



Nacameh

Vocablo náhuatl para “carnes”

Volumen 2, Número 1, Junio 2008

Difusión vía Red de Computo semestral sobre Avances
en Ciencia y Tecnología de la Carne

Derechos Reservados[©] MMVIII

ISSN: 2007-0373

<http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>



http://www.geocities.com/nacameh_carnes/index.html

ISSN DIFUSIÓN PERIODICA VIA RED DE CÓMPUTO: 2007-0373

NACAMEH, Vol. 2, No. 1, pp. 78-94, 2008

Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal de animales de abasto*

Gastón R. Torrescano Urrutia✉, Armida Sánchez Escalante, Natalia F. González Méndez y Juan Pedro Camou Arriola.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera a la Victoria Km. 0.5, Hermosillo, Sonora, 83000, México. ✉ *Autor para correspondencia: gtorrescano@ciad.mx.*

Resumen

Para garantizar la sanidad e inocuidad de los productos que llegan al consumidor, la industria dedicada a la producción de carne, así como a su procesamiento, ha tenido que efectuar cambios en sus operaciones e instalaciones debido a las modificaciones de normas y reglamentos, en sintonía con los países con los cuales se tiene establecido el comercio de importación y exportación de carne y sus productos; ante esto, México ha respondido a estos requerimientos, ya que las adecuaciones sanitarias, junto con los acuerdos económicos firmados, hacen que nuestro país se convierta en un potencial exportador de carne de alta calidad. El diseño y construcción de una planta de sacrificio, así como cada uno de los pasos involucrados en la transformación del músculo en carne, tienen un fuerte impacto sobre la calidad global del producto final. En México, el sacrificio de ganado bovino y porcino se lleva a cabo principalmente en rastros municipales y TIF, de los cuales la mayoría de estos últimos están acreditados por el USDA/FSIS para exportar carne de bovino a los Estados Unidos de Norteamérica. En este trabajo se describen aspectos relevantes en relación a la tecnología e ingeniería del sacrificio, incluyendo las formas de preparar a los animales antes del mismo, las técnicas de aturdimiento, sangrado y desollado que actualmente se practican y que son permitidas en nuestro país. También se incluye una revisión de los principales factores

* Derivado de la Conferencia “Tecnología e Ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal y de la carne”, presentada en el Coloquio Nacional en Ciencia y Tecnología de la Carne 2007, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

postmortem que afectan a la calidad de las canales; y finalmente, se realiza una descripción de los factores o parámetros que más influyen en la calidad de la canal y de su carne, principalmente para bovinos y porcinos.

Introducción

En los últimos años el mercado internacional de la carne ha exigido a la industria procesadora de la carne que efectúe cambios en sus operaciones, con el fin de garantizar la sanidad e inocuidad de los productos que llegan al consumidor. Las adecuaciones sanitarias, junto con los acuerdos económicos que México ha firmado con diferentes países (TLC, Tratado de Libre Comercio, con Estados Unidos de Norteamérica, Europa, Japón, etc.), hacen que nuestro país se convierta en un potencial exportador de carne de alta calidad. Estos productos buscan nichos de mercados en donde puedan obtener precios superiores a los que se pagan en el mercado nacional.

Con la entrada en vigor de las Leyes de Reforma en 1873, los gobiernos municipales se hicieron responsables de los mataderos o rastros, quedando establecido así en el artículo 115, fracción III, sección F, de la actual Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Por otro lado, los grandes avances en investigación y desarrollo, y la incorporación de tecnología de punta en los rastros, salas de despiece e industrias de transformación de carne, han permitido mejorar notablemente tanto la calidad, como la producción de los productos cárnicos.

El diseño y construcción de la planta de sacrificio, así como cada uno de los pasos involucrados en la transformación del músculo en carne, tiene un fuerte impacto sobre la calidad total del producto final. Por lo anterior, es importante no solo contar con un edificio especialmente diseñado para esta función, sino establecer buenas prácticas de manejo desde la transportación de los animales hacia el lugar de sacrificio, antes, durante y después del proceso, así como establecer procedimientos operativos de higiene y sanitización. Adicionalmente, los rastros o mataderos deben adecuar sus procesos de forma que se minimicen los impactos ambientales adversos generados por la eliminación, sin ningún tipo de tratamiento previo, de las aguas residuales generadas durante las diferentes operaciones del sacrificio y faenado de los animales para abasto; así como la contaminación generada por los decomisos y residuos sólidos que se produzcan.

El objetivo de este trabajo es describir de manera general las tecnologías e ingeniería aplicadas al sacrificio en los rastros o mataderos, así como su repercusión en la calidad total de la canal y de su carne.

Definición de Rastro o Matadero

Se entiende por rastro o matadero el establecimiento destinado al sacrificio de animales para el consumo humano. En México, existen dos tipos de instalaciones de sacrificio: a) municipales y b) Tipo Inspección Federal (TIF). En estos establecimientos es el lugar donde el músculo experimenta su transformación a carne, ocurriendo este cambio en tres estados o fases: pre-rigor, rigor y post-rigor, los cuales afectan directamente la calidad final de la carne (Lawrie, 1998).

