



Nacameh

Vocablo náhuatl para “carnes”

Volumen 5, Número 2, Diciembre 2011

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

Derechos Reservados[©] MMXI

ISSN: 2007-0373

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



Efecto del método de insensibilización sobre los parámetros más importantes que influyen en el sacrificio y calidad de la carne de cerdo

Stunning method effect on the most important parameters which influence sacrifice and quality of pork

José Guadalupe Gamboa Alvarado^{1✉}, Ricardo Adrián Gallegos Lara¹, José Luis Arcos García¹, Roberto López Pozos¹, Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera², Alma Delia Alarcón Rojo³

¹Universidad del Mar, Campus Pto. Escondido. Carretera a Oaxaca vía Sola de Vega km 1.5, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México, CP. 71980, Tel: 954 5824990, fax. 954 58 24992, ²Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, Oaxaca, México. ³Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia. ✉Autor de correspondencia: alvarado@zicatela.umar.mx.

Resumen

Con la finalidad de evaluar el efecto de la pistola de perno cautivo (PP) y noqueo con mazo (NM) sobre la sensibilidad y calidad de la carne de cerdo, se utilizaron 28 cerdos comerciales y se consideró como covariables el reposo *ante mortem* (REP), humedad (HUM) y temperatura (TEMP) ambiente al momento del sacrificio. La presencia de canales PSE (pálida, suave y exudativa) fue mayor ($P < 0.05$) en NM. El NM mostró mayor ($P < 0.01$) presencia de signos de sensibilidad. No se observó diferencia ($P > 0.05$) de pH y temperatura medidos a los 45 min (pH_{45} y T_{45}), ni a las 24 h (pH_{24} y T_{24}) *post mortem* en luminosidad (L^*), tono amarillo (b^*) y pérdida de agua por goteo (PG), probablemente porque la musculatura ya se encontraba afectada por las condiciones de manejo *ante mortem*. El pH_{24} presentó relación negativa ($P < 0.05$) con REP y, cuando éste es mayor a 43 h, los valores de pH_{24} fueron característicos de canales PSE. El incremento de HUM y REP provocó mayor ($P < 0.01$) T_{24} , motivo por el cual el enfriamiento de la canal requiere de atención. El Noqueo con Mazo provocó mayor ($P < 0.01$) intensidad del rojo (a^*) y CRA, debido al estrés acumulado del manejo *ante mortem* y aturdimiento.

Palabras clave: insensibilización, sacrificio, carne, calidad, cerdo.

Abstract

The effect of captive bolt pistol (PP) and knocked down by hammer (NM) on sensibility and pork quality was evaluated employing 28 commercial porks considering as co-variables the *ante mortem* rest (REP), and environmental moisture (HUM) and temperature (TEMP) during sacrifice. PSE carcasses presence was higher ($P < 0.05$) in NM. NM showed higher ($P < 0.01$) presence of sensibility signs. No difference ($P > 0.05$) was observed in the pH and TEMP at 45 min (pH_{45} and T_{45}), nor at 24 h (pH_{24} and T_{24}) *post mortem* in luminosity (L^*), yellowness (b^*) and drip loss (PG), probably because the muscles were already affected by the *ante mortem* handling. The pH_{24} showed a negative relationship ($P < 0.05$) with REP and, when REP was superior to 43h, pH_{24} were characteristics of PSE carcasses. The increase in HUM and REP provoked higher ($P < 0.01$) T_{24} , where carcass cooling required more attention. The knocked down by hammer (NM) provoked a higher ($P < 0.01$) redness and CRA by the accumulate stress during *ante mortem* handling and stunning.

Key words: insensibilization, sacrifice, meat, quality, pork.

Introducción

La tecnificación de la producción porcina ha provocado la selección de líneas genéticas de mayor rendimiento de carne magra (Alarcón-Rojo y col., 2005), que se traduce en beneficios económicos para el productor. Sin embargo, este avance tecnológico repercute negativamente en la capacidad de defensa del animal frente a cambios eventuales del ambiente, observándose como principal problema, en términos de calidad de la carne porcina, la presencia de carne pálida, suave y exudativa (PSE por sus siglas en inglés de *pale, soft y exudative*) y oscura, firme y seca (DFD por sus siglas en inglés de *dark, firm y dry*) (Chorné y Chávez, 1996).

La carne puede tener pérdidas de calidad por causas que van desde el transporte de los animales a la planta de sacrificio hasta la distribución de los productos finales (Alarcón-Rojo y col., 2006). La mayor pérdida de calidad se origina cuando el manejo *ante mortem* y sistema de sacrificio no son adecuados (Grandin, 1991; Grandin, 1998; Fabregas, Velarde y Diestre, 2003). Los procedimientos incorrectos durante las etapas de sacrificio (contención, insensibilización y desangrado) favorece la aparición de carne PSE (Woltersdorf y Troeger, 1988), por ello, es importante prestar atención a la realización correcta de estas etapas (Alarcón-Rojo y col., 2006). Una correcta insensibilización de los animales durante el sacrificio brinda carne

de mejor calidad, por el contrario, una insensibilización incorrecta causa hematomas y fracturas en extremidades (Grandin, 1991).

