

**IMPACTO DEL MANEJO ANTE MORTEM EN LA INCIDENCIA DE CORTES OSCUROS Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE LA CARNE BOVINA****IMPACT OF ANTE MORTEM MANAGEMENT ON THE INCIDENCE OF DARK CUTS AND ITS EFFECT ON BEEF QUALITY**

*Bonilla, Pacífico. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.
pacifico.bonilla@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0006-2123-9282>

Guerra, Pedro. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Panamá.
pedroguerram16@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-6731-3624>

Melgar, Audino. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Panamá.
audino.melgarm@idiap.gob.pa <https://orcid.org/0000-0001-8491-0236>

Solís, Carlos. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.
carlos.solis@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2472-556X>

*Correo de Correspondencia: pacifico.bonilla@up.ac.pa

Recibido: 12/10/2024

Aceptado: 13/11/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.ia.v7n1.a6549>

RESUMEN. El objetivo del presente trabajo fue analizar la incidencia de cortes oscuros en carne bovina y su relación con el pH muscular *post mortem* y cómo afecta la calidad del producto final. Los cortes oscuros son causados por un pH inadecuado en el músculo, lo que provoca un color oscuro y textura seca. Se recolectaron datos de 68 animales de la raza Brahman, procedentes de dos fincas. Las muestras se tomaron 24 horas *post mortem* en el músculo *longissimus dorsi*. Para el análisis estadístico se utilizó un modelo de regresión simple y cuadrática sin intercepto y el coeficiente de correlación de Pearson. La incidencia de cortes oscuros fue del 16.2% (n=11; pH ≥ 5.8) de los cuales nueve animales pertenecían a la finca uno. Se observó una correlación negativa fuerte (P<0.01) entre pH y color, sugiriendo una relación inversa entre ambas. A medida que el pH aumenta, los valores de color disminuyen. También se observó una correlación negativa débil (P<0.05) entre pH y peso de la canal. Es probable que el incremento en pH esté asociado con una disminución en el peso de la canal; sin embargo, la magnitud de esta relación es baja, sugiriendo que otros factores podrían tener una influencia más significativa sobre el peso.

PALABRAS CLAVE: canal, carne, color, músculo, pH, peso.

ABSTRACT. The objective of this study was to analyze the incidence of dark cuts in beef and their relationship with *post mortem* muscle pH and how it affects the quality of the final product. Dark cuts are caused by inadequate muscle pH, which results in dark color and dry texture. Data were collected from 68 Brahman animals from two farms. Samples were taken 24 hours *post mortem* from the *longissimus dorsi* muscle. A simple quadratic regression model without interception and Pearson's correlation coefficient were used for statistical analysis. The incidence of dark cuts was 16.2% (n=11; pH ≥ 5.8) of which nine animals belonged to farm one. A strong negative correlation (P<0.01) was observed between pH and color, suggesting an inverse relationship between the two. As pH increases, color values decrease. A weak negative correlation (P<0.05) was also observed between pH and carcass weight. It is likely that an increase in pH is associated with a decrease in carcass weight; however, the magnitude of this relationship is low, suggesting that other factors may have a more significant influence on weight.

KEYWORDS: carcass, color, meat, muscle, pH, weight.



INTRODUCCIÓN

Cuando el manejo implementado en los animales es inadecuado antes del sacrificio, el glucógeno del músculo se consume debido a la tensión o estrés, al que se somete el animal (Lawrie *et al.*, 2006), esto provoca alteraciones metabólicas y hormonales en el músculo del animal vivo, lo que afecta tanto el color como el pH final pHF del músculo *post mortem* (≥ 5.8), debido a una baja producción de ácido láctico en la canal, fenómeno conocido como carne de corte oscuro (Hughes *et al.*, 2017). Como consecuencia, la vida útil de la carne se reduce y las características organolépticas de la carne pueden llegar a ser menos aceptable para el consumidor (Huff-Lonergan *et al.*, 2005), causando pérdidas económicas a los productores y comerciantes (Holdstock *et al.*, 2014).

