

CAPÍTULO 12

EFFECTO DE LAS VARIABLES ANTE MORTEM EN LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LA CARNE DE CERDO DE RASTROS MUNICIPALES DEL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

*María Antonia Mariezcurrena Berasain,**

*María Dolores Mariezcurrena Berasain,***

*Maribel Velázquez Rosa,** Dora Luz Pinzón Martínez,***

Juan Edrei Sánchez Torres, Ignacio A. Domínguez Vara**

Resumen

Para determinar el efecto de las variables *ante mortem* en la calidad fisicoquímica de la carne de cerdo de los rastros municipales se obtuvieron muestras del músculo *longissimus dorsi* de 120 canales; se midió el pH y la temperatura a 45 min. y 24 horas *post mortem*, colores objetivo y subjetivo, marmoleo, pérdida de agua, humedad, proteína, grasa y fuerza de corte. Las variables analizadas fueron: tiempo de traslado, de descanso en rastro, de descarga eléctrica, entre descarga y degüello, de desangrado, de escaldado y total del proceso; voltaje de la descarga y temperatura del escaldado. En el análisis estadístico se aplicó un ANOVA y una comparación de medias DMS a nivel de 5%. Los resultados demuestran que existe un efecto del voltaje de la descarga eléctrica en el pH45 y t45; del tiempo de descanso en rastro, en el pH45, t45 y t24; del tiempo de traslado, en pérdida de agua; y el tiempo de descarga eléctrica, en pérdida de agua y luminosidad. Los procesos de matanza de cada rastro son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Palabras clave: factores *ante mortem*, calidad de carne, pH, PSE, DFD.

* Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

** Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas.

en las reservas de glucógeno y, por tanto, la caída menos marcada en el pH, debido a la falta de glucógeno (López, 2006). Castrillón *et al.* (2007) reportan que la condición PSE en canales porcinas no se debe a un solo factor, sino que está asociada a muchas variables; encontraron una asociación altamente significativa entre el pH45, la densidad durante el transporte y el tiempo de reposo. Alarcón *et al.* (2006) mencionan que se disminuye la pérdida por goteo y se obtiene carne con mejor calidad fisicoquímica cuando se disminuye el tiempo entre insensibilizado y el desangrado, de 16 a 4s, y el tiempo de escaldado, de 7 a 5 minutos.

La mayor parte de la carne que se consume en México proviene de los animales de abasto que se sacrifican en rastros municipales, cuya calidad es muy variable debido a que no se han estudiado en conjunto los factores *ante mortem* que pueden estar influyendo en ella. Por ello, se diseñó la presente investigación, con el objetivo de determinar el efecto de las variables *ante mortem* (tiempo de traslado y de descanso en rastro; tiempo y voltaje de descarga eléctrica; tiempo transcurrido entre descarga y degüello; tiempo de desangrado; tiempo y temperatura del escaldado; y tiempo total del proceso de sacrificio) en la calidad fisicoquímica de la carne de cerdo de rastros municipales del altiplano central de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el periodo invierno-primavera 2011 (temperatura promedio de 14 y 17 °C, respectivamente) (Conagua, 2011), mediante un muestreo al azar de los cerdos sacrificados en los ocho rastros municipales del altiplano central de México. A cada rastro se le realizaron cinco visitas, una cada 15 días; en cada visita se seleccionaron al azar tres animales, de los cuales se investigó el lugar de procedencia, el tiempo de traslado (TT) y el tiempo de descanso en rastro (TDR). Durante la matanza, se midió el tiempo de las siguientes etapas del proceso: de descarga eléctrica (TDE), entre la descarga y el degüello (TDD), desangrado (TD), escaldado (TE) y total del proceso (TTP). También se tomó nota del voltaje de la descarga eléctrica (VDE) y de la temperatura del escaldado (TEMP).