Por lo tanto, la industria porcina y las empresas que sacrifican ganado porcino necesitan transformar los sistemas de producción que aseguren mayor rendimiento económico y obtención de canales de cerdo de mejor calidad (Swatland, 1980), por lo que es necesario realizar estudios enfocados a la identificar las causas que afectan la calidad de la carne de cerdo bajo sus condiciones de trabajo y, proponer mecanismos para su control.

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de dos métodos de aturdimiento sobre la sensibilidad y las características fisicoquímicas (pH, temperatura, color) y tecnológicas (capacidad de retención de agua y pérdida de agua por goteo) de calidad de la carne la calidad de cerdos sacrificados en Puerto Escondido, Oaxaca, México.

Materiales y Métodos

El trabajo experimental se realizó de agosto a diciembre de 2010 en un matadero localizado en Puerto Escondido, Oaxaca, con temperatura y humedad media anual de 28 °C y 70%, respectivamente y precipitación media de 1200 mm distribuidos en tres meses. Se utilizó un total de 28 cerdos seleccionados al azar, provenientes de Michoacán y Guanajuato, acaparados por un intermediario en Ometepec, Gro., de donde fueron transportados al matadero con tiempo aproximado de 5 h en camiones de dos niveles, correspondiendo un espacio de 0.48 m² por animal.

Manejo ante mortem

Los cerdos se recibieron en el matadero. Se descargaron con dos rampas fijas y se trasladaron a los corrales de espera donde se les proporcionó agua durante la recepción, y 30 min después se les ofreció alimento comercial. El tiempo de descanso *ante mortem* fue de 11 a 157 h.

Sacrificio

Se registró el peso vivo (PV) de los cerdos antes de ingresar al área de sacrificio, una vez ahí, el cerdo fue atado a un pilar de ambos miembros posteriores a la altura del corvejón para ser inmovilizado, esto debido a que el matadero no cuenta con cajón de insensibilización. El aturdimiento se llevó a cabo por medio de dos métodos: 1) insensibilización con una pistola

de perno cautivo (PP) Accles & Shelvoke Calibre 22 mod. Cash Special; el disparo se realizó colocando el cañón del arma en posición paralela a la línea dorsal del animal sobre el centro de la cabeza levemente 2 cm arriba sobre una línea imaginaria que une a ambos ojos del animal y 2) insensibilización mediante noqueo con mazo (NM) utilizando un tubo galvanizado de $1\frac{1}{4}$ pulgadas, 98 cm de largo y 2.5 kg de peso; aplicando un firme y fuerte golpe en la frente del animal. El tiempo transcurrido entre insensibilización y corte para desangrado fue menor de 10 s, pasando después a la etapa de desangrado vertical con duración de 5 min. Las etapas de escaldado, depilado, eviscerado, lavado y despiezado tuvieron una duración total de 54 min.

Determinación de la eficiencia del método de insensibilización

Al momento de aplicar el método de insensibilización durante el sacrificio, se registró el número de intentos (disparos con pistola o golpes con mazo) necesarios para lo lograr el colapso del animal aturdido e inmediatamente después se registró la presencia o ausencia de signos de sensibilidad [respiración rítmica (RR), parpadeo natural (PARPA), reflejo corneal (RC), intento de incorporarse (INCOR) y vocalización (VOC)] según la metodología descrita por Cáraves y Gallo (2007).

Determinación de calidad de la carne

Todas las mediciones se realizaron por triplicado en la cara interna del músculo *Semimembranosus* de la pierna izquierda, que es uno de los músculos más susceptibles a la presencia de carne con defecto PSE (Alarcón-Rojo y col., 2006). El pH y temperatura de la canal se midieron a los 45 min (pH₄₅ y T₄₅) y 24 h (pH₂₄ y T₂₄) *post mortem*, usando un potenciómetro/termómetro con electrodo de inserción Hanna modelo HI 99163, el cual se calibró al inicio de las mediciones bajo las condiciones ambientales de trabajo.

La medición del color se realizó a las 24 h *post mortem* de acuerdo a la técnica establecida (Garrido y col., 1994), determinándose los valores de L*, a* y b* con un espectrofotómetro de esfera X-rite modelo HI SP60. Este se calibró al inicio de las mediciones bajo las condiciones ambientales de trabajo.

La capacidad de retención de agua (CRA) se midió a las 24 h *post mortem* colocando una muestra aproximada de 0.3 g entre dos papeles filtro, los

cuales a su vez se ubicaron entre dos placas de plexi-glass y, se ejerció presión constante de 10 kg durante 15 min como modificación a la técnica propuesta por Grau y Hamm (1953) hecha por Boakye y Mittal (1993). El porcentaje de agua perdida se expresó como agua libre y la CRA se determinó restando el agua libre de 100.

La pérdida por goteo (PG) se midió a las 24 h *post mortem* según la metodología descrita (Honikel y Kim, 1986), usando una muestra de forma rectangular uniforme con peso aproximado de 3 g suspendida en un recipiente de plástico por medio de un hilo y almacenada a 4 °C durante 24 h. A las 48 h *post mortem* se registró el peso final y, la PG se determinó como la diferencia de peso expresada en porcentaje.

