

Influencia del bienestar animal durante el manejo pre-sacrificio en la calidad de la carne

Influence of animal welfare during pre-slaughter handling on meat quality

Sarhai Damián Ramírez¹, Rosio del Socorro Carreras Solís¹, Arantxa Ibarra Gutiérrez¹, Grecia Andrea Martínez González¹, José Luis Linares Grimaldo¹, Arturo Ángel Hernández²

¹Estudiante de la licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato.

²Profesor de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato.

División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca.

a.angel@ugto.mx²

Resumen

El bienestar animal (BA) se ha convertido en un importante atributo en el concepto de calidad sensorial y ética de los alimentos de origen animal, y un tema de interés en el comercio internacional de la carne. La calidad de la carne posee características principales que determinan la calidad como son las propiedades fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas. Estas características están influenciadas por factores como son sistema de producción, alimentación y manejo pre-mortem de los animales y manejo post-mortem de la carne. El manejo pre-mortem es muy importante, donde la fisiología del estrés, y los factores que la causan (ayuno, transporte, espera, aturdimiento y especie) y el efecto que tiene cada etapa del manejo pre-mortem, se ve reflejado en la calidad de la carne obtenida (pH, conductividad, color, capacidad de retención de agua y vida de anaquel). Durante el transporte, cargue y descargue los bovinos son sometidos a factores estresantes que afectan su bienestar y la calidad de la carne, además de producir importantes pérdidas económicas a los productores.

Palabras clave: Bienestar animal; calidad de la carne; manejo animal.

Introducción

Uno de los manejos más comunes a los que se someten los bovinos destinados al procesamiento para la obtención de carne, es la recolección y el arreo, tanto desde los potreros hacia los corrales para cargarlos en el medio de transporte, como posteriormente en la planta faenadora para descargarlos y hacerlos avanzar por los pasillos, corrales y manga de acceso a la sala de faena. Para la conducción de los animales se utilizan diversos elementos y procedimientos que, además de provocar diferentes grados de estrés en ellos, pueden originar defectos en la calidad de sus canales (Gullén *et al.*, 2015). El bienestar animal durante el transporte de los animales de abasto conlleva un estrés violento, que actualmente es motivo de preocupación para los consumidores. Esta parte resulta relevante para la industria de la carne porque requiere de mucha planeación e infraestructura. Indistintamente de la especie, tipo de crianza y uso, un animal debe criarse en situaciones de mínimo estrés, dolor y/o temor permitiendo que satisfaga sus necesidades nutricionales, sanitarias, ambientales y sociales (comportamiento natural), y logre el estado de bienestar en cada momento o etapa de su vida (Romero *et al.*, 2012).

El transporte ocasiona, en las mejores condiciones, un marcado estrés en los animales. La intensidad de esta experiencia depende principalmente de la calidad de la conducción, la duración del viaje, los niveles de vibración, el ayuno, las condiciones atmosféricas, el diseño de los vehículos, la densidad de carga y la mezcla social. Estos factores hacen del transporte una actividad estratégica, la cual debe ser especialmente dirigida a garantizar el bienestar animal. Los camiones de ganado deben ser diseñados especialmente para transportar animales en condiciones micro-ambientales aceptables y salvaguardando su integridad física (Miranda *et al.*, 2013).



Mientras mayor es el estrés sufrido por los animales durante el transporte y las esperas en ayuno, mayores serán también las pérdidas de peso, lesiones y alteraciones de calidad de la carne que en ellos se provoquen, por lo cual es recomendable no sólo reducir las esperas, sino también mantener las mejores condiciones posibles durante las mismas. Tanto el bienestar de los animales como la calidad de la carne pueden mejorarse reduciendo los tiempos de comercialización en las ferias y las distancias de viaje hasta los mataderos, planificando adecuadamente el orden de faenamiento en los mataderos para prevenir esperas prolongadas y procurando que las esperas se lleven a cabo en las mejores condiciones posibles (Gallo *et al.*, 2015).

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación es que los estudiantes de la Universidad de Guanajuato de la carrera de médico veterinario zootecnista (MVZ) conozcan los procedimientos de buenas prácticas de operación de manejo de ganado previo a la carga y transporte a la planta de sacrificio para obtener una buena calidad de carne.

Desarrollo

Transporte

El transporte de los animales desde el establecimiento agropecuario hasta el rastro es un eslabón clave en la cadena cárnica, constituyendo el evento estresante más intenso en toda la vida del animal; por otro lado, se trata de un aspecto de la cadena productiva que es visible para los consumidores, por lo que todo esfuerzo por mejorar las condiciones en que se realiza repercute en un aumento de la calidad ética y la imagen del producto generado (Warris, 2019).

