

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**“EFECTO DEL GRUPO GENÉTICO Y SEXO SOBRE LA CALIDAD DE LA
CANAL Y DE LA CARNE DE CERDOS PRODUCIDOS BAJO UN SISTEMA
DE EXPLOTACION INTENSIVA”**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA
EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA

M.V.Z. CRISTINA VOLENE PALOMARES CUELLAR

MEXICALI, B. C., MEXICO

MARZO DEL 2010

Efecto del grupo genético y sexo sobre la calidad de la canal y de la carne de cerdos producidos bajo un sistema de explotación intensiva. Tesis presentada por Cristina Volene Palomares Cuellar como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el Comité Particular indicado:

Ph. D. Cristina Pérez Linares
Director Principal

Ph. D. Fernando Figueroa Saavedra
Asesor

Dr. en C. Alberto Barreras Serrano
Asesor

M. C. Laura Elena Silva Paz
Asesor

Lugar y Fecha

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	Pág. 1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Características de calidad de la canal	3
Espesor de la grasa dorsal	3
Marmoleo	5
Área del ojo de la costilla	7
Peso de la canal caliente	8
Longitud de la canal	8
Características de calidad de la carne	9
pH	9
Esfuerzo de corte	12
Capacidad de Retención de Agua	14
Color	17
LITERATURA CITADA	20

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, por la tendencia a nivel mundial de calidad de la carne, los productores de cerdos se han visto obligados a responder a una demanda concreta de los consumidores utilizando animales con mayor tasa de crecimiento, menor espesor de grasa dorsal y mayor eficiencia de conversión de alimento en tejido magro.

La producción porcina actual esta basada en la utilización de híbridos comerciales obtenidos de razas o líneas seleccionadas por algún carácter (Poto et al., 2000). Como resultado de la aplicación de diferentes grupos de características al mejoramiento de la producción porcina, resulta posible producir más carne y de mejor calidad a partir de un menor número de animales que en décadas pasadas.

Bajo estas circunstancias, todos los centros de mejora genética porcina de los países desarrollados, hacen uso de los nuevos conocimientos disponibles en materia de parámetros de crecimiento, fisiología del desarrollo muscular y deposición de grasa, de tal manera que han iniciado investigación buscando una canal cuya conformación y características organolépticas respondan a las nuevas exigencias del mercado (Campagna et al., 2003). Estas canales típicamente son largas y tienen menos grasa dorsal y mayor área del ojo de la costilla (Goer et al., 1995).

Se ha documentado que las hormonas sexuales, estrógenos y andrógenos, influyen sobre el crecimiento de los animales machos y hembras provocando las evidentes diferencias en tamaño y engrasamiento entre sexos (Warris, 2003). Entonces podría ser un componente de variación sobre valores de calidad tanto de la canal como de la carne.

Actualmente en México los valores de calidad de la carne fresca son muy variables ya que depende de un gran número de factores como la raza, la edad, el sexo, el manejo antemortem, el tipo de músculo, el uso o no de anabólicos y otros, además son pocos los trabajos que documentan el rendimiento de los cerdos sacrificados. Los procedimientos para su comercialización son mínimos con excepción de los aspectos sanitarios que se rigen por ley. De hecho en esta región las canales de los cerdos que se producen no se clasifican ni se lleva a cabo la evaluación de la carne, por lo que se desconoce el comportamiento de los parámetros de calidad por efecto de factores como grupo genético, sexo y clima ya se sabe que los componentes de este último contribuyen de manera importante a la variación de la calidad de la carne de cerdo. Entonces del conocimiento de la calidad en lo que se produce se pueden establecer diferenciales de precios más atractivos para el productor.

Por lo anterior el objetivo de este estudio es evaluar: el efecto de grupo genético y sexo sobre la calidad de la canal y de la carne en cerdos producidos bajo un sistema de explotación intensiva en la ciudad de Mexicali, Baja California.

REVISIÓN DE LITERATURA

Características de Calidad de la Canal

Espesor de la grasa dorsal (GD): Incluye la piel del dorso hasta la superficie dorsal del área del ojo de la costilla o dorsal a la superficie vertebral (medida de la canal). La unión de la última costilla con la columna vertebral es fácil de localizar por palpación en cerdos vivos. El sitio de la última costilla se puede localizar en la parte posterior directamente sobre el ombligo o la vaina (en verracos o machos). El rango normal varía de entre 1.5 y 3.5 centímetros con un promedio de 3.07 cm y en casos extremos de 1.2 a 5.8 cm (Boggs y Merkel, 1993). En México el valor promedio de grasa dorsal en la décima costilla es de 2.8 cm (Ramírez, 2006). El espesor de la grasa dorsal es estimado para medirse primariamente en dos diferentes localizaciones. La primera es obtenida en la última costilla, y la segunda medida es obtenida en la 10^a costilla. El espesor de la grasa en la última costilla es usado para determinar el grado de la canal del cerdo según el departamento de agricultura de los Estados Unidos por sus siglas en inglés (U. S. D. A.) El espesor de la grasa en la 10^a costilla es usado para calcular el porcentaje de músculo en la canal del cerdo. En el pasado, el tercer método más utilizado para medir el espesor de grasa dorsal era el promedio de tres medidas tomadas en la primera costilla, última costilla y última vértebra lumbar (Boggs y Merkel, 1993).

Edwards et al. (2003) comparando la raza Duroc y Pietrain como sementales utilizando madres Yorkshire y Yorkshire-Landrace encontraron que cruza Duroc presentaron valores para GD de 4.77 ± 0.08 cm, 2.88 ± 0.09 cm y 2.3 ± 0.07 cm en la primera, última costilla y última vértebra lumbar respectivamente; mientras que cruza Pietrain los valores fueron de 4.46 ± 0.84 cm, 2.78 ± 0.09 cm y 2.09 ± 0.07 cm en la primera, última costilla y última vértebra lumbar respectivamente. Además, se observaron diferencias significativas ($P < 0.01$) en los valores de GD en la primera costilla y a nivel de la última vértebra lumbar ($P < 0.05$) por efecto de cruza de ambas razas, obteniendo canales mas grasos en cerdos cruza Duroc.

Mersmann (1982) no reportan diferencias en GD entre razas puras Yorkshire con diferentes pesos al sacrificio (ps), con valores de 92.7 ± 1.4 kg para ps y valores de 4.2 ± 0.01 cm, 2.8 ± 0.01 cm y 2.9 ± 0.01 cm para GD en la primera, última costilla y en la última vértebra lumbar.

Diferencias en los valores de GD se han observado por sexo, Mc Laren et al. (1989) reportaron diferencias significativas para esta variable pero solo referida hacia la última vértebra lumbar ($P < 0.01$) con valores para machos de 2.89 ± 0.05 y para hembras 2.62 ± 0.04 .

Hamilton et al. (2000) señalan que las canales de los machos castrados son más grasos que las canales de las hembras. Leach et al. (1996) reportaron valores en GD1 más altos en machos castrados que en hembras

(4.0 ± 0.12 cm vs 3.3 ± 0.12 cm). Análogamente en GD2, Nold et al. (1997) observaron valores superiores en machos (2.22 ± 0.09 cm) que en hembras (1.86 ± 0.09 cm). Esta diferencia fue observada por Leach et al. (1996) con valores de 2.5 ± 0.10 cm machos y 2.1 ± 0.10 cm en hembras. El mismo efecto se observa en la GD3 entre machos y hembras en diferentes estudios. Leach et al. (1996) observaron 2.3 ± 0.12 contra 1.7 ± 0.12 cm y 2.63 ± 0.14 contra 2.30 ± 0.10 cm para las variables GD2 y GD3 respectivamente.

Marmoleo: La marmorización, marmoleado, veteado, o marbling (por su nombre en inglés) es la grasa visible presente en los espacios interfasciculares del músculo. Aunque existen variaciones entre especies, la grasa intramuscular tiende a acrecentarse con la edad, una vez completadas las principales etapas del crecimiento del músculo y con el descenso de la actividad. Existe una correlación positiva entre el marmoleo y el engrasamiento en general, aunque se han encontrado a veces canales magras con una cantidad de marmoleo considerable y canales grasas con muy poco marmoleo. Existe evidencia suficiente para concluir que el marmoleo contribuye significativamente a la palatabilidad, pero su relación no es generalmente muy alta. Un marmoleo demasiado escaso puede ser el responsable de un producto seco y carente de aroma; por otro lado, si es excesivo aunque proporciona una energía extra al consumidor, no contribuye proporcionalmente a su palatabilidad (Price y Schweigert, 1994).

El porcentaje de grasa intramuscular en el lomo es un importante indicador de la calidad de la carne, juega un papel en la aceptación de la carne fresca por los consumidores (Higbie et al., 2002; Newcom et al., 2005).

El marmoleo es evaluado sobre la superficie del ojo del lomo. El método más utilizado para evaluarlo es la simple comparación con la carta publicada por El Consejo Nacional de Porcicultores de los Estados Unidos (NPPC, por sus siglas en inglés) la cual es una medida subjetiva que refleja la cantidad de grasa dentro del músculo. Esta medida es la que mayor efecto tiene en el sabor y la jugosidad, y en cierto grado en la textura (Ramirez, 2006).

