



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. 63-77, 2008

Factores que afectan la calidad de la carne de cerdo*

Alma Delia Alarcón Rojo¹✉, José Guadalupe Gamboa Alvarado², Héctor Janacua Vidales³

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia. Perif. Fco. R. Almada km 1. Chihuahua, Chih. 31031. Tel (614) 434 03 03. ²Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. Carretera Oaxaca Vía Sola de Vega Km. 1.5 Puerto Escondido, Oaxaca, México C.P. 71980. ³ Departamento de Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Henri Dunant 4016, Zona Pronaf, Cd. Juárez, Chihuahua, México C.P. 32310. ✉ Autora para correspondencia: aaalarcon@uach.mx

Resumen

La calidad de la carne de cerdo es afectada principalmente por factores en granja, en el transporte y en la planta de procesado. Se conoce que tanto el productor como el empaquetador contribuyen al deterioro potencial de la calidad de la carne fresca. Se debe hacer notar que cualquier cosa que se haga a los animales, las canales o los productos puede repercutir en la calidad. Un sistema de aseguramiento de la calidad debe vigilar todo el proceso desde la granja hasta el consumidor.

Introducción

El aseguramiento de la calidad se inicia con una actitud a hacer las cosas en todo el proceso de producción de tal forma que aumente la calidad y la seguridad y que se minimicen los riesgos. La calidad de la carne de cerdo está influida por factores que incluyen genética, manejo de los animales durante el sacrificio, procedimientos de manejo de las canales y técnicas de

* Derivado de la Conferencia “Factores que afectan la calidad de la carne de cerdo”, presentada por la Dra. Alarcón en el Coloquio Nacional en Ciencia y Tecnología de la Carne 2007, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

enfriamiento. Las deficiencias de calidad que más preocupan a los procesadores de carne de cerdo son: grasa excesiva, color, baja retención de agua, sabor y olor desagradable, así como la inconsistencia del peso vivo, y la presencia de abscesos y contusiones de las canales. Los avances genéticos en la selección de cerdos con el objetivo que produzcan mayor proporción de carne magra han sido muy notorios. No obstante, en este afán de seleccionar animales magros, se ha fijado también el perfil genético que predispone a los cerdos a padecer consecuencias de estrés (Velazco, 2000). La calidad obtenida en la granja debe mantenerse durante el sacrificio. Si el sacrificio no se realiza adecuadamente se afecta negativamente la calidad de la carne, favoreciendo el desarrollo del músculo DFD y PSE así como la aparición de petequias o puntos hemorrágicos causadas por la intensidad y duración de las descargas eléctricas durante la insensibilización y electroestimulación; de tal forma, que los últimos cinco minutos previos al sacrificio son decisivos para la calidad de la carne.

Se ha visto que existen variaciones entre rastros en lo que respecta al pH (Homer and Matthews, 1998) y a la calidad final de la carne (Hambrecht y col., 2003). Los procedimientos que se usan para la insensibilización (Channon y col., 2002), el desangrado, la remoción del pelo (Maribo y col., 1998; Troeger and Woltersdorf, 1986), y el enfriado (McFarlane and Unruh, 1996; Milligan y col., 1998) tienen gran influencia sobre la calidad de la carne obtenida.

Factores que afectan la calidad de la carne de cerdo

Genética. La selección genética apropiada combinada con un buen manejo (Monin y col., 1995) es una herramienta para mejorar la eficiencia de los animales ya que se puede obtener un porcentaje de carne magra adicional y una mayor velocidad de crecimiento de tejido magro (Velazco, 2000).

Algunos resultados de comportamiento de razas puras demuestran que la raza Duroc presenta valores de pH final de 5.72, proporcionando carne mas suave que la de los cerdos Landrace con un pH final de 5.64 (Rodney, 1999). Los genes Rendimiento Napole (RN) y Halotano (Hal) tienen un efecto negativo en la calidad de la carne de porcinos ya que están asociados con carne de pH y rendimiento bajos, particularmente el gen Hal está asociado con la incidencia de carne pálida, suave y exudativa (PSE) (Martínez Quintana, 2006). Animales de razas libres del gen del estrés o gen

Hal como la Large White y la Duroc tienen mejor calidad de la carne que la Pietrain. La raza Landrace está en posición intermedia, más próxima a las razas libres del gen Hal (Oliver y col., 1993).

