

Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México

Incidence of PSE and DFD muscle in pigs slaughtered in Mexico's Bajío region

Alma Delia Alarcón Rojo^a, Jesús Octavio Duarte Atondo^b, Felipe Alonso Rodríguez Almeida^a, Héctor Janacua Vidales^c

RESUMEN

El objetivo fue determinar la incidencia de músculo pálido, suave y exudativo (PSE) y oscuro, firme y seco (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México, y su relación con el tipo de granja y la época del año. El estudio se realizó analizando 1,099 cerdos de granjas tecnificadas (GT) y no tecnificadas (GNT). Se determinó peso de canal caliente, pH a los 45 min y 24 h *post mortem* (pH₄₅, pH₂₄); luminosidad (L*); intensidad de color; y capacidad de retención de agua. Se clasificó como carne PSE aquella con pH₄₅ ≤ a 5.9 y L* ≥ de 57, carne normal con pH₄₅ > de 5.9 y < a 6.4 con un valor de L* < a 57 y > a 48, y carne DFD aquella con pH₄₅ ≥ a 6.4 y L* ≤ a 48. La incidencia de canales con músculos PSE y DFD en otoño en GT fue 1.78 y 10.2 %, y en GNT de 8.0 y 12.4 %, respectivamente. En verano en las GT fue 3.5 y 22.0 % y en GNT 1.0 y 28.0 % para los músculos PSE y DFD, respectivamente. La incidencia de PSE en verano no fue afectada por el tipo de granja, pero sí en el otoño, donde fue mayor en las GNT. La presencia de carne DFD fue mayor en verano que en otoño, pero igual en GT que en GNT. Se recomienda otorgar un manejo *ante mortem* con estrés reducido en las etapas previas al sacrificio.

PALABRAS CLAVE: Carne PSE, Carne DFD, Manejo *ante mortem*, Cerdos, Calidad de la carne.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the incidence of PSE and DFD muscle in pigs slaughtered in the Bajío region of Mexico and its relationship with season and farm type. The study was carried out in summer and fall in 1,099 pigs from technified (TF) and non technified (NTF) farms. Animals were housed in resting pens for 18 to 24 h offering only water and slaughtered by conventional procedures using electric stunning. Measurements of hot carcass weight, pH₄₅, pH₂₄, L*, a*, b* and WHC were carried out. Criteria for PSE muscle was pH₄₅ ≤ 5.9 and L* ≥ 57, for normal muscle pH₄₅ > 5.9 and < 6.4, for L* < 57 and > 48, and for DFD muscle pH₄₅ ≥ 6.4 and L* ≤ 48. In fall incidence of carcasses with PSE and DFD muscles was 1.78 and 10.2 % for TF and 8.0 and 12.40 % for NTF pigs, respectively. In summer TF pigs had 3.5 and 22.0 %, and the NTF showed 1.0 and 28.0 % for PSE and DFD, respectively. Presence of carcasses with PSE muscles was affected by *ante mortem* handling whereas the presence of DFD muscle was mainly affected by the season. It is recommended to provide *ante mortem* low stress handling of pigs and to carry out studies on *in vivo* detection of these muscle abnormalities.

KEY WORDS: PSE meat, DFD meat, *Ante mortem* handling, Pork, Meat quality.

INTRODUCCIÓN

La demanda de los consumidores y las expectativas económicas han obligado a los porcicultores de todo

INTRODUCTION

Consumer demand and economic prospects have compelled swine producers worldwide to adopt new

Recibido el 18 de agosto de 2004 y aceptado para su publicación el 25 de noviembre de 2004.

^a Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua Periférico Francisco R. Almada km 1, 31031 Chihuahua, Chih. Tel: 614 4 34 03 63. Fax: 614 4 34 03 45. aalarcon@uach.mx. Correspondencia al primer autor.

^b Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa.

^c Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Cuauhtémoc.

el mundo a tecnificarse, y a seleccionar animales de crecimiento rápido con mayor rendimiento de carne magra. Sin embargo, este avance tecnológico incrementó la sensibilidad de los cerdos al estrés, siendo estos más afectados por el manejo y el medio ambiente. Como consecuencia, se presentó un deterioro en la calidad de la carne, dando lugar a la presencia del músculo pálido, suave y exudativo (PSE), y del músculo oscuro, firme y seco (DFD, por sus siglas en inglés). Se llegaron a reportar niveles de 80 % de PSE en Europa, aunque actualmente estos han sido reducidos a menos del 1 %⁽¹⁾.

El fenómeno PSE es causado por factores genéticos y de manejo *ante mortem* que alteran el comportamiento del animal y causan un rápido descenso del pH de la carne; mientras que la presencia de músculo DFD es una consecuencia del estrés prolongado, debido a que se agotan las reservas de glucógeno muscular en el animal vivo y se presenta un metabolismo anormal del músculo dando un pH₄₅ mayor a 6.4. Estas situaciones ocasionan grandes pérdidas a la industria por muerte de animales o por producción de carne con mala apariencia, excesivo goteo y productos procesados de bajo rendimiento y calidad.

En México no existen datos sobre la incidencia de músculos PSE y DFD, aunque en la industria procesadora de cerdo, particularmente en la región del Bajío, es práctica común separar la carne pálida debido a sus desventajas en el procesado y almacenamiento, así como carne muy oscura debido a su vida de anaquel corta. Sin duda ambos casos disminuyen los rendimientos por canal afectando también la eficacia económica de la industria. Es probable que estos músculos anormales puedan deberse a los fenómenos PSE y DFD, pero se desconoce si en México existen estos tipos de carne y cuál es su incidencia, por lo que es necesario llevar a cabo estudios enfocados a la identificación del problema, investigar las causas que lo producen y proponer mecanismos para su control. Por lo tanto, se planteó el presente trabajo cuyo objetivo principal fue determinar cuál es la incidencia de carne PSE y DFD en los cerdos sacrificados en la región del Bajío, en México, y cómo era ésta afectada por tipo de granja y por la época del año.

technology and to select fast growing animals with a higher lean meat yield. However, this new technology increases hog sensitivity to stress, suffering more from management and the environment. In consequence, a fall in meat quality was detected, with presence of PSE (pale, soft and exudative) and DFD (dark, firm and dry) muscle. In Europe, a presence of 80 % PSE was reported, although current values are in the neighborhood of 1 %⁽¹⁾.