Existen diferencias entre razas para la cantidad de grasa intramuscular, así, la raza Duroc presenta los niveles más altos razón por la cual ha sido utilizada en distintos proyectos para mejorar la calidad sensorial de la carne de cerdo en Dinamarca y el Reino unido (Warris, 2003).

Edwards et al. (2003) reportan diferencias ($P < 0.001$) entre cerdos de Duroc (2.42 ± 0.10) y cerdos Pietrain (1.78 ± 0.10).

Por sexo, Unruh et al. (1996) reportaron mayores valores de marmoleo en machos castrados ($P < 0.05$) comparado con hembras. Al igual que Bender et al. (2006).

Por su parte, Pringle y Williams (2000) en un estudio realizado en cerdos basándose en las medidas de AOC (área del ojo de la costilla) con respecto al marmoleo observaron que aquellos cerdos que tenían valores por debajo de 35.5 cm^2 para AOC presentaron un valor en marmoleo de 2.5 ± 0.15 y diferente ($P < 0.05$) en comparación a aquellos que tenían valores de entre 35.5 y 41.9 cm^2 para AOC.

Área del Ojo de la Costilla (AOC): El área del ojo de la costilla es medido sobre el músculo *Longissimus dorsi* en la décima costilla. Está altamente relacionado con la musculatura total de la canal en cerdos. En el cerdo vivo éste puede ser medido con ayuda del ultrasonido. La relación entre los valores de AOC en el animal vivo y en la canal es alta, $r=0.82$ (Higbie et al., 2002) y $r=0.70$ (Mersmann et al., 1982) y $r=0.60$ (Forrest et al., 1979). El rango normal del AOC varía de entre 22.58 a 45.16 cm^2 con un promedio de 30.96 cm^2 (Boggs y Merkel, 1993).

La medición del AOC en la canal se realiza entre la décima y décima primera costilla, sobre la superficie del músculo del lomo, usando una plantilla cuadrículada de puntos. En lo que se refiere a las características de las canales en México, el valor promedio de AOC en cerdos es de 29.8 cm^2 (Ramirez, 2006).

Diferencias marcadas por sexo, también han sido observadas, para AOC McLaren et al. (1989) reportan diferencias ($P < 0.01$) en AOC de $31.5 \pm 0.4 \text{ cm}^2$

en machos y 33.4 cm² en hembras. Similar comportamiento encontraron Uttaro et al. (1993) con valores de AOC de 44.89±0.88 cm² para hembras (P< 0.01) y de 40.36 ±0.81cm² para machos, al igual que Cassady et al. (2004) y Shwab et al. (2007).

Peso de la Canal Caliente (PCC): Es la cantidad expresada en kilogramos de una canal después del proceso de sacrificio, previo al lavado final de la misma (NMX- FF- 081- SCFI-2003).

Latorre et al. (2004) en cerdos cruza Pietrain x Large White con madres Landrace x Large White observaron valores en machos castrados de 99.5±0.78 kg (P<0.001), diferentes al de hembras con 94.7±0.78 kg.

En relación al sexo, Liu y Stouffer (1995) mencionan que los valores de PCC fueron similares (P>.05) con valores de 81.46±.68kg en las hembras y de 81.10±.63 kg para los machos. Mismos resultados fueron reportados por Gresham et al. (1994) y por Uttaro et al. (1993).

Longitud de la canal (LC): El largo de la canal no está necesariamente relacionado con la composición, pero si con las características de producción del animal vivo. Se mide empleando una cinta métrica desde el borde anterior de la sínfisis pubiana al borde anterior de la primera costilla en su punto de unión con la primera vértebra torácica. La longitud ideal va de 74 a 79 cm en un cerdo de 90 Kg (Mota et al., 2006).

Mersmann et al. (1982) realizaron un estudio en cerdos Yorkshire donde compararon el peso al sacrificio con la LC encontrando valores para LC de 79 ± 1.0 , 80.0 ± 1.0 y 70 ± 2.0 cm en cerdos con pesos al sacrificio de 92.7 ± 1.4 , 92.6 ± 0.3 y 94.9 ± 2.0 kg respectivamente.

En relación a las razas, Edwards et al. (2003) reportan diferencias ($P < 0.01$) en los valores de LC entre cerdos cuyo padre fue Duroc (86.9 ± 0.55 cm) y cuyo padre fue de la raza Pietrain (84.8 ± 0.55 cm) con vientres Yorkshire y Yorkshire-Landrace.

Por sexo no se reportan diferencias significativas ($P > 0.05$) para en LC, con valores de LC de 79.6 ± 0.2 cm en machos y de 80.1 ± 0.2 cm en hembras (Mc Laren et al. 1989), y de 85.3 ± 0.23 cm para machos castrados y de 85.2 ± 0.23 cm para hembras (Latorre et al., 2004).

Características de Calidad de la Carne

pH: Es una medida relativa a la acidez o alcalinidad de la carne, un pH de 7.0 se considera neutro; entre más bajo el pH es más ácido, en la mayoría de los casos el pH de la carne porcina tenderá a ser ligeramente ácido. El músculo generalmente tiene un pH de 7.0 a 7.2. Después de que el animal muere, el pH tiende a caer gradualmente durante las siguientes 12 a 24 horas hasta llegar a un pH final de entre 5.5 y 5.8. La razón principal de esto es la formación en el músculo de ácido láctico a partir de las reservas de glucosa.

Animales que contienen mayores reservas de glucógeno muscular y con tasas altas de metabolismo presacrificio serán más propensos a tener un pH menor en su carne (Ramírez, 2006).

Tras la muerte del animal, cesa el aporte de oxígeno y de nutrientes al músculo, entonces debe utilizar sus reservas de energía para sintetizar ATP a fin de mantener su temperatura e integridad estructural. Conforme se reducen los niveles de ATP se genera simultáneamente fosfato inorgánico, provocando la degradación de glucógeno a ácido láctico mediante la glucólisis anaerobia (Garrido et al., 2005). La formación de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos va a provocar un descenso del pH muscular que continúa hasta que se agotan las reservas de glucógeno o hasta que se inactivan los enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie, 1998).

El desarrollo de condiciones ácidas (pH bajo) en el músculo, antes de que el calor corporal natural y el metabólico se hayan disipado durante la refrigeración de la canal, da lugar a la desnaturalización de las proteínas musculares. El grado de desnaturalización depende de la temperatura alcanzada en la canal y de lo que haya disminuido el pH. La desnaturalización de las proteínas hace perder capacidad de retención de agua e intensidad del pigmento muscular (Forrest et al., 1979).

Uno de los métodos fisicoquímicos más aceptados para evaluar la calidad de la carne en cerdo es midiendo el pH muscular. El pH inicial y pH final

pueden influenciar en la extensión de la desnaturalización de las proteínas y afectar atributos tales como: el color y la capacidad de retención de agua (Binder et al., 2004). La carne con un pH bajo está fuertemente asociada con más exudado. A mayor apertura de las fibras musculares, la carne con un pH bajo tiende a ser más exudativa. La desnaturalización ácida de la mioglobina puede dar como resultado un color más claro en una carne normal (Offer y Trinick, 1983).

Faustman y Cassens (1990) mencionan que existen varios factores bioquímicos sobre la decoloración de la carne. El estado en que el pH finaliza en un músculo postrigor, así como la velocidad y extensión de la disminución del pH prerigor, tienen un dramático efecto sobre el color de la carne y la estabilidad del color (Van Laack et al. 1994; Roseiro et al. 1994; Wulf y Wise, 1999). La rapidez de la acidificación muscular determina que los tejidos musculares de la canal resulten en inaceptablemente pálidos, blandos y exudativos. La presencia de carne PSE (pálida, suave y exudativa) es favorecida cuando el cerdo se somete a estrés antes del sacrificio. En general, si la acidificación es demasiado rápida y la carne presenta un pH inferior 5.7 al realizar su determinación 45 minutos tras el sacrificio la probabilidad de observar PSE es alta. La aparición de músculos oscuros, duros y secos (DFD) es relativamente infrecuente en los cerdos y puede atribuirse a una manipulación defectuosa antes del sacrificio y al agotamiento del glucógeno muscular por excitación del animal. El pH de esta carne tiende a no descender y se mantiene próxima o superior a 6.5 (Whittemore, 1996).

Andrew et al. (2007) reportaron que cortes con pH bajo (debajo de 5.6) típicamente fueron los que presentaron mayor luminosidad y más palidez comparado con cortes con pH muscular alto.

Poulanne et al. (2001) mencionan variaciones para pH de entre 5.4 y 6.0 en corte de carne frescos de cerdo. Cuando el pH oscila entre 5.1 a 5.8 ocurre un notorio aumento de la CRA, siendo la máxima CRA a pH de 6.0. Los valores de pH pueden variar dependiendo de la raza del cerdo entre 5.7 y 5.91. (Van Wijk et al., 2006; Correa et al., 2006) Karlsson et al. (1993) por ejemplo en animales de raza Yorkshire observaron valores de pH de entre 5.55 a 5.62 ± 0.03 ; mientras que Edwards et al. (2003) reportaron valores de pH de 5.53 en cerdos cuyos padres fueron de la raza Duroc y valores de pH de 5.48 para los de la raza Pietrain con diferencias ($P < 0.001$) entre ellas. Valores altos de pH del orden de 5.97 ± 0.43 se reportan en canales provenientes de cerdos Duroc (Suzuki et al., 2005).