Realizar la labor en concordancia con prácticas de bienestar animal posibilita reducir pérdidas en cantidad y calidad de carne, el maltrato de los animales durante la carga y la descarga, sumado al estrés y agotamiento físico que supone el transporte en sí mismo, son responsables de importantes pérdidas económicas por decomisos parciales o totales y por perjuicio en las características organolépticas de la carne obtenida; un manejo pobre de los animales durante unas cuantas horas puede acabar con gran parte del esfuerzo realizado durante meses por un productor ganadero. Otro resultado directo del maltrato son los golpes y machucones sobre la res, y de acuerdo con su profundidad y extensión, estas lesiones generan decomisos parciales o incluso totales. Las situaciones más graves se dan cuando los animales se caen dentro del camión, resultando ser pisoteados por el resto del grupo, corriendo un altísimo riesgo de presentar contusiones generalizadas. Tal situación puede darse como resultado de factores propios del animal (condición corporal pobre, enfermedad), factores dependientes del lote (hacinamiento, falta de uniformidad de tamaño entre animales), del vehículo (pisos resbalosos y/o irregulares, mal drenaje) y del conductor (manejo imprudente, frenadas bruscas, etc.). En muchos casos las pérdidas derivadas del maltrato se trasladan directamente al productor, quien finalmente resulta ser el principal perjudicado. A todo esto, hay que agregar los animales que llegan muertos al frigorífico, que representan una pérdida cuantiosa con respecto al capital movilizado (Ghezzi *et al.*, 2018).

Manejo de los animales previo al embarque

El primer paso antes de transportar animales consiste en seleccionar aquellos que estén en buenas condiciones para afrontar un viaje, contemplando el estatus nutricional, fisiológico y sanitario de los mismos, los animales que se encuentren en malas condiciones no deberían ser transportados, ya que el estrés y esfuerzo que implica el viaje difícilmente será tolerado, también se les consideran inaptos para transporte los individuos que no pueden caminar, que tienen una cojera grave o que están emaciados y muy débiles. Si la condición del animal es reversible, conviene esperar a que su condición mejore para incluirlo en una carga futura (Romero *et al.*, 2012).



Una condición indispensable para el transporte es armar lotes de animales que sean uniformes en tamaño y sexo; mezclar animales grandes con chicos genera el riesgo de que estos últimos resulten aplastados o pisoteados, la mezcla de hembras y machos da lugar a montas, en particular si alguna hembra está en celo y genera riesgo de carnes DFD (oscura, dura y seca) y de machucones. No deberían cargarse hembras en estado avanzado de gestación ni terneros recién nacidos al pie de la madre, tampoco es recomendable la mezcla de animales que no estén previamente familiarizados entre sí, ya que esto conduce a un aumento en la peleas y montas entre animales, agravando el cuadro de estrés; la presencia de animales astados en el rebaño aumenta la incidencia de lesiones superficiales y profundas en las reses. Una vez seleccionados los animales a transportar, es fundamental garantizarles una suficiente provisión de agua; el viaje implica un período variable de privación de agua, por lo cual los animales que no tengan un buen nivel de hidratación son proclives a deshidratarse, la provisión, en el caso de los bovinos, no debe ser menor a los 40 litros por animal por día (Genaro, 2013).

Una opción también recomendable es suplementar a los animales con forrajes y granos en los 10 días previos al embarque; toda labor estresante como caravaneos, vacunaciones, pesadas, etc., debe realizarse unos días antes de la carga, permitiendo un razonable tiempo de descanso sin intervenciones humanas en los momentos inmediatamente anteriores a la carga, de esta forma se evita una sumatoria innecesaria de eventos estresantes. El encierre previo a la carga debe ser no menor a las 2 horas de duración, pero tampoco es recomendable que sea mayor a 4 horas, de esta forma se permite al animal restablecer sus parámetros fisiológicos a los valores de reposo (frecuencias cardíaca y respiratoria, temperatura, concentración de hormonas) sin inducirlo a un ayuno muy prolongado (Devine *et al.*, 2016).

Carga de los animales

La carga de los animales al camión es un evento estresante en sí mismo: la frecuencia cardíaca de los animales aumenta considerablemente cuando tienen que subir una rampa, indicando nerviosismo y agitación por parte de los animales, esto se agrava cuando el diseño de los embarcaderos es inadecuado; las rampas de carga y descarga deben tener una pendiente suave, nunca mayor a 20°, ya que pendientes mayores generan temor, retrasan el trabajo y generan amontonamientos de animales en la entrada del embarcadero, por esto es conveniente que el último tramo del embarcadero sea horizontal (sin pendiente) (Gullén *et al.*, 2015).

Sacrificio

Enfocarse en el bienestar animal antes y durante el sacrificio de estos es una práctica bien remunerada que permite cumplir con las exigencias normativas y sociales que actualmente se están estableciendo internacionalmente. Las operaciones de manejo y actitud que los operarios asuman durante el proceso de sacrificio harán que haya menos pérdidas económicas por lesiones y por lo tanto una mayor vida de anaquel para una carne de calidad. (Romero *et al.*, 2012).

Manejo del cajón de aturdimiento

El manejo previo al aturdimiento es importante para que los animales ingresen al cajón en las condiciones más tranquilas posibles, este es un beneficio tanto para el animal como para el operario. Previo al sacrificio los bovinos deberán ser conducidos e introducidos al cajón de aturdimiento uno a la vez de la manera más tranquila y ordenada, se deberán utilizar instrumentos como banderas, remos o extensiones de plástico que no produzcan daño físico al animal, se deben inspeccionar los pasillos y puertas de manera periódica para buscar posibles salientes metálicas que puedan producir daño a los animales o las pieles, el pasillo de acceso que conduce al cajón de aturdimiento debe ser adecuadamente iluminado evitando que se generen sombras en el pasillo, libre de charcos y objetos personales o cadenas, ya que cualquier distracción para los animales retrasará el proceso y por lo tanto aumentará el estrés en los bovinos (Bautista *et al.*, 2013).