PSE is due to genetic factors and *ante mortem* management which modify animal behavior and cause a quick drop in meat pH, while presence of DFD muscle is due to a protracted stress, because muscular glycogen reserves in live animals practically disappear and an abnormal muscle metabolism presents itself producing pH₄₅ > 6.4. These circumstances cause big losses to the industry, due to either death of animals or poor looking meat with severe dripping and also low yields and low quality products.

No data are available in Mexico on PSE and DFD muscle incidence, although in the swine processing industry, particularly in the Bajío area, pale meat owing to its processing and storing disadvantages is set aside, as well as the dark meat due to its short shelf life. Certainly, both cases reduce carcass yield and economic return. Most probably these abnormal muscles could be PSE and DFD cases, but these types of meat are unknown in Mexico and because of this, studies should be carried out to identify the problem, research its causes and recommend control mechanisms. Therefore, the main objective of the present study was to determine PSE and DFD incidence in slaughtered pigs in Mexico's Bajío, and the effect of farm type and season on these infirmities.

MATERIALS AND METHODS

This experiment was carried out in Fall 1997 and Summer 1998, in a slaughterhouse located in Mexico's Bajío, with 16 °C average Fall temperature, 28 °C average Summer temperature and 597.4 mm annual rainfall⁽²⁾. A total of 1,099 swine carcasses were assessed, 699 in the Fall {449 from technified farms (TF) and 250 from non technified (NTF)}, and 400 in Summer, {200 from each farm type}. Almost 70 % of slaughtered animals coming from technified

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó durante el otoño de 1997 y el verano de 1998, en un frigorífico en la región conocida como el Bajío, en México, que tiene una temperatura promedio de 16 °C en el otoño y de 28 °C en el verano; una precipitación media anual de 597.4 mm⁽²⁾. Se evaluaron 1,099 canales de cerdo, 699 en el período de otoño [449 de granjas tecnificadas (GT), y 250 de granjas no tecnificadas (GNT)] y 400 en el período de verano (200 de cada tipo de granja). El 70 % de los cerdos de GT eran producto de la cruce de machos L-405 con hembras Camborough-15; y el otro 30 %, de la cruce del macho L-15 con hembras L-42, producidas por la empresa PIC (Pig Improvement Company, México). Los animales de GNT fueron producto de la cruce de las razas Duroc, Hampshire, Landrace y Yorkshire.

Tratamiento ante mortem

Los cerdos de GT se transportaron al frigorífico en camiones de tres niveles, correspondiendo un espacio de 0.446 m² por animal, recorriendo una distancia promedio de 245 km, en un tiempo de 4 a 5 h con tres descansos en el trayecto. Los cerdos de GNT se transportaron en camiones de dos niveles y en vehículos de 1 a 3 t, correspondiendo un espacio de 0.350 m² por cerdo, recorriendo distancias de 45 a 120 km en un tiempo de 1 a 2 h. Los cerdos eran recibidos en el rastro entre las 10:00 y 15:00 del día, descargándose en una rampa. Los cerdos fueron identificados en grupos por proveedor, conducidos a los corrales de descanso donde reposaron de 18 a 24 h previo al sacrificio y se les proporcionó únicamente agua. Para llegar a la área de sacrificio, los animales recorrían de 30 a 109 m, según la ubicación del corral de retención, y se proporcionó un baño con agua templada en el pasillo de espera antes de entrar al cajón de insensibilizado.

Sacrificio

La insensibilización se realizó con un equipo Hog stunner aprobado por el USDA, aplicándose un electroshock de 1.3 amperes y 320 a 360 voltios por 1 a 3 seg; los animales fueron desangrados haciendo un corte en la yugular a los 29 seg después del aturdimiento, y el tiempo de desangrado fue de 6 min; después fueron conducidos al escaldado en agua

farms were crosses between L-405 boars and Camborough-15 sows and the remainder, some 30 %, crosses between L-15 boars and L-42 sows, produced by PIC (Pig Improvement Company, Mexico). Non technified farm cattle were crosses between Duroc, Hampshire, Landrace and Yorkshire breeds.

Ante mortem treatment

Technified farm animals were carried to the slaughterhouse in three tiered trucks with a 0.446 sq m area for each pig, covering a 245 km average distance in 4 to 5 h and with three stops in each trip. Non technified farm cattle was usually shipped in two level, 1 to 3 t trucks with available space for each animal usually being 0.350 sq m for a 45 to 120 km distance, the trip taking between 1 and 2 h. Animals were received at the slaughterhouse daily between, 10:00 and 15:00, identified by supplier and taken to resting pens with unlimited access to water only for 18 to 24 h previous to slaughter. Animals had to walk between 30 and 109 m from the resting pens to the slaughter area, and sprayed with water in the access passageway before entering the stunning chamber.

Slaughter

Animals were stunned with a USDA approved hog stunner, by means of a 1.3 amp, 320/360 v electroshock for 1 to 3 sec, subsequently bled for 6 min through a cut in the Jugular vein made 29 sec after being stunned. Carcasses were then scalded at 58 to 60 °C for 8 min and afterwards shaved, cut, eviscerated, washed and weighted. These last processes averaged 11 min 38 sec. Finally, carcasses were placed in a refrigerating chamber. The whole slaughter process totaled 26 min 7 sec on average.

Grading meat quality

Between 500 and 900 animals were slaughtered each day, and 50 carcasses were selected in accordance with their farm of origin. Each animal was identified in the refrigerating chamber, and its hot carcass weight with head (PCCC) was recorded. Carcass temperature and pH (pH₄₅) were taken 45 min *post mortem* in the *Semimembranosus* muscle by means of a metallic needle industrial thermometer (Koch Supplies Inc., Kansas City, MO, USA) and a portable potentiometer (Methrom Swiss-70,

a una temperatura de 58 a 60 °C durante 8 min y posteriormente al depilado, corte, eviscerado, lavado y pesado de la canal, procesos que duraron en promedio 11 min con 38 seg. Finalmente las canales se condujeron a la cámara de enfriado. El proceso total de sacrificio tuvo una duración promedio de 26 min con 7 seg.