Machos castrados alcanzaron valores de pH de 5.88 ± 0.024 mayores ($P < 0.05$) a los de hembras con pH de 5.77 ± 0.023 (Latorre et al., 2004). Sin embargo otros estudios no reportan diferencias por sexo (Bender et al., 2006; Hamilton et al., 2000).

Esfuerzo de corte (EC): La firmeza del músculo se relaciona estrechamente con su estructura. La blandura se debe generalmente a la misma combinación de factores: rápida caída del pH y temperatura alta. El

grado de firmeza se ve también afectado por la temperatura del músculo, por la naturaleza y firmeza de la grasa subcutánea que rodea a los músculos, y por la cantidad de grasa intramuscular. Las temperaturas altas, las grasas blandas y/o cantidades mínimas de grasa intramuscular favorecen la debilitación de la estructura del tejido muscular. El instrumento más usado en la medida objetiva de la dureza es el Warner- Bratzler; mide la fuerza necesaria para cizallar ó cortar una muestra cilíndrica de carne de 1cm de espesor en libras o kilogramos. A mayor valor de la fuerza, mayor dureza de la carne (Price y Schweigert, 1994).

La blandura y presencia de mayor cantidad de agua en la canal puede ser atribuible a un menor marmoleo (Pringle y Williams, 2000). La reducción en el marmoleo y el incremento en el crecimiento magro de la carne, el tiempo de sacrificio de los cerdos pueden tener un impacto negativo en la blandura del músculo del cerdo (Ellis et al., 1999).

Fennema (1993) menciona que la grasa intramuscular afecta la textura de la carne, incrementa la firmeza en carne cruda y refrigerada e incrementa la blandura en carne cocida, debido a que la grasa es mas suave que las fibras musculares. Otro aspecto que afecta la textura, es la cantidad de tejido conectivo que el músculo contenga, siendo mayor en aquellos músculos de gran actividad física como *bíceps femoral* o semitendinoso, y menor en los poco ejercitados como el *psoas mayor*. En los animales viejos se presenta un mayor

entrecruzamiento de las fibras de colágeno, lo que acrecienta la dureza de la carne.

Valores de EC de 4.0 a 4.8 ± 0.2 kgf fueron obtenidos en cerdos de raza Yorkshire (Karlsson et al., 1993). Bidner et al. (2004) empleando cerdos comerciales de genotipo híbrido reportan valores de EC de 3.6 ± 1.1 kgf. Edwards et al. (2003) no encontraron diferencias ($P > 0.05$) para EC en cerdos cuya progenie paterna provenía de la raza Duroc y de la raza Pietrain (6.94 ± 0.22 kgf y 7.11 ± 0.22 kgf, respectivamente).

Latorre et al. (2004) no observaron diferencias ($P > 0.05$) para EC por sexo, Hembras presentaron valores de 8.5 ± 0.30 kgf mientras que machos fue de 7.7 ± 0.30 kgf. Al igual que Hamilton et al. (2000) con valores de 3.83 ± 1.21 kg en machos castrados y de 4.09 ± 1.21 kg en hembras.

Capacidad de Retención de Agua (CRA): La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la capacidad de la carne de retener su agua durante la aplicación de fuerzas externas, tales como cortes, calentamiento, trituración y prensado ó centrifugación (Swatland, 2003).

Las variaciones en la CRA se relacionan con el modo en que el agua físicamente unida es encerrada en la estructura cárnica. Las medidas de CRA se realizan normalmente exponiendo la carne a fuerzas de tal magnitud, que el agua se libera (Price y Shweigert, 1994).

La CRA de la carne disminuye en la medida que se tienen valores de pH bajos. Esto se debe a que la mayoría de las proteínas miofibrilares alcanzan su punto isoeléctrico y pierden la capacidad de ligar agua (Martínez et al., 2006).

La CRA de la carne es muy importante pues determina el grado de goteo va a tener durante el corte y en el anaquel. Una CRA alta es deseable siempre y cuando no sea carne DFD (Alarcón et al, 2005).

Una disminución en la CRA significa: pérdida de peso durante el almacenamiento, en el transporte y en la exhibición en el mercado; envasado poco atractivo, disminución del rendimiento y calidad de alimentos procesados, disminución de la jugosidad, y de la suavidad. (Kauffman et al., 1986).

Savell et al. (2005) reportaron que cuando la carne de cerdo no es capaz de retener agua, pierde color y firmeza. Se estima como pérdida de agua normal aquella dentro del rango de 0.5 a 1%, en 24 horas, aunque pueden presentarse casos de hasta 10% (Ramírez, 2006).

Pedauy et al. (1994) en canales de cerdos de genotipo híbrido padres: Landrace Belga x Duroc o Pietrain y madres: Large White x Landrace) y peso al sacrificio de 81.59 ± 13.36 kg, observaron una CRA de $72.73 \pm 8.25\%$. Becerril (2004) en cerdos York-Landrace los valores de CRA fueron superiores, del orden de $93.02 \pm 1.09 \%$ a las 48 hrs.

Martel et al. (1988) no encontraron diferencias ($P>0.05$) por raza en los valores de pérdida de peso por goteo, comparando canales de cerdos Yorkshire, L y D con valores de $8.01\pm0.71\%$, $9.13\pm0.71\%$ y $8.58\pm0.71\%$, respectivamente.

Hamilton et al. (2000) obtuvieron valores de pérdida de peso por goteo similares ($P>0.05$) entre machos castrados ($6.08\pm0.89\%$) y hembras ($5.62\pm0.89\%$). Al igual que Martel et al. (1988) con valores de $8.89\pm0.50\%$ en machos y de $8.10\pm0.50\%$ en hembras; y por Bender et al. (2006) con valores de pérdida de peso por goteo de $1.83\pm0.15\%$ en machos castrados ($P>0.05$) y $2.00\pm0.15\%$ en hembras.

Color: Es la propiedad mas determinante para el consumidor a la hora de realizar la compra, debido a que es la primera percepción que se tiene sobre el alimento (Swatland, 2003; Sánchez et al., 2005). El color como lo detecta el ojo, es el resultado de una combinación de diversos factores. Cualquier color específico posee tres atributos conocidos como tinte, croma y valor. El tinte o tono describe lo que generalmente se piensa o admite como color: amarillo, verde, azul o rojo (la longitud de onda de la radiación luminosa), el croma (pureza o saturación) son términos que describen la intensidad del color fundamental con respecto a la cantidad de luz blanca mezclada con él, mientras que el valor de un color es la indicación de su reflectancia total (brillo) (Forrest et al., 1979).

El método de referencia ampliamente utilizado para la medición del color es el (CIE-Lab) el cual estriba en su similitud con la visual humana. El sistema obtiene los valores triestímulo CIE en relación con el espectro visible, definiendo tres colores primarios: rojo (X), verde (Y) y azul (Z). A partir de ellos se calculan matemáticamente las coordenadas de color L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde), b^* (amarillo-azul). El parámetro L^* varía de 0 (negro) a 100 (blanco), el valor de a^* puede ser positivo ($a^*>0$, rojo) o negativo ($a^*<0$, verde) y el valor de b^* puede ser positivo ($b^*>0$, amarillo) o negativo ($b^*<0$, azul) (Honikel, 1998).

El color del músculo se utiliza generalmente para evaluar su calidad. Un color oscuro puede indicar rasgos tan desagradables como edad avanzada, deshidratación o alteración. Un músculo con un color extremadamente pálido puede sugerir una pobre capacidad de retención de agua y un encogimiento potencial alto. Además el color también sirve como guía para la identificación de especies (Price y Schweigert, 1994).

Chizzolini et al. (1993) admite que la carne puede ser clasificada basada sobre el color, especialmente tomando el valor de a^* . Estos autores reportaron la relación entre a^* y b^* con los marcados incrementos en amarillos. Estos resultados pueden particularmente atribuirse a las bajas condiciones de pH que favorecen la oxidación de la mioglobina. Una carne atractiva en color es aquella que tiene una luminosidad baja, una intensidad de color rojo alta, y una intensidad de color amarillo baja (Cornforth, 1994).

Existe el método subjetivo para evaluar el color utilizado por Terán (2004) con los estándares de calidad sugeridos por El Consejo Nacional de Porcicultores de los Estados, determinan las siguientes calificaciones: 1) carne pálida blanca; 2) rosa gris; 3)roja ; 4) roja oscura; 5) púrpura y 6) púrpura oscura.

El color es evaluado normalmente sobre la superficie del ojo del lomo, o bien en el jamón. El color que se puede considerar como deseable en Estados Unidos y México es uno definido como rosa-rojizo. El Consejo Nacional de Porcicultores de los Estados Unidos (NPPC) ha publicado una tabla de estándares de color del ojo del lomo que es de utilidad en la valoración de las carnes, oscilando de 1 al 6. Sin embargo se tiene una amplia gama de color en la carne que van desde el rosa pálido hasta un rojo muy oscuro. El mercado japonés prefiere un rosado oscuro que cae en la clasificación de color americana como valor de 3.5 a 4. El mercado japonés tiene una preferencia por una carne de cerdo con un color más oscuro que el aspecto en nuestro mercado y en el americano (Ramírez, 2006).

Un color de carne muy pálido se estará asociando con una carne flácida y de baja calidad al corte, característica sumamente castigada en la industria ya que posee una capacidad de retención de agua muy baja (Ramírez, 2006).