En México, el sacrificio de ganado bovino, porcino y de aves se lleva a cabo principalmente en ambos tipos de rastros, de los cuales la mayoría de los TIF se encuentran acreditados por el USDA/FSIS (United States Department of Agriculture/ Food Safety Inspection Service, por sus siglas en inglés) para exportar carne de bovino a los Estados Unidos de Norteamérica (SAGARPA, 2004).

Rastro o Matadero Tipo Inspección Federal (TIF)

Se define como aquella instalación de sacrificio y proceso de ganado bovino, porcino y aves, certificado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Órgano Administrativo Descentralizado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), previo cumplimiento de la normatividad (NOM-008-ZOO-1994). En este tipo de instalaciones, el sacrificio se realiza mediante una estricta inspección sanitaria, un adecuado manejo antes del sacrificio (recepción y estancia de los animales) y durante el sacrificio (una correcta insensibilización y desangrado), así como el mantenimiento de las canales en refrigeración durante 24 horas, conforme a lo estipulado por las normas zoonosanitarias (Ruiz, 2004), con el fin de garantizar que la carne llegue al consumidor con la mejor calidad sanitaria.

Mataderos Municipales

Este tipo de establecimientos están contemplados en la constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los cuales fueron establecidos para asegurar el abasto higiénico de carne a la población; y para atender la demanda de los productores locales, cada municipio debe contar con su rastro (FIRA, 2000). Este tipo de mataderos se encuentran bajo la

supervisión de la Secretaría de Salud. Un rastro municipal comprende las instalaciones físicas propiedad del municipio, que se destinan al sacrificio de animales, que una vez convertidos en carne se destinarán a la población como alimento. Cuenta con personal, equipo y herramientas necesarias para su operación y comprende, adicionalmente, las áreas destinadas a los corrales de desembarque y de depósito.

Tecnología e Ingeniería del Sacrificio

El sacrificio de animales destinados al consumo humano debe sujetarse a normas y procedimientos estrictos, cuya finalidad sea evitarles sufrimientos innecesarios. Dichas normas y reglamentos están establecidos oficialmente en cada país, y en México, la Secretaría encargada de esta tarea es SAGARPA. Lo anterior, en términos legales, se conoce como derecho de los animales, y se extiende desde las condiciones de estabulación hasta las de transporte y sacrificio.

Los rastros deben cumplir diversos requisitos que son objeto de inspección y control. Así, se establece que la construcción, las instalaciones y los equipos de los mataderos, así como su funcionamiento, deberán ser los adecuados para no ocasionar a los animales agitación, dolor o sufrimiento. En este sentido, se establecen incluso condiciones para la conducción, sujeción, aturdimiento, matanza y sangrado de los animales (Savell et al., 2005).

En algunos casos, y atendiendo al respeto de métodos particulares de sacrificio requeridos por determinados ritos religiosos (Kosher y Halal, entre los principales), se les exime de la aplicación de algunos requisitos relativos al aturdimiento o muerte. Otras excepciones se aplican también en pequeños establecimientos en cuanto a la conducción y estabulación de ganado vacuno, y de procedimientos de aturdimiento y sacrificio de aves de corral, conejos, porcinos, ovinos y caprinos, siempre y cuando se respete el principio general de no causar a los animales agitación, dolor o sufrimiento evitables.

Además, los instrumentos, material de sujeción, equipos e instalaciones deberán ser diseñados, construidos, conservados y utilizados de modo que el aturdimiento o sacrificio puedan efectuarse de forma rápida y eficaz, lo cual será objeto de verificación por la autoridad competente (López y Casp, 2004), dependiendo del tipo de matadero que se trate, ya sea municipal o TIF. Para el caso de México, al matadero municipal le corresponderá la

inspección por la Secretaría de Salud, mientras que para el TIF, esta tarea la realiza SENASICA.

Los requisitos se extienden de la misma forma al personal del matadero que intervenga en la conducción, estabulación, sujeción, aturdimiento, sacrificio o matanza de animales. Es importante que el personal tenga una preparación, destreza y conocimientos profesionales adecuados para llevar a cabo estas operaciones, las cuales deben realizarse "de forma humanitaria y eficaz". La verificación de dicho personal, también corresponde a la autoridad competente, que podrá acceder libremente en cualquier momento a todas las dependencias de las instalaciones, con objeto de cerciorarse de que se cumple la normativa.

En las Figuras 1 y 2 se presentan los esquemas donde se detallan los procesos de sacrificio para ganado bovino y porcino, respectivamente. Posteriormente se describirá cada paso involucrado en dichos procesos, enfatizando sobre las mejoras a las diferentes operaciones involucradas en ellos.