Un 50 % de la calidad de la carne es responsabilidad del productor, y el otro 50 % del procesador (Grandin, 1994). El productor es responsable de la selección de los genotipos, del cuidado y manejo apropiado hasta el momento de la entrega en la planta de sacrificio. La responsabilidad del procesador es la de perfeccionar las condiciones de sacrificio y postsacrificio para asegurar la calidad de la carne. Por lo tanto, los productores y los procesadores necesitan colaborar para producir cerdos cuya carne sea de buena calidad.

Los cerdos con elevado nerviosismo sufren de PSE severo debido al estrés del manejo en las etapas previas al sacrificio. En estos casos, los niveles de PSE son altos a pesar de que los animales sean negativos a la prueba del halotano (Grandin, 1994).

Si los animales no son manejados apropiadamente, la raza puede tener gran influencia en el desarrollo del músculo PSE. Razas como la Pietrain presentan una elevada proporción de animales con síndrome de estrés porcino (PSS, por sus siglas en inglés de pork syndrome stress), lo que incrementa la presencia de PSE cuando el manejo antemortem no es correcto; por ejemplo, cuando éstos son transportados durante 90 min, la incidencia de músculo PSE alcanza un 24.4 %, mientras que cuando el Pietrain es poco utilizado en cruces no seleccionadas y se transportan más de 2 h, la incidencia de músculo PSE es de 12.7 % (Alvarez y Torre, 1997).

Metabolismo. El metabolismo del glucógeno del músculo juega un papel importante en la conversión de músculo a carne (Berg, 1998). La calidad de la carne está determinada por el inicio de la glucólisis, que puede atribuirse a muchos factores, como: 1) la predisposición genética; 2) un metabolismo elevado o un grado de excitabilidad alto; 3) la tensión del pre-sacrificio; y 4) la combinación de todos estos factores (Grandin, 1994). La proporción del descenso del pH después de la muerte es tres veces más rápida en canales que producen carne PSE, sin tener en cuenta la presencia o ausencia del gen del estrés (Mitchel y Heffron, 1982).

Transporte. El transporte es considerado como un factor de estrés para los cerdos (Mickwitz, 1982) y su efecto es importante en la calidad de la carne (Martoccia y col., 1995), por consiguiente, se debe tener cuidado en este

punto para minimizar la tensión. Los estudios de la tensión del transporte son difíciles de analizar debido a la contribución acumulativa de cada componente asociado con el transporte (Stephens y Perry, 1990). Los factores del transporte tales como, el manejo por personas poco familiares para los cerdos, la mezcla de cerdos de grupos diferentes y los cambios en la velocidad del vehículo de transporte pueden afectar negativamente la calidad de la carne (Lambooi y Putten, 1993). Estos niveles altos de estrés pueden producir una respuesta de tensión fisiológica que afectan el bienestar, la productividad, y finalmente la calidad de la carne (Hemsworth, 1993).

Para el transporte, se recomienda cargar los cerdos a través de una rampa dual de fácil manejo, donde los lados exteriores de la rampa sean cubiertos para reducir las distracciones de los animales (Grandin, 1989; Grandin, 1998c). Grandin (1998b) menciona que los vehículos deben limpiarse después de cada carga para prevenir caídas y desarrollo de hematomas. Cuando los cerdos se agrupan durante el transporte, la temperatura corporal se eleva, lo cual aumenta el número de canales con presencia de PSE y las pérdidas por muerte (Guise y Warris, 1989). Durante el transporte, los cerdos experimentan calor y fatiga. El número de cerdos por carga es una función que está influenciada por la economía. Sin embargo, si se permite poco espacio al momento del transporte, la calidad de la carne es baja y la mortalidad es alta. El espacio promedio recomendado es de .35 m² /100 kg de peso vivo del animal. Este espacio debe ser incrementado en un 10% en la época cálida. Grandin (1994) observó que los cerdos que se transportan distancias mas cortas, por debajo de los 30 min de viaje, son más difíciles de manejar en la planta de sacrificio, desarrollando una incidencia más alta de PSE que aquellos que son sometidos a un tiempo de tránsito mas largo, y que probablemente pueden desarrollar carne DFD como resultado de un desgaste en el almacenamiento de glucógeno intramuscular. Este puede ser el caso reportado por Martoccia y col. (1995), quienes encontraron que los cerdos que se transportan durante un trayecto de 650 km presentan en la canal un pH₄₅ mas alto, y una carne más oscura y más roja que los cerdos transportados a 180 km. Sin embargo, la pérdida por muertes debido al transporte es más baja cuando la duración del tránsito es corta. Warris y col. (1990) reportaron que el transporte que dura de 1 a 4 h no tiene efecto significativo sobre el pH a las 24 h postmortem.

