

Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo

Effect of slaughter critical variables on physicochemical characteristics of pork

Alma Delia Alarcón Rojo^a, José Guadalupe Gamboa Alvarado^a, Felipe Alonso Rodríguez Almeida^a, Juan Alberto Grado Ahuir^a, Héctor Janacua Vidales^b

RESUMEN

Para determinar el efecto de variables críticas de la línea de sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne, se realizaron tres experimentos, repitiendo la misma prueba en verano y en invierno, y usando un total de 340 cerdos. Exp 1, efecto de la insensibilización en grupo contra la insensibilización individual (n=120); Exp 2, efecto del tiempo entre insensibilizado y desangrado (4 vs 16 seg; n=120); y Exp 3, efecto del tiempo de escaldado (5 y 7 min; n=100) sobre las características fisicoquímicas de la carne. En las dos épocas del año la calidad de la carne de los animales insensibilizados en grupos de cinco cerdos fue superior a la de los insensibilizados individualmente, encontrándose menor pérdida de agua por goteo, mayor pH a los 45 min *post mortem* (pH₄₅) menor temperatura tanto a los 45 min como a las 24 h *post mortem* (T₂₄) y menor conductividad eléctrica a las 2 h (CE₂) y a las 24 h *post mortem* en ambas épocas del año, ($P < 0.05$). Al reducir el tiempo entre insensibilizado y desangrado, se disminuyó la pérdida por goteo y se obtuvo carne con mejor calidad fisicoquímica en las dos épocas del año. En forma similar, al reducir el tiempo de escalde de 7 a 5 min la carne presentó menor pérdida por goteo, mayor pH₄₅, menor T₂₄ y menor CE₂. Se concluye que la calidad fisicoquímica de la carne se puede mejorar insensibilizando los cerdos en forma grupal en lugar de forma individual, y disminuyendo los tiempos entre insensibilizado y desangrado y el tiempo de escaldado.

PALABRAS CLAVE: Calidad de la carne, Cerdos, Escalde, Insensibilización, Propiedades fisicoquímicas, Desangrado.

ABSTRACT

To investigate the effect of slaughter critical variables on physicochemical characteristics of pork three experiments were conducted in summer and winter using 340 pigs: Exp 1, effect of group-stunning vs individual stunning (n=120); Exp 2, effect of time between stunning and bleeding (4 vs 16 sec; n=120); and Exp 3, effect of scalding time (5 vs 7 min; n=100) on the physicochemical characteristics of pork. In both seasons, quality of meat from animals stunned in groups of five pigs was better ($P < 0.05$) than that of individually stunned animals, showing less drip loss (DL), higher pH at 45 min *post mortem* (pH₄₅), less temperature at 45 min and 24 h *post mortem* (T₂₄), and a decrease ($P < 0.05$) in electrical conductivity at 2 (EC₂) and at 24 h *post mortem* in both seasons, ($P < 0.05$). Reducing time between stunning and bleeding results in less meat drip loss and better ($P < 0.05$) physicochemical characteristics of meat in both seasons. Similarly, reducing scalding time from 7 to 5 min resulted in less drip loss, higher pH₄₅, less T₂₄ ($P < 0.05$), and lower ($P < 0.05$) EC₂. It is concluded that physicochemical quality of meat can be improved by stunning pigs in groups instead of individually, and reducing both time between stunning and bleeding, and scalding time.

KEY WORDS: Meat quality, Pigs, Scalding, Stunning, Physicochemical properties, Bleeding.

INTRODUCCIÓN

En México la calidad de la carne fresca es muy variable, y los procedimientos implementados para

INTRODUCTION

In Mexico, pork quality is very variable and few procedures have been implemented to standardise it,

Recibido el 21 de junio de 2005 y aceptado para su publicación el 13 de septiembre de 2005.

^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. aaalarcon@uach.mx. Correspondencia al primer autor.

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

Este trabajo se realizó con financiamiento del CONACyT, proyecto 31693B.

su estandarización son mínimos, con excepción de los aspectos sanitarios que se exigen por ley. La carne puede tener pérdidas de calidad por causas que van desde el transporte de los animales al rastro^(1,2) hasta la distribución de sus productos finales, por lo que es importante realizar investigación sobre los factores que ocasionan esas pérdidas de calidad, con la finalidad de reducir aquellas prácticas que estén afectando la aceptación del consumidor y la economía de la industria.

Algunos de los problemas de calidad más comunes en la industria porcina, son la carne muy pálida y con muy baja capacidad de retención de agua⁽³⁾, los cuales están relacionados con animales de mayor conformación muscular y más magros^(4,5), y que generalmente provienen de líneas genéticas que son más susceptibles al estrés, y a presentar defectos como la carne conocida como pálida, suave y exudativa (PSE)^(6,7) y la carne oscura, firme y seca (DFD)^(8,9). Estas características son influenciadas por la expresión del gen halotano⁽⁶⁾, ya que cuando los animales portadores de este gen son manejados en condiciones estresantes en la etapa previa al sacrificio, sufren un incremento en la temperatura corporal y presentan una caída rápida del pH muscular, originando así las características de la carne PSE⁽¹⁰⁾; asimismo, si el estrés permanece por un tiempo prolongado, los músculos sufren una glucolización acelerada dando origen a carne DFD^(8,11). Por ello, los últimos 5 min previos al sacrificio son decisivos para la calidad de la carne⁽¹²⁾, ya que si el manejo *antemortem* es estresante, se puede incrementar la presencia de carne PSE aún en cerdos resistentes al estrés⁽⁸⁾. En 1994 se reportó que en EUA un 40 % de los cerdos que se procesan en el verano tienen PSE⁽¹³⁾; las mayores pérdidas se originan en el manejo *antemortem*⁽¹⁴⁾, incluyendo el aturdimiento^(2,15) y el desangrado⁽¹²⁾, por lo que es necesario otorgar una mayor atención en estas etapas del proceso de obtención de carne. Se recomienda que el tiempo entre insensibilizado y desangrado sea menor de 10 seg para obtener carne de calidad^(12,16) y que el tiempo de escaldado sea de 5 a 7 min a 60 °C en vez de tiempos más prolongados⁽¹⁷⁾.