Cuando el animal ingresa al cajón de aturdimiento el animal debe ser aturdido inmediatamente con el objetivo de reducir al mínimo el estrés de permanencia o por aislamiento, este cajón debe tener una superficie del piso antiderrapante y dimensiones físicas de ancho, largo y alto que impidan al animal movilidad innecesaria, intentos de voltearse, así mismo que intenten salir o saltar por la parte superior del cajón de aturdimiento, la puerta de acceso del cajón (puerta guillotina) no debe utilizarse como un instrumento de golpeo del dorso del bovino para obligarlo a introducirse al cajón, el borde inferior de la puerta debe contar con un recubrimiento de hule o de cualquier otro material suave que impida producir contusiones en los lomos de los animales, de la misma manera existen consideraciones en la puerta de salida del cajón de aturdimiento, ya que esta debe evitar al mínimo el espacio visible entre el piso y el borde de la puerta, lo que produce un distractor para el animal, que provoca que se agache constantemente impidiendo el correcto aturdimiento por parte del operario (Muñoz *et al.*, 2012).

Método de sacrificio

El mejor método se realiza con la pistola de perno cautivo de penetración, para lo cual se debe colocar el pistolete en la frente del animal, justo en el punto donde se cruzan dos líneas imaginarias trazadas desde el límite interno de la base de los cuernos hasta el ángulo o comisura externa del ojo contrario, como se muestra en la figura 1.

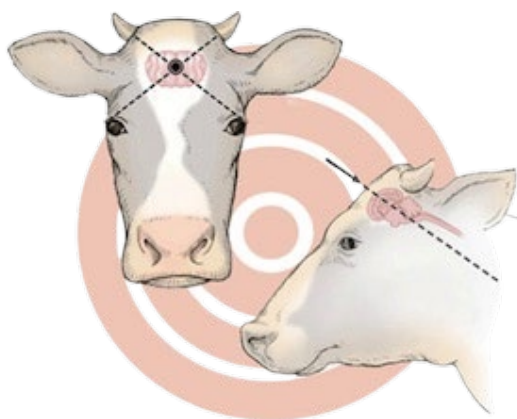


Figura 1. Ubicación correcta del punto de disparo.
Fuente: Bautista *et al.*, 2013.

El operario deberá halar el gatillo después de colocar la pistola firmemente en la ubicación correcta, controlando el retroceso de la pistola y permitiendo que el perno penetre completamente en la bóveda craneana del bovino para asegurar la total pérdida de la conciencia; posterior al aturdimiento el animal debe caer al piso inmediatamente y ser liberado del cajón para que el operario valore los indicadores de BA (Bienestar Animal), los cuales determinarán si el animal está inconsciente y por tanto se puede proceder al desangrado (Romero *et al.*, 2013).

Estos indicadores son:

- Ausencia de respiración rítmica.
- Ausencia de reflejo corneal.
- Presentación de la fase tónica: consiste en la contracción de miembros posteriores, estiramiento de miembros anteriores, contracción de espalda, cuello.
- Fase clónica: se caracteriza por el pataleo o carrera.

Presencia de contusiones en la canal

Las contusiones se consideran como indicadores de la falta de bienestar animal durante las prácticas de producción y en la etapa de pre-sacrificio; la presencia de estas lesiones en las canales bovinas demerita su valor y significan mermas económicas por la cantidad de tejido comestible dañado que debe ser retirado en la línea de producción para evitar que se convierta en un medio propicio para el desarrollo microbiano y favorecer la reducción de la vida de anaquel de la carne (Peñuela *et al.*, 2013).

Durante el tiempo que permanezcan las canales en la sala de oreo, se realiza la inspección veterinaria post-mortem, como se observa en la figura 2; esta se hace con base a la inspección de ganglios linfáticos en varias partes de las canales, además, hay que observar todas las condiciones organolépticas de las canales como las lesiones o contusiones. La presentación visual de la canal se ve afectada en términos de calidad, si las contusiones son severas, ya que determinan pérdidas económicas directas por reducción en peso de las canales, debido a recortes de tejido afectado, las contusiones y marcas de elementos punzantes se observan fácilmente en la inspección post-mortem, en forma de hemorragias petequiales en la superficie y partes internas de las canales, estas lesiones se presentan de distinta forma, profundidad y extensión (Moncayo, 2014).



Figura 2. Inspección veterinaria de la canal.
Fuente: Moncayo, 2014.

Identificación de contusiones

La identificación de las lesiones se puede valorar de manera simple al retirar la piel de los animales. Se debe identificar el diámetro, profundidad y sitio anatómico de la canal, así como registrarla en un formato. Las contusiones en el ganado son una evidencia de deficientes prácticas de manejo pre-mortem que pueden ocurrir en cualquier punto de la cadena productiva, en la carga, transporte, descarga en el matadero y manejo pre-matanza (Mendoza, 2017).