Existen problemas físicos asociados con las distancias largas como el de la imposibilidad para caminar que presentan algunos animales (principalmente de la raza Landrace) que tienen extremidades traseras débiles. Reposo antemortem. El tiempo de descanso que se proporciona a los cerdos les permite recuperarse del estrés de la carga, transporte y descarga. Según Grandin (1994), el tiempo de descanso ideal es de 2 a 4 h antes de entrar al pasillo de insensibilización.

Los cerdos sacrificados durante las horas iniciales de reposo presentan conducta agresiva, agotamiento físico y tensión fisiológica (Grandin, 1997) que produce un aumento en la actividad metabólica y reduce el pH intramuscular, elevando la temperatura del cuerpo (Enfalt y col., 1993). Warris y col. (1996) mencionan que el tiempo de reposo largo reduce la incidencia de carne PSE pero aumenta la carne DFD. Los reposos más largos producen manchas superficiales como resultado de las rivalidades y las peleas entre cerdos para determinar la jerarquía que se establece dentro de las primeras 2 h de la llegada a los corrales de descanso.

En México, el mejor período de reposo antemortem para el sacrificio de cerdos en la región del Bajío fue de 8 h, ya que permitió reducir las pérdidas de peso en el proceso de pulpeo de la pierna fresca de cerdo (Duarte, 1998).

Conducción al sacrificio. Es difícil para cualquier compañía sacrificar a los cerdos a gran velocidad (800 a 1100 animales/hora), así como evitar o disminuir el estrés en esta área. Existen diseños donde se enfatiza el uso de personal especializado en el manejo de los animales, así como en el control medioambiental con la finalidad de proporcionar las condiciones ideales de manejo que incidan en la calidad de la carne (Chorne y Chávez, 1996).

Un mayor estrés antemortem en la conducción hacia el lugar de aturdimiento, aumenta en un 15 a 30% el porcentaje de invasión bacteriana primaria en las muestras de órganos y músculos (Troeger, 1995).

Temperatura corporal. Es importante considerar características propias del cerdo, ya que los animales de esta especie se estresan más fácilmente porque están cubiertos de una capa de grasa y porque no tienen ninguna glándula sudorípara en la piel que les ayude a liberar el calor corporal (Kilgour y Dalton, 1984; Grandin, 1994).

Offer (1991) reporta que una reducción de 2 °C en la temperatura del cuerpo reduce en un 37% la proporción inicial de desnaturalización de la miosina, produciendo asimismo una reducción en la pérdida por goteo.

El mojar los cerdos con agua después del transporte presenta tres ventajas: 1) refresca, reduciendo la tensión en el sistema cardiovascular; 2) tranquiliza, reduciendo la conducta agresiva en el reposo; y 3) limpia, reduciendo la contaminación en la línea de sacrificio. Los cerdos en reposo deben tener acceso a agua para beber y se les debe proporcionar duchas en la época de calor. Al proporcionar baños antemortem a los cerdos se acelera el enfriamiento de la canal y se mejora el pH₄₅, la luminosidad y la pérdida por goteo de la carne dando como resultado un producto de mayor calidad (Gamboa Alvarado y col., 2001). Para maximizar el efecto refrescante, el flujo de agua debe ser lo suficientemente grueso para que moje bien los animales. Flujos finos de agua no se deben usar por que tienden a aumentar la humedad ambiental en vez de refrescar a los cerdos (Schutte y col., 1996).

Restricción de alimento. La restricción de alimento en cerdos al mercado tiene una aplicación práctica aún cuando se descarta la posibilidad del efecto en la calidad de la carne. Se sugiere entre 16 y 24 h de retiro de alimento debido a la mayor facilidad de eviscerado del cerdo, menor manejo del desecho en la planta, y reducción en la incidencia de vísceras rotas a la hora del sacrificio (Eilert, 1997; Berg, 1998).

El período de ayuno antes del sacrificio reducirá la cantidad de hidratos de carbono disponibles para la conversión de glucógeno a ácido láctico después de la muerte, lo cual permite obtener una carne menos ácida y, por lo tanto, de mejor calidad (Chorné y Chávez, 1996; De Smet y col., 1996).