Un estudio realizado por Suzuki et al. (2005) empleando cerdos Duroc reportan valores de color para L^* de 48.44 ± 3.16 ; mientras quende 53.53 ± 2.92

en cerdos Duroc X (Landrace X Large White) (Correa et al., 2006). Por su parte, Skrlep y Potokar (2006) en cerdos de línea materna Large White X Landrace con línea paterna Pietrain o Pietrain X Hampshire observaron valores de L^* de 52.6 ± 5.0 y de a^* y b^* de 7.4 ± 1.7 , 4.0 ± 1.8 respectivamente.

Edwards et al. (2003) en un estudio donde evaluaron la calidad de la carne comparando la raza Duroc y Pietrain como sementales, Yorkshire y Yorkshire-Landrace como madres encontraron que cuando el padre fue de raza Duroc los valores de L^* , a^* y b^* fue de 54.77 ± 0.54 , 17.33 ± 0.17 y 7.58 ± 0.20 , mientras que cuando la raza paterna era Pietrain los valores obtenidos fueron de 55.37 ± 0.54 , 17.04 ± 0.17 y 7.58 ± 0.20 , respectivamente, encontrando solo diferencias significativas ($P < 0.05$) en el valor de a^* .

El color de la carne es diferente por efecto del sexo. Latorre et al. (2004) obtuvieron valores similares, en machos castrados y en hembras con valores de L^* de 49.6 ± 0.45 , a^* de 3.78 ± 0.13 y b^* de 10.0 ± 0.14 y en hembras contra 49.5 ± 0.45 , 3.77 ± 0.13 y 10.3 ± 0.14 respectivamente.

Bender et al. (2006) reportan valores de: L^* de 51.33 ± 0.37 , a^* de 7.42 ± 0.14 , b^* de 1.53 ± 1.39 en machos castrados y de L^* de 50.99 ± 0.37 , a^* de 7.25 ± 0.14 y b^* de 1.39 ± 0.18 para hembras, sin diferencias ($P > 0.05$) entre ellos por efecto del sexo.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, A. D., J. O. Duarte, F. A. Rodríguez y H. Janacua. 2005. Incidencia de carne Pálida-Suave-Exudativa (PSE) y Oscura-Firme-Seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Téc. Pecu. Méx.* 43(3):335-346.
- Andrew, B. S., S. Hutchison, J. A. Unruh, M. C. Hunt, J. E. Boyer, J. R. and R. C. Johnson. 2007. Influence of pH at 24 H postmortem on quality characteristics of pork loins aged 45 days postmortem. *Journal of Muscle Foods*. 18:401-419.
- Becerril, H. M. 1999. Crecimiento y Calidad de la canal de Cerdos Pelón Mexicano y York-Landrace de confinamiento y pastoreo. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Bender, J. M., M. T. See, D. J. Hanson, T. E. Lawrence and J. P. Cassady. 2006. Correlated responses in growth, carcass, and meat quality traits to divergent selection for testosterone production in pigs. *J. Anim. Sci.* 84:1331-1337.
- Bidner, B. S., M. Ellis, M. S. Brewer, D. Champion, E. R. Wilson and F. K. Mc Keith. 2004. Effect of Ultimate pH on the Quality Characteristics of Pork. *Journal of Muscle Foods*. 15:139-154.
- Campagna, D., D. Somenzini, P. Silva, L. Maiztegui, R. DI Masso y M.T. Font. 2003. Parámetros productivos en una población de cerdos de base genética heterogénea, criados a campo, bajo un esquema de cruzamientos terminal y absorbente. *Revista de investigaciones de la facultad de ciencias agrarias. Número IV. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario. Parque Villarino, CC14 Zavalla, Santa Fe. Argentina. Instituto de Genética Experimental. Consejo de Investigaciones. Universidad Nacional de Rosario. E-mail: dcampag@agatha.unr.edu.ar*
- Cassady, J. P., O. W. Robison, R. K. Johnson, J. W. Mabry, L. L. Christian, M. D. Tokach, R. K. Miller and R. N. Goodwin. 2004. National Pork Producers Council Maternal Line Genetic Evaluation: A comparison of growth and carcass traits in terminal progeny. *J. Anim. Sci.* 82:3482-3485.
- Cornforth, D. Color basis and importance. 1994. In: *Quality attributes in meat poultry and fish products. Advances in meat research.* Pearson AM. Dutson TR editors. Blackie Academic & professional. London, UK: Chapman and Hall: 9: 34-78.

- Correa, J. A., S. Méthot and L. Faucitano. 2007. A modified meat juice container (Ez-Driploss) procedure for a more reliable assessment of drip loss and related quality changes in pork meat. *Journal of Muscle Foods* 18:67-77.
- Chizzolini, R., E. Noveli, A. Badiani, G. Delbono and P. Rosa. 1993. Objective measurements of pork quality: Evaluation of various techniques. *J. Meat Sci.* 34: 49-77.
- Edwards, D. B., R.O. Bates, and W. N. Osburn. 2003. Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. *J. Anim. Sci.* 81: 1895- 1899.
- Ellis, M., A. J. Webb, P. J. Avery, and I. Brown. 1996. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and carcass and slaughterhouse on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *J. Anim. Sci.* 62: 521-530.
- Faustman, C. and R. G. Cassens. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. *J. Muscle Foods.* 1:217-243.
- Fennema, O. 1993. *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza. España. p.1094.
- Forrest, J. C., E. D. Aberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge y R. A. Merkel. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. Edit. Acribia, Zaragoza, España. p.154.
- Garrido M. D., Bañón S. y Álvarez D. 2005. Medida del pH. En: *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa)* Ed. Cañequé V. y Sañudo C. p. 206-215.
- Goerl, K. F., S. J. Eilert, R. W. Mandigo, H. Y. Chen and P. S. Miller. 1995. Pork Characteristics as Affected by Two Populations of Swine and Six Crude Protein Levels. *J. Anim. Sci* 73: 3621-3626.
- Gresham, D., S. R. McPeake, J. K. Bernard, and H. H. Henderson. 1992. Commercial adaption of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass composition from live animal and carcass measurements. *J. Anim Sci.* 70:631-639.

- Hamilton, D. N., M. Ellis, K. D. Miller, F. K. McKeith, and D. F. Parret. 2000. The effect of the Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs. *J. Anim. Sci.* 78:2862–2867.
- Higbie, A. D., T. D. Bidner, J. O Matthews, L. L. Southern, T. G. Page, M. A. Persica, M. B. Sanders, and C. J. Monlezun. 2002. Prediction of swine carcass composition by total body electrical conductivity (TOBEC). *J. Anim. Sci.* 80:113-122.
- Honikel, KO. 1998. Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. *J. Meat Sci.* 49:447-457.
- Kauffman, R. G., G. Eikelenboom, P. G. Van der wall, B. Engel and M. Zaar. 1986. A comparison of methods to estimate water- holding capacity in post-rigor porcine muscle. *J. Meat Sci.* 18: 307- 322.
- Karlsson, A., A. Ch. Enfält, B. E. Gustavsson, K. Lundström, L. Rydhmer and S. Stern. 1993. Muscle Histochemical and Biochemical Properties in Relation to Meat Quality During Selection for Increased Lean Tissue Growth Rate in Pigs. *J. Anim. Sci.* 71: 930-938.
- Latorre, M. A., R. Lázaro, D. G. Valencia, P. Medel and G. G. Mateos. 2004. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *J Anim Sci.* 82:526-533.
- Lawrie R. A. 1998. *Ciencia de la Carne*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.p. 77-79.
- Leach, L .M., M. Ellis, D. S. Sutton, F. K. McKeith and E. R. Wils.1996. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.* 74:934-943.
- Liu, Y. and J. R. Stouffer. 1995. Pork carcass Evaluation with an automated and computerized ultrasonic system. *J. Anim. Sci.* 73: 29-38
- Martel, J., F. Minvielle and L. M. Poste.1998. Effects of Crossbreeding and Sex on Carcass Composition, Cooking Properties and Sensory Characteristics of Pork. 1988. *J. Anim. Sci.* 66:41-46.

- Martínez, J. A., A. D. Alarcón, J. A. Ortega y H. Janacua. 2006. 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.
- Mc Laren, D. G., F. M. McKeith and J. Novakofski. 1989. Prediction of carcass characteristics at market weight from serial real-time ultrasound measures of backfat and loin eye area in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 67:1657-1667.
- Mersmann, H.J. 1982. Ultrasonic determination of backfat depth and loin area in swine. *J. Anim Sci.* 54 (2):268-275.
- Mota, R. D., M. H. Becerril, F. R. J. Gay, M. S. Alonso, C. F. Lemus, R. N. Ramírez, E. I. I. Escobar. 2006. Calidad de la carne de cerdo, salud pública e inocuidad alimentaria. Edit. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México, D. F. p.134.
- Newcom, D. W., T.J. Bass, K.J. Stalder, and C.R.Schwab. 2005. Comparasion of three models to estimate breeding values for percentage of loin intramuscular fat duroc swine. *J. Anim. Sci.* 83:750-756.
- Nold, R.A., J. R. Romans, W. J. Costello, J. A. Henson and G. W. Libal. 1997. Sensory characteristics and carcass traits of boars, barrows, and gilts fed high- or adequate-protein diets and slaughtered at 100 or 110 kilograms. *J. Anim. Sci.* 75:2641-2651.
- NMX- FF- 081- SCFI-2003.Productos Pecuarios- Carne de Porcino en Canal- Calidad de la carne-Clasificación (Cancela a la NMX-FF-O81-1993-SCFI).
- Offer, G., and J. Trinick. 1983.On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Sci.* 8:245–281.
- Pedauyé, J., S. Bañón, M. Quintero, M.B. López y M. D. Garrido. 1994. Calidad de la Carne de Cerdo: Influencia del espesor de panículo dorsal, el grado de infiltración grasa muscular y del sexo. *An. Vet. (Murcia)* 9-10: 17-24.
- Poto, A., G. López, P. Medina, J. Gonzáles, J. B. Lobera, M. Martínez y B. Peinado. 2000. La mejor forma de recuperar la raza porcina chato murciano es mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Arch. Zootec.* 49: 195-200.