Determinación de calidad de la carne

Los animales sacrificados por día fueron de 500 a 900, seleccionándose 50 canales según el tipo de granja de procedencia. En la cámara de enfriamiento se identificó cada animal, registrando inmediatamente el peso de la canal caliente con cabeza (PCCC). La temperatura y el pH de la canal se midieron a los 45 min *post mortem* (pH₄₅) en el músculo *Semimembranosus*, usando un termómetro industrial de aguja metálica (Koch Supplies Inc., Kansas City, MO., E.U.A.) y un potenciómetro portátil (Metrohm Swiss-70; Metrohm Co., Suiza). Las canales se enfriaron 18 h alcanzando una temperatura interna de 4 °C. Al día siguiente se procedió a medir el pH final a las 24 h *post mortem* (pH₂₄) en el punto donde se midió el pH₄₅. También se llevó a cabo la determinación del color después de eliminar el tejido conectivo y grasa visible superficial de la cara interna del mismo músculo, de acuerdo a la técnica establecida⁽³⁾, usando un espectrofotómetro Minolta modelo CM-2002. El sistema de referencia usado fue el CIE⁽⁴⁾, determinándose los valores de L* (luminosidad), a* (intensidad de color rojo) y b* (intensidad de color amarillo). El iluminante seleccionado fue D65, ángulo de medición 10° y enfoque de 8 mm. Para la medición de la capacidad de retención de agua (CRA) se tomaron 20 g del músculo *Semimembranosus* de cada canal y se almacenaron a -30 °C hasta su medición, la cual se realizó siguiendo una modificación de la técnica de Grau y Hamm⁽⁵⁾, donde una muestra aproximada de 0.3 g de carne se colocó entre dos hojas de papel filtro con porosidad de 0.5 μ, y posteriormente entre dos placas de plexiglass de 12 x 12 cm² aplicando una fuerza con un peso conocido y constante de 10 kg durante 15 min^(5,6). El porcentaje de agua perdida se expresó como agua libre y la capacidad de retención de agua se determinó restando el agua libre de 100.

La clasificación de la calidad de las canales se realizó de acuerdo a los criterios ya establecidos⁽⁷⁾,

Methrom Co., Switzerland). Carcasses were chilled for 18 h until an internal 4 °C temperature was reached. The day after, the final pH was measured 24 h post mortem (pH₂₄) in the same spot than pH₄₅. Color was determined after eliminating connective tissue and superficial visible fat from the internal face of the same muscle, in accordance with established practice⁽³⁾, by means of a spectrophotometer (Minolta CM-2002, Minolta Corp., Japan). The CIE reference system⁽⁴⁾ was applied and luminosity (L*), red color intensity (a*) and yellow color intensity (b*) were determined. A 10° measurement angle and 8 mm focus were used and D65 was the chosen illuminant. Water holding capacity (WHC) was measured by taking 20 g of the *Semimembranosus* muscle of each carcass and kept at -30 °C until being evaluated with the modified Grau and Hamm technique⁽⁵⁾, in which a 0.3 g meat sample is placed between two 0.5 μ porosity filtering paper sheets and later between two 12 x 12 cm Plexiglas panels to which a constant 10 kg force was applied for 15 min^(5,6). Lost water percentage was recorded as free water and water holding capacity was determined by subtracting free water from 100.

Carcasses were graded in accordance with established criteria⁽⁷⁾, those showing pH₄₅ ≤5.9 and L* ≥57 were graded as PSE muscle suspect; those with pH₄₅ between 5.9 and 6.4 and L* values between 48 and 57 were graded as normal muscle (NOR) and finally those showing pH₄₅ ≤6.4 and L* ≥48 were graded as DFD muscle suspect.

Statistical analysis

Data were analyzed in a completely randomized pattern in a 2 x 2 factorial arrangement with farm of origin and season as main effects and interaction. Variance test for physicochemical variables was performed through the GLM procedure of the SAS software⁽⁸⁾ and averages were compared by means of the Student t test⁽⁹⁾. Incidence of PSE and DFD muscle was estimated using pH₄₅ and L*⁽⁷⁾ as indicators by means of the SAS Freq option, with season and farm of origin as variables. Effects due to farm of origin, season and their interaction, in PSE and DFD muscle incidence were evaluated through adjustment of a logistical model for category variables using the SAS Catmod option⁽⁸⁾. When interaction was

donde las canales con $pH_{45} \leq 5.9$ y $L^* \geq 57$, se clasificaron como canales sospechosas de desarrollar músculo PSE; las canales con un $pH_{45} > 5.9$ y < 6.4 con un valor de $L^* < 57$ y > 48 , como músculo normal (NOR); y las canales con $pH_{45} \geq 6.4$ y $L^* \leq 48$, como músculo DFD.

Análisis estadísticos

Los datos se analizaron con un diseño completa-mente al azar, en un arreglo factorial 2 x 2, con época y origen como efectos principales y su interacción. El análisis de varianza para las variables fisicoquímicas se llevó a cabo por el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS⁽⁸⁾, realizándose una comparación de medias con la prueba t de student⁽⁹⁾. La incidencia de músculo PSE y DFD, se estimó tomando como indicadores al pH_{45} y L^* ⁽⁷⁾ usando la opción Freq de SAS, con época y origen como variables clasificatorias. Los efectos de época, origen y su interacción, en la incidencia de PSE y DFD se analizaron ajustando un modelo logístico para variables categóricas usando la opción Catmod de SAS⁽⁸⁾; cuando la interacción fue significativa se compararon las frecuencias por medio de contrastes ortogonales entre tipos de granja para cada época.

RESULTADOS

Los porcentajes de incidencia de canales con músculo PSE, NOR y DFD en los dos tipos de granjas y por época se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Incidencia de canales de cerdo con músculo PSE, NOR y DFD en un frigorífico del Bajío en México, usando el valor de pH_{45} y L^* como criterios de clasificación (%)

Table 1. Prevalence in a Bajío (México) slaughterhouse of PSE, NOR and DFD muscle in swine carcasses, using pH_{45} y L^* as grading criteria (%)

Season	Farm type	Carcasses	PSE	NOR	DFD
Summer	TF	200	3.50 ^a	74.50	22.00 ^b
Summer	NTF	200	1.00 ^a	71.00	28.00 ^b
Fall	TF	449	1.78 ^a	88.00	10.22 ^a
Fall	NTF	250	8.00 ^b	79.60	12.40 ^a
Global		1,099	3.37	80.53	16.10

PSE = pale, soft and exudative; NOR = normal; DFD = dark, firm and dry muscle.

TF = technified farm; NTF = non technified farm.

pH_{45} = pH taken 45 min *post mortem*. L^* = Luminosity 24 h *post mortem*.

^{ab} Different letters within the same column in season indicate significant differences between type of farm ($P < 0.01$).

significant frequencies were compared through orthogonal contrasts between types for each season.