Muestreo

Las canales seleccionadas se marcaron y rastrearon hasta su lugar de venta, para obtener las muestras. Éstas se obtuvieron del músculo *longissimus dorsi*, de la décima a la doceava costilla, en un lapso de 2 a 24 horas *post mortem*. Cada muestra se colocó individualmente en una bolsa de plástico con cierre hermético y se identificó e introdujo en una hielera portátil (con temperatura entre 2 y 4 °C) para

Abstract

To determine the effect of variables ante-mortem in the physicochemical quality of pork of the municipal traces, 120 samples of carcasses were collected from the muscle *longissimus dorsi*, measured pH and temperature at 45 min and 24 h post mortem, objective and subjective colour, marbling, loss of water, moisture, protein, fat and cutting force. The analyzed variables were time of transfer, rest on trail, from electric shock, between unloading and slaughter, of bleeding, scalding and total process; discharge voltage and the temperature. In the statistical analysis applied ANOVA and a comparison of average DMS at the level of 5%. The results show that there is an effect of the voltage of the electric shock in the pH45 and t45; the time of rest on trace in the pH45, t45 and t24; time transfer by water loss and the time of electric shock in loss of water and light. The killing of each trace processes are statistically different ($p < 0.05$).

Keywords: factors *ante mortem*, quality of meat, pH, PSE, and DFD.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con un total de 891 centros de sacrificio de cerdos, cuyo 90.3% corresponde a rastros municipales; el estado con mayor capacidad de faena es el Estado de México, con 24.9% (FAO, 2012). El inadecuado manejo *ante mortem* de los animales puede afectar negativamente la calidad de la carne. Entre los factores fuera del rastro que más influyen están el ayuno y el transporte (mezcla de grupos sociales, densidad, descarga); de entre los factores en rastro destacan el reposo y el sistema de insensibilización (Álvarez y Torre, 2003; Nanni *et al.*, 2002, citados por Castrillón *et al.*, 2007); tiempo entre insensibilización y desangrado; y tiempo de escaldado (Alarcón *et al.*, 2005). Existen normas oficiales mexicanas que son de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y establecen los sistemas de movilización (NOM-051-ZOO-1995) y los métodos de insensibilización y sacrificio de los animales (NOM-033-ZOO-1995), con el propósito de disminuir su sufrimiento. Pese a ello, en algunos rastros no siguen dichos lineamientos.

La carne de cerdo puede presentar, principalmente, dos tipos de defectos: pálida, suave y exudativa (PSE) y oscura, firme y seca (DFD). La carne PSE se presenta cuando los animales son manejados en condiciones estresantes en la etapa previa al sacrificio (Hedrick *et al.*, 1994); el estrés provoca un incremento en la síntesis del ácido láctico (López, 2006), originando las características de dicha carne. La carne DFD se presenta a consecuencia de un estrés prolongado (Alarcón *et al.*, 2006), una glucogenolisis continua en el animal puede provocar la disminución

trasladarla al laboratorio. En el laboratorio, a cada muestra se retiró la costilla y la grasa superficial para obtener sólo el lomo. De éste se obtuvo una chuleta de, aproximadamente, 2.5 cm de grosor para realizar el análisis de pérdida de agua. El resto del lomo se colocó nuevamente en la bolsa y se refrigeró a 4 °C, para su conservación y posteriores análisis.