En México no han sido estudiados los factores del sacrificio que pueden influir en la calidad de la

except for the law in-force related to sanitary issues. Meat quality can be reduced due to several factors such as transport to the slaughterhouse^(1,2) and all the way through the distribution of the final product, so it is important to conduct research related to those quality losses that are affecting consumer acceptance and the industry economy. One of the most common quality problems in the pig industry is the pale meat with a very low water holding capacity⁽³⁾, these problems are related to animals with higher muscular conformation and higher lean⁽⁴⁾, which generally come from genetic lines sensitive to stress and to have defects such as the pale, soft, exudative meat (PSE)^(6,7) and the dark, firm, dry meat (DFD)^(8,9). These characteristics are influenced by the halothane gene expression⁽⁶⁾, and when animals have this gene and are handled under stressing conditions prior to slaughter, they experience a body temperature increase and present a fast muscular pH decrease, giving place to PSE meat⁽¹⁰⁾. Likewise, when the stress remains for a long time, muscles suffer an accelerated glucolization, presenting DFD meat^(8,11) in this case. For this reason, the last 5 min before slaughter are of extreme importance for meat quality⁽¹²⁾. If *ante mortem* handling is stressful, occurrence of PSE meat can be increased even in stress resistant pigs⁽⁸⁾. In 1994, it was reported that 40 % of USA pigs processed in summer resulted in PSE⁽¹³⁾; being the major cause of losses originated in the *ante mortem* handling⁽¹⁴⁾, including stunning^(2,15) and bleeding⁽¹²⁾. Therefore, it is necessary to give more attention to these steps in the meat production process.

The recommended time between stunning and bleeding is less than 10 sec in order to obtain good pork quality^(12,16) and the scalding time should be between 5 to 7 min at 60 °C in spite of longer times⁽¹⁷⁾. In Mexico, slaughter factors that can affect pork quality have not been studied, so the present study was designed to investigate the variation on physicochemical quality of pork due to group stunning, time between stunning and bleeding, and scalding time. With this information, the Mexican slaughterhouses could standardise their processes and improve characteristics and yields of pork.

carne de cerdo, por lo que se diseñó la presente investigación con el objetivo de estudiar las variaciones sobre la calidad físicoquímica de la carne de cerdo ocasionadas por la insensibilización en grupo, el tiempo que transcurre entre insensibilizado y desangrado, y el tiempo de escalde.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y manejo

Se usaron un total de 340 cerdos de aproximadamente 120 kg de peso vivo, los cuales fueron producidos en una granja tecnificada de la región central de México. El 70 % de los cerdos 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 de México) y criados con un sistema de producción intensivo, alcanzando el peso al sacrificio entre los 155 y 165 días de edad. Los cerdos fueron seleccionados al azar a su llegada al rastro; después de un descanso de 18 a 24 h, estos fueron sacrificados en un rastro frigorífico tipo inspección federal (TIF) por medio de insensibilización eléctrica, para lo cual se usó un equipo Hog Stunner (mod ES, Indiana, EUA) usando los procedimientos convencionales que se aplican en este tipo de rastros. Se realizaron tres experimentos que fueron repetidos en dos épocas del año: verano e invierno (temperatura promedio de 28 y 18 °C respectivamente)⁽¹⁸⁾.

Experimento 1. Tipo de insensibilización

Con el objetivo de estudiar el efecto de sacrificar los animales en grupo, se diseñó un experimento en verano usando un total de 60 cerdos seleccionados al azar; a 30 de ellos se les dió un baño con agua templada (18 °C), y fueron ingresados en grupos de cinco al área de insensibilización, donde a cada animal se le aplicó aturdimiento eléctrico por aproximadamente 2 seg^(11,19), para ser inmediatamente desangrado en posición horizontal, y posteriormente izados y transportados a las siguientes etapas del sacrificio, las cuales se desarrollaron por los métodos convencionales. El desangrado se realizó de manera

MATERIALS AND METHODS

Animals and Handling

A total of 340 swine at approximately 120 kg live weight were assessed. All animals were produced in a technified farm from the central region of Mexico. Almost 70 % of slaughtered animals were crosses between L-405 boars and Camborough-15 sows and the remainder, 30 % were crosses between L-15 boars and L-42 sows, produced by PIC (Pig Improvement Company, Mexico) and raised on an intensive production system to reach slaughter weight at 155 to 165 d of age. Pigs were randomly chosen at their arrival at the slaughterhouse; after 18 to 24 h rest they were killed in a federally inspected commercial abattoir using a USDA approved hog stunner, and following the conventional procedures recommended for this type of facilities. Three experiments were repeated in two seasons (summer and winter with average temperatures of 28 and 18 °C, respectively)⁽¹⁸⁾.

Experiment 1. Group stunning effect

The experiment was conducted in summer using a total of 60 pigs randomly chosen; 30 of them were sprayed with water (18 °C) in the access passageway and conducted into groups of five to the killing floor; each animal was electrical stunned in approximately 2 sec^(11,19), horizontally bled and hunged to continue with the slaughter proceses. The rest of the steps were carried out using the conventional methodology. Bleeding was performed in the horizontal position because the slaughterhouse design did not allow the time between stunning and bleeding to be less than 10 sec, and when this time period is longer, meat quality can be deteriorated⁽¹⁶⁾.

The other 30 pigs were individually conducted through the passageway to the stunning area. After stunned, they were bled in horizontal position with the objective to evaluate only the stunning method. This experiment was repeated in winter using the same number of animals.

Experiment 2. Time between stunning and bleeding

In order to evaluate the effect of the time reduction between stunning and bleeding on pork, two trials

horizontal debido a que el diseño del rastro no permitía que el tiempo entre el aturdimiento en grupo y el desangrado fuera de menos de 10 seg, ya que si ese tiempo es mayor, la calidad se puede ver deteriorada⁽¹⁶⁾.

El otro grupo de 30 cerdos fue ingresado en forma individual por el pasillo hasta el cajón de insensibilización, donde después de aturridos fueron también desangrados en posición horizontal con el objetivo de evaluar únicamente el método de insensibilización. En la época de invierno se repitió el experimento usando el mismo número de cerdos.

Experimento 2. Tiempo insensibilización-desangrado

Se realizaron dos muestreos de 60 animales en las épocas de verano e invierno. Se comparó un tiempo de 4 seg entre la insensibilización y el desangrado, contra el método convencional de la empresa, que es en promedio 16 seg; el tiempo se midió con un cronómetro digital. El resto del proceso de sacrificio se llevó a cabo en la forma convencional.

Experimento 3. Tiempo de escaldado

Se realizaron dos pruebas, una en verano con 40 cerdos y la otra en invierno con 60 cerdos. Los animales fueron seleccionados al azar e identificados con arete. La mitad de ellos (20 y 30 animales para la época de verano e invierno, respectivamente) se sometió a un escalde en agua a 62 °C por 5 min, y el número restante de animales fue escaldado en agua a 62 °C durante el tiempo convencional usado en la empresa, el cual es en promedio 7 min. El proceso de sacrificio, así como identificación y manejo fue el mencionado anteriormente.

El tamaño de muestra fue de 60 animales por cada época en los Exp 1 y 2, y de 50 animales por época en el Exp 3, debido a que se decidió muestrear en función del número total de cerdos por lote (corral de descanso), a pesar de que la muestra mínima calculada era de 30 animales⁽²⁰⁾.