Preparación de los Animales

La carga y el transporte de los animales como agentes inductores del estrés y su influencia sobre la calidad de la carne han sido ampliamente estudiados por numerosos investigadores (Chambers y Grandin, 2001; Warriss, 1996; 1990; Tarrant, 1989). El transporte puede influir en forma directa sobre la calidad de la canal y de su carne a través del destare (pérdida de peso) y lesiones, debido a inadecuadas condiciones de transporte, hambre y clima adverso, producidas en el animal y que finalmente determinan la presencia de alteraciones en las características intrínsecas de los músculos (Warriss, 1990). Esto conlleva importantes pérdidas para la industria de la carne, tanto por disminución de los rendimientos, descensos de categoría de la clasificación de las canales y limitaciones en el uso de la carne por su calidad inadecuada (Warriss, 1996).

El tipo de transporte más utilizado por los industriales para trasladar el ganado es un camión especializado, diseñado para evitar la fatiga y hematomas, durante el viaje (María et al., 2003).

En el momento del sacrificio, los animales deben estar completamente sanos y fisiológicamente normales, y para aquellos animales procedentes de distancias menores a los 50 km, éstos deben ser recibidos al menos 12 h antes del sacrificio, y mantenerse en corrales para que descansen. Sin embargo, los cerdos se sacrifican generalmente a su llegada, ya que las

horas de viaje y las distancias suelen ser más cortas y el encierro en los corrales de acopio muy estresantes. Antes de ser llevados al cajón de aturdimiento, los animales, deberán ser bañados con agua (NOM-009-ZOO-1994) para eliminar cualquier tipo de contaminación externa (Chambers y Grandin, 2001). Para que los animales sean aturridos, se trasladan hacia el cajón de aturdimiento por medio de mangas de conducción (bovino) o utilizando un refrenador-transportador (restrainer, en inglés), para el caso del ovino y porcino; mientras que las aves son suspendidas de las patas por ganchos para evitar traumatismos mecánicos que dañarían la calidad de la canal (López y Casp, 2004).

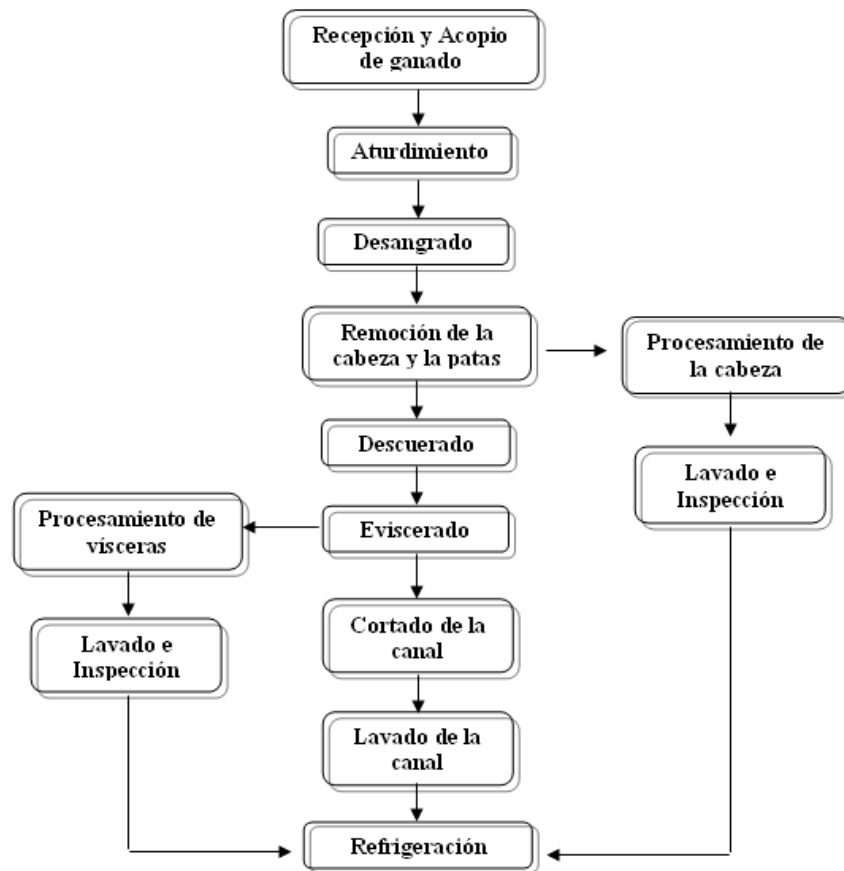


Figura 1. Diagrama de flujo de sacrificio de ganado bovino (Peña et al., 2007).



Figura 2. Diagrama de flujo de sacrificio del cerdo (Torrescano et al., 2007).

Métodos de Aturrido

Los diferentes métodos de aturrido que se utilicen deben insensibilizar al animal hasta que se produzca la muerte cerebral por el desangrado. Existen tres métodos principales de aturrido: mecánico, eléctrico y gaseoso. Los métodos mecánicos normalmente se usan para ganado vacuno y ovino, los eléctricos para ganado porcino y ovino, y los que emplean gases se utilizan en ganado porcino; aunque últimamente también se aplican en aves (López y Casp, 2004). Para el aturdimiento de rumiantes la forma más utilizada es la pistola de perno cautivo (NOM-033-ZOO-1995), ya sea utilizando aire o bala (Chambers y Grandin, 2001).