RESULTS

PSE, DFD and NOR muscle incidence percentages, by farm type and season, are shown in Table 1. In the fall, PSE carcass incidence was greater ($P < 0.01$) in NTF and no differences in DFD carcasses between farm types were found. In summer, no differences were found in PSE and DFD incidence between pigs from NTF and TF, however, a greater DFD presence ($P < 0.01$) was found in summer than in the fall for both farm types. In fall, 8 % of the carcasses presented PSE in NTF vs 1.78 % in TF. No differences in DFD muscle incidence between farm types were found. Season affected DFD incidence and no effect on this character attributable to farm of origin was found.

Warm carcass with head weight (HCW)

Results are shown in Table 2, no effect of season on this item was observed, but TF carcasses were heavier ($P < 0.05$).

pH

Meat physicochemical characteristics are shown in Table 2. pH_{45} was higher in both seasons in TF pigs ($P < 0.01$) and in general, was higher in the fall than in summer. In fall pH_{24} was lower in NTF carcasses and also lower than in summer ($P < 0.01$), attributable to a greater PSE incidence in that season.

En otoño, la incidencia de canales PSE fue mayor ($P < 0.01$) en las granjas no tecnificadas, y no hubo diferencia ($P > 0.05$) en las canales DFD entre ambos tipos de granja. En verano, no hubo diferencia ($P > 0.05$) en la incidencia de PSE y DFD entre los cerdos de la GT y las GNT; sin embargo, se presentó mayor incidencia de carne DFD ($P < 0.01$) en verano que en otoño, en los dos tipos de granjas. En el otoño se observó un 8.0 % de canales PSE en los cerdos de las GNT, contra el 1.78 % de las GT; en cambio no hubo diferencia en la incidencia de músculo DFD entre los dos tipos de granja. La época del año influyó en la incidencia de carne DFD, y no hubo efecto por el origen de los cerdos.

Peso de canal caliente con cabeza (PCCC)

En el Cuadro 2, se observa que no hubo efecto de época sobre el PCCC de los cerdos, pero las GT presentaron las canales más pesadas ($P < 0.05$).

pH

Las características fisicoquímicas de la carne se presentan en el Cuadro 2. El pH_{45} fue mayor ($P < 0.01$) en ambas épocas en los cerdos provenientes de GT, y

Color (L^ , a^* , b^*)*

Luminosity (L^*) was affected ($P < 0.01$) by season and farm of origin. In fall and summer TF pigs showed higher values, due perhaps to hybrid breeds which are selected for rapid growth and lean meat, but are considered more susceptible to develop PSE muscle^(10,11,12) characterized by having more superficial free water, thus showing greater brightness and higher L^* values, this is why this variable is one of the criteria used for grading PSE meat. Red intensity (a^*) in meat was higher in the fall ($P < 0.05$) (Table 2) and NTF animals presented higher a^* values ($P < 0.05$) which produces redder meat. Yellow intensity (b^*) was affected by season ($P < 0.01$), being higher in fall.

Water holding capacity (WHC)

WHC was higher in NTF animals in both seasons (Table 2), which helps explain a higher DFD (characterized by high water retention) incidence. In the fall WHC was higher in all animals. The lower WHC value was recorded in TF pigs, in coincidence with a higher PSE incidence in these animals in summer.

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos \pm error estándar para características fisicoquímicas de la carne de cerdo procesadas en un frigorífico del Bajío en México de acuerdo a la época de sacrificio y el tipo de granja de origen

Table 2. Least square means \pm standard error for physicochemical parameters of pork processed in a Bajío (Mexico) slaughterhouse, in accordance with season and farm type

	Summer		Fall		Season		Origin		Total
	TF	NTF	TF	NTF	Summer	Fall	TF	NTF	
HCW, kg	77.5 ^a	78.7 ^b	83.9 ^a	76.5 ^a	78.1 \pm 0.6 ^a	81.3 \pm 0.4 ^a	82.0 \pm 0.4 ^a	77.5 \pm 0.5 ^b	80.3 \pm 0.1
pH_{45}	6.4 ^a	6.3 ^b	6.5 ^a	6.3 ^b	6.3 \pm 0.1 ^b	6.4 \pm 0.1 ^a	6.4 \pm 0.1 ^a	6.3 \pm 0.1 ^a	6.4 \pm 0.3
pH_{24}	6.1 ^a	6.2 ^a	5.9 ^a	5.8 ^b	6.2 \pm 0.1 ^a	5.9 \pm 0.1 ^b	5.9 \pm 0.1 ^a	5.9 \pm 0.1 ^a	5.9 \pm 0.1
L^*	49.8 ^a	47.3 ^b	55.8 ^a	54.2 ^b	48.5 \pm 0.3 ^b	55.3 \pm 0.2 ^a	54.1 \pm 0.3 ^a	51.1 \pm 0.3 ^b	52.9 \pm 0.2
a^*	8.5 ^b	10.7 ^a	11.2 ^b	12.8 ^a	9.6 \pm 0.3 ^b	11.8 \pm 0.1 ^a	10.3 \pm 0.1 ^b	11.8 \pm 0.1 ^a	10.9 \pm 0.1
b^*	8.2 ^a	8.6 ^a	13.1 ^a	13.2 ^a	8.4 \pm 0.2 ^b	13.1 \pm 0.1 ^a	11.6 \pm 0.1 ^a	11.2 \pm 0.2 ^b	11.5 \pm 0.1
WHC, %	45.8 ^b	47.7 ^a	49.1 ^b	51.1 ^a	46.7 \pm 0.1 ^b	49.7 \pm 0.2 ^a	48.1 \pm 0.2 ^b	49.2 \pm 0.2 ^a	48.1 \pm 0.1
Carcasses	200	200	449	250	400	699	649	450	1,099

TF = Technified farm; NTF = Non technified farm.

HCW = hot carcass weight; pH_{45} = pH taken 45 min *post mortem*; pH_{24} = pH taken 24 h *post mortem*; L^* = luminosity; a^* = red intensity; b^* = yellow intensity; WHC = water holding capacity.

^{ab} Different letters in columns indicate significant differences ($P < 0.05$).

en general, fue mayor ($P < 0.01$) en otoño que en verano. En el otoño, el pH_{24} fue menor en las canales de GNT, y fue menor en esta época ($P < 0.01$) que en verano, presentando las GNT el valor más bajo, como un reflejo de la alta incidencia de canales PSE registrada en el otoño.

