ± 0.12

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 4. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 4

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	32.3 ± 0.0	51.69 ± 0.0	21.3 ± 0.0	55.91 ± 0.0	22.4 ± 0.0
Pantone CC2	2	36.92 ± 0.0	44.44 ± 0.0	13.81 ± 0.0	46.54 ± 0.0	17.26 ± 0.0
Pantone CC2	3	47.64 ± 0.0	44.79 ± 0.0	12.56 ± 0.0	46.52 ± 0.0	15.66 ± 0.0
Pantone CC2	4	35.12 ± 0.0	58.62 ± 0.0	19.09 ± 0.0	61.65 ± 0.0	18.04 ± 0.0
Pantone CC2	5	41.36 ± 7.77	46.81 ± 5.83	19.74 ± 0.55	50.85 ± 5.36	23.23 ± 3.56
Pantone CC2	6	37.72 ± 0.0	47.91 ± 0.0	22.74 ± 0.0	53.03 ± 0.0	25.39 ± 0.0
Minolta	-	40.56 ± 0.07	42.36 ± 0.11	19.46 ± 0.11	46.61 ± 0.14	24.68 ± 0.07

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 5. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 5

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	32.3 ± 0.0	51.69 ± 0.0	21.3 ± 0.0	55.91 ± 0.0	22.4 ± 0.0
Pantone CC2	2	36.92 ± 0.0	44.44 ± 0.0	13.81 ± 0.0	46.54 ± 0.0	17.26 ± 0.0
Pantone CC2	3	47.64 ± 0.0	44.79 ± 0.0	12.56 ± 0.0	46.52 ± 0.0	15.66 ± 0.0
Pantone CC2	4	32.54 ± 0.0	53.29 ± 0.0	16.0 ± 0.0	55.64 ± 0.0	16.71 ± 0.0
Pantone CC2	5	39.62 ± 0.0	48.11 ± 0.0	19.86 ± 0.0	52.05 ± 0.0	22.43 ± 0.0
Pantone CC2	6	38.03 ± 2.05	46.92 ± 2.20	22.69 ± 1.41	52.15 ± 1.81	25.84 ± 2.14
Minolta	-	39.25 ± 0.04	39.60 ± 0.12	17.53 ± 0.05	43.30 ± 0.12	23.88 ± 0.04

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 6. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 6

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	27.76 ± 0.0	37.55 ± 0.0	11.74 ± 0.0	39.34 ± 0.0	17.36 ± 0.0
Pantone CC2	2	31.94 ± 0.0	35.44 ± 0.0	10.38 ± 0.0	36.93 ± 0.0	16.32 ± 0.0
Pantone CC2	3	42.4 ± 0.0	33.9 ± 0.0	8.56 ± 0.0	34.96 ± 0.0	14.17 ± 0.0
Pantone CC2	4	33.09 ± 0.0	39.42 ± 0.0	23.37 ± 0.0	45.83 ± 0.0	30.66 ± 0.0
Pantone CC2	5	49.47 ± 15.96	29.84 ± 7.92	16.94 ± 2.78	34.90 ± 5.30	31.21 ± 11.03
Pantone CC2	6	37.69 ± 0.0	32.93 ± 0.0	17.97 ± 0.0	37.51 ± 0.0	28.62 ± 0.0
Minolta	-	36.73 ± 0.10	32.16 ± 0.08	16.75 ± 0.04	36.26 ± 0.09	27.51 ± 0.04

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 7. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 7

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	27.48 ± 0.0	37.18 ± 0.0	18.36 ± 0.0	41.47 ± 0.0	26.28 ± 0.0
Pantone CC2	2	39.08 ± 0.0	35.9 ± 0.0	27.33 ± 0.0	45.12 ± 0.0	37.28 ± 0.0
Pantone CC2	3	46.56 ± 0.0	26.22 ± 0.0	18.6 ± 0.0	32.15 ± 0.0	35.35 ± 0.0
Pantone CC2	4	33.54 ± 1.38	39.91 ± 1.51	22.75 ± 1.92	46.00 ± 0.53	29.71 ± 2.94
Pantone CC2	5	70.01 ± 0.0	24.71 ± 0.0	20.89 ± 0.0	32.36 ± 0.0	40.21 ± 0.0
Pantone CC2	6	36.25 ± 0.0	32.88 ± 0.0	25.61 ± 0.0	41.68 ± 0.0	37.91 ± 0.0
Minolta	-	38.87 ± 0.06	32.79 ± 0.12	20.85 ± 0.08	38.85 ± 0.14	32.45 ± 0.05

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 8. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 8