La clasificación de canales denominada DFD, normal (NOR) y PSE se realizó tomando el valor de pH_{45} y L^* como indicadores, según la clasificación reportada por varios autores (Stecchini, Mascarello y Falaschini, 1990; Kauffman, 1991; van Laack y col., 1994), quienes concuerdan que canales con $pH_{45} \leq 5.9$ en combinación con un valor de $L^* \geq 57$, se clasifican como PSE; canales con $pH_{45} > 5.9$ y < 6.4 con un valor de $L^* < 57$ y > 48 , se clasifican como NOR y; canales con un $pH_{45} \geq 6.4$ y $L^* \leq 48$ se clasifican como DFD.

Análisis estadístico

El modelo estadístico utilizado fue un diseño de bloques completamente aleatorizados con arreglo factorial 2 x 2, con método de insensibilización y sexo como efectos principales y su interacción. Como criterio de bloque se consideraron siete rangos de PV (81 a 85; 86 a 90; 91 a 95; 96 a 100; 101 a 105; 106 a 110 y; 111 a 115 kg). Se consideró como covariables el tiempo de reposo *ante mortem* (REP) y, humedad (HUM) y temperatura (TEMP) ambiente al momento del sacrificio.

La frecuencia de canales PSE, NOR y DFD, así como las variables de sensibilidad se analizaron mediante el procedimiento FREQ y la prueba de chi-cuadrado (CHISQ) del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS 1999) para determinar la presencia o ausencia de dependencia entre variables de sensibilidad y factores. Las variables de calidad de la carne se analizaron mediante el procedimiento GLM del mismo paquete. Cuando la interacción resultó significativa, para determinar diferencias entre medias, se utilizó la prueba de Tukey. Cuando la interacción entre variables y covariables resultó significativa, el grado de asociación se determinó

mediante un análisis de regresión lineal simple, utilizando el procedimiento REG.

Resultados y discusión

Presencia de canales con característica PSE, NOR y DFD

La presencia de canales con característica PSE, NOR y DFD en el total de canales muestreadas (Tabla 1) difiere de los resultados reportados por Alarcón-Rojo y col. (2005), quienes encontraron incidencia de 3.4, 80.5 y 16.1%, respectivamente, en cerdos sacrificados en la región del Bajío, México. Este contraste pueden deberse a diferencias en manejo *ante mortem*, equipo e instalaciones de las plantas de sacrificio. Por lo que toda mejora que se realice tanto en equipo e instalaciones favorece la calidad de la carne (Fabregas, Velarde y Diestre, 2003).

La presencia de canales PSE fue mayor ($P < 0.05$) en el NM que en la PP (Tabla 1). El valor para este último (7.1%) se ubica dentro del rango reportado por Owen y col. (2000); de 6 a 33%. La presencia de canales NOR fue menor ($P < 0.05$) en el NM que en la PP. Estos resultados pueden ser atribuidos a la menor presencia ($P < 0.01$) de signos de sensibilidad en cerdos aturridos mediante PP (Tabla 1), lo que se traduce en menor estrés durante este procedimiento, el cuál es un factor que origina deficiencias de calidad en la carne de cerdo (Troeger y Woltersdorf, 1989).

Tabla 1. Presencia (%) de canales de cerdo con característica PSE, NOR o DFD por método de insensibilización, sexo del animal e interacción de ambos factores, tomando el valor de pH₄₅ y L* como indicadores¹.

Clasificación ²	Método ³		Sexo ⁴		PP		NM		Global
	PP	NM	M	H	M	H	M	H	
PSE	7.1 ^b	50.0 ^a	28.6	28.6	0.0	14.3	57.1	42.9	28.6
NOR	85.7 ^a	42.9 ^b	57.1	71.4	85.7	85.7	28.6	57.1	64.3
DFD	7.1	7.1	14.3	0.0	14.3	0.0	14.3	0.0	7.1
n ⁵	14	14	14	14	7	7	7	7	28

¹pH₄₅= pH medido a los 45 min *post mortem*. L*= luminosidad medida a las 24 h *post mortem*. ²PSE= carne pálida, suave y exudativa. NOR= carne normal. DFD= carne oscura, firme y seca. ³Método= método de insensibilización. PP= pistola de perno cautivo. NM= noqueo con mazo. ⁴Sexo=sexo del animal. M= macho. H= hembra. ⁵n= número de canales muestreadas. ^{a,b} Literales diferentes en las hileras de método, sexo, método y sexo, son diferentes ($P < 0.05$).

El sexo e interacción de factores no provocó diferencia ($P>0.05$) sobre la presencia de canales PSE, NOR y DFD, lo cual coincide con Ring y Kortmann (1989), quienes reportan que la calidad de la carne no se ve afectada por el sexo del animal.