Características de contusiones

La respuesta de un tejido a un evento donde se induce un hematoma depende de la naturaleza de la fuerza mecánica aplicada y de la localización anatómica.

Todos los sistemas de puntuación se basan en la evaluación visual de las características de cada contusión, tales como sitio anatómico, tamaño, grado de severidad, forma, factor y color. Ejemplo de estas lesiones se encuentran en la figura 3 y la evaluación de lesiones en la canal en la tabla 1.

- Grado 1. Cuando el área dañada comprende los tejidos cutáneos, únicamente la parte subcutánea.
- Grado 2. Cuando la lesión afecta la parte subcutánea y el tejido muscular.
- Grado 3. Contusión severa, cuando el tejido subcutáneo, músculos e incluso huesos están dañados.



De acuerdo con lo encontrado por el médico veterinario, se procede a realizar los decomisos pertinentes y se realiza la respectiva acta de decomiso para ser enviada al productor del ganado o al comprador (Moncayo, 2014).



*Figura 3. Forma de las lesiones en la canal.
Fuente: OIRSA, 2016.*

Tabla 1. Protocolo de evaluación de lesiones en canales bovinos.

Variable	Categoría	Definición
Sitio anatómico	Nalga	Área distal del cuarto posterior, Mm. Glúteobiceps, semitendinosus, glúteos medius.
	Grupa - lomo	Mm. Oliquus externus abdominis, Transversus abdominus.
	Costilla	Mm. Intercostalis externi e interni, transversus thoracis.
	Cuarto delantero	Mm. Trapezius, latissimus, dorsi, infraspinatus, supraspinatus, deltoides.
	Espalda	Columna vertebral y músculos adyacentes desde el cuello hasta la nalga.
	Punta de la cadera	Tuber isquiadicum, inserción de Mm. Semitendinosus y gluteobiceps.
	Cadera	Tuber coxae of ilium, inserción de los músculos Mm. Gluteus profundus and tensor de la fascia lata.
Tamaño	Pequeño	> 2 a < 8 cm
	Mediano	> 8 a < 16 cm
	Grande	> 16 cm
Grado de severidad	Grado 1	Solo tejido subcutáneo afectado.
	Grado 2	Tejido subcutáneo y muscular afectado.
	Grado 3	Tejido subcutáneo y muscular afectado con presencia de fractura ósea.
Forma	Circular	Lesión en forma de un círculo.
	Lineal	Lesión no circular con una dimensión (longitud) más largo que otra (ancho).
	Líneas (vía de tren)	Dos contusiones lineales paralelas separadas por un área no dañada.
	Moteada	El área de la lesión parece mancha moteada.
Factor	Moteada irregular	Una lesión sin dimensiones claras y con márgenes irregulares.
	1	Ligero
	2	Medio
	3	Oscuro
Color	4	Profundo
	Rojo oscuro	
	Azulada	
Edad	Amarillo centro y rojo periferia	
	Combinación	
Cobertura de grasa	0	Ausencia de grasa
	1	Escaso
	2	Abundante
	3	Excesivamente abundante

Fuente: Elaboración propia.



Factores de contusión por animales

Una de las causas de lesiones más observadas en la canal es por los animales con cuernos, estas situaciones se presentan con mayor incidencia cuando se mezclan grupos de ganado de diferente procedencia, sin embargo, esto se puede disminuir cortando las puntas de los cuernos (OIRSA, 2016).

Calidad de la carne

El ayuno prolongado por sí solo (en corrales, sin transporte) no tiene un efecto significativo en rumiantes, el ayuno en combinación con transporte prolongado resulta perjudicial para el bienestar animal, según cambios apreciables en las concentraciones de variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos destinados a matadero. Por otra parte, el prolongar el reposo en matadero posterior al transporte (de 3 hasta 24 h), con la finalidad de que las concentraciones de las variables sanguíneas recuperen los valores normales no se justifica, ya que la recuperación lograda es escasa incluso tras 24 h, en tanto este reposo prolongado, sin alimento, tiene efectos negativos sobre la canal, tanto en términos de disminución de peso como de calidad de carne (Muñoz, 2014).

El estrés producido en los animales por la falta de alimento o agua, el peligro, la fatiga, el calor o el frío, las restricciones de espacio y otras condiciones presentes durante el transporte, pueden tener importantes efectos sobre la calidad de la carne. Los problemas derivados del estrés se han ido incrementando con el uso de sistemas de producción cada vez más intensivos. El estrés provoca cambios medibles post-mortem a nivel muscular (en la canal o carne), los que están fundamentalmente relacionados con los niveles de glucógeno, el pH y el color (Warris, 2019).

Implicaciones en la calidad de la carne

pH después del sacrificio

En el caso de la carne, el pH del músculo vivo está próximo a la neutralidad. Cuando se produce la muerte del animal, el aporte de oxígeno a los tejidos cesa, y predominan los procesos anaeróbicos (glucólisis anaeróbica) que generan la formación de ácido láctico a partir de glucógeno muscular. La formación de ácido láctico provoca el descenso del pH en el músculo de modo que dicho valor es índice del desarrollo de las modificaciones bioquímicas post-mortem (Calvache, 2019).