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	27.76 ± 0.0	37.55 ± 0.0	11.74 ± 0.0	39.34 ± 0.0	17.36 ± 0.0
Pantone CC2	2	31.94 ± 0.0	35.44 ± 0.0	10.38 ± 0.0	36.93 ± 0.0	16.32 ± 0.0
Pantone CC2	3	42.4 ± 0.0	33.9 ± 0.0	8.56 ± 0.0	34.96 ± 0.0	14.17 ± 0.0
Pantone CC2	4	30.31 ± 1.62	47.79 ± 4.24	11.24 ± 5.39	49.50 ± 2.09	13.59 ± 7.92
Pantone CC2	5	35.4 ± 0.0	36.82 ± 0.0	14.49 ± 0.0	39.57 ± 0.0	21.48 ± 0.0
Pantone CC2	6	34.65 ± 0.0	31.54 ± 0.0	12.36 ± 0.0	33.88 ± 0.0	21.4 ± 0.0
Minolta	-	35.49 ± 0.05	30.50 ± 0.04	12.27 ± 0.03	32.88 ± 0.05	21.92 ± 0.03

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 9. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 9

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	33.19 ± 0.0	36.66 ± 0.0	3.87 ± 0.0	36.86 ± 0.0	6.03 ± 0.0
Pantone CC2	2	31.71 ± 0.0	27.9 ± 0.0	1.28 ± 0.0	27.93 ± 0.0	2.63 ± 0.0
Pantone CC2	3	41.84 ± 0.0	24.59 ± 0.0	4.24 ± 0.0	24.95 ± 0.0	9.78 ± 0.0
Pantone CC2	4	25.2 ± 0.0	39.32 ± 0.0	9.5 ± 0.0	40.45 ± 0.0	13.58 ± 0.0
Pantone CC2	5	33.07 ± 0.0	32.66 ± 0.0	13.93 ± 0.0	35.51 ± 0.0	23.1 ± 0.0
Pantone CC2	6	32.18 ± 0.0	25.91 ± 0.0	10.86 ± 0.0	28.09 ± 0.0	22.74 ± 0.0
Minolta	-	34.61 ± 0.05	26.39 ± 0.05	9.81 ± 0.04	28.15 ± 0.06	20.39 ± 0.06

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 10. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 10

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	27.98 ± 0.0	31.63 ± 0.0	3.82 ± 0.0	31.86 ± 0.0	6.89 ± 0.0
Pantone CC2	2	29.25 ± 1.46	28.62 ± 0.43	2.02 ± 0.44	28.69 ± 0.45	4.03 ± 0.83
Pantone CC2	3	37.39 ± 0.0	22.29 ± 0.0	-0.05 ± 0.0	22.29 ± 0.0	-0.13 ± 0.0
Pantone CC2	4	26.74 ± 1.28	32.86 ± 4.81	5.52 ± 6.57	34.14 ± 2.84	10.72 ± 13.48
Pantone CC2	5	35.14 ± 0.0	24.28 ± 0.0	15.11 ± 0.0	28.6 ± 0.0	31.89 ± 0.0
Pantone CC2	6	30.81 ± 0.0	22.03 ± 0.0	8.83 ± 0.0	23.73 ± 0.0	21.84 ± 0.0
Minolta	-	34.60 ± 0.06	21.52 ± 0.05	8.51 ± 0.03	23.14 ± 0.05	21.59 ± 0.06

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 11. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 11

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	28.34 ± 0.94	31.11 ± 0.63	2.27 ± 1.27	31.21 ± 0.76	4.13 ± 2.15
Pantone CC2	2	31.71 ± 0.0	27.9 ± 0.0	1.28 ± 0.0	27.93 ± 0.0	2.63 ± 0.0
Pantone CC2	3	41.84 ± 0.0	24.59 ± 0.0	4.24 ± 0.0	24.95 ± 0.0	9.78 ± 0.0
Pantone CC2	4	25.2 ± 0.0	39.32 ± 0.0	9.5 ± 0.0	40.45 ± 0.0	13.58 ± 0.0
Pantone CC2	5	30.22 ± 0.0	28.21 ± 0.0	14.77 ± 0.0	31.84 ± 0.0	27.64 ± 0.0
Pantone CC2	6	32.18 ± 0.0	25.91 ± 0.0	10.86 ± 0.0	28.09 ± 0.0	22.74 ± 0.0
Minolta	-	33.19 ± 0.03	23.94 ± 0.06	5.24 ± 0.02	24.50 ± 0.06	12.34 ± 0.04

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 12. Medias aritméticas y desviación estándar de colores en papel de la muestra 12

Equipo	Biblioteca	L*	a*	b*	C*	H*
Pantone CC2	1	30.0 ± 0.0	41.21 ± 0.0	14.59 ± 0.0	43.72 ± 0.0	19.5 ± 0.0
Pantone CC2	2	34.12 ± 0.0	38.05 ± 0.0	2.86 ± 0.0	38.16 ± 0.0	4.3 ± 0.0
Pantone CC2	3	42.4 ± 0.0	33.9 ± 0.0	8.56 ± 0.0	34.96 ± 0.0	14.17 ± 0.0
Pantone CC2	4	29.05 ± 0.0	46.37 ± 0.0	12.15 ± 0.0	47.94 ± 0.0	14.68 ± 0.0
Pantone CC2	5	31.24 ± 0.0	44.27 ± 0.0	16.63 ± 0.0	47.29 ± 0.0	20.59 ± 0.0
Pantone CC2	6	31.21 ± 0.0	34.57 ± 0.0	9.24 ± 0.0	35.78 ± 0.0	14.96 ± 0.0
Minolta	-	36.05 ± 0.08	33.77 ± 0.08	9.00 ± 0.05	34.95 ± 0.09	14.93 ± 0.08

Equipo: Pantone CC2 = Pantone Color Cue 2. Biblioteca: 1.- Solid Coated, 2.- Solid Matte, 3.- Solid Uncoated, 4.- Goe Coated, 5.- Cotton y 6.- Paper.