Eficiencia del método de insensibilización

El número de intentos para lograr colapso del cerdo no presentó diferencia ($P>0.05$) por método de insensibilización, sexo e interacción (Tabla 2). Sin embargo, menos del 90% de animales colapsaron al primer intento mediante el NM; lo que representa un problema serio en la eficiencia del método y se debe tomar acciones inmediatas para mejorar este porcentaje (Grandin, 1998). La eficiencia de noqueo de la PP fue excelente por colapsar el 100% de animales aturridos al primer disparo.

Tabla 2. Efecto del método de insensibilización, sexo del animal y su interacción sobre el número de intentos (disparos con pistola o golpes con mazo) necesarios para inducir el colapso del cerdo al momento del aturdimiento.

Intentos ¹	Método ²		Sexo ³		PP		NM	
	PP	NM	M	H	M	H	M	H
1	100.0	78.6	85.7	92.9	100.00	100.00	71.4	85.7
≥ 2	0.0	21.4	14.3	7.1	0.00	0.00	28.6	14.3
n4	14	14	14	14	7	7	7	7

¹Intentos= Número de disparos con PP o golpes mediante NM para inducir colapso del animal. ²Método= método de insensibilización. PP= pistola de perno cautivo. NM= noqueo con mazo. ³Sexo= sexo del animal. M= macho. H= hembra. ⁴n= número de cerdos muestreados. ^{a, b} Literales diferentes en las hilera de método, sexo, método y sexo son diferentes ($P<0.05$).

El NM mostró mayor ($P<0.01$) presencia de signos de sensibilidad (Tabla 3). El signo de mayor ($P<0.01$) presencia fue RC, por lo que puede ser considerado el mejor indicador de sensibilidad en cerdos y, su ausencia indica correcto aturdimiento (Grandin, 1998). El signo de menor ($P<0.05$) presencia fue INCOR, por lo que no debe ser considerado un signo definitivo de sensibilidad y, su interpretación debe apoyarse especialmente de RC y PARPA. Un signo de sensibilidad por sí solo no puede determinar la presencia o ausencia de sensibilidad en animales (Blackmore & Denaly 1988), por lo que la evaluación de varios signos después del aturdimiento es

elemental para determinar la eficiencia del método de insensibilización Grandin (1998). La presencia de signos de sensibilidad por sexo del animal no mostró diferencias ($P>0.05$).

Tabla 3. Efecto del método de insensibilización, sexo del animal y su interacción sobre los signos de sensibilidad durante el aturdimiento de cerdos al momento del sacrificio.

Signo ¹	Método ²		Sexo ³		PP		NM	
	PP	NM	M	H	M	H	M	H
RR	7.1b	78.6a	57.1	28.6	14.3b	0.0b	100.0a	57.1a
PARPA	7.1b	85.7a	50.0	42.9	14.3b	0.0b	85.7a	85.7a
RC	7.1b	100.0a	57.1	50.0	14.3b	0.0b	100.0a	100.0a
INCOR	7.1d	42.9c	28.6	21.4	14.3	0.0	42.9	42.9
VOC	7.1b	78.6a	57.1	28.6	14.3b	0.0b	100.0a	57.1a
n ⁴	14	14	14	14	7	7	7	7

¹Signo= signo de sensibilidad. RR= respiración rítmica. PARPA= parpadeo natural. RC= reflejo corneal. INCOR= intento de incorporarse. VOC= vocalización. ²Método= método de insensibilización. PP= pistola de perno cautivo. NM= noqueo con mazo. ³Sexo= sexo del animal. M= macho. H= hembra. ⁴n= número de cerdos muestreados. ^{a,b} Literales diferentes en las hilera de método, sexo, método y sexo son diferentes ($P<0.01$). ^{c,d} Literales diferentes en las hilera de método, sexo, método y sexo son diferentes ($P<0.05$).

A pesar de la menor ($P<0.01$) presencia de signos de sensibilidad obtenidos con la PP, los resultados se encuentran fuera del rango aceptable ($<0.01\%$) descrito por Grandin (1998), lo que representa un problema grave que requiere de acciones inmediatas para mejorar este porcentaje. La eficiencia del aturdimiento mediante NM se encuentra muy distante de los valores aceptables y, es un procedimiento del que no se tienen referencias como método para aturdir cerdos en plantas de sacrificio, lo que concuerda con Grandin (2003) quién menciona que el correcto sacrificio de cerdos debe incluir métodos de insensibilización científicamente aceptados.

El bajo porcentaje de cerdos colapsados al primer intento y alto porcentaje de presencia de signos de sensibilidad mediante NM puede deberse a la dificultad de colocar el golpe en la posición y dirección correcta del cráneo y, en producir el golpe con fuerza necesaria, replica que depende del factor

humano y que puede estar sujeto a múltiple variación. Éstos son los principales puntos que depende la insensibilización efectiva mediante PP (fuerza del proyectil, dirección y posición del golpe en la parte correcta del cráneo) (Ríos-Rincón y Acosta-Sánchez, 2008). Además, la PP es impulsada mediante un cartucho fulminante, especialmente diseñado para tipo y tamaño del animal.