Análisis instrumental

Aún en el rastro, a los 45 minutos *post mortem* y a la altura de la décima costilla, con un potenciómetro HANNA HI99163, se midieron el pH y la temperatura; en el laboratorio, se realizaron las mismas mediciones, a las 24 horas. El color objetivo, marmoleo y color subjetivo se midieron a las 24 horas *post mortem* en el ojo de la chuleta de la onceava costilla; el color objetivo se midió utilizando un Colorímetro Minolta Chroma meter CR-400, Cabezal de Medición CR-400, Plato de Calibración CR-A43, ángulo de visión de 20°, hecho en Tokio, Japón (donde L* indica la luminosidad; a*, tonalidades rojizas; y b*, amarillas) siguiendo la metodología propuesta por Honikel (1998); el marmoleo y el color subjetivo se midieron utilizando las escalas NPPC (1999). Después de utilizar la chuleta, se congeló para posteriores análisis. La pérdida de agua se determinó a partir de las 4 y 8 horas *post mortem* una vez obtenida la muestra de los obradores y carnicerías, utilizando el ojo de la chuleta de la décima costilla, mediante la técnica *Drip Loss* propuesta por Honikel (1998). Después de utilizar la chuleta, se congeló para posteriores análisis. La chuleta de la décima costilla fue homogeneizada con un procesador de alimentos Moulinex, Ecuallly (Francia) y fue utilizada para obtener el porcentaje de humedad mediante el método de horno seco (AOAC, 1990); para la grasa total se consideró una mezcla de cloroformo-metanol 2:1, realizado en Soxtec Foss 2055 y adaptado del método oficial AOAC #991 (Mariezcurrera *et al.*, 2010); el análisis de proteína se hizo con el método Kjeldahl (AOAC, 1990). La chuleta de la onceava costilla fue utilizada para determinar la fuerza de corte (kgf), aplicando el método descrito por AMSA (2000).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un ANOVA, cuyo modelo lineal general correspondió a un diseño experimental completamente al azar. Los factores de estudio (tratamientos) fueron los ocho rastros municipales; los tres cerdos se consideraron como repeticiones. También se incluyeron cinco periodos de muestreo, uno cada 15 días. La comparación de medias de tratamientos se hizo con la prueba de DMS a nivel de 5% (SAS, 1988). Las variables de respuesta fueron: tiempo de

traslado (h), tiempo de descanso en rastro (h), tiempo de descarga eléctrica (s), tiempo entre la descarga y el degüello (s), tiempo de desangrado (s), tiempo de escaldado (s), tiempo total del proceso (min), voltaje de la descarga eléctrica (V), temperatura del escaldado (°C), pH a los 45 min. y 24 horas *post mortem*; temperatura a los 45 min. y 24 horas (°C), pérdida de agua (%), color objetivo (L^* , a^* , b^*), color subjetivo (escala de 1.0 a 6.0), marmoleo (escala 1.0 a 10.0), humedad (%), proteína (%), grasa (%) y fuerza de corte (Kgf).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis estadístico de los factores *ante mortem* (tiempos de traslado y de descanso en rastro) y de las etapas del sacrificio (tiempos de descarga eléctrica, entre descarga y degüello, desangrado, escaldado y total del proceso), así como del voltaje de la descarga eléctrica y de la temperatura del escaldado.

Tabla 1
Comparación de medias de los factores *ante mortem*
de los ocho rastros municipales

Rastros	TT	TDR	TDE	VDE	TDD	TD	TE	TEMP	TTP
1	0.50e	13.20d	2.73c	900.00a	6.47c	29.00c	222.53b	76.00c	27.53c
2	7.87b	27.20a	3.46b	230.00c	35.00a	119.87b	142.40d	72.00d	15.47e
3	0.50e	7.40e	NA	NA	8.47b	34.40c	337.73a	68.00e	35.60a
4	5.00d	11.80d	3.73b	220.00d	7.80c	32.73c	179.40c	76.00c	16.13e
5	12.00a	19.20c	4.13a	172.00e	3.60d	13.27d	52.20f	80.00a	11.67f
6	7.25c	23.20b	NA	NA	3.27d	133.93a	115.60e	72.00d	22.87d
7	0.50e	12.87d	NA	NA	9.47b	35.53c	133.00d	78.00b	33.73b
8	0.50e	5.07f	2.00d	450.00b	6.93c	34.87c	100.53e	76.00c	23.26d
DMS 0.05	0.27	1.80	0.41	29.92	2.64	13.52	27.31	0.00	1.80

TT = tiempo de traslado al rastro (h), TDR = tiempo de descanso en rastro (h), TDE = tiempo de descarga eléctrica (s), VDE = voltaje de descarga eléctrica (v), TDD = tiempo entre descarga y degüello (s), TD = tiempo de desangrado (s), TE = tiempo de escaldado (s), TEMP = temperatura de escaldado (°C) y TTP = tiempo total del proceso (min).