El pH muscular de la carne resulta ser una medida interesante para cuantificar el nivel de reserva energética en el músculo y además para valorar cómo ha sido tratado el animal antes del faenamiento. Se considera que el pH típico de la canal de un animal bien alimentado y no estresado cae aproximadamente de 7.2 a más o menos 5.4, según lo reportado por (Onopiuk *et al.*, 2016). Cualquier situación de estrés con un pH final de la carcasa por encima de 6.0 a 6.2 ocasionará colores oscuros de la carne (Hernández *et al.*, 2013). En el mismo sentido Gallo (2012) mencionan que, entre los factores predisponentes de corte oscuros en bovinos, existe una relación positiva con el tiempo del transporte y el descanso previo al faenamiento.

No existe un sistema universal para definir corte oscuro en todos los países. Algunos clasifican la carne según el color, mientras que otros usan el pH de la carne como criterio para evaluar el corte oscuro. El corte oscuro en la carne de res se describe como carne oscura, firme y seca en la superficie cuando se examina a simple vista dentro del espectro visible. Esta condición puede ser causada por muchos factores, como la nutrición, la edad del animal, la duración del transporte al matadero, el clima, las estrategias de implantación hormonal, los tiempos de espera antes del sacrificio, los sistemas de procesamiento en las plantas de sacrificio, el temperamento, la agresividad de los animales y hasta cierto punto enfermedades subclínicas (Ponnampalam *et al.*, 2016).

El agotamiento del glucógeno muscular durante el proceso de sacrificio incluidas todas las etapas inmediatas previas al sacrificio y después de la muerte conduce a una disminución en el contenido de ácido láctico muscular y por consiguiente un aumento en el pH muscular. Para el músculo anaeróbico, el metabolismo del glucógeno es la única fuente de energía disponible y para alcanzar un pH de 5.5, el músculo debe tener 57 μ moles de glucógeno disponibles/g de músculo (Tarrant, 1989). Se ha encontrado un efecto directo del pH en el desarrollo del color, por lo que hay una reducción en el grosor de la capa de oximioglobina en la superficie de la carne oscura a medida que aumenta el pH y un aumento en la translucidez de la carne (Renerre, 1990).

Panamá no cuenta con un patrón para evaluar cortes oscuros en carne bovina, la falta de un patrón de evaluación puede tener un impacto negativo en la calidad de la carne producida y en la confianza del consumidor en la industria cárnica. Es necesario conocer datos sobre las incidencias de cortes oscuros en carne bovina debido a su impacto directo en la calidad de la carne. La falta de esta información dificulta la identificación y control de problemas de calidad, lo que puede afectar

negativamente la industria cárnica. El objetivo del estudio fue analizar la incidencia de cortes oscuros en la carne bovina y su relación con el pH muscular post mortem.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el matadero Coclesana De Carnes Penonomé, ubicado en el distrito de Penonomé, Provincia de Coclé, localizada entre los 8°29'09.4" N y 80°19'41.3" E. El promedio anual según datos de dos estaciones meteorológicas de la región, la temperatura ambiental está entre 26 a 30 °C; mientras que la humedad se encuentra en un porcentaje entre 82 y 84 y la elevación es de 95 m s.n.m.

Los datos se recopilaban de 68 animales, y para asegurar una mejor distribución y uniformidad, se seleccionó exclusivamente la raza Brahman, proveniente de dos fincas locales. La primera finca sacrificaba tanto hembras como machos, mientras que la segunda se enfocaba únicamente en el sacrificio de machos.

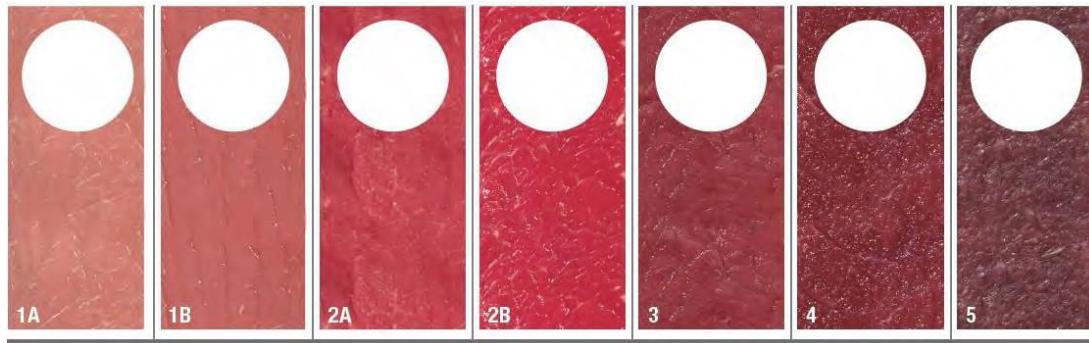
Las muestras se recolectaban 24 horas *post mortem* en el músculo *longissimus dorsi*. Las muestras de color se tomaban con el colorímetro modelo WR-10QC®, el pH con Milwaukee's MW102 Digital® y peso en la canal con la balanza digital Mophorn® de cinco toneladas.