Calidad de la carne

No se observó diferencia ($P > 0.05$) de pH_{45} , pH_{24} , T_{45} , T_{24} , L^* , b^* y PG por método de insensibilización, sexo e interacción (Tabla 4 y 5). Sin embargo, el NM provocó valores de pH_{45} de canales consideradas PSE (≤ 5.9 ; Stecchini, Mascarello y Falaschini, 1990; Kauffman, 1991; van Laack y col., 1994), condición que favoreció mayor ($P < 0.05$) presencia de esta anomalía. Esta respuesta desfavorable de pH_{45} para NM, es ocasionada por la mayor ($P < 0.01$) presencia de signos de sensibilidad y, por lo tanto, de estrés durante el aturdimiento.

El valor de a^* fue mayor ($P < 0.01$) en cerdos aturridos mediante NM, esto quiere decir, que presentaron carne más oscura. El valor de a^* en la carne de cerdos M aturridos con PP (T1) fue menor ($P < 0.05$) que la de los cerdos M aturridos mediante NM (T3), por lo que estos últimos presentaron carne más oscura.

Estos resultados pueden resultar contradictorios en relación a la eficiencia del método de aturdimiento, sin embargo, es importante destacar que probablemente la musculatura del material de investigación ya se encontraba afectada por las condiciones de manejo *ante mortem* propias de la planta de sacrificio (prolongado reposo *ante mortem*, falta de manga para la conducción de los animales de los corrales al sitio de sacrificio, técnica de contención de los cerdos con las extremidades posteriores amarradas), lo que provocó estrés crónico y, consecuentemente, reservas de glucógeno muscular bajas al momento de sacrificio, por lo que no se produce disminución adecuada del pH muscular durante las 24 h *post mortem* (Fabregas, Velarde y Diestre, 2003), afectando la apariencia final de la carne y predisponiendo a valores altos de a^* y CRA característicos de carne DFD. De esta manera, una correcta insensibilización ya no pudo influir positivamente sobre el color y CRA de la carne.

Tabla 4. Medias (\pm error estándar) de las características fisicoquímicas y tecnológicas de la carne de cerdo, con efecto del método de insensibilización y sexo del animal.

Característica ¹	Método ²		Sexo ³		Global
	PP	NM	M	H	
pH ₄₅	6.21 \pm 0.38	5.89 \pm 0.42	6.05 \pm 0.49	6.05 \pm 0.37	6.05 \pm 0.42
pH ₂₄	5.57 \pm 0.27	5.54 \pm 0.25	5.63 \pm 0.26	5.48 \pm 0.26	5.55 \pm 0.26
T ₄₅ , °C	41.7 \pm 0.6	41.6 \pm 0.5	41.7 \pm 0.5	41.6 \pm 0.5	41.7 \pm 0.5
T ₂₄ , °C	6.4 \pm 1.4	6.5 \pm 1.3	6.4 \pm 1.5	6.5 \pm 1.1	6.5 \pm 1.3
L*	53.07 \pm 2.77	53.23 \pm 4.42	53.37 \pm 4.25	52.93 \pm 3.01	53.15 \pm 3.62
a*	11.30 \pm 1.34b	12.82 \pm 1.30a	12.06 \pm 1.89	12.06 \pm 1.09	12.06 \pm 1.51
b*	9.59 \pm 1.42	10.70 \pm 1.66	10.17 \pm 1.85	10.11 \pm 1.40	10.14 \pm 1.61
CRA, %	48.24 \pm 12.90b	59.82 \pm 2.92a	48.16 \pm 12.91b	59.90 \pm 2.48a	54.03 \pm 10.91
PG, %	3.30 \pm 0.67	3.54 \pm 0.77	3.57 \pm 0.82	3.27 \pm 0.59	3.42 \pm 0.72
n ⁴	14	14	14	14	28

¹pH₄₅= pH medido a los 45 min *post mortem*. pH₂₄ = pH medido a las 24 h *post mortem*. T₄₅= temperatura medida a los 45 min *post mortem*. T₂₄ = temperatura medida a las 24 h *post mortem*. L*= luminosidad medida a las 24 h *post mortem*. a*= intensidad de color rojo medida a las 24 h *post mortem*. b*= intensidad de color amarillo medida a las 24 h *post mortem*. CRA= capacidad de retención de agua medida a las 24 h *post mortem*. PG= pérdida de agua por goteo medida a las 24 h *post mortem*. ²Método= método de insensibilización. PP= pistola de perno cautivo. NM= noqueo con mazo. ³Sexo= sexo del animal. M= macho. H= hembra. ⁴n= número de canales muestreadas. ^{a, b} Literales diferentes en las hilera de método, sexo, método y sexo son diferentes (P<0.01).

La CRA fue mayor (P<0.01) en cerdos H. Este comportamiento puede ser atribuido al mayor porcentaje de animales que colapsaron al primer intento de insensibilización (Tabla 2) y a la menor presencia de signos de sensibilidad (Tabla 3) que se observó en cerdos H respecto a los cerdos M. La CRA de los cerdos T1 fue menor (P<0.01) comparada con los cerdos T3 y los cerdos M aturdidos con PP y NM (T3 y T4, respectivamente). A pesar de que la insensibilización con PP logró el colapso del total de cerdos M al primer intento, el 14.3% mostró signos de sensibilidad durante el aturdimiento, y por lo tanto de estrés, factor que origina deficiencias de calidad en la carne de cerdo (Troeger y Woltersdorf, 1989), motivo por el cual pudo haber sido anulado la ventaja de mayor eficiencia del primer intento de insensibilización mediante PP sobre la CRA en cerdos M.