Color (L, a* y b*)*

La luminosidad (L*) fue afectada ($P < 0.01$) tanto por época como por el origen de los cerdos. En otoño y verano, los cerdos de granjas tecnificadas presentaron valores más altos, debido posiblemente al mayor uso de razas híbridas, las cuales son seleccionadas por su rápido crecimiento y alta producción de carne magra, pero a la vez, se consideran más susceptibles de desarrollar características del músculo PSE^(10,11,12) que se caracteriza por tener mayor cantidad de agua libre en su superficie, reflejando mayor brillantez y dando valores altos de L*, por eso esta variable es uno de los criterios para clasificar la carne PSE. La intensidad de color rojo (a*) de la carne fue más alta ($P < 0.05$) en otoño que en verano (Cuadro 2), y los cerdos de GNT presentaron valores de a* más altos ($P < 0.05$), lo que produce carne más roja. La intensidad de color amarillo (b*) también fue afectada por la época ($P < 0.01$), siendo mayor en otoño que en verano.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA de la carne de cerdos de GNT fue más alta en ambas épocas (Cuadro 2), lo que podría atribuirse a que estos cerdos presentaron mayor incidencia de músculo DFD, y este último se caracteriza por una alta retención de agua. En el otoño la CRA de la carne fue mayor que en el verano en los cerdos de ambos tipos de granja. El menor valor de la capacidad fue registrado en la carne de cerdos de granjas tecnificadas, coincidiendo con la mayor incidencia de músculo PSE que se presentó en verano en ese tipo de granja.

En el Cuadro 3, se presentan los coeficientes de correlación entre las variables evaluadas. Las variables con mayor asociación fueron el pH_{24} y L*, pH_{24} y b*, y pH_{24} y a*; sin embargo, no son suficientemente contundentes para usarlas como indicadores únicos de la calidad final de la carne.

In Table 3, correlation coefficients between studied variables are shown. Variables which showed greater association were pH_{24} and L*, pH_{24} and b* and pH_{24} and a*, nonetheless, they are not so considerable to be used as the only indicators for meat quality. On the other hand, b* showed an important positive correlation with L* and a* and to a lesser degree with WHC.

DISCUSSION

Global PSE incidence in fall was double that of summer. This could be due to both genetic causes and production systems or perhaps, more significantly, to *ante* and *post mortem* management. Some studies report a PSE increase in this season⁽¹⁰⁾. PSE incidence in this slaughterhouse most probably was owing to *ante mortem* management, particularly inside it⁽¹³⁾, because, in accordance with some reports slaughter line speed and quick chilling of the carcass play an important role in PSE presence⁽¹⁰⁾. In summer PSE incidence in TF animals was double that of fall, and 3.5 times that of NTF pigs. Differences seen in the present study are due most probably to genetic causes, because TF animals are of improved breeds which show a tendency to be more stress susceptible, especially during the hot season⁽¹¹⁾, that accelerates glycolysis and sharply lowers muscle pH, thus

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre las características de calidad de la carne de cerdo procesadas en un frigorífico del Bajío en México

Table 3. Correlation coefficients between pork quality parameters of animals processed in a Bajío (Mexico) slaughterhouse

	pH_{24}	L*	a*	b*	WHC	HCW
pH_{45}	0.08	-0.12	-0.15	-0.07	-0.12	0.03
pH_{24}		-0.57	-0.38	-0.59	-0.14	0.01
L*			0.20	0.78	0.17	0.08
a*				0.57	0.19	0.08
b*					0.27	0.15
WHC, %						0.15

pH_{24} = pH taken 24 h *post mortem*; L* = luminosity, a* = red intensity, b* = yellow intensity; WHC = water holding capacity; HCW = hot carcass weight (kg); pH_{45} = pH taken 45 min *post mortem*.

Por otra parte, se observó que b^* tiene una relación positiva muy importante con L^* y con a^* y de menor grado con CRA.

DISCUSIÓN

La incidencia global de músculo PSE en otoño fue el doble que en verano; ésta puede estar influenciada tanto por el origen genético, como por el sistema de producción de los cerdos, y quizás aún más importante, por el manejo *ante* y *post mortem*; algunos reportes señalan que en esta época hay un aumento en la presencia de carne PSE⁽¹⁰⁾. La incidencia de músculos PSE en esta planta se debió posiblemente al manejo *ante mortem* de los cerdos, específicamente dentro del rastro⁽¹³⁾, pues se ha reportado que la velocidad de la línea de sacrificio y el enfriamiento rápido de la canal, juegan un papel importante en la presentación del músculo PSE⁽¹⁰⁾. En el verano la incidencia de músculo PSE en las granjas tecnificadas se duplicó con respecto al otoño, y fue 3.5 veces mayor que la frecuencia en las GNT. Las diferencias observadas en el presente trabajo quizás se debieron al tipo genético, ya que los cerdos de GT provenían de razas mejoradas que tienden a ser más susceptibles al estrés, particularmente en las épocas de más calor⁽¹¹⁾, lo que acelera la glucólisis y genera un fuerte descenso del pH muscular, desarrollando músculo PSE en los cerdos más sensibles⁽¹²⁾. Esto también pudo ser un reflejo del efecto de la nutrición⁽¹⁴⁾, ya que cuando los cerdos son alimentados con una dieta alta en proteína presentan una mayor glucólisis, por lo tanto, existe un metabolismo más acelerado en los cerdos de las GT, siendo así, más sensibles al efecto de un estrés calórico agudo durante el transporte, lo que elevó la presencia de músculo PSE en el verano, que es la época de mayor calor en esa región⁽²⁾. Se estima que las plantas de sacrificio son responsables del 50 % de la incidencia de carne PSE, asumiendo que el manejo *ante mortem* es responsable del 10 al 15 % y el enfriamiento de la canal del otro 20 a 40 %⁽¹⁵⁾.

La incidencia de DFD no difirió entre tipos de granja pero sí en la época. Este efecto pudo estar relacionado con el estrés sostenido de los cerdos por la estadía tan larga en los corrales de espera, ya que los animales permanecieron en los corrales

desarrollando PSE muscle in the more sensitive animals⁽¹²⁾. This could also be due to nutrition effects, because high protein diets accelerate glycolysis, therefore TF animals show an increase in their metabolism, thus becoming more sensitive to acute stress due to heat during transport in summer, the hotter season in the Bajío⁽²⁾. Slaughterhouses, in accordance with some estimations, are responsible for 50 % of PSE cases, assuming that ante mortem management causes 15 % and carcass chilling between 20 and 40 %⁽¹⁵⁾.