- Poulanne, E. J., M.H. Ruusunen and J. I. Vainionpää. 2001. Combined effects of NaCl and raw meat pH on water – holding in cooked sausage with and without added phosphate. *J. Meat Science*. 58: 1 – 7.
- Price J. F. y B. S. Schweigert. 1994. *Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos*. Edit. Acribia, Zaragoza, España. p. 287-327.
- Pringle, T. D. and S. E. Williams. 2000. Fat Thickness and loin eye area effects on pork carcass quality measures. *Journal of Muscle Foods* 11: 307-318.
- Ramirez, A. A. 2006. *Calidad y Clasificación comercial de la carne*. Universidad de Guadalajara. Edit. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 1ª Ed. Las agujas, Zapopan, Jalisco, México. p. 65-67.
- Roseiro, L. C., C. Santos, and R. S. Melo. 1994. Muscle pH₆₀ color (L, a, b) and water – holding capacity and the influence of postmortem meat temperature. *Meat Sci*. 38: 353-359.
- Sánchez, M.J., B. Martínez, C. Vieira, B. Rubio, M. Sánchez, M. T. Díaz Y M. D. García. 2005. Características sensoriales de la canal y la carne de lechones adscritos a la m.g. cochinillo de segovia: efecto de la edad de sacrificio y de la formulación de hierro administrada. Estación Tecnológica de la Carne (ITACyL). Guijuelo, Salamanca.
- Savell J.W., S. L. Mueller and B. E. Baird (2005): The chilling of carcasses. *Meat Science* 70: (3) 449-459.
- Schwab, C. R., T. J. Baas, K. J. Stalder, and J. W. Mabry. 2007. Deposition rates and accretion patterns of intramuscular fat, loin muscle area, and backfat of Duroc pigs sired by boars from two time periods. *J. Anim. Sci*. 85:1540-1546.
- Skrlep, M. and M. C. Potokar. 2007. Pork color measurement as affected by bloom time and measurement location. *Journal of Muscle Foods* 18:78-87.
- Smith, B. S., W. R. Jones, J. D. Hough, D. L. Huffman, W. B. Mikel, and D. R. Mulvaney. 1992. Prediction of carcass characteristics by real- time Ultrasound in barrows and gilts slaughtered at three weights. *J. Anim. Sci*. 70:2304-2308.

- Suzuki, H., M. Irie, H. Kadowaky, T. Shibata, M. Kumagai, and A. Nishida. 2005. Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intramuscular fat content. *J. Anim. Sci.* 83: 2058-2065.
- Swatland, H. J. Evaluación de la Carne en la Cadena de Producción. 2003. Edit. Acribia, S.A. Zaragoza, (España) p.181-201.
- Unruh, J. A., K. G. Friesen, S. R. Stuewe, B. L. Dunn, J. L. Nelssen, R. D. Goodband and M.D. Tokach. 1996. The influence of genotype, sex, and dietary lysine on pork subprimal cut yields and carcass quality of pigs fed to either 104 or 127 kilograms. *J. Anim. Sci.* 74:1274- 1283.
- Uttaro, B. E., R. O. Ball, P. Dick, W. Rae, G. Vessie and L. E. Jeremiah. 1993. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. *J. Anim. Sci.* 71:2439-2449.
- Van Laack, R. L., S. G. Stevens and K. J. Stalder. 2001. The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. *J. Anim Sci.* 79:392-397.
- Van Wijk, H. J., B. Dibbitts, E. E. Baron, A.D. Brings, B. Harlizius, M. A. M. Groenen, E. F. Knol, and H. Bovenhuis. 2006. Identification of quantitative trait loci for carcass composition and pork quality traits in a commercial finishing cross. *J. Anim. Sci.* 84:789-799.
- Warris, P. D. Ciencia de la carne. 2003. Edit. Acribia, S.A. Zaragoza España. p. 128.
- Whittemore, Colin. Ciencia y práctica de la producción porcina. Edit. Acribia. 1996. Zaragoza, España. p.18.
- Wulf, D. W., and J. W. Wise. 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space. *J. Anim. Sci.* 77: 2418-2427.

Artículo 1.

Título: Variation in carcass and meat quality by genetic group and gender pigs produced in hot climates.

Autores: Cristina Volene Palomares Cuellar, Cristina Pérez Linares, Fernando Figueroa Saavedra, Alberto Barreras Serrano, María Alejandra López Soto, Eduardo Sánchez López, José Guadalupe Soto Avila, Leopoldo Javier Galván Lara

Domicilio: Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias.
Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México

Variation in carcass and meat quality by genetic group and gender in pigs produced in hot climates

C.V. Palomares-Cuellar^a, C. Pérez-Linares^{a1}, F. Figueroa-Saavedra^a, A. Barreras-Serrano^a, M.A. López-Soto^a, E. Sánchez-López^a, J.G. Soto-Avila^a, L.J. Galván-Lara^a

^aUniversidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias.

Abstract

The objective of this article *is to evaluate* the effects of genetic group and gender on quality parameters of pigs *raised* in an arid climate zone. A 12-months study was carried out *using* 314 pigs. The genetic groups included were: Landrace (L), Duroc (D), Yorkshire (Y), and their crossbred. Gender was registered as gilts and barrows. Variables for carcass and meat characteristics were analyzed using a linear model that considered the permanent effects of genetic group, gender, month of slaughter, genetic by gender interaction, and animal age and hot carcass weight as co-variables, and error as a random component. The analysis was conducted using SAS GLM procedure. Differences ($p>0.05$) by genetic group in carcass and meat quality parameters were not observed, but significant differences ($p<0.05$) by gender on carcass length (CL), loin eye area (LEA), and back fat (BF1, BF2, and BF3) were noted. Gilts showed higher CL and LEA than barrows, with values of 73.62 ± 0.44 cm and 72.42 ± 0.36 cm, and 33.67 ± 0.70 cm² and 30.83 ± 0.58 cm², respectively. Barrows showed greater BF values than in gilts. During the month of March, an increase in BF1 and BF3 was noticed. Differences ($p<0.05$) by sex on meat quality parameters only for a^* -values were monitored, being higher in gilts (4.53 ± 0.17) than in barrows (4.12 ± 0.14). The mean value of pH was 5.72 ± 0.01 , with the lowest values seen in the hottest months. During the months with the highest temperatures, L^* -value tended to increase due to the highest amount of free surface water, with a maximum value of 60.27. The mean value of SF was 3.03 ± 0.04 kgf indicating tender meat. Parameters of carcass and meat quality were similar in pure genetic group pigs as well as in crossbred. With respect to gender, the meat from gilts showed a more intense red

¹ Corresponding author: Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. U.A.B.C. Km 1.5 Carr. a San Felipe Fracc. Campestre. Mexicali, B.C. México. Tel.-fax: 5 686 5 63 69 06 Ext. 130 .
E-mail: cristinapl@yahoo.com

color, whereas the barrows carcasses had more fat. High temperatures favored occurrence of PSE meat. A better control in the production system as well as in ante-mortem management is recommended, so that differences among genetic groups for quality parameters in arid climate zones may be detected.

Key words: Meat quality, pork, carcass characteristics, loin eye area, carcass fat, gender

Introduction

In Mexico, currently, pig carcasses produced under intensive production systems are sent to the market, without a quality evaluation and this has an effect on the producer's income. If a quality assessment process were used, producers of high quality animal would see an increase of price for their animals. Heat stress is considered to be an important factor in carcass and meat quality the reason for this is that it reduces the animal's comfort level and this type of stress has been associated to the presence of pale, soft and exudative meat (PSE) (Grandin, 1994). Animal related factors that have been reported as having effect on quality parameters are the genetic group to which the animals belong (Edwards et al., 2003) and gender (Kuhlers et al., 1981; Unruh et al., 1996). These studies, however, are limited to climates other than those of the region in which this study was done. Little or no information at all has been published about factors contributing to carcass and meat quality variability of pigs produced in hot climates. This work studies the effects of genetic and gender group on quality parameters of swine, produced in an intensive system located in an arid climate zone.