Determinación de calidad de la carne

Todas las mediciones se realizaron en la cara interna del músculo *Semimembranosus* que es uno de los

of 60 pigs each were conducted in summer and winter. A time period of 4 sec between stunning and bleeding was compared *versus* the conventional method used which was 16 sec average; time was measured using a digital chronometer. The rest of the killing process was carried out using standard commercial procedures.

Experiment 3. Scalding time

To evaluate the effect of time reduction of scalding on pork quality, two trials were conducted, one in summer using 40 pigs and another one in winter using 60 pigs. Animals were randomly selected and identified. Half of them (20 and 30 for summer and winter, respectively) were scalded at 62 °C for 5 min, and the rest were scalded at 62 °C using the conventional time, which in that place was 7 min average. The killing process as well as identification and handling was the same as previously described.

The average sample size was of 60 animals per each season for experiment 1 and 2, and of 50 animals per season for Exp 3; sample size was in function of the total number of pigs per resting pen even when the minimum calculated sample size was of 30 animals⁽²⁰⁾.

Meat quality determination

All measurements were taken in the internal part of the *Semimembranosus* muscle being one of the highest commercial value cuts and one of the most sensitive muscles to result in PSE meat^(7,21). Drip loss (DL) was measured at 24 h *post mortem* in accordance to the established practice⁽²²⁾ using approximately 3 g of muscle suspended in a plastic container and stored at 3 °C during 48 h. Carcass temperature and pH (pH₄₅) were measured at 45 min (T₄₅, pH₄₅, respectively) and 24 h (T₂₄, pH₂₄, respectively) *post mortem* with a Model 101 portable puncture potentiometer (Sentron Integrated Sensor® Technology, USA).

Color was measured at 24 h *post mortem*⁽²³⁾, and luminosity (L*), red color intensity (a*) and yellow color intensity (b*) were determined with a spectrophotometer Minolta Model CM-2002 (Minolta Camera Company, Osaka, Japan) calibrated

cortes de mayor valor comercial, y de los más susceptibles a presentar PSE^(7,21). La pérdida por goteo (PG) se midió a las 24 h *post mortem*, según la metodología descrita⁽²²⁾ usando una porción del músculo de aproximadamente 3 g suspendida dentro de un recipiente de plástico y almacenada a 3 °C por 48 h. La temperatura y el pH de la canal se midieron a los 45 min (T_{45} , pH_{45} , respectivamente) y a las 24 h (T_{24} , pH_{24} , respectivamente) *post mortem*, usando un potenciómetro con electrodo metálico de punción Modelo 101 (Sentron Integrated Sensor® Technology, USA).

La medición del color se llevó a cabo a las 24 h *post mortem*⁽²³⁾, determinándose los valores de L^* (luminosidad), a^* (intensidad de color rojo) y b^* (intensidad de color amarillo) con un espectrofotómetro Minolta modelo CM-2002 (Minolta Camera Company, Osaka, Japón) calibrado con placa de cerámica blanca para un valor de $L=100$, siguiendo las recomendaciones del fabricante; este equipo había sido previamente calibrado en la fábrica de origen para los valores a^* y b^* . La medición de la conductividad eléctrica (CE) se llevó a cabo a las 2 y 24 h *post mortem* en las canales refrigeradas, usando una sonda Pork Quality Meter® (PQM-1 INTEK Gm BH) siendo estos tiempos de medición los recomendados por otros investigadores⁽²⁴⁾.

Análisis estadístico

Para las variables pH (pH_{45} , pH_{24}), pérdida por goteo, temperatura (T_{45} , T_{24}), conductividad eléctrica (CE_2 , CE_{24}), y color (L^* , a^* y b^*), cuando se analizaron como un solo factor, se ajustó un modelo considerando el efecto fijo de tratamiento en cada experimento (sacrificio en grupo vs sacrificio individual, tiempo de insensibilizado a sangrado: 16 vs 4 seg; tiempo en la tina de escaldado: 7 vs 5 min), y el efecto aleatorio animal usando el procedimiento Proc mixed de SAS⁽²⁵⁾.

Las variables pH_{45} , pH_{24} , T_{45} , T_{24} , CE_2 , CE_{24} , L^* , a^* y b^* fueron medidas en el verano con tres repeticiones por cada canal y cuatro repeticiones en el invierno. Se obtuvieron las medias de cuadrados mínimos, así como su error estándar,

with a white reference plate for $L=100$ following the manufacturer recommendation; this equipment had previously been calibrated by the manufacturer for a^* and b^* values.

Electrical conductivity (EC) was measured at 2 and 24 h *post mortem* in the cold carcasses using a Pork Quality Meter® Instrument (PQM-1 INTEK Gm BH) as has been previously recommended⁽²⁴⁾.

Statistical analysis

The pH (pH_{45} , pH_{24}), drip loss, temperature (T_{45} , T_{24}), electrical conductivity (EC_2 , EC_{24}), and color (L^* , a^* y b^*) variables were measured with three replicates per carcass in summer and four replicates in winter, and were analysed adjusting a model that included the fixed treatment effect in each experiment (group killing vs individual killing; stunning to killing time: 16 sec vs 4 sec; or scalding time: 7 min vs 5 min), and the random animal effect, using Proc Mixed of SAS⁽²⁵⁾. Repeatability estimations in the summer were used to optimise the replicate numbers in each animal for the winter experiments.

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of stunning group

Pork carcasses of pigs stunned in groups of five showed, in both seasons, a lower drip loss ($P<0.05$) that those of individually stunned animals (Table 1) and none carcass was suspected to have pale, soft and exudative (PSE) muscle; while pigs lead individually to the stunning area showed two carcasses with that problem. Carcasses were graded as PSE in accordance to established criteria^(26,27) which are widely accepted⁽²⁸⁾. Similarly, in both seasons, muscle pH_{45} was better ($P<0.05$) for pigs stunned in groups compared to that of individually stunned pigs, which showed lower ($P<0.05$) pH_{45} ; this could be due to the stress that animals suffered when handled individually to the stunning area.