DFD incidence did show differences for season but not for farm type. This effect could be related to stress in animals held for such long periods (18 - to 24 h) in the resting pens, aggravated by high summer temperatures⁽¹¹⁾. There is enough evidence to sustain the fact that a 2 h rest is enough to recover the glycogen level⁽¹⁵⁾. An increase in the time spent by animals in the resting pens, increases DFD muscle prevalence⁽¹⁶⁾, because fights erupt among animals and therefore, stress, which could have been possible in the present study.

Global incidence in the 1,099 carcasses for the two seasons and farm types was 80.5 % for NOR, 3.4 % for PSE and 16.1 % for DFD muscle. PSE value was higher than that reported in Germany⁽¹⁷⁾, Spain⁽¹⁸⁾, Portugal⁽¹⁹⁾, the USA⁽²⁰⁾ and Slovenia⁽²¹⁾. These differences could be attributed to genetic differences between animals used in the experiments and to criteria used to grade carcasses, because some authors^(18,21) used only pH₄₅ for grading. However, this incidence was similar to those reported in Denmark⁽²²⁾ and Spain⁽³⁾, but higher than in Canada⁽²³⁾.

In many instances DFD muscle is not considered a serious quality problem as PSE and in both France and Mexico processors prefer this type of pork because of a higher yield in cooked products. However, others consider DFD as a quality defect, owing to a short shelf life for fresh pork, which affects retail sales⁽²⁰⁾, and to technological problems encountered in processing when pH₂₄ > 5.7. Taking into account all these factors, in the slaughterhouse in which this study was carried out, DFD is a problem having the same or even more importance than PSE.

TF carcasses weighted more than those from NTF, and carcasses were heavier in the fall than in

de descanso de 18 a 24 h, situación que pudo agravarse con la temperatura del verano⁽¹¹⁾. Existen evidencias de que 2 h de descanso son suficientes para que los animales recuperen sus niveles de glucógeno⁽¹⁵⁾. Al aumentar el tiempo de permanencia de los cerdos en los corrales de espera, se incrementa la incidencia de músculo DFD⁽¹⁶⁾, debido a que se reanudan las peleas y, por lo tanto, el estrés entre los animales, situación que quizá se presentó en el presente estudio.

La incidencia global en las 1,099 canales en las dos épocas y tipos de granja fue 3.4 % de músculo PSE, 80.5 % de músculo NOR y 16.1 % de músculo DFD. Estos resultados mostraron una incidencia menor de músculo PSE que la reportada en Alemania⁽¹⁷⁾, en España⁽¹⁸⁾, en Portugal⁽¹⁹⁾, en los Estados Unidos⁽²⁰⁾ y en Eslovenia⁽²¹⁾. La diferencia de resultados puede atribuirse parcialmente a las diferencias genéticas existentes entre los animales usados en los experimentos, y a los criterios establecidos para identificar a las canales PSE; ya que algunos autores^(18,21) usaron únicamente el valor pH₄₅. Sin embargo, la incidencia estimada fue similar a la reportada en Dinamarca⁽²²⁾ y en España⁽³⁾ pero mayor a la reportada en Canadá⁽²³⁾.

El músculo DFD en muchas ocasiones no es considerado como un problema de calidad tan grave como el músculo PSE, e incluso, en países como Francia y México, los procesadores prefieren este tipo de carne por su alto rendimiento en productos cocidos. Sin embargo, otros lo consideran un defecto de calidad, debido a la corta vida de anaquel de la carne fresca, que afecta su comercialización al detalle⁽²⁰⁾, y por los defectos tecnológicos de procesado cuando el valor del pH₂₄ es mayor a 5.7. Con estas consideraciones, la incidencia de músculo DFD en este frigorífico en particular, es un problema tan importante o más que el músculo PSE.

Las canales de los cerdos de GT fueron más pesadas que los de la GNT y, en general, se observaron canales más pesadas en otoño que en verano. Esto puede ser debido a cambios en la alimentación o al efecto climático sobre el metabolismo del animal⁽¹³⁾.

El pH₄₅ de la carne fue más bajo en verano que en otoño, coincidiendo con la mayor incidencia de PSE

summer. This could be due either to changes in feed or to climate effects on metabolism⁽¹³⁾.

In summer, pH₄₅ in pork was lower than in fall, in coincidence with a higher PSE incidence in TF, attributable to heat stress, as reported in previous studies⁽²⁴⁾, however, pH₂₄ was higher in summer than in the fall. Some authors uphold that the best pork quality is obtained with a pH₂₄ between 5.8 and 6.8, which was the case in this study, which explains why most of the carcasses were graded as NOR.

Meat luminosity was affected both by season and type of farm, being higher in TF animals and in the fall. In the intensive production system of these farms animals reach their slaughter weight earlier, with a lower muscle myoglobin content, therefore their meat color is lighter, which could be mistaken with PSE. This has important practical effects, because if meat is mistakenly graded as PSE suspect, only because of its lighter color and therefore marketed at a lower price, could be the cause of serious economic losses. Because of this, luminosity tests and measurement should be performed correctly, and this can only be checked with a spectrophotometer, at least when staff is being trained. In addition, the lower luminosity of meat from TF animals could suggest a presence of breeds with lighter and more luminous muscles⁽²⁶⁾, as Landrace, in these farms' genetics.

NTF pigs produced redder meat, which could be caused by the presence of Duroc, Hampshire and Yorkshire breeds in their main genotype. These breeds are characterized by a meat of a deeper red than those of TF⁽²⁶⁾ and also to the production system which causes animals to reach slaughter weight at a greater age than those of TF allowing to accumulate more myoglobin in muscles, causing a deeper red⁽²³⁾.

Farm of origin did not affect a tendency of pork towards yellow (b*) when fall and summer were assessed separately, but not so when evaluated globally, because then season showed a stronger effect, being b* higher in fall than in summer. Being pork lighter in color than beef, for example, b* measurement is important to help explain color trends in swine, also, when pork was more luminescent a greater tendency towards yellow was

en GT que en GNT, pudiéndose atribuir esto al efecto del estrés calórico como fue observado previamente en otros estudios⁽²⁴⁾, sin embargo el pH₂₄ fue más alto en verano que en otoño. Algunos reportes⁽²⁵⁾ afirman que la mejor calidad de carne de cerdo se obtiene cuando el pH₂₄ oscila entre 5.8 y 6.0, siendo este el caso de la carne del presente estudio, lo cual se refleja en que la mayoría de las canales fueron clasificadas como normales.