Para medir pH en la carne fresca, utilizamos un potenciómetro digital Milwaukee MW102®. El electrodo se calibró previamente con soluciones buffer de pH 4 y 7 antes de realizar las mediciones en el músculo *longissimus dorsi*. El electrodo se insertó de forma perpendicular a una profundidad de dos centímetros en el músculo, evitando el contacto con grasa o tejido conectivo. Se recomendó realizar al menos dos lecturas por muestra, verificando periódicamente el funcionamiento del electrodo sumergiéndolo en agua destilada y secándolo antes de cada nueva medición. Para medir el color en carne fresca se utilizó un instrumento llamado colorímetro Modelo WR-10QC®. Este instrumento es empleado para cuantificar de manera objetiva las ondas de color, en el espectro CIELAB. El proceso se inició retirando la grasa externa del músculo, seleccionando una zona específica en el músculo *longissimus dorsi*.

La clasificación cromática empleada para este estudio de la carne se basó en la estructura definida por Salinas (2014), que se compone de siete categorías visuales (Figura 1). Las primeras dos categorías (1A y 1B) corresponden a los colores más pálidos y estos a la vez coinciden con valores más altos de L*. Conforme cada categoría visual aumenta su valor nominal los valores de L* decrecen, de este modo las categorías 2A y 2B corresponden a los colores rojos cereza, la categoría 3 al rojo intenso, la categoría 4 al rojo ligeramente oscuro y finalmente la categoría 5 indica la carne proveniente de cortes oscuros, siendo esta categoría la que presenta los valores más bajos de L* y que se corresponde con el color descrito en el patrón visual para evaluar el color.

Figura 1

Patrón o paleta cromática para la evaluación visual del color de la carne de bovino.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Para el análisis de pHF y peso en la canal se utilizó el modelo de regresión simple y cuadrática sin intercepto (pasando por el origen).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + e$$

Donde: Y = es la observación de pHF (variable dependiente); β_0 = intercepto del modelo; $\beta_1 X$ = coeficiente de regresión que indica cuánto cambia el pHF por cada unidad adicional de peso de la canal (variable independiente); e = error aleatorio.

Segundo modelo estadístico: Regresión cuadrática sin intercepto.

$$Y = \beta_1 X + \beta_2 X^2 + e$$

Donde: Y = es la observación de pHF (variable dependiente); $\beta_1 X$ = coeficiente de regresión para el término lineal (peso de la canal afecta al pHF de manera proporcional); $\beta_2 X^2$ = coeficiente de regresión para el término cuadrático; e = error aleatorio.

El tercer modelo evaluará la posible relación entre dos variables simultáneamente: el pHF con el peso de la canal y el pHF con el color de la carne. Para este análisis, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson, que permite medir la fuerza y la dirección de la asociación lineal entre ambas variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de las 68 muestras 24 horas *post mortem*, se determinó un pHF con una media de 5.74, de las cuales el mayor porcentaje de pHF se encontró dentro del rango idóneo, de no presentar cortes oscuros con un 83.8% ($n=57$; $\text{pH} \leq 5.7$) y un 16.2% ($n=11$; $\text{pH} \geq 5.8$) animales de presentar cortes oscuros en relación al análisis de pHF, no obstante en la evaluación de color CIELAB 12 animales presentaron categoría cinco (5), esto se debe a que la evaluación de pHF un animal, el animal 10 de las muestras se encontró dentro del rango adecuado de pHF pero el análisis de color el umbral de L se ubicó en la categoría cinco (5) corte oscuro, este efecto se ve claramente con la edad del animal a mayor longevidad mayor cantidad de mioglobina, presentándose un resultado



un color oscuro en la carne. Un mayor aumento en la mioglobina conduce a una reducción en la luminosidad (valores L *) y un aumento en el enrojecimiento (valores a *) (Hopkins *et al.*, 2007).