En el sacrificio de ganado porcino normalmente se utiliza el aturrido eléctrico, y puede ser de dos tipos: de bajo y alto voltaje. El que emplea bajos voltajes (utilizando tenazas o pinzas eléctricas) incluye la utilización de

dos electrodos cuyo voltaje oscila entre 90 y 150 voltios y 250 mili amperes, con un tiempo de aplicación de 7 segundos. El de alto voltaje se utiliza de forma automática con el "restrainer", utilizando voltajes muy diversos: 180-190 voltios por 5 segundos, 300 voltios por 3 segundos hasta 700 voltios por un segundo, y pueden ser de 2 o 3 electrodos (López y Casp, 2004).

La insensibilización por CO₂, consiste en someter a los animales a una cámara de gas, con una atmósfera entre 70-90% de concentración de CO₂, por un tiempo de 45 segundos a un minuto (López y Casp, 2004).

La realización del aturcido de manera incorrecta, facilita el paso de microorganismos al torrente sanguíneo, debido al rompimiento de venas, en lugar de que se introduzca en la corteza cerebral. Se debe evitar insensibilizar más de un animal en el cajón de aturdimiento, para evitar la aglomeración de animales y fallas en el aturcido.

Desangrado

El desangrado debe realizarse tan pronto como sea posible; para ovinos y caprinos se establece un tiempo límite de 15 segundos entre el disparo y el sangrado. El colgado del animal deberá llevarse a cabo en un tiempo máximo de 90 segundos, después de la insensibilización. En el caso de los rumiantes y el cerdo, los animales son colgados de una de las patas traseras, para posteriormente llevar a cabo el desangrado (Lawrie, 1998).

Para el porcino se fijan 30 segundos, y para el vacuno no se establece un tiempo en concreto, pero se estima que deben de ser de 30 a 60 segundos. Todos los animales aturcidos deben ser sangrados seccionando al menos una de las carótidas o los vasos de los que se originan. El desangrado no es total, ya que el 50% de la sangre del animal permanece en los músculos. Sin embargo, éste debe ser exhaustivo porque la sangre es un medio de cultivo excelente para los microorganismos (Lawrie, 1998), además de que puede generarse coloraciones poco uniformes en los músculos de la canal.

La sangre, en caso de querer aprovecharla para fines alimenticios o farmacéuticos, puede utilizarse siempre y cuando se cuente para su recolección con una instalación higiénica, y haciendo uso de un cuchillo hueco de acero inoxidable conectado por medio de una manguera plástica a un tanque y a una bomba de vacío, obteniéndose la sangre por aspiración (López y Casp, 2004).

Desollado

El desollado de los rumiantes dependerá del grado tecnológico de la planta de sacrificio, existiendo al menos dos métodos que comúnmente se utilizan en los rastros TIF. El primero consiste en enrollar la piel en torno a un cilindro, y la separación puede realizarse de arriba hacia abajo, reduciendo el peligro de manchar la canal con la piel. El otro procedimiento consiste en sujetar a la canal tanto de las extremidades posteriores como anteriores mediante una cinta transportadora; en este procedimiento la piel sujeta a una segunda cadena es desprendida hacia abajo (López y Casp, 2004).

Los cerdos aturcidos y desangrados, se escaldan por medio de diferentes metodologías: inmersión, aspersion y condensación, siendo el primero el más utilizado por la industria. En este sistema, los cerdos son introducidos en tanques donde la temperatura del agua de escaldado se encuentra entre 60 y 65 °C. Es importante tener un buen control de la temperatura y tiempo de permanencia (se recomienda de 3 a 6 minutos por cerdo) de los animales en el escaldador para evitar un cocido superficial. Posterior al escaldado, los cerdos se introducen a una máquina eliminadora de cerdas o depiladora, en la cual se debe poner atención a los peines eliminadores de las cerdas de la piel del animal, ya que con el tiempo presentan desgaste y pueden ocasionar lesiones en la piel del animal y por lo tanto recontaminación de la canal (López y Casp, 2004), o pérdida del valor comercial de la piel, si su uso es distinto al comestible.

Factores Postmortem que Afectan la Calidad de las Canales

Existen diversos factores externos que pueden ocasionar trastornos fisiológicos, y debido a esto, los procesos postmortem pueden seguir un curso fuera de lo normal. La aceleración del proceso de degradación del glucógeno, por diversas causas (endógenas o exógenas), generalmente va asociada a carnes de calidad deficiente como el caso de la PSE (pálida, suave y exudativa) en cerdo y carne OFS (oscuras, firmes y secas, DFD por sus siglas en inglés) en vacuno. Entre los principales factores a considerar, entre aquellos que pueden afectar las características de calidad de la canal, se encuentran las prácticas de manejo y la temperatura postmortem.

Prácticas de Manejo Postmortem

Muchos de los procesos posteriores al sacrificio de los animales y previos a la obtención de la carne pueden alterar la velocidad o la intensidad con la que tienen lugar los cambios en el músculo. Obviamente, los procedimientos de escaldado, chamuscado, degollado, eviscerado, suspensión de la canal y otros, influenciarán la temperatura final de la canal, e inducirán cambios como los que serán descritos posteriormente.