Materials and Methods

Farm location and production system

The study was conducted in the Institute of Veterinary Science Research pig farm experimental pig in the city of Mexicali, Mexico, during a period of 12 months. The climate of the area is hot and dry with annual precipitation of less than 15 mm and temperatures varying between -5.0°C in the winter and 50°C in the summer. Three hundred and fourteen pigs with an average slaughter weight of 82.79 ± 1.46 kg were used. The animals included in this study belonged to the following genetic groups: Landrace (L), Duroc (D), Yorkshire (Y), and their crosses. Gender was registered as

females and castrated males. An intensive four phase production system is in use. During the finishing period, the animals have free access to food under an automated system. At the end of this last phase, the pigs were slaughtered in a government approved slaughterhouse (Federal Inspection Type No. 54) according to federal regulated procedures (NOM-033-ZOO-1995: Humanitarian slaughter of wild and domestic animals in Mexico).

Methods and laboratory analysis

Within eight hours after slaughter the following variables were recorded: gender, hot carcass weight with head (HCW) this was recorded before the carcass being was refrigerated (Friesen et al., 1994), carcass length (CL) the length is measured from the cranial tip of the aitch bone to the cranial edge of the first rib (García et al., 1996), back fat thickness is measured on the first rib (BF1), last rib (BF2) and last lumbar vertebrae (BF3). A meat sample of approximately one kilogram was obtained from the *Longissimus dorsi* muscle between the 10th and the 11th rib and stored in a refrigerator, for later analysis. The variables measured in the meat sample were: Loin eye area (LEA), pH, color (L*,a*, b*), water-holding capacity (WHC), and shear force (SF). LEA is determined in cm², using a plastic pattern (ISU, U.S.). The pH is measured with a puncture potentiometer (Delta Track Inc., ISFET pH 101, Pleasonton, C. A., U.S.). The color values L* (lightness), a*(redness), b*(yellowness) were determined using a Minolta CM-2002 spectrophotometer (Minolta Camera, Co., Ltd, Osaka, Japan) utilizing an integrated specular component (SCI), a D₆₅ illuminant and a 10° observer. The water-holding capacity was obtained using centrifugation, according to the technique reported by Sutton et al. (1997). SF was obtained using pieces of meat of 1 cm² diameter obtained from the original sample, the smaller samples were aged 24 h with and cut parallel to the muscle fiber orientation. The SF measurements (kg/cm²) were determined utilizing a Lloyd texturometer (Lloyd Instruments, Fareham Hampshire, UK equipped with Warner-Bartzler shear blades with a crosshead speed of 50 mm/min. All the measurements were made in triplicate.

Statistical analysis

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + S_j + (MS)_k + (GS)_{ij} + \beta_1(HCW) + \beta_2(Age) + \varepsilon_{ijk}$$

where: Y_{ijk} is the response variable, μ is the general mean, G_i effect of the genetic group, S_j effect of gender, $(SM)_k$ slaughter month effect, $(GS)_{ij}$ interaction of genetic group by sex, β_1 and β_2 are the regression coefficients associated to Age and HCW as co-variables, and ε_{ijk} is random error $\sim NI(0, \sigma^2)$. The analysis was done through GLM procedure using the SAS statistical program (Herrera and Barreras, 2005). Non significant effects into the model were eliminated in order to increase test sensitivity of effects. When the hypothesis of mean effect equality was rejected, least square means were obtained and contrasted using Tukey procedure (Steel and Torrie, 1993).

Results

Differences ($p>0.05$) by genetic group in quality parameters of carcass and meat (Table 1) were not observed; unlike gender, where differences ($p<0.05$) in the carcass variables CL, LEA, BF1, BF2, and BF3 were detected. Gilts presented higher means for CL than barrows, with values of 73.62 ± 0.44 cm and 72.42 ± 0.36 cm, respectively. The mean values found in LEA for gilts were 33.67 ± 0.70 cm² and for barrows 30.83 ± 0.58 cm². Males had higher values for BF than females. Expressed as BF1, they were 1.53 ± 0.04 cm vs 1.35 ± 0.05 cm, for BF2 and BF3 the differences by sex were 1.60 ± 0.04 cm vs 1.34 ± 0.05 cm and 2.93 ± 0.07 cm versus 2.62 ± 0.08 cm, respectively. As to the effect of season of the year, during the month of March there is an increase in BF1 and BF3 (Fig. 1). With respect to meat quality parameters, differences ($p<0.05$) by gender were observed only for a^* values. a^* value of redness was higher in gilts (4.53 ± 0.17) than in barrows (4.12 ± 0.14). The mean values of assessed meat quality parameters are shown in Table 2. The pH mean value was 5.72 ± 0.01 . However, observing the performance of this variable during the year, the lowest value (5.39) is reported in the hottest months (Fig. 2). The mean value found in L^* was 53.81 ± 0.27 . Analyzing L^* variable by season of the year, during the hottest months, its value tended to increase due to an increased amount of free water on the surface, a maximum value of 60.27 (Fig. 3) was obtained. WHC presented a mean value of

76.12±0.25%. As to its performance by season of the year, however, it reached the lowest values during the summer months (Fig. 4). The mean value of SF was 3.03±0.04 kgf, representing tenderness meat.

Discussion

The CL values in gilts was higher than that in barrows, similar results have been reported by other authors (Geri et al., 1990; Baas et al., 1992; Cassady et al., 2004). Mota et al. (2006) suggests that carcass length is not related to composition, but to the animal production characteristics (litter size and number of teats). Differences due to gender were also noticed in LEA, the higher LEA values in gilts were reported by Liu and Stouffer (1995), Uttaro et al., 1993), and Shwab et al. (2007) in pigs with slaughter weight similar to the ones of this study. When the slaughter weight is 115 kg, Cassady et al. (2004) report differences ($p < 0.05$) in LEA by gender, with $44.5 \pm 0.3 \text{ cm}^2$ in gilts and $41.7 \pm 0.3 \text{ cm}^2$ in barrows. The differences resulting from gender group indicate that due to castration, muscular growth in barrows is reduced, because of lack of male hormones; because protein synthesis is not stimulated there is no muscular development, which promote greater fat deposition in the animal (Forrest et al., 1979). Higher fat deposition was observed in the carcasses of barrows, according to Hamilton et al. (2000) who point out that the carcasses of castrated barrows contain more fat than the gilts carcasses. Leach et al. (1996) reported higher BF1 values in castrated barrows than in gilts ($4.0 \pm 0.12 \text{ cm}$ against $3.3 \pm 0.12 \text{ cm}$); whereas Nold et al. (1997) found higher BF2 values in barrows ($2.22 \pm 0.09 \text{ cm}$) than in gilts ($1.86 \pm 0.09 \text{ cm}$), likewise, Leach et al. (1996) with values of $2.5 \pm 0.10 \text{ cm}$ in barrows and $2.1 \pm 0.10 \text{ cm}$ in gilts. The same effect is reported in BF3 between barrows and gilts in several studies; McLaren et al. (1989) report values of 2.89 ± 0.05 against $2.62 \pm 0.04 \text{ cm}$, Leach et al. (1996) observed 2.3 ± 0.12 against $1.7 \pm 0.12 \text{ cm}$, and 2.63 ± 0.14 against $2.30 \pm 0.10 \text{ cm}$ were reported by Hamilton et al. (2000). Kempster and Evans (1979) reported that subcutaneous fat accumulates in the lower abdomen, and in castrated males the accumulation is seen in the dorsal region. Bender et al. (2006) determined that these differences exist because of presence or absence of endogenous hormones; furthermore, there is a positive correlation established between testosterone production and animal growth, supporting the results where higher fat production in castrated animals than in gilts is observed

The increase of BF1 and BF3 values during the month of March is possibly due to the fact that the pigs stayed in the final phase for longer time, which resulted higher fat deposition in tissues. Although the mean pH value is within the expected pH levels in normal meat (5.6 – 5.7) (Van Laack et al., 1994), these were affected by the high temperatures which caused stress in the pigs and consequently an acceleration of the metabolic reactions that resulted in a pH value (5.4) associated to PSE meat (pH=5.4), as reported by van Laack et al. (1994). The observed value of color lightness of L* meat coincides with the values reported by other authors (Alarcón et al., 2005, Correa et al., 2005; Skrlep and Candek-Potokar, 2007), however stress in pigs caused by high temperatures during summer, has been considered a reason why, after slaughter L* lightness was affected showing an increase in its values. Taking into account that the L* value is utilized to assess meat quality and that an L* value of 62 ± 2 is considered by Van Laack et al., (1994) as a characteristic of a PSE meat it was concluded that during this period the meat was classified as PSE. The occurrence of greater paleness in barrows in gilts has been observed by Langlois and Minviele (1989). Latorre et al. (2004) did not find differences ($p > 0.05$) between genders. Nevertheless, reporting higher a* values, in gilts and barrows (5.0 ± 0.18 and 5.5 ± 0.18 , respectively), Peinado et al. (2008) noted differences ($p < 0.05$) by gender for this variable. The results of this study suggest that as a consequence of the production system that is used and the local market demand for younger barrows, the animals were slaughtered before they reached the same level of development as gilts, so that they had a lower concentration of muscle myoglobin, resulting in less colored meat (Alarcón et al. (2005). The mean percentage of WHC observed in this study was also reported by Pedauyé et al. (1994) with values of $72.73 \pm 8.25\%$. During the summer months, the WHC values diminished coinciding with PSE meat occurrence as reported by Alarcón et al. (2005). As to SF, Ruíz-Ramírez et al. (2007) did not find differences ($p > 0.05$) in SF among pigs with different slaughter weight, with mean values between 3.05 ± 0.12 kg and 3.19 ± 0.10 kg for pigs of slaughter weight between 83 and 95 kg, respectively; even with higher slaughter weight (110-140 kg), the SF value was not affected (3.6 ± 0.18 kg in gilts and 3.2 ± 0.18 kg in barrows) (Leach et al., 1996). This indicates that

although there were variations in animal weight, the differences between the SF values are very small, so that no difference in tenderness was determined (Leach et al., 1996).