Desde hace más de tres décadas se han efectuado mediciones de pH a los 45 min y 24 h post-mortem, como se observa en la figura 4, para tipificar la calidad de la carne (PSE y DFD), esta determinación objetiva es usada en trabajos de investigación sobre calidad de la carne y en la mayoría de las salas de sacrificio, ya que es una variable que predice de manera precisa la calidad fisicoquímica de la carne obtenida (Bautista *et al.*, 2013).



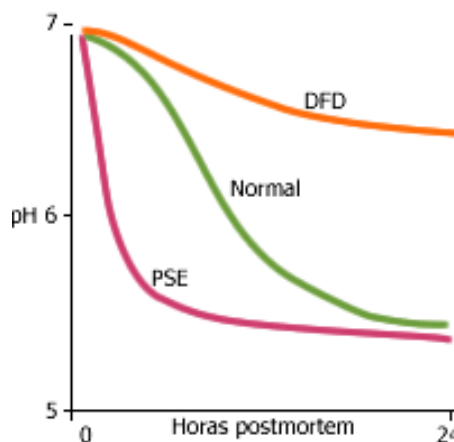


Figura 4. Cambios en el pH de la carne después del sacrificio, en carne normal, DFD y PSE.
Fuente: Gualán, 2017.

El factor más común que conduce tanto a PSE como a DFD en carne es estrés ante-mortem, se provoca al exponer animales al estrés agudo justo antes del sacrificio conduce a PSE, este estrés agudo o a corto plazo que puede conducir a PSE incluye el uso de agujones eléctricos, peleas entre animales solo antes de pinchar, golpear a los animales antes del sacrificio y hacinamiento en el establo. La acidificación se produce en los músculos post-mortem debido a la descomposición de glucógeno a ácido láctico; por ejemplo, en carnes PSE, la tasa de la acidificación después del sacrificio se estimula más rápido que se alcanzan valores de pH normales y más bajos en el músculo cuando la temperatura de la canal es todavía alta. Si el pH disminuye rápidamente tras la muerte del animal debido a una glucólisis acelerada, el pH final queda por debajo de 5.4, y da lugar a carnes PSE (pálida, blanda y exudativa), lo que conduce a este tipo de carne a tener una menor capacidad de retención de agua y exuda agua al exterior que favorece la proliferación microbiana. Este tipo de carne se da principalmente en ganado porcino, aves, pavos y conejos. (Calvache, 2019).

Cuando los animales están expuestos a estrés crónico o a largo plazo antes del sacrificio, pueden ocurrir carnes DFD, como puede ser de estrés crónico debido al transporte de animales a largas distancias, largas horas de privación de alimentos y el hacinamiento de animales en el establo durante un largo período de tiempo; este estrés crónico antes del sacrificio conduce al agotamiento del glucógeno almacenado, por lo que hay menos glucógeno disponible post-mortem, lo que afecta el proceso normal de acidificación y deja alto el pH de la carne (Adzitey *et al.*, 2012). El animal (carne de lidia, bovinos, ovinos o caprinos) llega cansado al sacrificio tras realizar un ejercicio intenso en el que se ha agotado el glucógeno muscular, la glucólisis anaerobia finaliza antes de alcanzar el pH final debido a que no hay sustrato, quedando el pH muscular por encima de 5.6, este es el caso se producen carnes DFD (oscura, firme y dura) que se caracterizan por tener una alta capacidad de retención de agua y un pH elevado que favorece la proliferación microbiana. Estas carnes tienen alterada sus propiedades tecnológicas por lo que hay que tener mucho cuidado a la hora de elaborar embutidos y determinar el destino final que se le da (Calvache, 2019).

Las condiciones de la carne PSE y DFD se describen en relación con las características de la carne normal, por lo que hoy en día, se puede sugerir que ambas condiciones ocurren en todas las especies dependiendo de cómo se manejen los animales. Se definen en relación con el pH de la carne en un momento específico después del sacrificio, se dice que el PSE se produce cuando el pH de la carne es < 6 a los 45 minutos del sacrificio y en DFD (también conocido como corte oscuro en carne de res) es cuando el pH post mortem final medido después de 12 - 48 horas es 6. La tabla 4 muestra las carnes típicas PSE, normales y DFD (Adzitey *et al.*, 2012).

La prevención de PSE y DFD en carnes se basará principalmente en medidas para evitar el estrés en los animales antes del sacrificio, estas tensiones incluyen la eliminación de su entorno doméstico, la carga y descarga en vehículos, la privación de alimentos y agua durante el transporte, estar en un entorno desconocido, mezclarse con animales extraños, mal olor, alta temperatura y ruido producido por vehículos en movimiento (Warris, 2019).



Conductividad eléctrica

La medición de la conductividad eléctrica (CE) de la carne permite evaluar mejor la calidad y el grado de presentación de alteraciones ya que tiene una amplia gama de valores a diferencia del pH que llega a un punto límite. Las mediciones de CE pueden representar un método preciso para diferenciar las variaciones de calidad de la carne de cerdo (Lee *et al.*,2021).