La luminosidad de la carne fue afectada por la época y origen de los cerdos, resultando ser más alta en los cerdos de GT, y en otoño. En el sistema de producción intensivo de esas granjas los cerdos alcanzan el peso al sacrificio a menor edad, con una concentración de mioglobina muscular más baja, siendo su carne más pálida y lo cual puede confundirse con el color característico del músculo PSE. Esto es muy importante en la práctica, ya que si la carne se clasifica erróneamente como sospechosa de PSE sólo porque se ve pálida, y se comercializa a un precio inferior, se pueden tener pérdidas económicas muy importantes para la empresa. Por eso es importante asegurarse que la medición de luminosidad se está haciendo correctamente, y eso solamente se puede comprobar con una medida objetiva como es el uso de un espectrofotómetro, al menos durante el entrenamiento del personal. Adicionalmente, la menor luminosidad de la carne de GT podría sugerir la presencia de razas de carne pálida y músculos brillantes⁽²⁶⁾, como la Landrace, en la genética de esas granjas.

Los cerdos de las GNT presentaron una carne más roja, lo que se atribuye a que el genotipo principal está constituido por las razas Yorkshire, Duroc y Hampshire, que se caracterizan por tener carne de color rojo más oscuro en comparación a las razas de los cerdos de GT⁽²⁶⁾, así como al sistema de producción, que provoca que alcancen el peso al sacrificio a mayor edad, lo que permite acumular más mioglobina muscular, dándoles un color rojo más intenso⁽²³⁾.

El origen de los cerdos no afectó la tendencia al color amarillo (b*) de la carne cuando se evaluaron otoño y verano por separado, pero sí cuando se evaluó el efecto del origen en forma global; la época tuvo un efecto más marcado siendo mayor el valor de b* en otoño que en verano. Por ser la carne de cerdo

observed. Some authors report a direct correlation between b* and L* with PSE muscle⁽²⁷⁾. In the present study, a high positive correlation between b* and L* was seen, but this should not be associated to PSE prevalence, because these factors are not the only ones to determine PSE.

Water holding capacity in pork is very important because this parameter determines the amount of drip during cutting and in the shelf. A high WHC is highly desirable as long as it is not DFD. In the present study WHC was higher in NTF, but unfortunately in coincidence with the high DFD incidence observed in these animals' carcasses. DFD meat is characterized by a high WHC, but dark and quick to spoil. Intramuscular fat improves WHC and precisely NTF animals belong primarily to breeds with higher intramuscular content than those from TF, which are leaner. This agrees with the findings of this study.

Warm carcass with head weight and its degree of association with other variables is similar to what is reported by other authors^(27,28), who found no effect of HCW on PSE incidence. However⁽²⁹⁾, as a suggestion, in high lean yield genotypes, slaughter weight for males should be 104 kg for males and 127 kg for females to improve pork's quality and WHC. On the other hand⁽²⁸⁾ 80 to 90 kg carcasses show less PSE incidence, as observed in the present study in which carcasses in that weight range showed a low PSE incidence.

Dark meat or with low L* values is usually related to final high pH values as can be seen in the high negative correlation between L* and pH₂₄, which also indicates that light colored meat or with high L* values does not show a strict relationship with a low pH₄₅ but with a low pH₂₄, as seen also in this study, in which a very low relationship between pH₄₅ and L*, pH₄₅ and a* and pH₄₅ and b* were estimated, including results lower to those reported by these authors.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Global incidence of PSE pork in this area of Mexico (Bajío) is relatively low, but should not be disregarded, because it could represent important

más pálida que la de otras especies como la de res, la medición de b^* es importante y ayuda a explicar tendencias del color en esa especie; cuando la carne fue más luminosa también presentó mayor tendencia al amarillo. Algunos reportes indican⁽²⁷⁾ que existe una correlación directa entre b^* y L^* con el músculo PSE. En el presente estudio se observó una correlación positiva alta entre los valores de b^* y L^* pero ésta no se puede asociar a la incidencia de PSE, porque estas no son las únicas características que determinan la carne PSE.

La capacidad de retención de agua de la carne es muy importante pues determina qué tanto goteo va tener ésta durante el corte y en el anaquel. Una CRA alta es deseable siempre y cuando no sea carne DFD. En este estudio la CRA mostró ser mayor en la carne de cerdos de GNT pero desafortunadamente coincidió con la mayor incidencia de carne DFD observada en las canales de estos cerdos. La carne DFD se caracteriza, como es bien conocido, por tener una mayor CRA, pero también es oscura y de rápida descomposición. La grasa intramuscular en el músculo favorece la CRA, y precisamente los cerdos de GNT provienen de razas que tienen mayor grasa intramuscular que los de GT que son más magros, por lo tanto, concuerda bien con lo observado en este estudio.

El peso de la canal caliente con cabeza y su grado de asociación con otras variables es similar a lo reportado por otros autores^(27,28), los cuales no observaron efecto del peso sobre la incidencia de carne PSE. Sin embargo⁽²⁹⁾, se sugiere que en genotipos con alto nivel de rendimiento magro, los machos deben sacrificarse a los 104 kg y las hembras a los 127 kg para mejorar el color y la CRA de la carne. Por otro lado⁽²⁸⁾ se ha observado menor incidencia de PSE en canales de 80 a 90 kg, coincidiendo con el presente estudio, al observarse que todas las canales estaban en este rango de peso y presentaron, en general, baja incidencia de PSE.

La carne oscura o con valores bajos de L^* está relacionada con valores de pH final altos como se observa en la alta correlación negativa entre L^* y pH_{24} coincidiendo con lo que mencionan algunos autores⁽²⁷⁾, quienes también indican que la carne pálida o con valores altos de L^* no está claramente

losses. The higher PSE incidence observed in this study was in NTF animals in the fall. On the other hand, DFD can be considered high, being the slaughter season the main cause of its appearance, showing higher incidence in summer, with no visible effects due to farm of origin. A low stress *ante mortem* management is recommended, especially in the slaughterhouses' resting pens. Animals coming from technified farms were heavier, with more luminous and yellow meat, but with less red intensity and lower water retention capacity, characters which could be disadvantageous with reference to consumers and packers.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are especially grateful to the staff of Frigorífico del Bajío, in particular to Ings. Raúl Alvarez, Juan R. Soto and Ignacio Vivanco, for their continued support and help.