In both seasons pH at 24 h *post mortem* (pH_{24}) measured in the group stunned pigs was not different ($P>0.05$) from that of individual killed pigs, and their values (5.4 a 5.8) were those of normal

Cuadro 1. Medias de los cuadrados mínimos (\pm EE) de las características fisicoquímicas de la carne de cerdos sacrificados en grupo o individualmente en dos épocas del añoTable 1. Minimum square means (\pm SE) of physicochemical pork characteristics killed in group or individually in two seasons

Meat characteristics ¹	Summer		Winter	
	Stunned in groups of five	Individually stunned	Stunned in groups of five	Individually stunned
DL, %	2.79 \pm 0.24 ^b	4.00 \pm 0.23 ^a	4.32 \pm 0.24 ^b	5.56 \pm 0.23 ^a
pH ₄₅	6.43 \pm 0.02 ^a	6.29 \pm 0.02 ^b	6.49 \pm 0.02 ^a	6.32 \pm 0.02 ^b
pH ₂₄	5.73 \pm 0.02 ^a	5.74 \pm 0.02 ^a	5.72 \pm 0.01 ^a	5.76 \pm 0.01 ^a
T ₄₅ , °C	36.83 \pm 0.11 ^a	36.62 \pm 0.21 ^a	35.18 \pm 0.09 ^b	36.45 \pm 0.20 ^a
T ₂₄ , °C	10.58 \pm 0.14 ^b	11.63 \pm 0.27 ^a	9.96 \pm 0.11 ^b	11.30 \pm 0.11 ^a
EC ₂ , mS/cm	5.24 \pm 0.22 ^b	6.22 \pm 0.20 ^a	4.52 \pm 0.35 ^b	5.13 \pm 0.34 ^a
EC ₂₄ , mS/cm	7.98 \pm 0.28 ^b	9.48 \pm 0.26 ^a	5.66 \pm 0.55 ^b	7.61 \pm 0.54 ^a
L*	42.29 \pm 0.64 ^b	45.50 \pm 0.64 ^a	44.93 \pm 0.59 ^a	45.76 \pm 0.59 ^a
a*	5.80 \pm 0.21 ^a	5.18 \pm 0.21 ^a	2.52 \pm 0.18 ^a	1.89 \pm 0.18 ^b
b*	7.76 \pm 0.19 ^a	7.80 \pm 0.19 ^a	10.28 \pm 0.17 ^b	11.78 \pm 0.28 ^a
N	30	30	30	30

¹DL = drip loss, pH₄₅ = pH taken 45 min *post mortem*, pH₂₄ = pH taken 24 h *post mortem*, T₄₅ = carcass temperature taken 45 min *post mortem*, T₂₄ = carcass temperature taken 24 h *post mortem*, CE₂ = carcass electrical conductivity taken 2 h *post mortem*. CE₂₄ = carcass electrical conductivity 24 h, L* = luminosity, a* = red color intensity, b* = yellow color intensity, and n = number of carcasses.

^{ab}Treatment means with different literal within season differ ($P < 0.05$).

para cada una de las variables. Se realizaron estimaciones de la repetibilidad en las mediciones obtenidos en el verano, buscando optimizar el número de repeticiones de estos en cada animal, particularmente en los experimentos que se volvieron a realizar en el invierno. Para tales estimaciones se obtuvo la razón entre la varianza del efecto aleatorio (animal) y la varianza del error; por lo tanto se hicieron tres mediciones en el verano y cuatro en el invierno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipo de insensibilización

Las canales de los cerdos que fueron sacrificados en grupos de cinco, presentaron en ambas épocas del año, una pérdida por goteo menor ($P < 0.05$) que las de los animales sacrificados individualmente (Cuadro 1), y ninguna canal fue sospechosa de presentar PSE; mientras que los cerdos que entraron

meat⁽¹⁰⁾. Temperature at 45 min *post mortem* (T₄₅) in pork carcasses did not show either significant changes ($P > 0.05$) between both stunning methods in summer. However carcasses of the pigs stunned in group had lower temperature ($P < 0.05$) in winter than that of pigs conventional killed, maybe because of the lack of *ante mortem* stress⁽¹²⁾ (Table 1). Similarly, carcasses of group stunned pigs showed a lower carcass temperature (T₂₄) in both seasons, so meat from these animals was of better quality. The circulatory system of the pig presents the possibility to provide enough oxygen to the body only when it is in rest conditions, so the group stunning, or a calm handling, helped the body to keep its homeostasis⁽¹⁰⁾, getting at the end of the slaughter process meat of normal characteristics. The increase in body temperature due to stress accelerates the muscle pH decrease after death, increasing muscle protein denaturation and giving place to meat with the PSE alteration⁽²⁹⁾.

al pasillo de insensibilización en forma individual presentaron dos canales con ese defecto. Los indicadores considerados para clasificar una carne como PSE fueron los recomendados^(26,27) y que son ampliamente reconocidos en todo el mundo⁽²⁸⁾. Similarmente el pH₄₅ del músculo obtuvo una respuesta favorable para los cerdos sacrificados en grupo en ambas épocas del año, ya que éste se mantuvo relativamente alto en comparación con el de los cerdos aturdidos individualmente, los cuales presentaron un pH₄₅ menor; esto podría ser ocasionado por el estrés que sufrieron los animales al ser conducidos en forma convencional al cajón de insensibilización.

El pH₂₄ fue similar para ambos tratamientos ($P > 0.05$) en las dos épocas del año, y los valores obtenidos (5.4 a 5.8) se encuentran dentro de los típicos para la carne normal⁽¹⁰⁾. La T₄₅ en la época de verano no mostró cambios significativos ($P > 0.05$) entre las dos opciones de sacrificio. Sin embargo, durante el invierno las canales de los cerdos sacrificados en grupo presentaron una temperatura más baja ($P < 0.05$), quizá por la ausencia de estrés *ante mortem*⁽¹²⁾. En forma similar, las canales de los cerdos que se sacrificaron en grupo presentaron una T₂₄ de la canal más baja en las dos épocas estudiadas, por lo tanto, de estos animales se obtuvo una carne de mejor calidad. Esta característica se atribuye a que el sistema circulatorio de los cerdos presenta la posibilidad de proveer suficiente oxígeno al organismo, sólo cuando se encuentra en condiciones de tranquilidad, es por ello que el sacrificio en grupo, o un arreo suave, ayudan a mantener su homeostasis⁽¹⁰⁾, obteniendo al final del sacrificio una carne de características normales. El aumento de temperatura corporal ocasionado por el estrés acelera la caída del pH muscular después de la muerte, incrementando la desnaturalización de proteínas del músculo, y dando lugar a la presencia de carne con el defecto PSE⁽²⁹⁾.

La conductividad eléctrica y el pH son características que pueden ser usadas para predecir la pérdida por goteo de la carne⁽²⁴⁾, mostrando ambas una relación directa, por lo tanto, cuando la carne presenta una CE alta, la pérdida por goteo será también alta. En este estudio los valores de

Electrical conductivity (EC) and pH are characteristics that can be used to predict meat drip loss⁽²⁴⁾, showing both a direct relationship, so when meat has a high EC, its drip loss will also be high. In this study, meat EC₂ and EC₂₄ of group stunned pigs were lower ($P < 0.05$) than those in individually stunned pigs in both seasons. Normal meat has a conductivity of 4 to 5 mS/cm while meat in optimal conditions has a value of 5 mS/cm and a PSE meat has a value higher than 6 mS/cm after 2 h *post mortem*^(24,30). EC has a wider range than pH, so it allows better distinguishing PSE meat in carcasses, and as pH decreases the EC increases⁽²⁴⁾. Values of 5 mS/cm at 24 h are considered the limit values to ensure product quality⁽³⁰⁾.