Tabla 5. Medias (\pm error estándar) de las características fisicoquímicas y tecnológicas de la carne de cerdo, con efecto del método de insensibilización¹ en cerdos de diferente sexo².

Característica ³	PP		NM		Global
	M	H	M	H	
pH ₄₅	6.23 \pm 0.40	6.19 \pm 0.38	5.86 \pm 0.55	5.92 \pm 0.32	6.05 \pm 0.42
pH ₂₄	5.61 \pm 0.29	5.44 \pm 0.25	5.58 \pm 0.25	5.60 \pm 0.27	5.55 \pm 0.26
T ₄₅ , °C	41.7 \pm 0.6	41.7 \pm 0.5	41.8 \pm 0.3	41.5 \pm 0.6	41.7 \pm 0.5
T ₂₄ , °C	6.9 \pm 1.7	6.0 \pm 0.8	6.6 \pm 1.3	6.4 \pm 1.5	6.5 \pm 1.3
L*	52.86 \pm 3.03	53.27 \pm 2.70	53.88 \pm 5.42	52.58 \pm 3.47	53.15 \pm 3.62
a*	10.96 \pm 1.80d	11.64 \pm 0.64cd	13.16 \pm 1.29c	12.49 \pm 1.32cd	12.06 \pm 1.51
b*	9.24 \pm 1.40	9.93 \pm 1.45	11.10 \pm 1.86	10.29 \pm 1.44	10.14 \pm 1.61
CRA, %	37.02 \pm 7.99b	59.46 \pm 1.77a	59.29 \pm 2.85a	60.35 \pm 3.11a	54.03 \pm 10.91
PG, %	3.38 \pm 0.89	3.23 \pm 0.39	3.76 \pm 0.77	3.31 \pm 0.77	3.42 \pm 0.72
n ⁴	7	7	7	7	28

¹PP= pistola de perno cautivo. NM= noqueo con mazo. ²M= macho. H= hembra. ³pH₄₅= pH medido a los 45 min *post mortem*. pH₂₄ = pH medido a las 24 h *post mortem*. T₄₅= temperatura medida a los 45 min *post mortem*. T₂₄ = temperatura medida a las 24 h *post mortem*. L*= luminosidad medida a las 24 h *post mortem*. a*= intensidad de color rojo medida a las 24 h *post mortem*. b*= intensidad de color amarillo medida a las 24 h *post mortem*. CRA= capacidad de retención de agua medida a las 24 h *post mortem*. PG= pérdida de agua por goteo medida a las 24 h *post mortem*. ⁴n= número de canales muestreadas. ^{a, b} Literales diferentes en las hilera de método y sexo son diferentes (P<0.01). ^{c, d} Literales diferentes en las hilera de método y sexo son diferentes (P<0.05).

El valor de pH₂₄ fue afectado (P<0.05) por REP. La tendencia de la relación (Figura 1a) fue similar al comportamiento reportado por Silva y col. (2005) y Castrillón, Fernández y Restrepo (2007) quienes encontraron que el pH₂₄ disminuye al incrementar REP. El modelo de regresión lineal simple (Y= 5.69715-0.00218 X) es adecuado (P<0.05) para describir el comportamiento de pH₂₄ a partir de REP. Valores de pH₂₄ menores a 5.6 son característicos de canales PSE; considerando los valores predichos del modelo, cuando REP es superior a 43 h, los valores de pH₂₄ entran en el rango de canales PSE establecido (Castrillón, Fernández y Restrepo, 2007).

El valor de T₂₄ presentó diferencia (P<0.01) por efecto de REP y HUM. El incremento de REP y HUM provocó incremento de T₂₄ (Figura 1b y 1c, respectivamente). Éste comportamiento de T₂₄ puede asociarse con el de pH₂₄; a medida que aumentó el valor de T₂₄ a consecuencia del incremento