End of english version

relacionada con valores bajos de pH_{45} sino más bien con mediciones de pH_{24} bajos, como también se observó en este estudio, al estimarse coeficientes de correlación muy bajos de pH_{45} con L^* , pH_{45} con a^* y pH_{45} con b^* , resultados incluso inferiores a los reportados por esos autores.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La incidencia global de carne con características PSE en esta región de México es relativamente baja pero no se debe despreciar, ya que en volúmenes altos de producción puede representar pérdidas considerables. La mayor incidencia de carne PSE se presentó en las granjas no tecnificadas durante el otoño. La incidencia de músculo DFD es alta, resultando la época de sacrificio la principal causa de su desarrollo, presentando mayor incidencia en verano que en otoño, sin tener efecto el tipo de granja de donde provienen los cerdos. Se recomienda otorgar un manejo con estrés reducido en las etapas

previas al sacrificio, sobre todo en los corrales de descanso del rastro. Los animales de granjas tecnificadas son más pesados, con carne más brillante y amarilla, pero con menor intensidad de color rojo y menor capacidad de retención de agua, características que pueden ser una desventaja desde el punto de vista económico para los procesadores y los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal de Frigoríficos del Bajío, en particular a los Ing. Raúl Álvarez, Juan Ramón Soto e Ignacio Vivanco, por el apoyo y las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Von Lengerken G, Maak S, Wicke M. Muscle metabolism and meat quality of pigs and poultry. *Veterinarija ir Zootechnika*. T. 2002;20(42):82-86.
- CNA. Comisión Nacional del Agua. Estación Meteorológica La Golondrina. Pénjamo Gto. México. 1997.
- Garrido MD, Bañón S, Pedauy J, Laencina J. Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughter line. *Meat Sci* 1994;37(1):421-428.
- CIE. Commission Internationale de l'Eclairage. 18th session. Londres, Inglaterra. CIE Publication. 1976:36.
- Grau R, Hamm R. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften* 1953;(40):29.
- Boakye K, Mittal GS. Changes in pH and water holding properties of Longissimus dorsi during beef ageing. *Meat Sci* 1993;34(3):335-349.
- Kauffman RG. Electronic evaluation of meat quality. Proc Symposium: Electronic evaluation of meat in support of value-based marketing. Purdue University West Lafayette, Indiana. 1991:99.
- SAS. SAS User's guide: Statistics (version 5 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1985.
- Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: An approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co.; 1980.
- Álvarez C, Torre A. La conductividad eléctrica como sistema de detección de carnes de baja calidad en el proceso de elaboración de jamón cocido [en línea]. <http://www.Netscape/program/pse2.htm>. Consultado Abril 1, 1998.
- Gispert M, Diestre A, Tibau J, Soler J, Nogra JL, Oliver MA. Influencia de la raza y de la sensibilidad al halotano en la calidad de la canal porcina. *Med Vet* 1994;11(1):41.
- Karlsson A, Enfält A, Essén-Gustavsson B, Lundström K, Rydhmer L, Stern S. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *J Anim Sci* 1993;(71):930-938.
- Gregory NG. Preslaughter handling. Stunning and slaughter. *Meat Sci* 1994;36(1):45-56.
- Coelho MB. Nutritional control of stress. Feeding for meat quality. *Feed Manage* 1994;45(2):24.
- Grandin T. Methods to reduce PSE and bloodsplash. In Leman AD et al. editors. Proc Swine Conference. College Veterinary Medicine. University of Minnesota. 1994;(21):206-209.
- Martoccia L, Brambilla G, Macri A, Moccia G, Cosentino E. The effect of transport on some metabolic parameters and meat quality in pigs. *Meat Sci* 1995;(40):271.
- Woltersdorf W, Troeger K. Técnica de faena para reducir el porcentaje de PSE en cerdos. *Fleischwirtsch* 1988;(2):9.
- Oliver, MA, Gispert M, Tibau J, Diestre A. The measurement of light scattering and electrical conductivity for the prediction of PSE pig meat various times post mortem. *Meat Sci* 1991;29(2):141-151.
- Santos C, Roseiro LC, Goncalves H, Melo RS. Incidence of different pork quality categories in a Portuguese slaughterhouse: a survey. *Meat Sci* 1994;(38):279.
- Scheller KK, Norin S, Sosnicki AA, Wilson ER, Kauffman RG. A survey of commercial pork quality at U.S. processing plants [abstract]. *J. Anim Sci* 1996;74(Suppl 1):161.
- Candek-Potokar M, Zlender B, Lefaucher L, Bonneau M. Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: biochemical and sensory quality in pigs. *Meat Sci* 1998;48(3-4):287-300.
- Pietraszek G. If they can do it, we can and must. *National Provisioner* 1989;5(20):8.
- Millar S, Wilson R, Moss BM, Ledward DA. Oximoglobin formation in meat and poultry. *Meat Sci* 1994;36(3):397-406.
- Ruiz SR. Calidad de la canal y de la carne de bovinos y cerdos sacrificados en dos empresas de la ciudad de Chihuahua [tesis Maestría]. Chihuahua, Chih: Universidad Autónoma de Chihuahua; 1997.
- Monin G. Techniques used in Europe for evaluation of pig meat quality current situation and research needs [abstract]. Conference "Qualità delle carni: problematiche relative alla valutazione strumentale". Reggio Emilia. 1991:30.
- Essen-Gustavsson B, Karlström K, Lumdström K. Muscle fiber characteristics in pigs of different halothane genotypes and their relation to meat quality. *Meat Sci* 1992;31(1):1-11.
- Chizzolini R, Novelli E, Campanini G, Dazzi G, Madarena G, Zanardi E, et al. Lean color of green and matured Parma hams: Comparative evaluation and technological relevance of sensory and objective data. *Meat Sci* 1996;44(3):159-172.
- Weatherup RN, Beattie VE, Moss BW, Walker N. The effect of increasing slaughter weight on growth performance of pigs and on meat quality. *Proc Br Soc Anim Sci*. BSAS. 1997:100.
- Unruh, JA, Friesen KG, Stuewe SR, Dunn BL, Nelsen JL, Goodband RD, et al. 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* 1996;(74):1274-1283.