Sin embargo la administración de algunos aditivos en el alimento antes del sacrificio tiene efectos benéficos. D'Souza y col. (1998) encontraron que los cerdos suplementados con aspartato de magnesio presentaban mejores características de calidad con un pH mas alto a los 40 min y a las 24 h postmortem, un menor porcentaje de pérdida por goteo y menores valores de luminosidad (L*), sin presentar canales PSE. Asimismo la adición de electrolitos en el agua de bebida de los cerdos durante el reposo antemortem mejora el pH, el color y la conductividad eléctrica de la carne y acelera el enfriamiento de la canal sin mostrar diferencias en la calidad tecnológica (Mendoza Moreno y col., 2002).

Aturdimiento. El uso del aturdidor eléctrico es el método de insensibilización más común en cerdos. Para que la inconsciencia sea instantánea y sin dolor, el cerebro del animal debe recibir suficiente corriente eléctrica para inducir un ataque epiléptico. Si el amperaje no es el adecuado o la corriente no pasa por el cerebro del animal éste sentirá dolor. En este caso sentirá el choque eléctrico o exhibirá síntomas de paro cardíaco a pesar de estar paralizado. El aturdidor eléctrico debe ser aplicado al animal por dos o tres segundos para que tenga efecto, y este equipo debe estar provisto de un medidor de tiempo (Grandin, 1994; 1998a).

El criterio para determinar si el cerdo fue insensibilizado correctamente es el ataque epiléptico, el cual se presenta en dos etapas. 1) fase tónica, en la cual los miembros posteriores y anteriores se extienden completamente, la cabeza se hace hacia atrás y la respiración se suspende; en esta fase es donde debe ocurrir el desangrado del animal; y 2) fase clónica, 10 seg después del aturdimiento, donde se presenta un relajamiento gradual y el animal hace movimientos como si caminara (Wotton, 1996). El aturdimiento eléctrico puede causar una contracción externa que tiene impacto negativo en la calidad de la canal debido a un daño físico en el músculo por cambios en las cargas eléctricas, particularmente en el voltaje y en el amperaje (Chorné y Chávez, 1996).

Cuando los cerdos son insensibilizados en grupos de cinco la calidad es superior a la de los insensibilizados individualmente, pues presentan menor pérdida de agua por goteo, mayor pH₄₅ menor temperatura T₂₄ y menor conductividad eléctrica a las 2 y a las 24 h post mortem en el verano y en el invierno (Alarcón-Rojo y col., 2006).

El proceso de insensibilizar al cerdo es importante en el comportamiento del metabolismo postmortem. El estado inconsciente del cerebro se consigue mediante una descarga eléctrica de alrededor de 300 V y 1.5 amp o exponiendo a los cerdos a una atmósfera saturada de CO₂. Ambos métodos deben conseguir que el animal pierda la sensibilidad, sin que el corazón interrumpa su función y que se consiga un sangrado completo. Grandin (1994) recomienda el uso de un amperaje constante de 1.25 amp y voltaje variable de acuerdo con la resistencia del cerdo.

Gregory (1987) indica que los defectos en la calidad de la carne que están influenciados por el aturdimiento incluyen fracturas de hueso, equimosis de sangre, golpeado, sangrado inadecuado, y presencia de carne PSE. Brathen

y Johansen (1984) encontraron que los cerdos grandes con voltajes altos pueden producir huesos fracturados si el animal no se apoya bien en el suelo; esto se evita aplicando una corriente de 320 V por 2 seg. Cuando se administran corrientes demasiado altas pueden producirse fracturas de pelvis y de vértebras torácicas. Adicionalmente, las descargas eléctricas excesivas en tiempo o intensidad pueden provocar que algunas articulaciones del cuerpo se luxen, causando hemorragias que afectan en forma adversa la calidad de la carne. Una de las principales articulaciones afectadas es la de la cadera y el fémur, que dañan el jamón. Para prevenir este problema, debe controlarse el tiempo de la descarga y prevenir que no se exceda de 3 s (Velazco, 2000). La equimosis ocurre cuando hay una tensión fisiológica en el aturdimiento e induce ruptura de capilares que produce la apariencia de manchas pequeñas. Larsen (1982) encontró que la equimosis en canales es menor en cerdos aturdidos a 700 V comparados con los aturdidos a 300 V.

Gregory (1987) señala que para insensibilizar cerdos de 120 kg de peso vivo se debe aplicar electricidad con un mínimo de 1.25 amp y 300 a 600 V, durante 1 a 3 seg. De esta manera el cerebro se desactiva antes que sea detectado cualquier estímulo de dolor asociado con la insensibilización y enviado al cerebro por el sistema nervioso central (Wotton, 1996). En un estudio reciente encontramos que la carne de cerdos de más de 115 kg de peso vivo presenta mejor calidad cuando se insensibilizan con 600 V que con 360 V y se obtiene menor pérdida por goteo, mayor pH₄₅ y menor T₄₅ (Gamboa Alvarado y col., 2001).