NA = no aplica. El método de aturdimiento es mediante un golpe en la cabeza, por tanto, no hay descarga eléctrica.

a, b, c, d, e, f , medias con distinta literal en una columna son estadísticamente diferentes (DMS, $P \leq 0.05$).

Como se observa en la Tabla 1, para cada variable se formaron grupos diferentes estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Para tiempo de traslado al rastro (TT) se formaron cinco grupos, el primero y con la media más alta fue el rastro 5, con un valor de 12.00; en el quinto grupo están los rastros 1, 3, 7 y 8, todos con la media más baja, de 0.50. La Norma Oficial Mexicana sobre el trato humanitario en la movilización de animales establece que el periodo de movilización de cerdos no debe exceder de 20 horas (NOM-051-ZOO-1995), por lo que se observa que ninguno de los rastros pasa este límite. Grandin (1994) observó que los cerdos que se transportan en tiempos menores a 30 min. desarrollan una incidencia más alta de carne PSE, que aquellos que son sometidos a un viaje más largo y, probablemente, pueden desarrollar carne DFD.

Para tiempo de descanso en rastro (TDR) se formaron seis grupos, el primero y con la media más alta fue el rastro 2, con valor de 27.20; en el sexto grupo, el rastro 8 con la media más baja, de 5.07. En la modificación a la Norma Oficial Mexicana del sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres se establece que los cerdos deben reposar en el rastro un mínimo de 12 horas y un máximo de 24 horas en corrales de descanso (Modificación NOM-033-ZOO-1995; 1997), por lo que el descanso en el rastro se encuentra dentro de los tiempos establecidos por la norma. El tiempo de descanso que se proporciona a los cerdos les permite recuperarse del estrés ocasionado por el traslado. Warris *et al.* (1996) mencionan que el tiempo de reposo largo reduce la incidencia de carne PSE, pero aumenta la carne DFD.

Para tiempo de descarga eléctrica (TDE) se formaron cuatro grupos, el primero y con la media más alta fue el rastro 5, con valor de 4.13; en el cuarto grupo está el rastro 8, con la media más baja, de 2.00 (en los rastros 3, 6 y 7 no hay descarga eléctrica). Para el voltaje de la descarga eléctrica (VDE) se formaron cinco grupos, en el primero está el rastro 1, con la media más alta, de 900.00; en el quinto grupo, el rastro 5, con la media más baja, de 172.00. La modificación a la NOM-033 (1997) establece que la insensibilización de los animales se debe realizar mediante una descarga eléctrica, aplicando los electrodos sobre la piel previamente mojada y en contacto de 3 a 4 segundos (NOM-033-ZOO-1995). Los rastros 3, 6 y 7 no obedecen lo establecido por esta norma, ya que realizan el sacrificio mediante un golpe en la cabeza del animal. Las descargas eléctricas excesivas en tiempo o intensidad pueden provocar que algunas articulaciones del cuerpo se luxen, afectando la calidad de la carne. Para prevenir este problema, Velazco (2000) menciona que el tiempo de la descarga no debe exceder de 3 segundos.

Para el tiempo entre descarga y degüello (TDD) se formaron cuatro grupos, en el primero está el rastro 2, con la media más alta, de 35.00; en el cuarto grupo

están los rastros 5 y 6, este último con la media más baja, de 3.27. La norma sobre el sacrificio humanitario establece que el desangrado se deberá realizar dentro de los 20 segundos después de la insensibilización. Sólo el rastro 2 excede el tiempo establecido por la NOM-033-ZOO-1995. Esto se debe a la forma en que opera dicho rastro, ya que realizan la insensibilización, izan al animal hasta el área de desangrado y realizan el corte de la vena para el desangrado. Alarcón *et al.* (2006) encontraron que al reducir el tiempo entre insensibilizado y desangrado, de 16 a 4 segundos, se disminuyó la pérdida por goteo y se obtuvo carne con mejor calidad fisicoquímica, tanto en verano como en invierno.