De los 11 animales que presentaron $\text{pHF} \geq 5.8$, nueve (9) animales pertenecían a la finca uno, el cual sacrificaba machos y hembras, mezclar los sexos incrementa la cantidad de cortes oscuros y se ve reflejado entre productores ($P=0.001$). Esto fue demostrado por Warriss *et al.*, (1984), que menciona que los machos tienden a producir más corte oscuro si se mezclan antes del sacrificio (finca, camiones, matadero) porque participan en la lucha y la monta para restablecer la jerarquía social que, en consecuencia, agota el glucógeno muscular a través del agotamiento físico.

Cabe mencionar que las carnes DFD son dark, firm, and dry (oscura, firme y seca); este término se utiliza para describir un defecto en la carne, especialmente en carne bovina, causado por el estrés prolongado del animal antes del sacrificio y se relacionan con el agotamiento de la reserva de glucógeno en el músculo antes del faenamiento, lo cual impide una caída gradual del pH en esta etapa, obteniendo un pH *post mortem* alto (Moreno, 2003). Ante ello, Meat Standards Australia (2017), admite solo carnes hasta un pHF de 5.7 para evitar problemas de calidad.

Los resultados ostentados en la tabla 1, representan el comportamiento y la distribución del color de la canal 24 horas *post mortem*, en el cual se ubican 12 animales en la categoría cinco (5), categoría que indica el efecto de cortes oscuros, este estudio presenta una incidencia de 17.6% ($n=68$; $\text{pH} \geq 5.8$) de corte oscuro en función al color L* a*, b*, de acuerdo con Ponnampalam *et al.*, (2016), la prevalencia de cortes oscuros en los diferentes países es variado y es el resultado de sus manejos *ante mortem*, uno de los valores más elevados es España con 13.9% ($n=5494$; $\text{pH} \geq 5.8$) lo que demuestra que este estudio tiene una mayor incidencia de cortes oscuros en comparación con los demás países.

Tabla 1

Comportamiento general de color en el estudio (n=68).