Aalhus y col. (1991) encontraron que el izado de la canal por si solo no afecta significativamente la calidad de la carne, pero que al combinarse con la insensibilización eléctrica puede conducir a una disminución de dicha calidad. La pierna sobre la que se encadena la canal, generalmente presenta más defectos de calidad, sobre todo cuando la insensibilización eléctrica no se realiza correctamente, provocando movimientos violentos durante el izado, instaurándose por lo tanto, la rigidez y desarrollándose las características del músculo PSE (Alvarez y Torre, 1997).

Sangrado. El desangrado, la remoción del pelo y la evisceración influyen sobre la velocidad de la remoción del calor. El sangrado realizado correctamente minimiza la sangre salpicada e inicia una disminución en la temperatura del cuerpo. El corte de las venas y arterias para el desangrado

del animal debe realizarse antes de los 10 s después de haber insensibilizado al animal (Dantzer y Morméde, 1984), si este tiempo es de 4 seg se disminuye la pérdida por goteo y se obtiene carne con mejor calidad fisicoquímica tanto en el verano como en el invierno (Alarcón-Rojo y col., 2006). Sosnicki y col. (1998) sugiere un mínimo de 5 min para un desangrado adecuado. Acortar la duración del desangrado puede permitir que las canales entren más pronto a la tina de escalde y por lo tanto al enfriado.

Escaldado. El proceso de escaldado posee un efecto de lavado, pero a su vez, tiene lugar una cierta contaminación superficial de las canales por los microorganismos del agua de escaldado (Troeger, 1995). La remoción inmediata de la piel presenta un aumento en la pérdida de calor y se obtienen mayores beneficios en la calidad de la carne.

Tarrant (1989) menciona que los factores que retrasan el enfriado de la canal y que requieren una atención específica son el manejo antemortem, la temperatura ambiente en el área de sacrificio y el escaldado. Se ha observado que los animales escaldados a 60 °C durante 5.5 a 7.5 min producen resultados satisfactorios con la excepción de los cerdos sacrificados en otoño (durante la estación de pelo duro; Van Der Wall y col., 1988) los cuales requieren de hasta 9 min son para una adecuada remoción del pelo (van der Wal y col., 1993); aunque se ha visto que al reducir el tiempo de escalde de 7 a 5 min la carne presenta menor pérdida por goteo, mayor pH₄₅, menor T₂₄ y menor conductividad eléctrica (Alarcón-Rojo y col., 2006).

Sin embargo, la temperatura de la canal puede incrementarse si el escaldado se prolonga (Honkavaara, 1989; van der Wal y col., 1993). La disminución de la duración del escaldado permite una evisceración y un enfriamiento más temprano lo cual puede minimizar la desnaturalización de la proteína por la exposición prolongada a temperaturas altas del músculo. La remoción de las vísceras también acelera el enfriamiento de la canal. Se ha visto que un retraso en el tiempo de evisceración aumenta la pérdida por goteo (Eldridge y col., 1993) y produce carne más pálida (Eldridge y col., 1993; D'Souza y col., 1998). Temperatura y descenso del pH. Offer (1991) encontró que la pérdida de calor metabólico es proporcional a la caída del pH a una velocidad de 2 °C/unidad de pH. Además, menciona que se presenta menor desnaturalización de la miosina en las canales enfriadas

rápidamente. La caída de pH en canales de carne de cerdo es aproximadamente 0.01 unidades/min, correspondiendo a un tiempo de rigor de aproximadamente 150 min. Si en esta etapa hay una prolongada actividad contráctil se produce acumulación de calor, CO₂, y ácido láctico. Consecuentemente, 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 (Forrest y col., 1979).

Enfriamiento de la canal. La temperatura de la canal y de la carne es sin duda uno de los aspectos más críticos del proceso de sacrificio. Las temperaturas de sacrificio, los tanques de escaldado y los enfriadores tienen impacto en la calidad de la carne debido a la desnaturalización de las proteínas. Todas las reacciones bioquímicas tienen un rango de temperatura óptima en el cual son más eficientes, incluyendo las que tienen que ver con la conversión de músculo en carne. Si la temperatura del cuarto frío es constante los tiempos de desangrado y escaldado afectan solo mínimamente la calidad de la carne de cerdo (Gardner y col., 2006).