Para el tiempo de desangrado (TD) se formaron cuatro grupos, en el primero está el rastro 6, con la media más alta, de 133.93; en el cuarto grupo está el rastro 5, con la media más baja, de 13.27. La NOM-033 (1995) sólo menciona que se debe asegurar que el animal se encuentra muerto antes de ser introducido al escaldado. Sosnicki *et al.* (1998) recomiendan un mínimo de 5 minutos para un desangrado adecuado. El desangrado realizado correctamente inicia una disminución en la temperatura del cuerpo, acortar su duración puede permitir que las canales entren más pronto al escaldado y, por tanto, al enfriado (Alarcón *et al.*, 2008).

Para el tiempo de escaldado (TE) se formaron seis grupos, en el primero está el rastro 3, con la media más alta, de 37.73; en el sexto grupo está el rastro 5, con la media más baja, de 52.20. Para la temperatura del escaldado (TEMP) se formaron cinco grupos, en el primero está el rastro 5, con la media más alta, de 80.00; en el quinto grupo está el rastro 3, con la media más baja, de 68.00. Para estas dos variables ninguna norma establece parámetros. Como se observa, el rastro 3 es el que presenta la media más alta para el tiempo de escaldado y, a la vez, presenta la temperatura más baja; el rastro 5 presenta la media más baja para el tiempo de escaldado, pero la temperatura más alta. Alarcón *et al.* (2006) mencionan que al reducir el tiempo de escalde de 7 a 5 minutos (utilizando una temperatura de 60 °C), la carne presenta menor pérdida por goteo, mayor pH45 y menor T24.

Para el tiempo total del proceso (TTP) se formaron seis grupos, en el primero está el rastro 3, con la media más alta, de 35.60; en el sexto grupo está el rastro 5, con la media más baja, de 11.67. Para esta variable no existe norma que establezca límites, pero es de importancia, ya que este tiempo afecta el grado de disminución de la temperatura de la canal. Eilert (1997) menciona que un tiempo ideal entre la insensibilización y la iniciación del enfriado es de 20 a 40 minutos. En la Tabla 2 se muestran los resultados de los parámetros físicos (pérdida de agua, color objetivo L*, a*, b*, color subjetivo, marmoleo y fuerza de corte).

Cuadro 2
Comparación de medias de los parámetros físicos de la carne de cerdo
(*Longissimus dorsi*) obtenida de los ocho rastros municipales

Rastros	PDA	L*	a*	b*	CS	M	FDC
1	1.86b	46.78a	4.45b	3.13a	3.00b	1.67b	3.50d
2	2.31b	47.50a	4.16b	2.89a	2.60c	1.73b	4.73a
3	1.52c	44.15b	4.04b	2.20c	2.93b	1.73b	3.45d
4	1.93b	46.83a	4.92a	3.02a	2.93b	1.67b	3.72c
5	1.25c	44.11b	4.26b	2.70b	3.60a	2.13a	4.12b
6	1.83b	47.91a	3.58c	2.34c	2.73c	1.40b	4.20b
7	3.02a	47.20a	4.54b	3.11a	3.07b	1.87a	4.16b
8	1.57c	44.76b	3.83c	2.52b	3.13b	1.60b	3.77c
DMS 0.05	0.84	1.94	0.88	0.61	0.44	0.47	0.70

PDA = pérdida de agua (%), L* = índice de luminosidad, a* = índice de rojos-verdes, b* = índice de amarillos-azules, CS = color subjetivo, M = marmoleo y FDC = fuerza de corte (kgf).

a, b, c, d, e, f, medias con distinta literal en una columna son estadísticamente diferentes (DMS, $P \leq 0.05$).