Actualmente, en la industria el modo convencional de suspender las canales durante la refrigeración en el cuarto trasero es utilizando un gancho que atraviesa el tendón de Aquiles de la canal. La forma en que se cuelga la canal durante el sacrificio influye en la tensión que se ejerce sobre diferentes músculos y en el grado final de terneza que tendrán los mismos (Soria et al., 2004). El peso de la canal pone algunos músculos en tensión por lo que son estirados mientras entran en rigor. Se ha intentado

suspender a la canal por medio de la cadera, pero hacerlo de esta manera, presenta el problema de que ocupa mayor espacio dentro de los cuartos de refrigeración, haciendo además, el deshuese más difícil, y modificando la apariencia de las piezas cárnicas (Soria et al., 2004).

La estimulación eléctrica ha sido estudiada ampliamente y se ha demostrado que minimiza el “acortamiento por frío” y promueve una mejora en la terneza de la carne (Powell et al., 1996; Devine et al., 1984). Este efecto se debe a un rompimiento de la miofibrillas y membranas mediante la descarga eléctrica, lo que provoca la activación temprana de las enzimas dependientes de calcio, calpaína μ y calpaína m (Tornberg, 1996). El efecto positivo de la aplicación de la estimulación eléctrica es que provoca una caída más rápida del pH, generando que se instaure más rápido el rigor mortis, debido a la aceleración de la glucólisis y ocasionando un enfriamiento más rápido (ahorro de energía) y color de la carne más brillante (oximioglobina), provocando además una tenderización más rápida debido a que la actividad proteolítica inicia una vez que el estado de rigor desaparece (Carballo et al., 1988) Se recomienda utilizar bajos voltajes por el riesgo que conllevan los altos voltajes en el punto de aplicación (sangrado). Estos bajos voltajes son debajo de 100 volts y se debe de controlar la intensidad (amperes), el tiempo de aplicación (generalmente un minuto), y las contracciones por minuto o segundo.

Temperatura Postmortem

La temperatura a la cual se almacenan las canales de los animales recién sacrificados puede determinar cambios en la velocidad de las reacciones químicas que ocurren en el tejido muscular. Las reacciones catalizadas por las enzimas que tienen lugar en los músculos son muy sensibles a la temperatura; si existen diferencias de temperatura de 10 °C, puede resultar que las velocidades de estas reacciones se vean afectadas por un factor de 3 o más. Por ello, es conveniente reducir la temperatura muscular después de la muerte, tan rápidamente como sea posible, para minimizar la desnaturalización proteica que ocurre en este período, y para inhibir el crecimiento microbiano. Sin embargo, la reducción excesivamente rápida de la temperatura muscular en el período postmortem tiene consecuencias perjudiciales (López y Casp, 2004).

El empleo de temperaturas bajas en el músculo, antes de instaurarse el rigor mortis, produce condiciones conocidas como rigor de la descongelación y acortamiento por frío (cold shortening, en inglés). El rigor

de la descongelación es un tipo de rigidez cadavérica grave que se desarrolla al descongelar el músculo que se congeló en fase de pre-rigidez. Puede acortarse hasta un 80% de la longitud original del músculo sin contraer (60% generalmente) (Tornberg, 1996).

Si antes del rigor mortis, cuando el $\text{pH} \geq 6.8$, se alcanzan temperaturas superiores a los 0°C , pero menores de 14°C , se origina un tipo de contracción conocida como acortamiento por frío. Esta carne después de ser cocinada, resulta extremadamente dura. Aunque es menos grave que el rigor de la descongelación, su causa real está relacionada con la liberación de los iones calcio y con la rigidez muscular que de ella resulta; es decir, el descenso brusco de temperatura provoca que el retículo sarcoplásmico pierda su capacidad de retener los iones calcio, ocasionando una contracción violenta de la fibra muscular y dando como resultado una carne dura (Dellino, 1997). Las implicaciones prácticas resultantes de esta condición son importantes, dado que muchos sistemas comerciales de refrigeración sustraen tan rápidamente el calor corporal de los músculos superficiales, que se origina acortamiento por frío.

La medición de la longitud del sarcómero (unidad estructural de la miofibrilla, comprendida entre dos líneas Z) es una valoración indirecta de la ternura. El sarcómero se acorta durante el desarrollo del rigor, después del sacrificio, proceso que es dependiente de la forma en que fueron colgadas las canales y por el enfriamiento rápido antes de terminar el rigor mortis (Swatland, 2000). Aunque la rigidez cadavérica no puede evitarse, los sistemas de refrigeración de las canales que mantienen en los músculos temperaturas de $15-16^{\circ}\text{C}$ durante la instauración del rigor, probablemente minimizan la gravedad de los cambios asociados con la rigidez. El momento en que comienza a presentarse la rigidez varía entre especies; en bóvidos y óvidos, es aproximadamente a las 6-12 horas después del sacrificio, y de los 15 minutos a las 3 horas en el cerdo. La combinación de tiempo, temperatura y pH difieren entre cada músculo y especie, indicando que no todos los músculos son afectados al mismo nivel por el acortamiento por frío (Savell et al., 2005). La temperatura influye en el tiempo de instauración del rigor; si el músculo se mantiene a temperaturas del orden de 0°C o 30°C , el rigor tiene lugar rápidamente, ya que no existe una fase de retraso que inhiba su instauración (Warriss, 2003)