Conclusions

Quality parameters in carcass or meat were similar in pigs of pure genetic group as well as in crosses. In the case of gender, gilts had higher values for LEA and CL, besides meat of more intense red color, whereas barrows only had fatter carcasses. The results suggest the presence of problems in the production system at not allowing the detection of differences in the assessed variables, furthermore, high environmental temperatures favored the occurrence of PSE meat. So, it is suggested to maintain better control in the production system as well as in ante mortem management, with the purpose of detecting differences among pure genetic groups and/or crosses for quality parameters in arid climate zones.

Acknowledgements

Financial support from the Primera Convocatoria de Apoyo a Proyectos de Desarrollo de Cuerpos Académicos en Formación (2008) is greatly acknowledged.

References

- Alarcón, A.D., Duarte J.O., Rodríguez F.A., Janacua H., 2005. Incidencia de carne Pálida-Suave-Exudativa (PSE) y Oscura-Firme-Seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Téc. Pecu. Méx.* 43(3),335-346.
- Baas, T. J., Christian L.L., Rothschild M.F., 1992. Heterosis and recombination effects in Hampshire and Landrace swine: II. Performance and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 70, 99-105.
- Bender, J. M., See M.T., Hanson D.J., Lawrence T.E., Cassady J.P., 2006. Correlated responses in growth, carcass, and meat quality traits to divergent selection for testosterone production in pigs. *J. Anim. Sci.* 84,1331-1337.
- Cassady, J. P., Robison O.W., Johnson R.K., Mabry J.W., Christian L.L., Tokach M.D., Miller R.K., Goodwin R.N., 2004. National Pork Producers Council Maternal Line Genetic Evaluation: A comparison of growth and carcass traits in terminal progeny. *J. Anim. Sci.* 82, 3482-3485.

- Correa, J.A., Faucitano L., Laforest J.P., Rivest J., Marcoux M., Gariépy C., 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Sci.* 71, 91-99.
- Edwards D.B., Bates R.O., Osburn W.N., 2003. Evaluation of Duroc vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. *J. Anim. Sci.* 81, 1895-1899.
- Forrest J.C., Aberle E.D., Hedrick H.B., Judge M.D., Merkel R.A., 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. p. 127.
- Friesen, K. G., Nelssen J.L., Goodband R.D., Tokach M.D., Unruh J.A., Kropf D.H., Kerr J.B., 1994. Influence of dietary Lysine on growth and carcass composition of High-Lean- Growth Gilts fed from 34-to 72 kilograms. *J. Anim Sci.* 72, 1761-1770.
- Garcia-Macias, J. A., Gispert M., Oliver M.A., Diestre A., Alonso P., Muñoz-Luna A., Signes K., Cuthbert-Heavens D., 1996. The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and fat quality in pig carcasses. *J. Anim. Sci.* 63, 487-496.
- Geri, G., Franci O., Poli B.M., Campodoni G., Zappa A., 1990. Relationships between adipose tissue characteristics of newborn pigs and subsequent performance: II. Carcass traits at 95 and 145 kilograms live weight. *J. Anim. Sci.* 68, 1929-1935.
- Grandin, T., 1994. Methods to reduce PSE and bloodsplash. Allen D. Lewan Swine Conference. College of Veterinary Medicine. University of Minnesota. 21, 206.
- Hamilton, D. N., Ellis M., Miller K.D., McKeith F.K., Parret D.F., 2000. The effect of the Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs. *J. Anim. Sci.* 78, 2862-2867.
- Herrera-Haro J.G., Barreras-Serrano A., 2005. *Statistical Analysis of Experiments with Animals. Handbook of procedures utilizing SAS*. College of Postgraduates in Agricultural Sciences. Montecillo, Mexico State. 216 pp.
- IOWA State University., 1994. University extension. Plastic grid for quick measurement of loin eye (pork and lamb), U. S. A.

- Kempster, A. J., Evans D.G., 1979. The effects of genotype, sex and feeding regimen on pig carcass development. *J. Agric. Sci. (Camb.)*. 93:349-358.
- Kuhlers, D. L., Jungst S.B., Edwards R.L., Little J.A., 1981. Comparisons of specific crosses from Landrace, Duroc-Landrace and Yorkshire-Landrace Sows. *J. Anim. Sci.* 53, 40-48.
- Langlois, A., Minvielle F., 1989. Comparisons of three-way and backcross swine: II. Wholesale cuts and meat quality. *J. Anim. Sci.* 67:2025-2032.
- Latorre, M.A., Lázaro R., Valencia D.G., Medel P., Mateos G.G., 2004. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *J Anim Sci.* 82, 526-533.
- Leach L.M., Ellis M., Sutton D.S., McKeith F.K., Wilson E.R., 1996. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.* 74, 934-943.
- Liu, Y., Stoufffer J.R., 1995. Pork carcass Evaluation with an automated and computerized ultrasonic system. *J. Anim. Sci.* 73, 29-38.
- McLaren, D.G., McKeith F.M., Novakofski J., 1989. Prediction of carcass characteristics at market weight from serial real-time ultrasound measures of backfat and loin eye area in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 67, 1657-1667.
- Mota, R.D., Becerril H.M., Gay J. F.R., Lemus F.C., Ramírez N.R., Escobar I. I., 2006. Calidad de la carne de cerdo, salud pública e inocuidad alimentaria. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, first ed. México, D.F.
- Nold, R. A., Romans J.R., Costello W.J., Henson J.A., Libal G.W., 1997. Sensory characteristics and carcass traits of boars, barrows, and gilts fed high- or adequate-protein diets and slaughtered at 100 or 110 kilograms. *J. Anim. Sci.* 75, 2641-2651.
- Pedauy, J., Bañón S., Quiñenero M., López M.B., Garrido M.B., 1994. Calidad de la carne de cerdo. Influencia del espesor del peniculo dorsal, el grado de infiltración muscular y del sexo. *An. Vet. (Mucia)* 9-10, 17-24.

- Peinado, J., Medel P., Fuentetaja A., Mateos G.G., 2008. Influence of sex and castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined for the dry-cured industry. *J. Anim. Sci.* 86, 1410-1417.
- Pringle, T. D., Williams S.E. 2000. Fat Thickness and loin eye area effects on pork carcass quality measures. *J. Muscle Foods* 11, 307-318.
- Ramirez, A. A., 2006. Calidad y Clasificación comercial de la carne. Universidad de Guadalajara. Centro universitario de Ciencias biológicas y agropecuarias, primera ed. Las agujas, Zapopan, Jalisco, México. pp. 65-67.
- Ruiz-Ramírez, J., Flores C., Leal M., Rodas-Gonzalez A., Arenguen-Mendéz A., Roman-Bravo R. 2007. Efecto de la condición sexual y distintos pesos al sacrificio sobre las características de la canal y la calidad de la carne. Universidad de Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Industria Animal. Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Carne. Maracaibo, Venezuela.
- Schwab, C.R., Baas T.J., Stalder K.J., Mabry J.W., 2007. Deposition rates and accretion patterns of intramuscular fat, loin muscle area, and backfat of duroc pigs sired by boars from two time periods. *J. Anim. Sci.* 85,1540-1546.
- Skalep, M., Candek- Potokar M., 2007. Pork color measurement as affected by bloom time and measurement location. *J. Muscle Foods.* 18, 78-87.
- Steel y Torrie. 1993. Bioestadística: principios y procedimientos. Mc Graw- Hill. México, D.F.
- Sutton, D.S., Ellis M., Lan Y., Mc Keith F.K., Wilson E.R., 1997. Influence of slaughter weight and stress. Gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *J. Meat Sci.* 46(2), 173-180.
- Unruh, J.A., Fiesen K.G., Stuewe S.R., Dunn B.L., Nelssen J.L., gooband R.D., Torach M.D., 1996. The influence of genotype, sex, and dietary lysine on pork subprimal cut yields and carcass quality of pigs fed to either 104 or 127 kilograms. *J. Anim. Sci.* 74, 1274-1283.

Uttaro, B. E., Ball R.O., Dick P., Rae W., Vessie G., Jeremiah L.E., 1993. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. J. Anim. Sci. 71, 2439-2449.

Van Laack R.L.J.M., Kauffman R.G., Sybesma W., Smulders F.J.M., Eikelenboom G., Pinheiro J.C., 1994. Is colour brightness (L-value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle?. Meat Sci. 38, 193-201.

Table 1. Carcass and meat quality parameters by genetic group and gender in pigs.