Las ventajas del enfriado rápido radican en una disminución lenta del pH, y por consiguiente se reduce la presencia de carne PSE. Grandin (1994) indica que exponer las canales a un enfriado con aire a temperatura baja se ha usado como un medio para reducir la temperatura intramuscular con el fin de disminuir la carne PSE. Sin embargo, Eilert (1997) menciona que los procedimientos más rápidos de enfriado no prevendrán PSE, porque en casos severos, el daño ya ha ocurrido antes de que las canales entren en el refrigerador.

Los sistemas de enfriamiento juegan un papel crítico en la disminución de la temperatura después del sacrificio. Los sistemas de enfriamiento rápido consisten en cuartos o túneles que combinan temperaturas bajas con velocidades altas de aire para disminuir la temperatura de la canal. Se ha observado que el color de la carne en estos casos de enfriamiento es mas oscuro y la pérdida de líquido es menor. Es importante monitorear el grado de disminución de la temperatura, ya que una disminución rápida puede causar encogimiento por frío y endurecimiento de la carne.

Duración del proceso de sacrificio. El tiempo que transcurre entre el comienzo y el término del sacrificio puede influir en la calidad de la carne, ya que afecta el grado de disminución de la temperatura. Un tiempo ideal

entre el aturdimiento y la iniciación del enfriado es de 20 a 40 min (Eilert, 1997).

Según la norma NOM 009 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (1994), la evisceración de los animales se debe realizar en un lapso menor a 30 min, a partir del momento en que ha sido sacrificado el animal. Si por causas de fuerza mayor se extendiera dicho lapso, todas las canales deberán ser sometidas a toma de muestras para su examen bacteriológico.

Conclusiones

La calidad de la carne de cerdo es afectada por factores ante-mortem, de manejo, del sacrificio, y postmortem siendo todos ellos de gran importancia para la consistencia de la calidad; por lo que solamente teniendo un buen control de todos ellos se puede asegurar la calidad del producto final.

Referencias

- AALHUS, J. L., C. GARIEPY, A. C. MURRAY, S. D. M. JONES, Y A. K. W. TONG. 1991. Stunning and shackling influence on quality of porcine *Longissimus dorsi* and *Semimembranosus* muscle. *Meat Sci.* 29:323.
- ALARCÓN ROJO, A., J.G. GAMBOA ALVARADO, F.A. RODRÍGUEZ ALMEIDA, A. GRADO AHUIR, H. JANACUA VIDALES. 2005. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo *Téc. Pecu. Mex.* 44(1)53-66.
- BERG, P. E. 1998. Critical points affecting fresh pork quality within the packing plant. Missouri. NPPCF. Disponible en: <http://www.nppc.org/facts/plant.html>. Accesado 12/05/00.
- BRATHEN, O. S., Y J. JOHANSEN. 1984. The effect of short or long electrical stunning times upon pork quality. *Proc. 30th European Meeting of Meat Research Workers.* 30:22-23.
- CHANNON, H. A., A. M. PAYNE, AND R. D. WARNER. 2002. Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Sci.* 60:63-68.
- CHORNÉ, R. Y C. CHÁVEZ. 1996. La estructura de la cadena porcícola y la calidad de sus productos. *Temas de actualidad para la industria porcina.* Ed. Midia Relaciones S. A. De C. V. México, D. F. pp. 38-49.