Determinación de la Calidad de la Canal

La calidad de la canal de bovino está influenciada por algunos factores antemortem tales como: transporte, alimentación, raza, sexo y peso. Estas condiciones previas al sacrificio pueden afectar de manera negativa el pH y el color, produciendo carnes OFS, las cuales son rechazadas en la industria cárnica (Mancini et al., 2005).

El sexo y el peso de los animales afectan los rendimientos de la canal, mientras que la raza se ha visto que puede influir de manera importante sobre la deposición de grasa tanto intramuscular como de cobertura, que a su vez influye en el rendimiento del deshuese y en el tiempo que necesita la canal para alcanzar la temperatura interna deseada (Johnson, 1975).

Durante el rigor mortis, en la canal suceden algunos cambios importantes como son: temperatura, pH, color y peso.

Temperatura

En las empresas modernas las canales, que tienen una temperatura de 38-40 °C, son transportadas de la línea de sacrificio directamente a las cámaras frías, en donde deben alcanzar una temperatura de -1 a 2 °C, en sus músculos exteriores, en 18 a 24 horas, procurando tener una temperatura en el centro del cuarto trasero de 4 °C. Debido a esto, la temperatura de conservación quedará definida en función de los productos almacenados y de la duración del almacenamiento, que deberá ser tan constante como sea posible y perfectamente uniforme en todo el interior de la cámara frigorífica (Bem y Hechelmann, 1996).

pH

La medición del pH es considerado un buen indicador de los cambios bioquímicos postmortem que sufre la canal. Además, existe una fuerte correlación entre pH, color y capacidad de retención de agua; si el valor de pH se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas, hay una mínima retención de agua y una mayor decoloración. Durante el rigor mortis, ocurre una reducción en el pH muscular de aproximadamente 7.0 a un pH final entre 5.6 y 5.8 post mortem.

Color

El color es otro indicador importante de la calidad de la canal; los cambios visibles de color ocurren en el músculo durante su refrigeración y tiene influencia en la aceptabilidad del consumidor al momento de realizar su compra (Savell, 2003). Una vez terminado el enfriamiento de las canales en

las cámaras, debe apreciarse un color rojo-cereza en la carne, mientras que en la grasa, el color debe ser blanco-crema.

Cuando la carne se almacena en las condiciones habituales se produce un aumento de la concentración de metamioglobina hasta que se alcanza un pseudo equilibrio entre la oxidación y reducción. Este equilibrio se mantiene durante un cierto tiempo, pero finalmente el sistema enzimático reductor acaba desactivándose y se rompe el equilibrio a favor de la oxidación, y adquiriendo la carne un color pardo irreversible (Savell, 2003).

Actualmente se utilizan plantillas para estimar el color de manera subjetiva (sensorialmente), dando la posibilidad de obtener una aproximación lo más cercana a una coloración considerada "ideal" por parte de los consumidores, es decir, lo más parecida al color estándar de la carne fresca. Existen técnicas más objetivas para describir el color, como el sistema CIE-Lab, que se basa en el uso de estándares de iluminación que considera las coordenadas de color L* (luminosidad), a* (coordenada verde-rojo) y b* (coordenada azul-amarillo) mediante el uso de espectrofotómetros o colorímetros (CIE, 1976). Esta metodología es la mayormente utilizada en la evaluación del color de la carne.

Adicionalmente, existen otros análisis que pueden realizarse con el fin de complementar la información en la determinación de la calidad de la canal, que son dependientes de los factores antemortem (especie, raza, edad, sexo y alimentación, principalmente), los cuales se describen a continuación:

a) **Madurez.** Se refiere al desarrollo fisiológico y cronológico del animal y es determinada principalmente observando la osificación que muestran las vértebras en sus apófisis y cuerpos. La osificación avanza de manera progresiva desde las vértebras del sacro hasta las torácicas pasando por las lumbares. La madurez del tejido adiposo y muscular también permite determinar la madurez de la canal. A fin de facilitar la aplicación de estos principios, las especificaciones en México reconocen tres grupos de madurez: A de 9 a 30 meses, B de 30 a 42 meses, y C de 42 a 72 meses de edad (Boggs et al., 1998).

b) **Área del ojo de la costilla.** Es la medida de la superficie del músculo central entre la 12° y 13° costilla y permite evaluar varios indicadores relacionados con el rendimiento carnicero y con la calidad de la carne. El "ojo de la costilla" puede evaluarse in-vivo mediante el uso de técnicas de ultrasonografía, o una vez faenado el animal, al seccionar la media canal utilizando plantillas, como se muestra en la Figura 3 (Boggs et al., 1998).