Anexo 13. Estadísticos descriptivos de medida de tendencia central obtenidos de la superficie del músculo *Longuissimus dorsi* con el equipo Pantone Color Cue 2

Muestra	L*	a*	b*	C*	H*
1	28.11 ± 1.11	12.75 ± 1.96	4.51 ± 1.32	13.57 ± 2.08	19.42 ± 4.83
2	26.59 ± 1.20	11.81 ± 3.70	4.02 ± 1.67	12.50 ± 3.98	18.66 ± 4.50
3	27.38 ± 0.68	12.35 ± 2.50	4.96 ± 1.40	13.35 ± 2.63	21.74 ± 5.34
4	24.97 ± 2.39	7.82 ± 3.68	3.53 ± 1.34	8.61 ± 3.84	25.38 ± 4.86
5	27.30 ± 0.73	9.64 ± 2.19	3.71 ± 1.75	10.47 ± 2.17	21.07 ± 10.19
6	26.53 ± 1.84	9.33 ± 2.96	4.16 ± 1.73	10.30 ± 3.12	24.28 ± 8.16
7	26.82 ± 1.31	10.68 ± 2.89	4.45 ± 1.72	11.63 ± 3.12	22.52 ± 6.57
8	29.35 ± 2.96	12.87 ± 1.57	5.13 ± 0.38	13.85 ± 1.60	21.83 ± 1.10
9	28.64 ± 1.62	12.84 ± 2.53	5.59 ± 2.45	14.16 ± 2.76	23.18 ± 8.83
10	27.49 ± 0.90	12.87 ± 2.52	4.83 ± 1.34	13.77 ± 2.72	20.31 ± 4.06
11	28.14 ± 1.09	12.45 ± 2.0	4.92 ± 0.99	13.40 ± 2.11	21.50 ± 3.47

12

27.27 ± 0.67

14.08 ± 1.99

4.83 ± 1.46

14.92 ± 2.21

18.64 ± 4.40

L*: indica luminosidad, a*: mide direcciones del rojo, b*: mide direcciones del amarillo, C*: Especifica el croma o saturación y H*: es el tono o ángulo.

Anexo 14. Estadísticos descriptivos de medida de tendencia central obtenidos de la superficie del músculo *Longuissimus dorsi* con el equipo MINOLTA CM-2002.

Muestra	L*	a*	b*	C*	H*
1	30.71 ± 2.60	16.51 ± 1.91	14.11 ± 1.58	21.74 ± 2.27	40.53 ± 2.66
2	26.75 ± 3.57	20.47 ± 3.29	15.31 ± 1.96	25.58 ± 3.71	37.03 ± 2.48
3	26.97 ± 2.06	21.51 ± 0.85	16.10 ± 0.92	26.87 ± 1.02	36.80 ± 1.59
4	26.35 ± 2.10	19.62 ± 1.33	14.92 ± 1.68	24.66 ± 2.02	37.14 ± 1.71
5	28.42 ± 2.16	17.97 ± 1.81	14.28 ± 1.22	22.96 ± 2.12	38.52 ± 1.31
6	28.27 ± 3.48	19.79 ± 2.38	16.20 ± 2.48	25.60 ± 3.19	39.19 ± 3.00
7	28.28 ± 3.23	16.61 ± 2.60	12.35 ± 2.56	20.71 ± 3.56	36.40 ± 2.35
8	33.79 ± 3.94	18.08 ± 2.81	14.74 ± 2.96	23.34 ± 3.96	38.96 ± 2.58
9	31.40 ± 2.50	16.38 ± 2.93	13.34 ± 3.83	21.19 ± 4.48	38.23 ± 6.11
10	30.86 ± 3.89	18.80 ± 1.94	15.34 ± 1.68	24.28 ± 2.43	39.21 ± 2.02
11	29.80 ± 2.46	18.78 ± 1.64	15.18 ± 1.90	24.16 ± 2.41	38.85 ± 1.75

12

30.09 ± 2.95

21.76 ± 5.24

17.22 ± 2.22

27.83 ± 5.25

38.78 ± 4.04

L*: indica luminosidad, a*: mide direcciones del rojo, b*: mide direcciones del amarillo, C*: Especifica el croma o saturación y H*: es el tono o ángulo.