An attractive color meat is that of low luminosity (L*), high red intensity (a*), and low yellow intensity (b*)⁽³¹⁾. In the present study, the meat luminosity (L*) of group stunned animals was lower ($P > 0.05$) than that of conventional stunned pigs during summer, while in winter, the meat red intensity (a*) was higher and the meat yellow intensity (b*) was lower in the group stunned animals. In conclusion, stunning animals in groups gives better color, matching this with a lower meat drip loss. This argument supports the important relationship between water retention capacity, meat luminosity⁽²⁷⁾ and meat red intensity, since a normal meat should have higher water retention with less luminosity and higher red intensity than low quality meat⁽²⁶⁾, and a PSE meat has a low water retention capacity as a consequence of a partial protein denaturation⁽³²⁾. As it is known, PSE meat is more acid and has a higher water drip, so its surface reflects more light resulting in higher luminosity⁽²⁷⁾ than normal meat. In the present study, in pigs stunned individually there were six carcasses with the PSE abnormality against four in the pigs stunned in groups of five, according to pH and luminosity criteria used by various authors^(26,27). Even though meat luminosity was improved only in summer and meat red intensity in winter, it can be concluded that stunned in group has good results for meat quality.

When slaughtering pigs in groups carcasses have lower drip loss and electrical conductivity, and a

CE₂ y CE₂₄ de la carne de los cerdos sacrificados en grupo fueron más bajos ($P < 0.05$) en las dos épocas del año. Una carne normal mantiene una conductividad de 4 a 5 mS/cm, mientras que una carne en condiciones óptimas tiene un valor de 5 mS/cm, y una carne sospechosa de PSE tiene un valor mayor de 6 mS/cm después de las 2 h^(24,30). La CE tiene una gama de valores más amplia que el pH, por lo que permite distinguir mejor la carne de tipo PSE en las canales, y a medida que el pH baja, la conductividad eléctrica sube⁽²⁴⁾. Valores de 5 mS/cm a las 24 h se consideran los valores límite para garantizar la calidad del producto⁽³⁰⁾.

Una carne atractiva en color es aquélla que tiene una luminosidad baja, una intensidad de color rojo alta, y una intensidad de color amarillo baja⁽³¹⁾. En el presente estudio la luminosidad de la carne de los animales sacrificados en grupo fue menor ($P < 0.05$) durante el verano, mientras que en invierno la intensidad de color rojo fue mayor, y la intensidad de amarillo fue menor en la carne de los

slower pH₄₅ decrease than carcasses from pigs individually stunned, being these carcasses colder in both seasons. If EC₂ was a unique PSE criteria, the whole individually stunned group of pigs should have been considered PSE, however, conductivity value has to be considered together with pH₄₅ y L* values, which are criteria used to declare meat as PSE^(26,27,33), and if their values are in the normal rank, then those animals can be classified as normal.

Time between stunning and bleeding

The effect of two times (4 vs 16 sec) between stunning and bleeding on physicochemical characteristics of pork is presented in Table 2. A decrease ($P < 0.05$) in meat drip loss was observed for a time of 4 sec between stunning and bleeding compared to 16 sec, finding a difference of 2.30 % in summer and 1.34 % in winter. It was found that short times between stunning and bleeding improved and kept a higher meat pH₄₅ in both, summer and

Cuadro 2. Medias de los cuadrados mínimos (\pm EE) de las características fisicoquímicas de la carne de cerdo con efecto de dos tiempos entre insensibilizado y desangrado en dos épocas del año

Table 2. Minimum square means (\pm SE) of physicochemical pork characteristics with effect of two times between stunning and bleeding in two seasons

	Time between stunning and bleeding (sec)			
	Summer		Winter	
	4	6	4	16
DL, %	4.09 \pm 0.46 ^b	6.39 \pm 0.45 ^a	4.02 \pm 0.37 ^b	5.36 \pm 0.36 ^a
pH ₄₅	6.53 \pm 0.03 ^a	6.27 \pm 0.03 ^b	6.51 \pm 0.07 ^a	6.24 \pm 0.07 ^b
pH ₂₄	5.68 \pm 0.01 ^a	5.64 \pm 0.01 ^a	5.86 \pm 0.03 ^a	5.87 \pm 0.03 ^a
T ₄₅ , °C	35.06 \pm 0.30 ^b	36.76 \pm 0.30 ^a	35.43 \pm 0.14 ^b	36.58 \pm 0.15 ^a
T ₂₄ , °C	11.66 \pm 0.08 ^b	12.91 \pm 0.07 ^a	9.10 \pm 0.07 ^b	11.04 \pm 0.08 ^a
EC ₂ , mS/cm	4.08 \pm 0.10 ^b	5.19 \pm 0.10 ^a	4.38 \pm 0.08 ^b	5.26 \pm 0.08 ^a
EC ₂₄ , mS/cm	5.04 \pm 0.14 ^b	6.99 \pm 0.14 ^a	4.96 \pm 0.12 ^b	5.99 \pm 0.12 ^a
L*	45.15 \pm 0.70 ^a	45.05 \pm 0.65 ^a	37.36 \pm 1.37 ^a	42.72 \pm 1.37 ^b
a*	5.82 \pm 0.57 ^a	3.57 \pm 0.57 ^b	4.90 \pm 0.28 ^a	3.67 \pm 0.26 ^b
b*	8.19 \pm 0.21 ^b	11.49 \pm 0.22 ^a	8.99 \pm 0.18 ^b	9.80 \pm 0.18 ^a
N	30	30	30	30

DL = drip loss, pH₄₅ = pH taken 45 min *post mortem*, pH₂₄ = pH taken 24 h *post mortem*, T₄₅ = carcass temperature taken 45 min *post mortem*, T₂₄ = carcass temperature taken 24 h *post mortem*, EC₂ = carcass electrical conductivity taken 2 h *post mortem*. EC₂₄ = carcass electrical conductivity 24 h, L* = luminosity, a* = red color intensity, b* = yellow color intensity, and n = number of carcasses.

^{ab} Treatment means with different literal within season differ ($P < 0.05$).

animales sacrificados en grupo. El sacrificio de los animales en grupo favoreció el color de la carne, coincidiendo con una menor pérdida de goteo. Esto corrobora la relación importante entre la capacidad de retención de agua y la luminosidad⁽²⁷⁾ e intensidad de rojo de la carne, ya que una carne normal presenta más agua retenida con menos luminosidad y mayor intensidad de rojo que una carne de baja calidad⁽²⁶⁾, mientras que una carne PSE tiene una capacidad de retención de agua baja, ocasionada por una desnaturalización parcial de proteínas⁽³²⁾.