Este método inicialmente fue diseñado para bovino; sin embargo, actualmente es posible usarlo para otras especies como cerdo, ovino y caprino.

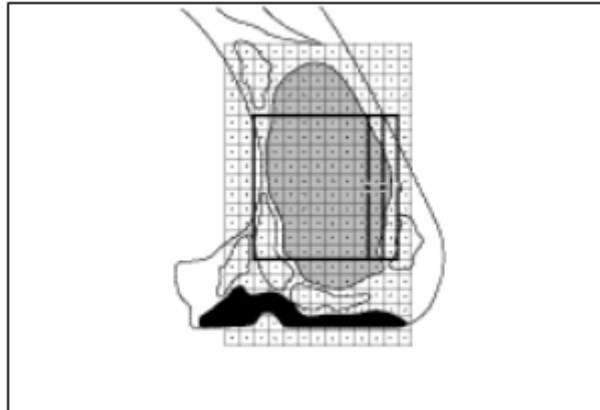


Figura 3. Colocación de la plantilla para medir el área del ojo de la costilla.

Espesor de la grasa de cobertura. Normalmente se determina sobre la superficie de la sección de la media canal bovina, medida perpendicularmente en la grasa sobre el ojo de la costilla, y a una distancia de aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la vértebra hacia el interior, como se observa en la Figura 4 (Boggs et al., 1998).

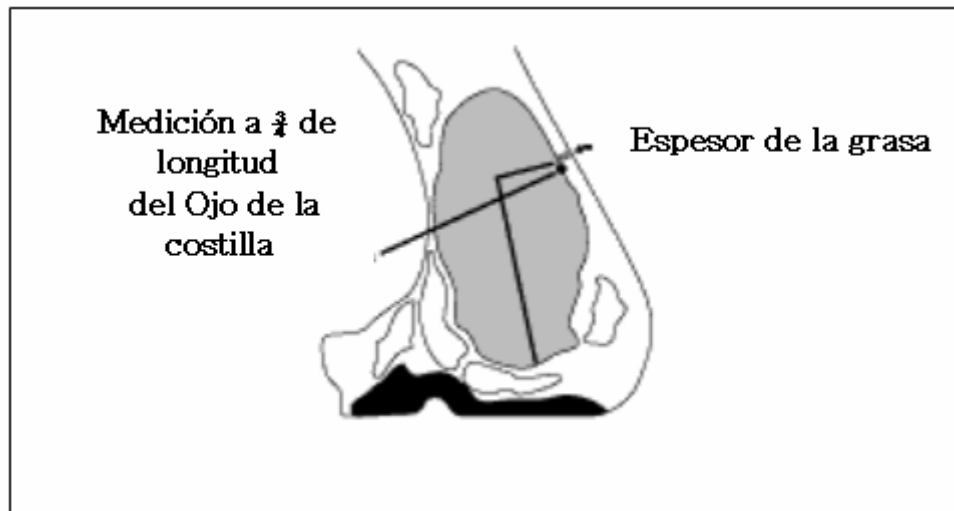


Figura 4. Determinación del espesor de la grasa de cobertura en el ojo de la costilla de la canal.

Marmoleo. Se define como la cantidad de grasa entreverada dentro de la carne y se observa principalmente en el área del ojo de la costilla, en un corte efectuado entre la 12a y 13a costilla, y es el principal factor a tomar en cuenta por el consumidor estadounidense para determinar la calidad de la carne, especialmente la de bovino. Mientras mayor sea el nivel de marmoleo, la carne será de mayor calidad, puesto que ésta tendrá mejor sabor y será más jugosa (Boggs et al., 1998)

Textura. Este atributo es el término utilizado al referirse al mayor o menor grado de suavidad o terneza de la carne. Este atributo se puede evaluar en carne fresca de preferencia refrigerada, o en la mayoría de los casos, en carne cocinada. En el cuerpo de los mamíferos existen de 200 a 250 músculos pares y algunos impares, con formas, pesos y estructuras distintas, por lo que resulta complicado afirmar con precisión cual es el músculo representativo de toda la canal. El método más utilizado para determinar la textura o terneza de la carne es aquel que permite estudiar el grado de resistencia al corte de las fibras musculares, como el caso de la prueba de WBSF (Warner Bratzler Shear Force, por sus siglas en inglés), para lo cual se puede disponer de un equipo denominado texturómetro (Lawrie, 1998).

La terneza es considerada como una de las características más valoradas por los consumidores en la evaluación de la calidad de la carne. Esto se confirma al observar la relación directa entre precio y terneza de un corte de carne. La variabilidad en el grado de terneza de la carne ha sido identificada como uno de los mayores problemas de la industria cárnica. La uniformidad, la cantidad de grasa y la terneza de la carne son algunos de los 10 caracteres más críticos que conciernen a la industria de la carne (Lawrie, 1998).

Conclusión

Para la obtención de carne es importante que se tenga en consideración, el tipo de especie animal, el tipo de instalaciones, así como la tecnología del equipo utilizado en el sacrificio, sin dejar de lado las buenas prácticas de manufactura, para obtener carne de calidad.