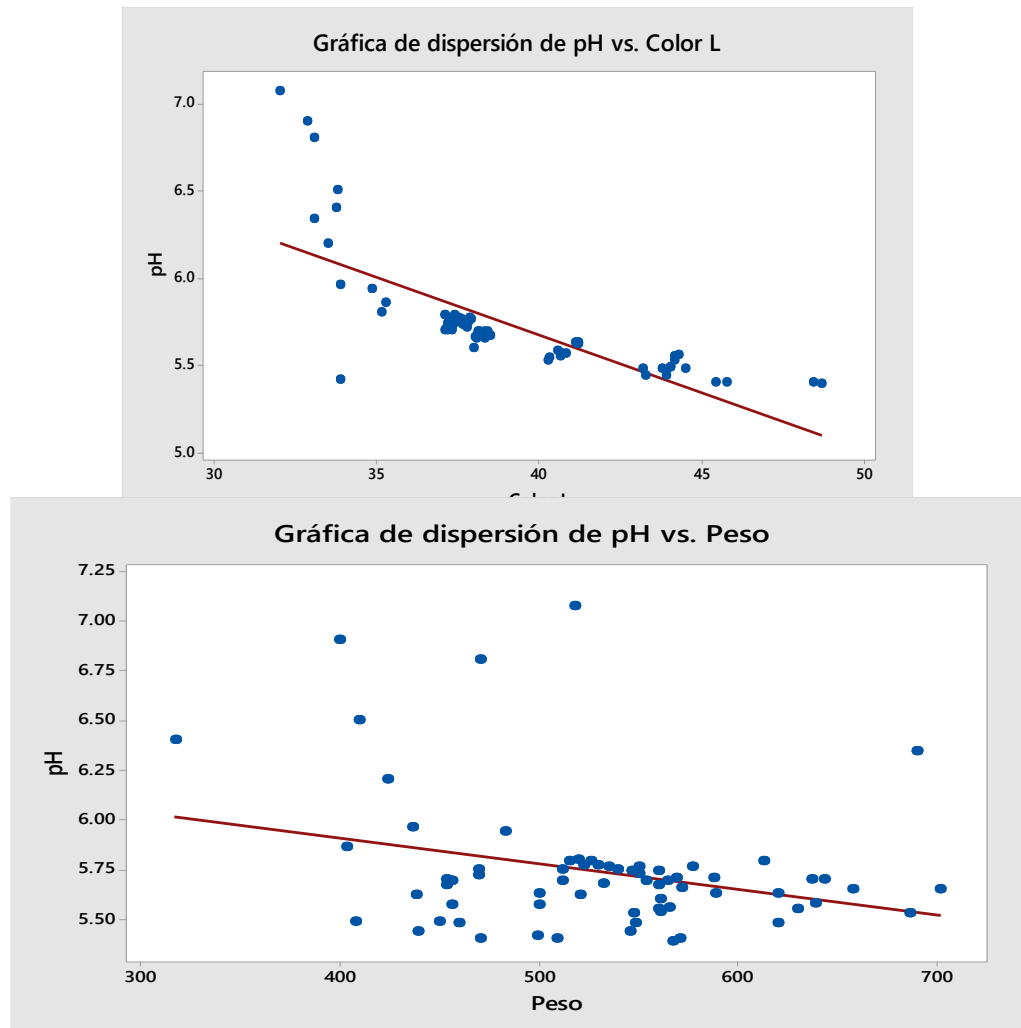
Categoría ^a	Color	N ^b	%
1a	Pálidos	2	2.9
1b	Pálidos	2	2.9
2a	Rojos cereza	10	14.7
2b	Rojos cereza	11	16.2
3	Rojo intenso	11	16.2
4	Rojo ligeramente oscuro	20	29.4
5	Cortes oscuros	12	17.6

^a Categoría; escala cromática de valores para L; N^b; cantidad de animales en cada categoría

La distribución de las categorías de color en el matadero en los días de estudio presenta una mayor tendencia a la categoría rojo oscuro (4) con 29.4%. Salinas (2014), en su estudio para desarrollar un patrón para evaluación de color en México el cual se analizaron cuatro mataderos (n=1165), su mayor distribución de frecuencias de L* dentro de cada categoría visual fue 2b tonos rojo cereza, lo que significa una diferencia en el manejo *ante mortem* de los animales.

Figura 2

Dispersión de pH y color 24 horas post mortem.

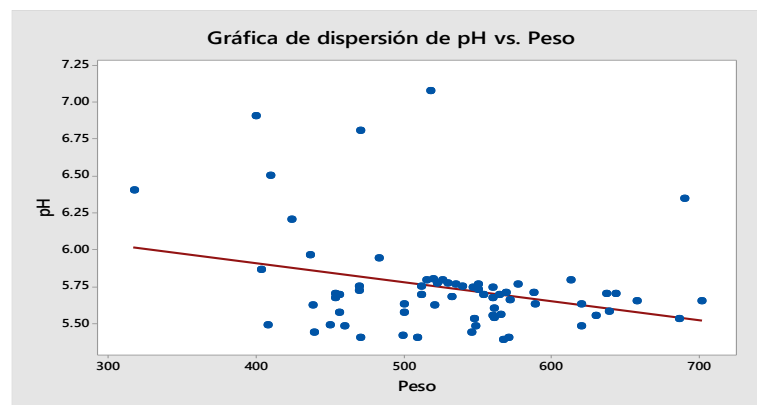


Los puntos azules representan los valores observados de pH y Color L en cada muestra individual. La línea roja corresponde a la línea de regresión lineal, que ilustra la relación negativa entre ambas variables. Esto significa que, a medida que los valores de Color L aumentan, los valores de pH tienden a disminuir. La pendiente negativa de la línea de regresión sugiere una fuerte correlación inversa entre pH y Color L, indicando que los cambios en el pH están asociados con cambios opuestos en el Color L.