- D' SOUZA, D. N., R. D. WARNER, B. J. LEURG, Y F. R. DUNSHEA. 1998. The effect of dietary magnesium aspartate supplementation on pork quality. *J. Anim. Sci.* 76:104-109.
- D'SOUZA, D. N., F. R. DUNSHEA, R. D. WARNER, AND B. J. LEURY. 1998. The effect of handling pre-slaughter and carcass processing rate post-slaughter on pork quality. *Meat Sci.* 50:429-437.
- DANTZER, R., Y P. MORMÉDE. 1984. *El Estrés y la Cría Intensiva del Ganado*. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 129 pp.
- DE SMET, S. M., H. PAUWELS, S. DE BIE, D. I. DEYMEYER, Y J. CALLEWIER, 1996. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian slaughter pigs. *J. Anim. Sci.* 74:1854-1863.
- DUARTE, A. J. O. 1998. Incidencia de carne PSE y DFD, y efecto del tiempo de reposo antemortem, sobre la calidad fisicoquímica y tecnológica de la carne de cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Disertación Doctoral*. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua. México. 143 pp.
- EILERT, S. J. 1997. What quality controls are working in the plant?. En: *Proc. Pork Quality Summit*. National Pork Producers Council. July 8-9 Des Moines, IA. p 59-63.
- ELDRIDGE, G. A., C. I. BALL, AND H. M. KNOWLES. 1993. The influence of some processing procedures on pig meat quality. Page 177 in *Conf. Australasian Pig Sci. Assoc.*, Victoria, Australia.
- GAMBOA ALVARADO, J. G., ALARCÓN ROJO, A. D., A. GRADO AHUIR, F. A. RODRÍGUEZ ALMEIDA. 2001. Efecto del peso al sacrificio y voltaje de insensibilización sobre la calidad fisicoquímica de la carne de cerdo. XXIX Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Univ. Aut. de Tamaulipas. Cd. Victoria. Méx. 505-508.
- GARDNER, M. A., E. HUFF-LONERGAN, L. J. ROWE, C. M. SCHULTZ-KASTER, AND S. M. LONERGAN. 2006. Influence of harvest processes on pork loin and ham quality. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:178-184
- GRANDIN, T. 1989. Behavioral principles of livestock handling. En: *Professional Animal Scientist*. Dic. American Registry of Professional Animal Scientists.
- GRANDIN, T. 1994. Methods to reduce PSE and bloodsplash. *Proc. Allen D. Leman Swine Confr.* University of MN. 21:206-209.
- GRANDIN, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *J. Anim. Sci.* 75:249-257.
- GRANDIN, T. 1998a. Dealing with excitable pigs. Temple Grandin's web page. Disponible en: www.grandin.com/meat/pigs/excite.pig-1.html. Accesado 22/04/00.

- GRANDIN, T. 1998b. Recommended trucking practices. Temple Grandin's web page. Disponible en: www.grandin.com/behaviour/rec.truck.html. Accesado 22/04/00
- GRANDIN, T. 1998c. Electric stunning of pigs. Temple Grandin's web page. Disponible en: www.grandin.com/meat/pigs/elec.stun-1.html. Accesado 22/04/00.
- GREGORY, N. G. 1987. Effect of stunning on carcass and meat quality. En: Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs. Edit. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom, y G. Monin. Martinus Nijhoff Publ. Boston, MA. P. 265-272.
- GUISE, H. J., Y P. D. WARRIS. 1989. A note on the stocking density and temperature on meat quality in pigs. *Anim. Prod.* 48:480-482.
- HAMBRECHT, E., J. J. EISSEN, AND M. W. A. VERSTEGEN. 2003. Effect of processing plant on pork quality. *Meat Sci.* 64:125-131.
- HEMSWORTH, P. H. 1993. Behavioural principles of pig handling. En: *Livestock Handling and Transport*. Edit. T. Grandin. CAB International. Wallingford, UK. pp. 197-211.
- HOMER, D. B., AND K. R. MATTHEWS. 1998. A repeat national survey of muscle pH values in commercial pig carcasses. *Meat Sci.* 49:425-433.
- HONKAVAARA, M. 1989. Influence of carcass temperature, glycogenolysis and glycolysis 45 min postmortem on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finl.* 61:433-440.
- KILGOUR, R. Y C. DALTON. 1984. *Livestock Behaviour: a practical guide*. Granada Publishing Ltd. New York, NY. p 73.
- LAMBOOIJ, E. Y G. VAN PUTTEN. 1993. Transport of pigs. En: *Livestock Handling and Transport*. Edit. por T. Grandin. CAB International. Wallingford, UK. pp. 213-231.
- LARSEN, H. K. 1982. Comparison of 300 volt stunning, 700 volt automatic stunning and CO₂ compact stunning, with respect to quality parameters, blood splashing, fractures and meat quality.. En: *Stunning of animals for slaughter*. Edit. G. Eikelenboom. Martinus Nijhoff Publ. Boston, MA.
- MARIBO, H., E. V. OLSEN, P. BARTON-GADE, A. J. MOLLER, AND A. KARLSSON. 1998. Effect of early post-mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 50:115-129.
- MARTOCCIA, L., G. BRAMBILLA, A. MACRI, G. MOCCIA, Y E. COSENTINO. 1995. The effect of transport on some metabolic parameters and meat quality in Opigs. *Meat Sci.* 40:271-277.
- MCFARLANE, B. J., AND J. A. UNRUH. 1996. Effects of blast chilling and postmortem calcium chloride injection on tenderness of pork longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 74:1842-1845.