En la actualidad, también es relevante contemplar dentro de la obtención de la carne, la aplicación de normas y reglamentos según la especie a comercializar, así como el mercado al cual se dirijan los productos finales, ya sea en canal, cortes primarios, secundarios o productos procesados.

Referencias

- BEM, Z.; HECHELMANN, H. (1996). Refrigeración y almacenamiento de la carne refrigerada. *Fleischwirtschaft español*, 76 (1): 33-40.
- BOGGS D.L.; MERKEL R. A.; DOUMIT, M.E.(1998). *Livestock and Carcasses*. Editorial Kendall/ Hunt, pp 96-100.
- CARBALLO, J.; GARCIA-MATAMOROS, E.; JIMENEZ COLMENERO, F. (1988). Influence of Low Voltage Electrical Stimulation and Rate of Chilling on Post-mortem Glucolysis in Lamb. *Food Chemistry, Essex*, 29: 257- 67.
- CHAMBER, J.R.; GRANDIN, T. (2001). Perspectives on transportation issues; the importance of having physically fit cattle and pigs. *J. Anim. Sci.*, 79 (E. Suppl.): E201-E207.
- CIE. (1976). *Commission International de l'Eclairage*. Publication CIE No. 15 (E-1.3.1). Bureau Central de la CIE, Paris, Francia.
- DELLINO, C. (1997). *Cold and chilled storage technology*. 2ª. Edición. Impreso por Blackie Academic & Professional, Reino Unido.
- DEVINE, C.E., ELLERY, S. Y AVERILL, S. (1984). Responses of Different Types of Ox Muscle to Electrical Stimulation. *Meat Science*, 10: 35-51.
- FIRA. (1999). Oportunidades de desarrollo de la industria de la carne de bovino en México. *Boletín Informativo, Subdirección técnica*.
- JOHNSON, E.R. (1975). Relationships between intramuscular fat and dissected fat in the beef carcass. *Aust. J. Agric. Res.*, 26: 777-782.
- LAWRIE, R. A. (1998). *Ciencia de la carne*, Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 165.
- LÓPEZ VÁZQUEZ R.; CASP VANACLOCHA, A. (2004). *Tecnología de mataderos*, Editorial Mundi Prensa, Madrid, España. pp. 327.
- MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science* 71: 100-121.
- MARÍA, G.A.; VILLARROEL, M.; SAÑUDO, C.; OLLETA, J.L.; GEBRESENBET G. (2003). Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science*, 65: 1335-1340.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-008-ZOO-1994. Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales domésticos.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-033-ZOO-1995. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
- PEÑA-RAMOS, A.; TORRESCANO, G.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; CAMOU, J.P.; GONZÁLEZ-RÍOS, H. (2007). Rastros para ganado bovino. Capítulo 3. En *Buenas*

- Prácticas en la Producción de Alimentos. Gardea-Béjar, A., González, G.A., Higuera-Ciapara, I. y Cuamea-Navarro, F. (Editores). CIAD-TRILLAS, pp. 89-118.
- POWELL V.H.; DICKINSON, R.F.; SHORTHOSE, W.R.; JONES, P.N. (1996). Consumer Assessment of the Effect of Electrical Stimulation on the Colour and Colour Stability of Semimembranosus Muscles. *Meat Science*, 44 (3):213-223.
- RUÍZ, F.A. (2004). Impacto del TLCA en la cadena de valor de bovinos para carne. Editado por La Universidad Autónoma de Chapingo. Impreso en México.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. (2004). Anuncian encuentro México-Estados Unidos para ratificar la certificación de establecimientos cárnicos TIF y agilizar exportaciones. *Boletín de Prensa* 088.
- SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70: 449-459.
- SORIA, L.A.; CORVA, P.M. (2004). Factores genéticos y ambientales que determinan la ternera de la carne bovina. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 12 (2): 73-88.
- SWATLAND, H. J. (2000). Online evaluation of meat. Lancaster, PA:Technomic Publishing Company, Inc.
- TARRANT, P.V. (1989). The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs- A review. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 13: 79-107.
- TORNBERG, E. (1996). Biophysical Aspects of Meat Tenderness. *Meat Science*, 43 (S): S175-S191.
- TORRESCANO, G.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; CAMOU, J.P. (2007). Sacrificio de Cerdos. Capítulo 3. En: *Buenas Prácticas en la Producción de Alimentos*. Gardea-Béjar, A., González, G.A., Higuera-Ciapara, I. y Cuamea-Navarro, F. (Editores). CIAD-TRILLAS, pp. 139-167.
- WARRISS, P.D. (1990). The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 28(1/2): 171-186.
- WARRISS, P.D. (1996). Guidelines for the handling of pigs antemortem -interim conclusions from EC-AIR3-project CT92-0262. In: *Proceedings of EU seminar; New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling transport and lairage conditions*. Mariensee, Germany, June 29-30, 1995. Pp. 214-224.
- WARRISS, P.D. (2003). *Ciencia de la Carne*. Primera edición, Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, pág. 97-109.