Debido a su mayor acidez, la carne PSE libera más agua, por lo que su superficie refracta más luz y su apariencia es más luminosa, aumentando los valores de L^* ⁽²⁷⁾. En el presente estudio se presentaron seis canales con defecto PSE en el grupo sacrificado de manera convencional y cuatro en los animales sacrificados en grupo, de acuerdo al pH y luminosidad que son usados por varios autores^(26,27). Aunque la luminosidad de la carne se mejoró sólo en el verano, y la intensidad de color rojo en el invierno, al conjuntar los resultados se concluye que el sacrificio en grupo tiene resultados favorables para la calidad de la carne.

Al sacrificar a los cerdos en grupo se obtuvieron canales con una pérdida por goteo y conductividad eléctrica menor y una caída de pH₄₅ más lenta, siendo estas canales más frías en las dos épocas del año. Si la medida de CE_2 fuera un indicador único de PSE se consideraría el grupo de animales insensibilizados individualmente como PSE, sin embargo la conductividad se tiene que complementar con los valores de pH₄₅ y L^* , que son dos indicadores ampliamente usados para declarar una carne como PSE^(26,27,33), y si sus valores están dentro del rango normal, entonces esos animales pueden ser considerados como normales.

Tiempo insensibilización-desangrado

Se observó una disminución ($P < 0.05$) en la pérdida por goteo en la carne, cuando el tiempo entre insensibilizado y desangrado fue de 4 seg, encontrándose una diferencia de 2.30 % en el verano y de 1.34 % en el invierno (Cuadro 2). Se encontró que los tiempos cortos entre insensibilizado

winter, helping to obtain lower acid meat with higher water retention. The quick pH decline during the first 40 to 50 min *post mortem* can give place to the presence of meat with the PSE defect and the reason could be the stress pigs had before stunning⁽¹⁾. Likewise, longer times between stunning and bleeding make the stress hormones reach more organs through the circulatory system, producing undesirable changes in meat quality^(34,35). Meat pH₂₄ did not show effect ($P > 0.05$) of time between stunning and bleeding during both seasons.

In summer, pork carcasses with short time between stunning and bleeding showed a lower temperature (T_{45} ; $P < 0.05$) than pigs killed with longer times between both processes. Similarly, in winter same behaviour was observed with a difference of 1.15 °C between treatments. Meat T_{24} behaved similarly to T_{45} in both, summer and winter. Fast chilled carcasses were obtained with short times between stunning and bleeding. Pigs can not lose heat through sweating, for that reason they are particularly sensitive to high temperatures, specially when other heat loss mechanisms are restrained due to stress caused by a stunning response and by a bleeding delay⁽³⁵⁾. In addition, appropriate bleeding minimizes blood splash and starts a body temperature decrease⁽¹⁾. Bleeding should take place as soon as possible after stunning since after 30 sec the animal can recover its sensitivity and starts moving resulting in a quick pH decrease and keeping the relatively high body temperature which results in a high drip loss in meat⁽³⁶⁾.

In summer and winter pork carcasses with short times (4 sec) between stunning and bleeding had lower EC_2 ($P < 0.05$) than animals killed in a conventional way (16 sec). EC_{24} showed same results than EC_2 , and these are found to be close to the limit for normal pork⁽³⁰⁾. Even as it was previously mentioned, the EC is not a unique meat quality criteria. Reducing time between stunning and bleeding allowed to obtain meat with low drip loss, low temperature and electrical conductivity, with a slow pH decline and with a high red intensity and less yellow color. Alltogether contributed to obtain pork of good quality⁽³⁷⁾.

y desangrado mejoran y mantienen un pH₄₅ más alto en las épocas de verano e invierno, siendo favorable para obtener una carne menos ácida y con mayor retención de agua. El rápido descenso de pH en los primeros 40 a 50 min *post mortem* puede dar origen a la presencia de carne con defecto PSE, y puede ser consecuencia de que los cerdos sufran estrés antes de ser insensibilizados⁽¹⁾. Asimismo, los tiempos prolongados entre insensibilizado y desangrado hacen que las hormonas del estrés lleguen a mayor cantidad de órganos a través del aparato circulatorio, y provoquen cambios indeseables en la calidad de la carne^(34,35). El pH₂₄ no mostró efecto ($P>0.05$) del tiempo entre insensibilizado y desangrado en las dos épocas del año.

En el verano las canales de los cerdos con tiempos cortos entre insensibilizado y desangrado presentaron una T₄₅ menor ($P<0.05$) que los sacrificados con tiempos largos, e igualmente en el invierno se vuelve a presentar el mismo comportamiento con una

Meat from animals with short times between stunning and bleeding had better ($P<0.05$) color characteristics in both seasons with higher a* and lower b* values than pork carcasses killed with the long times used in that slaughterhouse. Taking into account pH₄₅ and L*(26,27,33) criteria, there were found three PSE carcasses in animals killed by the conventional method.

Scalding time

The effect of two scalding times (5 vs 7 min) on physicochemical characteristics of pork is shown in Table 3. There were not differences in meat drip loss ($P>0.05$) during summer by the scalding time, but in winter drip loss of carcasses from pigs scalded for 5 min was lower ($P<0.05$) than that of pig carcasses scalded by 7 min with a difference of 1.54 %. pH decrease was faster in those carcasses scalded for longer times, so meat pH₄₅ showed lower values ($P<0.05$) in both seasons; however,

Cuadro 3. Medias de los cuadrados mínimos (\pm EE) de las características fisicoquímicas de la carne de cerdo con efecto de dos tiempos de escalde en dos épocas del año

Table 3. Minimum square means (\pm SE) of physicochemical pork characteristics with effect of two times of scalding in two seasons

	Scalding time (min)			
	Summer		Winter	
	5	7	5	7
DL, %	5.40 \pm 1.10 ^a	6.61 \pm 1.10 ^a	4.06 \pm 0.89 ^b	5.60 \pm 0.88 ^a
pH ₄₅	6.60 \pm 0.03 ^a	6.36 \pm 0.03 ^b	6.57 \pm 0.02 ^a	6.25 \pm 0.02 ^b
pH ₂₄	5.82 \pm 0.05 ^a	5.92 \pm 0.05 ^a	5.74 \pm 0.03 ^a	5.69 \pm 0.03 ^a
T ₄₅ , °C	35.09 \pm 0.27 ^a	35.15 \pm 0.27 ^a	34.99 \pm 0.16 ^b	36.90 \pm 0.31 ^a
T ₂₄ , °C	8.27 \pm 0.19 ^b	9.81 \pm 0.24 ^a	8.93 \pm 0.11 ^a	9.86 \pm 0.12 ^a
EC ₂ , mS/cm	3.41 \pm 0.39 ^b	4.88 \pm 0.51 ^a	4.03 \pm 0.23 ^b	5.93 \pm 0.25 ^a
EC ₂₄ , mS/cm	6.10 \pm 0.43 ^b	7.50 \pm 0.56 ^a	5.16 \pm 0.25 ^b	6.98 \pm 0.27 ^a
L*	46.38 \pm 1.15 ^b	50.58 \pm 1.15 ^a	40.04 \pm 0.75 ^b	42.30 \pm 0.98 ^a
a*	2.49 \pm 0.33 ^a	2.77 \pm 0.33 ^a	2.03 \pm 0.23 ^a	2.29 \pm 0.23 ^a
b*	12.13 \pm 0.61 ^a	12.15 \pm 0.79 ^a	12.49 \pm 0.35 ^a	13.51 \pm 0.38 ^a
N	20	20	30	30