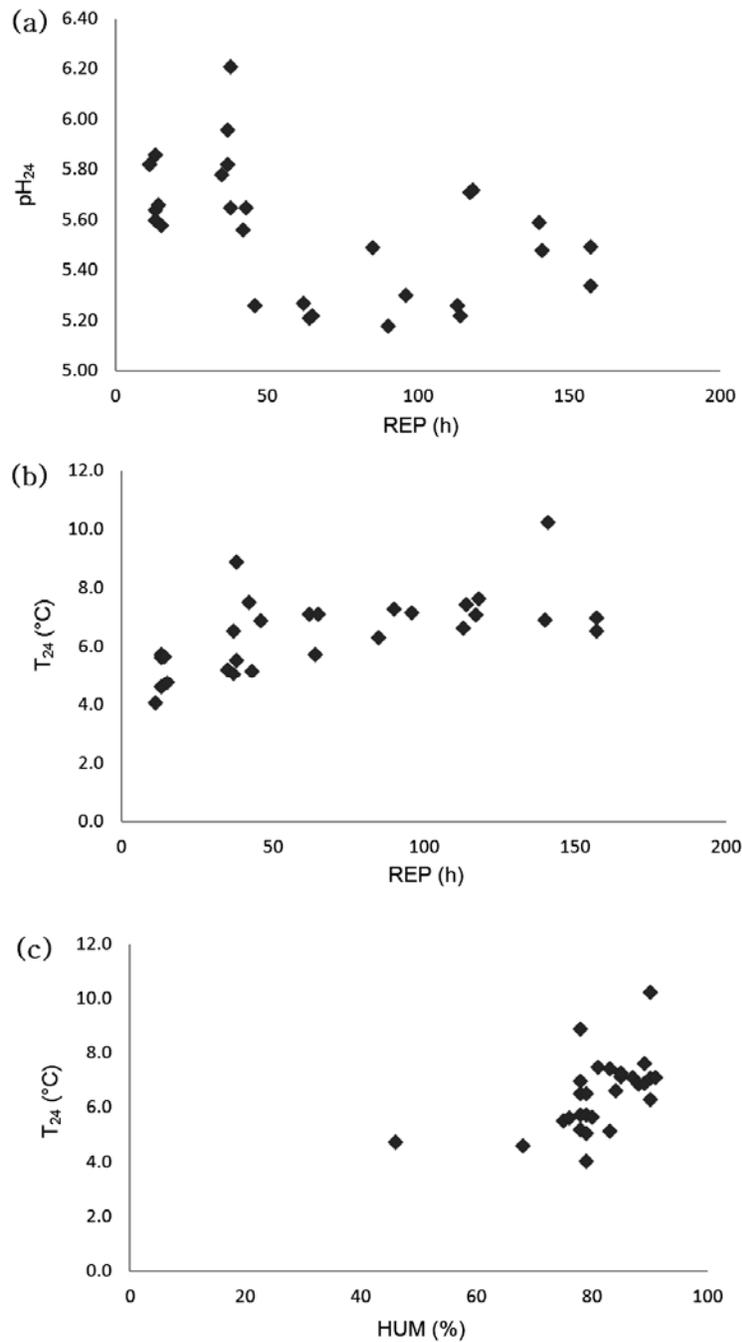


Figura 1. (a) Diagrama de dispersión para pH medido a las 24 h *post mortem* (pH₂₄) y reposo *ante mortem* (REP). (b) Diagrama de dispersión para temperatura medida a las 24 h *post mortem* (T₂₄) y reposo *ante mortem* (REP). (c) Diagrama de dispersión para temperatura medida a las 24 h *post mortem* (T₂₄) y humedad ambiente al momento del sacrificio (HUM).

de REP y HUM, el valor de pH_{24} disminuyó, motivo por el cual el enfriamiento de la canal requiere de atención específica para disminuir el efecto negativo de las temperaturas altas de la musculatura sobre la calidad de la carne (Woltersdorf y Troeger, 1990). El incremento de T_{24} provocado por REP puede relacionarse con un deterioro de la calidad de la carne al disminuir paralelamente el valor de pH_{24} , lo que coincide con Sackmam, Stolle y Reuter (1989), quienes mencionan que la prolongación del reposo por más de 4 h no mejoró en la calidad de la carne, si no que, puede deteriorarla.

Conclusión

Bajo las condiciones de trabajo de este matadero, el uso de la pistola de perno cautivo promueve menor presencia de canales PSE y mayor presencia de canales con característica NOR. La eficiencia de insensibilización es mayor en relación al noqueo con mazo, por lograr el colapso del total de cerdos aturcidos y menor presencia de signos de sensibilidad. Sin embargo, es necesario implementar estrategias apropiadas para mejorar los resultados obtenidos mediante PP.

Algunas características de calidad no fueron alteradas por el método de insensibilización, sexo del animal y su interacción, probablemente porque la musculatura del material de investigación ya se encontraba afectada por las condiciones de manejo *ante mortem* propias de la planta de sacrificio.

El NM predispone a valores altos, característicos de carne DFD.

El NM no debe ser considerado un método de insensibilización adecuado para cerdos, debido al alto porcentaje de presencia de signos de sensibilidad, los cuales se encuentran distantes del rango aceptable descrito por Grandin (1998).

Estos resultados, sugieren para futuros trabajos la necesidad de realizar mejoras en el manejo *ante mortem*, instalaciones de la planta de sacrificio con la finalidad de mejorar la calidad de la carne de cerdo sacrificado en Puerto Escondido, Oaxaca, México.