Variable	Gilts	Barrows	Pured breed	Cross 2-breed	Cross 3-breed
CL	73.62±0.44 _a	72.42±0.36 _b	73.09±0.48 _a	72.58±0.59 _a	73.38±0.25 _a
BF1	1.35±0.05 _a	1.53±0.04 _b	1.44±0.05 _a	1.39±0.07 _a	1.49±0.03 _a
BF2	1.34±0.05 _a	1.60±0.04 _b	1.45±0.05 _a	1.48±0.07 _a	1.47±0.03 _a
BF3	2.62±0.08 _a	2.93±0.07 _b	2.76±0.09 _a	2.77±0.11 _a	2.79±0.05 _a
LEA	33.67±0.70 _a	30.83±0.58 _b	31.48±0.77 _a	33.09±0.96 _a	32.25±0.38 _a
pH	5.71±0.02 _a	5.74±0.01 _a	5.74±0.02 _a	5.72±0.02 _a	5.71±0.01 _a
L	54.31±0.60 _a	53.66±0.50 _a	54.12±0.66 _a	53.71±0.82 _a	54.13±0.36 _a
a*	4.59±0.16 _a	4.12±0.14 _b	4.76±0.18 _a	4.07±0.22 _a	4.24±0.10 _a
b*	9.72±0.27 _a	9.26±0.23 _a	9.64±0.29 _a	9.50±0.37 _a	9.35±0.16 _a
WHC	75.90±0.56 _a	76.12±0.51 _a	76.16±0.64 _a	76.07±0.78 _a	75.81±0.36 _a
SF	2.99±0.10 _a	3.06±0.09 _a	3.06±0.11 _a	2.88±0.14 _a	3.13±0.06 _a

a, b, c Different letters means significantly different (P<0.05), CL= Carcass length, BF1= Backfat of the first rib, BF2= backfat of the last rib, BF3= backfat of the last lumbar vertebra, L= lightness, a*= redness, b*= yellowness, LEA= Loin eye area, WHC= water holding capacity, SF= Warner-Bartzler shear force.

Table 2. Acronyms, definitions, number of observations (n), means, and standard deviation of carcass and meat characteristics.

Acronyms	Definition of variable	n	Mean	S.D.
CL	Carcass length, cm	314	73.14	4.28
BF1	Backfat on the first rib, cm	314	1.47	0.49
BF2	Backfat on the last rib, cm	314	1.51	0.44
BF3	Backfat on the last lumbar vertebra, cm	314	2.86	0.75
LEA	Loin eye area, cm ²	313	31.87	6.12
pH	Hydrogen Potential	314	5.72	0.20
L	Lightness	314	53.81	4.81
a*	Redness, CIELAB	314	4.34	1.36
b*	Yellowness, CIELAB	314	9.58	2.44
WHC	Water holding capacity, %	284	76.12	4.36
SF	Shear force, Kgf	292	3.03	0.85

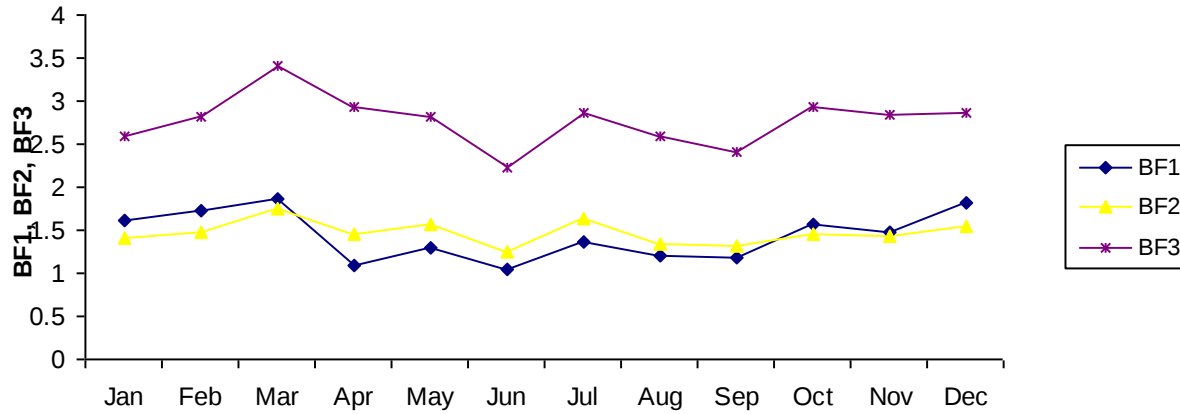


Fig.1 Averages monthly values of meat for variables BF1, BF2 and BF3

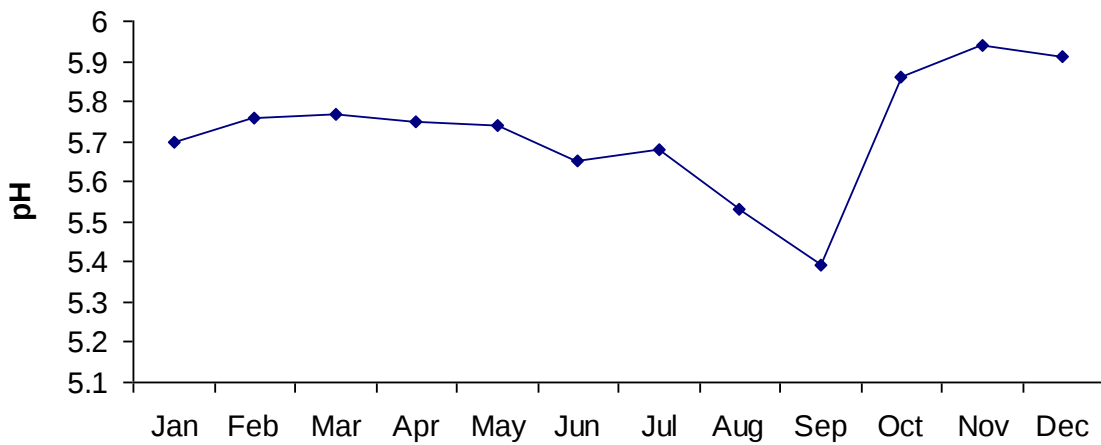


Fig.2 Average pH values of meat over the year.

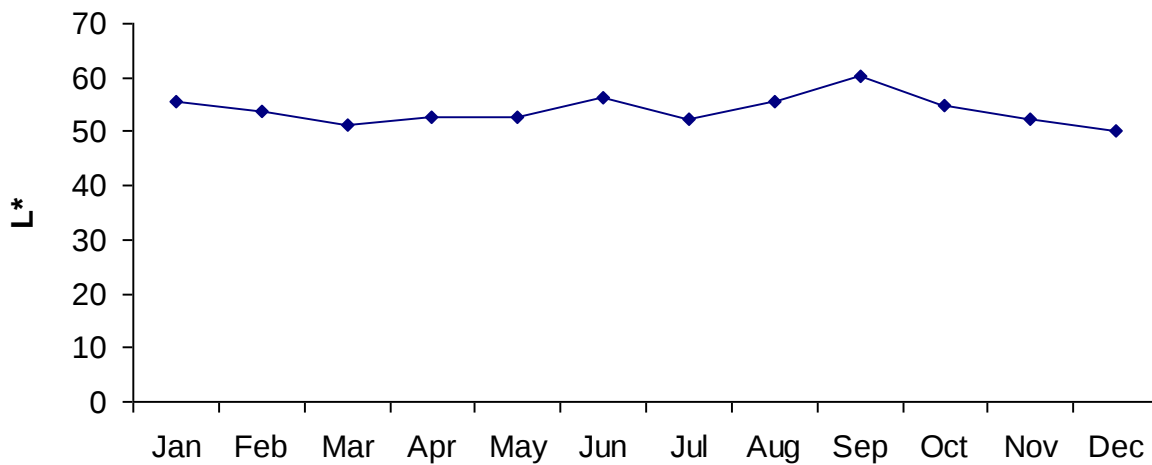


Fig.3 Average L* values of meat over the year.

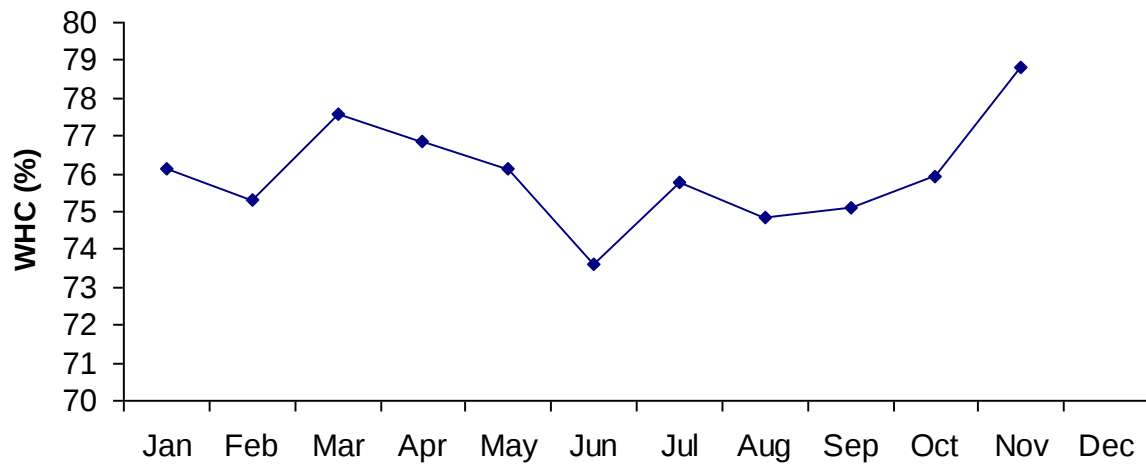


Fig. 4 Average WHC (%) values of meat over the year.