DL = drip loss, pH₄₅ = pH taken 45 min *post mortem*, pH₂₄ = pH taken 24 h *post mortem*, T₄₅ = carcass temperature taken 45 min *post mortem*, T₂₄ = carcass temperature taken 24 h *post mortem*, CE₂ = carcass electrical conductivity taken 2 h *post mortem*. CE₂₄ = carcass electrical conductivity 24 h, L* = luminosity, a* = red color intensity, b* = yellow color intensity, and n = number of carcasses.

^{ab} Treatment means with different literal within season differ ($P<0.05$).

diferencia de 1.15 °C entre tratamientos. La T_{24} presentó la misma variación, presentando en verano e invierno canales enfriadas más rápidamente cuando se aplican tiempos cortos entre insensibilización y desangrado. Los cerdos no pueden perder calor mediante sudoración, por lo tanto son particularmente sensibles a las temperaturas elevadas, especialmente cuando otros mecanismos de pérdida de calor se ven comprometidos a consecuencia del estrés causado por la respuesta a la insensibilización y el retraso del sangrado⁽³⁵⁾. En forma adicional, el desangrado realizado correctamente minimiza la sangre salpicada e inicia una disminución en la temperatura del cuerpo⁽¹⁾. El desangrado debe realizarse lo más rápido posible después del aturdimiento debido a que después de 30 seg el animal puede recuperar la sensibilidad y empezar a moverse ocasionando un rápido descenso de pH y una permanencia de temperatura corporal, lo cual conduce a una mayor pérdida por goteo⁽³⁶⁾.

En el verano e invierno las canales de los cerdos con tiempos de 4 seg entre insensibilización y desangrado presentaron una CE_2 menor ($P < 0.05$) que los animales sacrificados de manera convencional. Los valores de CE_{24} mostraron el mismo comportamiento que a las 2 h, y estos se encuentran cercanos a los límites para carne de cerdo normal⁽³⁰⁾, aunque como ya se mencionó, la CE no es un indicador único de la calidad de la carne. El reducir el tiempo entre insensibilizado y desangrado permitió obtener carne con menor pérdida por goteo, menor temperatura y conductividad eléctrica, con una caída de pH más lenta y con una mayor intensidad de color rojo y menos de color amarillo, lo cual favorece la calidad de la carne de cerdo⁽³⁷⁾.

La carne de los animales con tiempos cortos entre insensibilización y desangrado presentó mejores ($P < 0.05$) características de color en ambas épocas del año, con valores mayores de a^* y valores menores de b^* . Considerando los valores de pH_{45} y L^* ^(26,27,33) se determinó que tres canales presentaban características PSE en los animales sacrificados de forma convencional.

at 24 h pH was stabilised and no differences by treatment were observed ($P > 0.05$) in both seasons.

Carcass temperature could be related to scalding time because it is assumed that there is heating during this process; no differences ($P > 0.05$) in T_{45} during summer were observed, however in winter an increase of 1.91 °C in carcass temperature was found in carcasses of pigs killed by the conventional method.

On the other hand, T_{24} was lower ($P < 0.05$) in carcasses of pigs scalded for short times during summer, while in winter there were no difference ($P > 0.05$). The delay in carcass chilling, as well as the *ante mortem* handling and the water scalding temperature, deserve more attention. In this study, it was observed that long scalding time decreased meat quality and this fact should be kept in mind in order to prevent meat quality problems⁽³⁷⁾. In contrast, when carcasses were quickly chilled the quality characteristics of meat were, in general, improved.

Meat EC_2 and EC_{24} were lower ($P < 0.05$) for carcasses from pigs scalded for short times in both seasons than for those carcasses of animals scalded for the conventional times. Meat luminosity was lower ($P < 0.05$) when scalding time was 5 min, than when it was 7 min whereas a^* and b^* values were not affected ($P > 0.05$). In the group of pigs scalded for 7 min there were found 15 animals suspected of PSE abnormality^(26,27), mainly due to the high luminosity. Meat quality during both seasons, summer and winter, was improved by reducing scalding time to 5 min, obtaining best yields (less DL), given by a normal pH decline, with a fast carcass chilling, a normal electrical conductivity and a best surface meat color.

CONCLUSION AND IMPLICATIONS

Pigs stunned in group of five showed carcasses with lower drip loss, lower electrical conductivity, and with a lower pH than pigs individually stunned; therefore, it is concluded that group stunning has best results from the meat quality stand point.

Tiempo de escaldado

En el verano no se presentaron diferencias de pérdida por goteo por efecto de escaldado, pero en invierno esta pérdida en el escalde por 5 min fue menor ($P < 0.05$) que la de las canales escaldadas por 7 min, con una diferencia de 1.54 % (Cuadro 3). La caída de pH fue más rápida en aquellas canales que duraron más tiempo en el área de escaldado, por lo que el pH₄₅ presentó valores menores ($P < 0.05$) en las dos épocas del año; sin embargo, a las 24 h el pH se estabilizó y no se observaron diferencias por tratamiento en ambas épocas.

La temperatura de la canal pudiera estar relacionada con el escaldado, debido a que en ese paso del proceso hay calentamiento; sin embargo, no se observaron diferencias en la T₄₅ en el verano, pero sí en el invierno, con un incremento de 1.91 °C en las canales del grupo sacrificado en forma convencional. Por otro lado, la T₂₄ fue menor ($P < 0.05$) en las canales escaldadas por menor tiempo durante el verano, mientras que en invierno no se encontró diferencia. El retraso del enfriamiento de la canal, el manejo *ante mortem* y la temperatura del agua de escaldado requieren de una atención específica. En este estudio se encontró que el tiempo prolongado de escalde disminuyó la calidad de la carne, y se debe tener en cuenta para prevenir problemas de calidad⁽³⁷⁾. Contrariamente, cuando las canales se enfriaron rápidamente, las características de calidad de la carne en general se mejoraron.