- MARTÍNEZ-QUINTANA, J.A., A.D. ALARCÓN-ROJO, J.A. ORTEGA-GUTIÉRREZ, H. JANACUA-VIDALES. 2007. Incidencia de los genes Halotano y Rendimiento Napole y su efecto en la calidad de la carne de cerdo. *Universidad y Ciencia* 22(2)131-139.
- MENDOZA MORENO, S.R., A.D. ALARCÓN ROJO, A. GRADO AHUIR AND F.A. RODRÍGUEZ ALMEIDA. 2002. Effect of addition of electrolytes in preslaughter drinking water of pigs on weight losses and physicochemical characteristics of meat. Responding to the Increasing Global Demand for Animal Products. Conference Proceedings. British Society of Animal Science. 12-15 Nov. UADY, Mérida, Méx. bsas.org.uk/downloads/mexico/095.pdf.
- MICKWITZ, von G. 1982. Various transport conditions and their influence on physiological reactions. En: *Transport of Animals Intended for Breeding, Production and Slaughter*. Edit. por R. Moss. Martinus Hijhoff Publ. 00Boston, MA. p. 45-56.
- MILLIGAN, S. D., C. B. RAMSEY, M. F. MILLER, C. S. KASTER, AND L. D. THOMPSON. 1998. Resting of pigs and hot-fat trimming and accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. *J. Anim. Sci.* 76:74-86.
- MITCHELL, G. Y J. J. A. HEFFRON. 1982. Porcine stress syndrome, malignant hyperthermia, and pale, soft, exudative pork syndrome. *Adv. Food Res.* 28:167-230.
- MONIN, G. A., P. A. TALMANT, Y G. COLLAS. 1995. Effect on carcass weight meat quality of pigs dehaired by scalding or singeing postmortem. *Meat Sci* 39: 247-254.
- OCKERMAN, H. W., AND C. L. HANSEN. 2000. *Animal by-product processing and utilization*. Technomic Publ. Co., Inc., Lancaster, PA.
- OFFER, G. 1991. Modeling the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Sci.* 30:157-184.
- RENERRE, M. 1999. Biochemical basis of fresh meat colour. Pages 344-353 in 45th Intl. Congr. Meat Sci. Technol., Yokohama, Japan.
- RODNEY, G. 1999. Genetics of choice for the meat of choice. Disponible en: <http://www.nationalswine.com>. accesado 15/08/00.
- SCHAFER, A., K. ROSENVOLD, P. P. PURSLOW, H. J. ANDERSEN, AND P. HENCKEL. 2002. Physiological and structural events postmortem of importance for drip loss in pork. *Meat Sci.* 61:355-366.
- SCHUTTE, A., A. MERGENS, U. POTT, Y S. VENTHIEN. 1996. Effect of different kinds of showering in lairage on physiological and meat quality parameters, taking climatic circumstances into account. En: *Proc. EU-Seminar: New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport*

- and lairage conditions. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Volkenrode. pp. 181-205.
- Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Proceso Sanitario de la Carne. Diario Oficial.
- SOSNICKI, A., E. WILSON, E. B. SHEISS, AND A. G. DE VRIES. 1998. Is there a cost-effective way to produce high quality pork? Pages 19-27 in 51st Reciprocal Meat Conf. Am. Meat Sci. Assoc., Savoy, IL.
- STEPHENS, D. B., Y G. C. PERRY. 1990. The effects of restraint, handling, simulated and real transport in the pig (with reference to man and other species). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 28:41-55.
- TARRANT, P. V. 1989. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs. A review. 1. *J. Food Sci. Technol.* 13:79-83.
- TROEGER K., 1995. Evaluación de los riesgos de higiene durante la matanza. *Fleischwirtsch*, (español), 1: 8-14.
- TROEGER, K., AND W.WOLTERS DORF. 1986. Influence of scalding and dehairing during pig slaughtering on meat quality. *Fleischwirtschaft* 66:893-897.
- van DER WAL, P. G., A. H. BOLINK, Y G. S. M. MERKUS. 1988. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Sci.* 24:79-87.
- van DER WAL, P. G., G. VANBEEK, C. H. VEERKAMP, AND G. WIJNGAARDS. 1993. The effect of scalding on subcutaneous and ham temperatures and ultimate pork quality. *Meat Sci.* 34:395-402.
- VELAZCO, J. 2000. Problemas de calidad en el sacrificio de porcinos. *Carnetec.* 3: 22-25.
- WARRIS, P. D., S. N. BROWN, J. E. EDWARDS, Y T. G. KNOWLES. 1996. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. En: *Proc. EU-Seminar: New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions.* Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Volkenrode. p. 163-170.
- WOTTON, S. 1996. New advances in stunning techniques for slaughter animals. *Meat Focus International.* 12: 461.