La relación entre el pHF y el color se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, obteniéndose un valor de R^2 : -0.74 ($P < 0.01$), lo que indica una correlación negativa fuerte entre ambas variables. Esto significa que, a medida que el pHF aumenta, el valor del color tiende a disminuir, y viceversa, como se muestra en la figura 2. Por lo tanto, existe una relación estadísticamente significativa entre el pH y el color LAB. Sin embargo, es importante destacar que una correlación negativa no implica causalidad, lo que significa que no se puede concluir que el pH haya causado el cambio en el color, ni que el cambio en el color haya causado el cambio en el pH.

Figura 3

Dispersión de pH y peso 24 horas post mortem.



Los puntos azules representan la distribución individual de los animales, mostrando cómo varían el pHF y el peso en canal en los animales. La línea roja es la línea de regresión lineal, que describe la tendencia general de los datos. En este caso, la pendiente de la línea es negativa, lo que indica que existe una correlación negativa entre el peso y el pH *post mortem*. La dispersión de los valores entre el pHF y el peso canal indica que hay una correlación negativa débil R^2 : -0.29 ($P < 0.05$), como se observa en la figura 3. A medida que el animal tenga mayor peso al momento del sacrificio, dispondrá de más reservas de glucógeno muscular, lo cual es crucial ya que influye en la producción de ácido láctico durante la degradación del glucógeno tras la muerte del animal. Knee *et al.*, (2007) mencionan que cuanto mayor sea la cantidad de glucógeno disponible, más ácido láctico se generará, lo que provocará una disminución en el pH *post mortem*. Un pH más bajo puede mejorar la calidad de la carne, ya que mejora el color visual y optimiza su textura.

El peso de los animales es un factor presente en la incidencia de cortes oscuros ya que el mismo está relacionada con las reservas corporales. La media de peso en la canal de los 57 animales que no presentaron corte oscuro ($pH \leq 5.7$), fue de 241.7 Kg y la media de los 11 animales que presentaron corte oscuro ($pH \geq 5.8$), fue de 208.8 Kg, se demuestra que animales con bajo peso en canal tienen un efecto en las reservas corporales, afectando el proceso anaeróbico del músculo, ya que el metabolismo del glucógeno es la única fuente de energía disponible. Un estudio realizado por los investigadores de Beef CRC, McGilchrist *et al.* (2012), mencionaban que a medida que aumenta el peso de la canal y la profundidad de la grasa en las costillas se reducen las tasas de cortes oscuros. A medida que el peso de la carcasa aumentó más de 250 Kg, la proporción de



canales con pHF, continuó disminuyendo, pero a un ritmo más lento, lo que sugiere que 250 Kg puede ser un punto de referencia de peso importante en algunos sistemas.

El estudio mostró una incidencia del 16.2% de cortes oscuros en la carne bovina, con la mayoría de los animales afectados provenientes de finca uno. Los autores señalan que los animales evaluados de dos fincas, sugiere la necesidad de explorar si los manejos previos al sacrificio, como el transporte, la mezcla de sexos y el manejo en el frigorífico, influyen en la aparición de estos cortes. Factores como el embarque, el transporte y el estrés asociado en el matadero pueden contribuir a variaciones en el pHF muscular, lo que a su vez afecta la calidad de la carne.