Las carnes PSE y en menor grado las RSE (carne roja, suave y exudativa), significativamente contienen más líquido “libre” que gotea o se pierde durante el almacenamiento post mortem, que las carnes RFN y DFD, este fluido contiene compuestos con cargas eléctricas que deberían aumentar la conductividad de una corriente eléctrica, así que es probable que las carnes PSE y RSE, tengan menor resistencia a una corriente eléctrica y por lo tanto mayor conductividad, comparadas con las RFN (roja, firme, no exudativa) o normales. Las DFD son más resistentes (menor conductividad), la medición de la CE a 40 minutos post mortem es efectiva para la diferenciación de la calidad de la carne en la línea de faena, además la medición de la CE a 24 horas post mortem resulta adecuada para el control de calidad en canales frías y en el procesamiento de la carne, sin embargo, la evaluación de la calidad de la carne mediante la CE puede presentar resultados que varían según el tipo de instrumentos para CE utilizados. La comparación entre estos dos tipos de carne (DFD y PSE) se encuentra en la tabla 2. Algunos autores predicen un gran desarrollo en el uso de la Conductividad Eléctrica como predictor de la composición de la carcasa, tal es el caso de las determinaciones de CE y de pH, que pueden realizarse en forma rápida y sencilla desde el momento de faena y más allá de las 24 horas post mortem (Echevarría *et al.*, 2008).

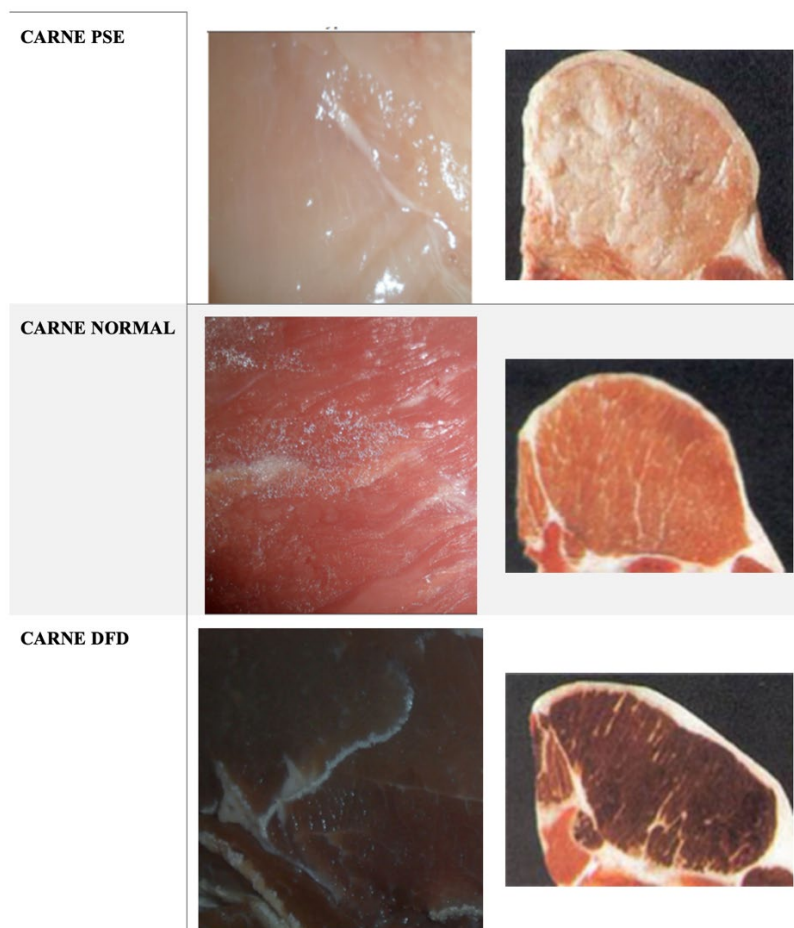


Figura 5. Comparación entre los de diferentes tipos de carne DFD, PSE y normal.
Fuente: Elaboración propia.

La posibilidad de usar la conductividad eléctrica como parámetro de medición para determinar la calidad de la carne se basa en la modificación del intercambio del líquido intracelular (iones) muscular debido a las lesiones en el sistema de membranas durante la glucólisis post-mortem, por este principio no se puede detectar anomalías de tipo DFD. Respecto a los límites que se deben fijar para detectar anomalías PSE, existen diferentes opiniones científicas, como una conductividad de 5.0 mS/cm (miliSiemens por cm) a los 45 min post-mortem indica calidad en la carne, valores mayores a 9.0 mS/cm determinan carne con anomalías; entre ambos valores se encuentra una zona dudosa, sin embargo, se propone que valores mayores a 7.0 mS/cm a los 40 y 50 min post-mortem indican glucólisis acelerada; por lo anterior la conductividad eléctrica ofrece una buena caracterización de carne normal, en cambio, una buena determinación de carne PSE resulta problemática debido a que hasta el momento no se conoce un límite determinado para anomalías de tipo PSE debido al gran rango de la zona dudosa (Bautista *et al.*, 2013).