La CE₂ y la CE₂₄ fueron menores ($P < 0.05$) para las canales con tiempos de escalde más cortos en ambas épocas del año. Asimismo la luminosidad fue menor ($P < 0.05$) cuando el tiempo de escalde fue de 5 min, mientras que los valores de a* y b* no fueron afectados. En el grupo de cerdos escaldados por 7 min se encontraron 15 animales sospechosos del defecto PSE^(26,27) debido principalmente a la alta luminosidad. La calidad de la carne tanto en verano como en invierno se mejoró al acortar el tiempo de escalde a 5 min, obteniendo mejores rendimientos (menor PG),

Applying less than 4 sec time between pig stunning and bleeding and controlling scalding time to 5 min improved meat pH, temperature, and electrical conductivity, whereas meat color was not affected by these times. It is recommended to reduce time between stunning and bleeding to 4 sec together with a scalding time of 5 min, since they are factors of major importance to meat quality.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the staff of Frigorífico del Bajío, in particular to Ing. Raúl Alvarez, Juan Ramon Soto and Ignacio Vivanco, for their support and help during this study.

End of english version

dados por una caída más lenta de pH, con un enfriamiento más rápido, una conductividad normal y un mejor color en la superficie de la carne.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los cerdos sacrificados en grupos de cinco presentaron canales con menor pérdida por goteo y conductividad eléctrica y con una caída de pH₄₅ más lenta que cuando entran al sacrificio en forma individual, por lo que se concluye que el sacrificio en grupo tiene resultados favorables para la calidad de la carne. El aplicar un tiempo no mayor a 4 seg entre la insensibilización y el desangrado durante el sacrificio de los cerdos, y el controlar a 5 min el tiempo de escaldado mejoró el pH, la temperatura, la conductividad eléctrica de la carne, mientras que el color no se vio afectado por estos tiempos. Se recomienda reducir el tiempo entre insensibilizado y desangrado a 4 seg conjuntamente con el escalde a 5 min por ser los factores que tuvieron mayor influencia en la calidad de la carne.

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

- Grandin T. Assessment of stress during handling and transport. *J Anim Sci* 1997;75:249-257.
- Channon HA, Payne AM, Warner RD. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Sci* 2000;56(3):291-299.
- Cannon JE, Morgan JB, McKeith FK, Smith GC, Sonka S, Heavner J, Meeker DL. Pork chain quality audit packer survey: Quantification of pork quality characteristics. *J Muscle Foods* 1995;6:369-402.
- Calvo JH, Osta R, García-Muro E, Zaragoza, P. 1997. Síndrome de estrés porcino: aplicación y ventajas de la PCR para su diagnóstico. *Med Vet* 1997;14(2):110-113.
- Pommier SA, Pomar C, Godbout D. Effect of the Halothane genotype and stress on animal performance, carcass composition and meat quality of crossbred pigs. *Can J Anim Sci* 1998;78:257-264.
- Fisher P, Mellett FD, Hoffman LC. Halothane genotype and pork quality. 1. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. *Meat Sci* 2000;54(2):97-105.
- Rauw WM, Varona L, Raya LG, Noguera JL. Meat production using four terminal pig lines. *J Sci Food Agric* 2003;83(14):1504-1510.
- Martocchia 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;40:271-278.
- 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.
- Hedrick HB, Aberle ED, Forrest JC, Judge MD, Merkel RA. Principles of meat science. Third edition, Dubuque, Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company; 1994.
- Grandin T. Dealing with excitable pigs [on line] www.grandin.com/meat/pigs/excite.pig-1.html. Accessed April 22, 2000.
- Grandin T. Methods to reduce PSE and bloodsplash. XXI Proc. Allen D. Leman Swine Confr. Univ Minesota 1994;(21):206-209.
- Morgan JB, Smith GC, Cannon J, McKeith F, Heavner J. Pork distribution channel audit report. Pork Chain Quality Audit, Progress Report, April 6, 1994.
- Velazco J. Problemas de calidad en el sacrificio de porcinos. *Carnetec* 2000;(3):22-25.
- Aaslyng MD, Gade PB. Low stress pre-slaughter handling: effect of lairage time on the meat quality of pork. *Meat Sci* 2001;57(1):87-92.
- Dantzer R, Morméde P. El estrés y la cría intensiva del ganado. Zaragoza: Acribia; 1984.
- van der Wal PG, van Beek G, Verkamp CH, Wijngaards G. The effect of scalding on subcutaneous and ham temperatures and ultimate pork quality. *Meat Sci* 1993;34:395-402.
- CNA. Comisión Nacional del Agua. Estación meteorológica La Golondrina. Pénjamo, Gto. México.1996.
- Gregory NG. Preslaughter handling. Stunning and slaughter. *Meat Sci* 1994;36(1):45-56.
- Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: An approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co.; 1980.
- Stecchini ML, Mascarello F, Falaschini A. Influence of breeding system on pH and histochemical properties of muscle fibres in porcine M. *Semimembranosus*. *Meat Sci* 1990;28:279-287.
- Honikel KO, Kim CJ. Causes of the development of PSE pork. *Fleischwirsch* 1986;66:349-351.
- Garrido MD, Bañón S, Pedauye J, Laencina J. Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughterline. *Meat Sci* 1994;37:421-429.
- Lee S, Norman JM, Gunasekaran S, van Laack RLJM, Kauffman RG, Kim R. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. *Meat Sci* 2000;55(4):385-389.
- SAS, User's guide: statistics (version 5 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1993.
- 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.
- van Laack RLJM. The relationship between colour and water-holding capacity of pork: the case of RSE. *Meat Focus International* 1996;5:438-440.
- PIC. Meat Quality. Understanding industry measurements and guidelines. PIC, Spring, Franklin, KY. 1997.
- Offer G. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: effect of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Sci* 1991;30:157-184.
- Jaud D, Weibe K, Gehlen H, Fischere A. pH y conductividad. Mediciones comparativas en canales porcinas y su relación con la pérdida de jugo por goteo. *Fleischwirsch [español]*. 1993;2:21-24.
- Cornforth D. Color basis and importance. 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; 1994;9:34-78.
- Offer G, Knight P. The structural basis of water holding in meat. Part. 2: General principles and water uptake in meat procesing. In: Developments in meat science. Lawrie R, editor. Baking, Essex: Elseiver Applied Sci Publishers; 1988:173-244.
- Garrido MD, Bañón S, Pedauyé J, Laencina J. Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughterline. *Meat Sci* 1994;37:421-428.
- Troegeer K, Woltersdorf W. Medición del estrés de los cerdos durante el sacrificio. *Fleischwirtsch [español]*. 1989;2:3-5.
- Woltersdorf W, Klaus T. Mejoramiento de la calidad de la carne PSE de cerdos mediante refrigeración extrarápida. *Fleischwirtsch [español]*. 1990;1:45-51.

36. Manteca X. Bienestar animal [en línea] <http://europa.eu.int/comm/dg24old/scientif.comm4/outcome.html>. Consultado Dic 15, 2004.
37. Woltersdorf W, Troeger K. Técnica de faena para reducir el porcentaje de PSE en cerdos. *Fleischwirtsch* [español]. 1988;2:9-15.