CONCLUSIONES

- La incidencia de cortes oscuros en este estudio mostró una alta prevalencia en la carne bovina, con un 16.2%.
- Un manejo inadecuado puede provocar el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular, lo que afecta negativamente la calidad de la carne.
- Existe una clara relación entre el pHF y el color de la carne, donde un pH más alto se asoció con tonos más oscuros.
- Animales con menor peso al sacrificio mostraron una mayor incidencia de cortes oscuros.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Matadero Coclesana De Carnes Penonomé, por facilitar los animales que permitieron la recolección de los datos para la realización de la investigación, así como por su valiosa colaboración en el desarrollo del estudio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gallo, C. (2012). Bienestar animal y calidad de la carne en Latinoamérica. En D. Mota-Rojas, S. Huertas, & I. Guerrero-Legarreta (Eds.), *Bienestar animal* (pp. 3-11). Elsevier.
- Hernández, B., López, A. y Ríos, F. (2013). Pre-mortem handling effect on the meat quality. *Nacameh*, 7(2), 41-64.
<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/nacameh/2013v7n2/hernandez>
- Hopkins, D. L., Stanley, D. F., Martin, L. C., Toohey, E. S. y Gilmour, A. R. (2007). Genotype and age effects on sheep meat production. 3. Meat quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(10), 1155. <https://doi.org/10.1071/ea06299>
- Holdstock, J., Aalhus, J. L., Uttaro, B. A., López-Campos, Ó., Larsen, I. L. y Bruce, H. L. (2014). The impact of ultimate pH on muscle characteristics and sensory attributes of the longissimus thoracis within the dark cutting (Canada B4) beef carcass grade. *Meat Science*, 98(4), 842-849. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.029>
- Huff-Lonergan, E. y Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *postmortem* biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- Hughes, J., Clarke, F., Purslow, P. y Warner, R. D. (2017). PH alto en el músculo longissimusthoracis reduce la contracción del músculo de fibra transversal y dispersión de la luz que contribuye a el color oscuro. *Food Research International*, 101, 228-238.
- Knee, B. W., Cummins, L. J., Walker, P. J., Kearney, G. A. y Warner, R. D. (2007). Reducing dark-cutting in pasture-fed beef steers by high-energy supplementation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(11), 1277. <https://doi.org/10.1071/ea05362>
- Lawrie, R. A., & Ledward, D. (2006). *Meat Science (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition)* (7.a ed.). Cornwall, England: Woodhead Publishing.
- McGilchrist, P., Alston, C. L., Gardner, G. E., Thomson, K. L. y Pethick, D. W. (2012). Beef carcasses with larger eye muscle areas, lower ossification scores and improved nutrition have a lower incidence of dark cutting. *Meat Science*, 92(4), 474-480. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.05.014>
- Meat Standards Australia. (2017). Standards Manual. Section 5, Livestock Supply. https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/marketing-beef-and-lamb/documents/meat-standards-australia/msa-standards-manual-2020-section-5_livestock-supply.pdf
- Moreno, B. (2003). Higiene e inspección de carnes (II). Editorial Díaz Santos S.A., Madrid.
-



- Onopiuk, A., Półtorak, A. y Wierzbicka, A. (2016). Influence of post-mortem muscle glycogen content on the quality of beef during aging. *Journal of Veterinary Research*, 60(3), 301-307. <https://doi.org/10.1515/jvetres-2016-0046>
- Ponnampalam, E. N., Hopkins, D., Bruce, H., Yang, B., Baldi, G. y Bekhit, A. E. A. (2016). Causes and contributing factors to “Dark cutting” meat: Current trends and future directions: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 400-430. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12258>
- Renner, M. (1990). Factors involved in the discoloration of beef meat. *International Journal of Food Science & Technology*, 25(6), 613-630. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01123.x>
- Salinas, S. (2014). Desarrollo De Un Patrón Para La Evaluación Del Color De La Carne De Bovino En México. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma De México). https://repositorio.unam.mx/contenidos/desarrollo-de-un-patron-para-la-evaluacion-del-color-de-la-carne-de-bovino-en-mexico-215677?c=Ezg38M&d=false&q=*&i=6&v=1&t=search_0&as=0
- Sánchez-Escalante, A., Braña-Varela, D., Torrescano-Urrutia, G., Partida de la Peña, J., Rubio-Lozano, M., Castañeda-Serrano, M., Arenas-de-Moreno, M. y Ponce-Alquicira, E. R. (2011). *Manual de análisis de calidad en muestras de carne*. Coyoacán, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Tarrant, P. V. (1989). Animal Behaviour and Environment in the Dark-Cutting Condition in Beef – A Review. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 1-21.
- Warriss, P., Kestin, S., Brown, S. y Wilkins, L. (1984). The time required for recovery from mixing stress in young bulls and the prevention of dark cutting beef. *Meat Science*, 10(1), 53-68. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(84\)90031-7](https://doi.org/10.1016/0309-1740(84)90031-7)
-