Agradecimientos

Se agradece al personal del matadero, en particular al CP Abelardo López y su esposa Martha Bustamante, por el apoyo y facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

Referencias

- ALARCÓN-ROJO A.D., J.G. GAMBOA-ALVARADO, F.A. RODRÍGUEZ-ALMEIDA, J.A. GRADO-AHUIR, H. JANACUA-VIDALES (2006). Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Técnica Pecuaria en México* 44 (1): 53-66.
- ALARCÓN-ROJO A.D., J.O. DUARTE-ATONDO, F.A. RODRÍGUEZ-ALMEIDA, H. JANACUA-VIDALES (2005). Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firma-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Técnica Pecuaria en México* 43 (3): 335-346.
- BOAKYE K. & G.S. MITTAL (1993). Changes in pH and water holding properties of *Longissimus dorsi* during beef ageing. *Meat Science* 34 : 335.
- CÁRAVES M. & C. GALLO (2007). Caracterización y evaluación de la eficacia de los sistemas de insensibilización utilizados en equinos en Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 39 (2): 105-113.
- CASTRILLÓN E.W., J.A. FERNÁNDEZ, L.F. RESTREPO (2007). Variables asociadas con la presentación de la carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) en canales de cerdo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20 (3): 327-338.
- CHORNÉ R. & C. CHÁVEZ (1996). La estructura de la cadena porcícola y la calidad de sus productos. *Temas de actualidad para la industria porcina*. México, D.F., Midia Relaciones S.A. de C.V., pp. 38-49.
- FABREGAS E., A. VELARDE, A. DIESTRE (2003). El bienestar animal durante el transporte y sacrificio como criterio de calidad. *Sitio argentino de Producción Animal*. URL: http://www.produccionbovina.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general. Fecha de acceso: 01/05/2008.
- GARRIDO M.D., S. BAÑÓN, J. PEDAUYÉ, J. LAENCINA (1994). Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughter line. *Meat Science* 37 (1): 421-428.
- GRANDIN T. (1991). Recomendaciones para el manejo de animales en las plantas de faena. *Sitio Argentino de Producción Animal*. URL: <http://www.produccionbovina.com.ar/>

- etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos. Fecha de acceso: 11/05/2008.
- GRANDIN T. (1998). Buenas prácticas de trabajo para el manejo e insensibilización de animales. Sitio Argentino de Producción Animal. URL: <http://www.produccion-animal.com.ar>. Fecha de acceso: 22/07/2010.
- GRANDIN T. (2003). El bienestar de los cerdos durante su transporte y faena. Sitio Argentino de Producción Animal. URL: <http://www.produccion-animal.com.ar>. Fecha de acceso: 31/07/2010.
- GRAU R. & R. HAMM (1953). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Mukel. Naturwissenschafden. 40: 29.
- HONIKEL K.O. & C.J. KIM (1986). Causes of development of PSE pork. Fleischwirsch 66: 349-351.
- KAUFFMAN R.G. (1991). Electronic evaluation of meat quality. Symposium Electronic Evaluation of Meat in Support of Value-based Marketing, Purdue University West Lafayette, Indiana, EU, pp. 99.
- OWEN B.L., J.L. MONTGOMERY, C.B. RAMSEY, M.F. MILLER (2000). Preslaughter resting and hot-fat trimming effects on the incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork and ham processing characteristics. Meat Science 54 (3) : 221-229.
- RÍOS-RINCÓN F.G. & D.C. ACOSTA-SÁNCHEZ (2008). Sacrificio humanitario de ganado bovino e inocuidad de la carne. Nacameh 2 (2): 106-123.
- RING C. & R. KORTMANN (1989). Efecto de la insensibilización eléctrica en cerdos sobre la calidad de la carne. Fleischwirtsch (Español) 1: 21-23.
- SACKMAM G., F.A. STOLLE, G. REUTER (1989). Influencia de los diferentes tiempos de descanso previo al sacrificio sobre la calidad de la carne de cerdos con una evaluación de las características clínicas. Fleischwirtsch. (Español) 1: 3-12.
- SAS. 1999. SAS for Windows versión 8. SAS institute Inc., Cary.
- SILVA J.R., G. TOMIC, E. CAVIERES, A. MANSILLA, P. OVIEDO (2005). Estudio de la incidencia del reposo *ante mortem* en cerdos y la

influencia en el pH, capacidad de retención de agua y color de músculo. *Ciencia e Investigación Agraria* 32 (2): 125-132.

STECCHINI M.L., F. MASCARELLO, A. FALASCHINI (1990). Influence the breeding system on pH and histochemical properties of muscle fibres in porcine M. Semimembranosus. *Meat Science* 28 (4): 279-287.

SWATLAND H.J. (1980). *Postmortem* changes in electrical capacitance and resistivity of pork. *Journal of Animal Science* 51 (5): 1108-1112.

TROEGER K. & W. WOLTERS DORF (1989). Medición del estrés de los cerdos durante el sacrificio. *Fleischwirtschs (Español)* 2: 3-8.

VAN LAACK R.L., R.G. KAUFFMAN, W. SYBESMA, F.J.M. SMULDERS, G. EIKEL ENBOOM, J.C. PINHEIRO (1994). Is color brightness (L-value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle? *Meat Science* 38 (2): 193-201.

WOLTERS DORF W. & K. TROEGER (1988). Técnica de faena para reducir el porcentaje de PSE en cerdos. *Fleischwirtschs (Español)* 2: 9-15.

WOLTERS DORF W. & K. TROEGER (1990). Mejoramiento de la calidad de la carne PSE de cerdos mediante refrigeración extrarápida. *Fleischwirtschs (Español)* 1: 45-51.