Cambios en la coloración de la carne

La apariencia visual de la carne determina la respuesta del consumidor en su decisión de compra, así el color es probablemente el principal factor que determina esta decisión, este carácter se asocia con el pH y con el tiempo de maduración, por su parte, el estrés pre-mortem puede producir alteraciones en el pH final de la carne y, en consecuencia, afectar a su color, por lo que es razonable pensar que un estrés por transporte puede afectar esta importante característica del producto y su aceptabilidad, de hecho, el término DFD hace referencia al tono oscuro (Dark) de la carne. De las modificaciones del color y pH de la carne dependen procesos tecnológicos tan importantes como el envasado al vacío de la carne, por lo cual los problemas derivados del estrés en la carne, más que afectar directamente al consumidor, afectan especialmente a industriales y procesadores, así pues el corte oscuro se relaciona directamente con una disminución de la concentración de glicógeno muscular y hepático, por lo cual, el riesgo de problemas de calidad aumenta si los animales están mucho tiempo privados de alimento (Marquina, 2018).

Hay dos posibles razones para que el color oscuro aparezca y estas no son mutuamente excluyentes, la carne de un pH final alto tiene mayor capacidad de retener agua que carne con pH final bajo o normal, este resultado es debido a una estructura cerrada, la cual disminuye la velocidad de difusión de oxígeno y por lo tanto la pigmentación por oxigenación, en consecuencia, decrece la cantidad de luz reflejada en la superficie de la carne; la segunda posible causa de la apariencia oscura es la relación de un elevado pH relacionado con la actividad mitocondrial, en donde la mitocondria sobrevive y funciona mejor en el periodo post-mortem en el tejido de músculos con elevados valores de pH, dando el aumento de la actividad mitocondrial tiene como resultado un elevado consumo de oxígeno por el tejido y una aceleración en el oscurecimiento; como ya se sabe el pH final de la carne y la concentración de glucógeno en el músculo es muy variable y depende de numerosos factores como el tipo de fibras predominantes en el músculo, raza, sexo, peso, edad, comportamiento, el estado nutricional del animal y, principalmente, los niveles de estrés a los que el animal se ve sometido en el período previo al sacrificio, tales como distancia y tiempo de transporte, tiempo de espera en corrales, ayuno, alta densidad de animales por corral, ambiente nuevo, ruido, condiciones ambientales, olor a sangre y mezcla de animales, es ampliamente aceptado que una reducción en la concentración de glucógeno muscular previo a la matanza es el factor más relevante de la incidencia de carne DFD y existe una alta relación entre el contenido de glucógeno muscular con el pH final y el color de la carne después del sacrificio (Barragán *et al.*, 2021).

El color de los productos cárnicos también se ve afectado durante el período de almacenamiento, en este caso el cambio obedece a un proceso que se deteriora por oxidación durante un almacenamiento aeróbico, que se producen cambios en la forma química de los pigmentos musculares: la mioglobina puede ser convertida a metamioglobina, de un color marrón que es poco atractivo para el consumidor, a la vez, este proceso oxidativo también puede afectar a los fosfolípidos de la membrana celular y disminuir la capacidad de retención de agua (Coma *et al.*, 2021).

Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua en la carne durante la aplicación de fuerzas externas, es resultado define de la formación de ácido láctico y la consecuente caída del pH a valores de 5.8 con temperaturas a 38 °C, lo cual altera las propiedades de las proteínas por la reducción del número total de grupos reactivos para ligar agua a la proteína. Esta excesiva pérdida de agua provoca un cambio en el estado químico del pigmento mioglobina por su conversión acelerada a metamioglobina (Swatland, 2013).



Además, cuando estos músculos son cortados perpendicularmente al eje de las fibras musculares se produce una exudación elevada y el tejido presenta una estructura delgada y abierta, por lo que la carne presenta poca consistencia (PSE), por tanto, las pérdidas por esta característica pueden ser hasta del 1.7 % del peso de la canal. En general el promedio de pérdida es de 0.77 %, este tipo de carne descrito al ser empacada para su exposición y venta sufre una decoloración poco atractiva, carece de textura y el empaque acumula una gran cantidad de fluidos debido a la excesiva pérdida de agua. Si se almacena durante un día el producto puede perder hasta el 10 % de su peso y si el almacenamiento es por 6 días las pérdidas pueden llegar hasta un 13.3 %, por ejemplo, los jamones provenientes de carne PSE pierden aproximadamente un 2 % más de agua que los elaborados con carne normal (2.95 contra 0.72 %, respectivamente; y en el curado el porcentaje de humedad en carne PSE es menor que las normales 72.4 y 75.7 % respectivamente (Coma *et al.*, 2021).

Vida de anaquel

La carne tipo PSE provenientes de animales estresados antes del sacrificio al ser empacada para su exposición y venta sufre una decoloración poco atractiva, carece de textura y el empaque acumula una gran cantidad de fluidos debido a la excesiva pérdida de agua. Si se almacena durante un día, el producto puede perder hasta el 10 % de su peso, si el almacenamiento supera los 6 días las pérdidas pueden llegar hasta un 13.3 %, por lo que la vida de anaquel de este tipo de carne suele ser larga ya que por el grado de acidez que presenta no es medio propicio para el desarrollo de microorganismos, no obstante, las pérdidas económicas atribuidas a la pérdida de agua y la mala apariencia que presenta son altas así que este tipo de carne es rechazada por consumidores y procesadores por lo tanto este tipo de carne se debe de utilizar solo para la elaboración de embutidos secos. La carne tipo DFD presentan coloración oscura, producto de un pH último elevado, medido después de 24 h de frío efectivo post-mortem, aparecen a la vista con un color rojo oscuro a café y que presentan además una consistencia externa seca, dura y algo pegajosa, y una mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos, por eso la carne DFD está alta y directamente correlacionada con el pH final de la carne ya que en estas condiciones se reduce el período de vida de anaquel y está asociado a una alta capacidad de retención de agua lo que favorece el crecimiento bacteriano (Swatland, 2013).

Conclusión

Con base en la información obtenida de este trabajo de investigación se concluyó la importancia de varios factores previos al sacrificio que tienen repercusiones económicas como en la calidad, inocuidad y sanidad. Actualmente el bienestar animal durante el transporte es un asunto de preocupación para los productores en todo el mundo, ya que es el momento en el que se genera más estrés, así como genera el riesgo de contusiones, traumatismos y lesiones. Por lo que se proponen mejores estrategias para un buen manejo.

Es imprescindible invertir en mejoras para procurar el bienestar de los animales y mejorar las ganancias de la industria, ya que las buenas prácticas de manejo son fundamentales para asegurar el bienestar de estos y disminuir el sufrimiento en las etapas previas al sacrificio.

Referencias

- Adzitey, F., y Nurul, H. (2012). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences-a mini review. *International food research journal*, 18(1).
- Barragán-Hernández, W., Mahecha-Ledesma, L., Olivera-Angel, M., & Angulo-Arizala, J. (2021). ¿Cómo los consumidores valoran atributos de calidad de carne bovina y su disposición a pago?. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 167-179.
- Bautista, J. H., López, J. L. A., & Rincón, F. G. R. (2013). Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. *Nacameh*, 7(2), 41-64.
- Calvache Gómez, I. A. (2019). Evaluación de la Calidad de la Canal de Bovinos Faenados en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP) en función del pH y contusiones [Tesis de licenciatura, Quito: UCE].
- Coma, J., Piquer, J., & Companys, G. V. (2021). Calidad de la carne en porcino efecto de la nutrición. XV Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal.



- Echevarría, A., Davicino, R., Liboá, R., Trolliet, J., Chiostrì, E., Giacomelli, N., & Parsi, J. (2018). Evaluación de parámetros de calidad de la carne de cerdo: pH y conductividades eléctricas [Trabajo científico, Universidad Nacional de Río Cuarto].
- Gallo, C., y Tadich, N. (2015). Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. *Agro-ciencia*, 21(2), 37-49.
- Gualán, C. V. (2017). Determinar la calidad de carne bovina mediante medicion de ph y acidez en ternenas de la ciudad de zaruma. unidad académica de ciencias agropecuarias. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10535/1/DE00003_TRABAJODETITULACION.pdf
- Gullén, D. M., Carné, L. A., Ferro, J. L., & Pérez, G. (2015). Manual de Bienestar Animal. Un enfoque práctico para el buen manejo de especies domésticas durante su tenencia, producción, concentración, transporte y faena. Senasa.
- Marquina Rondinel, C. G. (2018). Aspectos de la calidad de carne Ph, color y textura entre bovinos procedentes de centros de engorde y viajeros.
- Mendoza Peraza, P. (2017). Factores de riesgo en embarque, transporte y desembarque asociados a contusiones en la canal y calidad de la carne en bovinos sacrificados.
- Miranda-de la Lama, Genaro C. (2013). Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, 44(1), 31-56.
- Moncayo, M. 2014. Bases documentales para el diseño del código de buenas prácticas de manufactura y de salud ocupacional en la central de sacrificio frigocafe. Universidad del Quindío. Facultad de ciencias básicas y tecnológicas.
- Muñoz, D., Strappini, A., & Gallo, C. (2012). Indicadores de bienestar animal para detectar problemas en el cajón de insensibilización de bovinos. *Archivos de medicina veterinaria*, 44(3), 297-302.
- Muñoz, R. (2014). Bienestar animal. *Spei Domus*, 10(20), 31-40.
- Lee, S., Norman, J. M., Gunasekaran S., van Laack, RLJM, Kim, B. C., Kauffman, R.G. 2021. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. *Meat Science* 55(4) 385-389.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). (2016). Manual de procedimientos de bienestar animal durante el presacrificio y matanza de bovinos.
- REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504 2008. Vol. IX N° 10B
- Rincón, F. G. R., & Sánchez, D. C. A. (2016). Sacrificio humanitario de ganado bovino e inocuidad de la carne. *Nacameh*, 2(2), 106-123.
- Romero, M., & Sánchez, J. (2012). Bienestar animal durante el transporte y su relación con la calidad de la carne bovina. *Revista MVZ Córdoba*, 17(1), 2936-2944.
- Romero, M. H., Gutiérrez, C., & Sánchez, J. A. (2012). Evaluación de contusiones como un indicador de bienestar animal durante el pre-sacrificio de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(2), 267-275.
- Romero Peñuela, M. H., Gutiérrez Toro, C., & Sánchez Valencia, J. A. (2013). Evaluación del manejo presacrificio y su relación con la presencia de contusiones en canales bovinas. *Biosalud*, 10(2), 28-36.
- Swatland, H. (2013). Postmortem changes in electril capacitance and resistivity. *J. Anim. Sci.*, 50, 1108-1112.