Para pérdida de agua (PDA) (véase Tabla 2), se formaron tres grupos, en el primero está el rastro 7, con la media más alta, de 3.02; en el tercer grupo están los rastros 8, 3 y 5, este último con la media más baja, de 1.25. De acuerdo con este parámetro, todos los rastros presentan carne sospechosa de ser DFD, debido a que presentan un porcentaje de pérdida de agua menor a 3 (Toldra y Flores, 1999).

Para los valores L* se formaron dos grupos, el primero formado por los rastros 1, 2, 4, 6 y 7, teniendo el rastro 6 la media más alta, de 47.91; el segundo grupo fue conformado por los rastros 3, 8 y 5, teniendo este último la media más baja, de 44.11. Para a* se formaron tres grupos, en el primero está el rastro 4, con la media más alta, de 4.92; en el tercer grupo están los rastros 8 y 6, este último con la media más baja, de 3.58. Para b* se formaron tres grupos, el primero está formado por los rastros 1, 2, 4 y 7, teniendo el primero la media más alta, de 3.13; en el tercer grupo están los rastros 6 y 3, este último con la media más baja, de 2.20. Una carne de óptima calidad es la que se encuentra entre los rangos de L* de 43 a 49, de acuerdo con la tabla de valores NPPC (1999) o con valores cercanos a 51 (Brewer, 1999). Alarcón *et al.* (2006) proponen que se presentan mejores características de color con valores mayores de a* y valores menores de b*. De

acuerdo con los tres parámetros medidos de color objetivo (L^* , a^* , b^*), la carne que procede de los ocho rastros presenta buena calidad y buenas características de color.

Para el color subjetivo (CS) se formaron tres grupos, en el primero ésta el rastro 5, con la media más alta, de 3.60; en el tercer grupo están los rastros 6 y 2, este último con la media más baja, de 2.60. Wrigth *et al.* (2005) señalan que los valores óptimos de calidad de la carne de cerdo se sitúan entre 3 y 4; por tanto, los rastros 1, 5, 7 y 8 presentan los rangos aceptables de color.

Para marmoleo (M) se formaron dos grupos, en el primero están los rastros 5 y 7, el primero con la media más alta, de 2.13; el segundo grupo fue conformado por los rastros 1, 2, 3, 4, 6 y 8, teniendo el rastro 6 la media más baja, de 1.40. De acuerdo con los valores obtenidos en esta investigación, la carne de cerdo que proviene de todos los rastros es carne magra y podría ser de baja calidad, debido a que un mayor índice de veteado indica mayor presencia de grasa intramuscular, la cual influye directamente en la jugosidad y terneza (Brewer, 1999); las chuletas de cerdo de calidad son las que presentan puntuaciones de 3 o superiores en la escala NPPC (Wright *et al.*, 2005).

Para fuerza de corte (FDC) se formaron cuatro grupos, en el primero está el rastro 2, con la media más alta, de 4.73; en el cuarto grupo están los rastros 1 y 3, este último con la media más baja, de 3.45. Partida (2011) reporta que valores de resistencia al corte entre 4.2 y 4.9 kg de presión significa carne dura; y valores entre 3.4 y 4.1 kg, carne suave. Por tanto, la carne de los rastros 2 y 6 es dura; la del resto de los rastros, suave. La carne que proviene de todos los rastros es carne de calidad, ya que presenta valores de fuerza de corte entre 3 y 5 kg, como lo mencionan Wrigth *et al.* (2005).

En la Tabla 3 se muestran los resultados del análisis químico (pH y temperatura a los 45 min. y 24 horas *post mortem*, humedad, proteína y grasa).

Como se aprecia en la Tabla 1, para el pH a los 45 minutos *post mortem* (pH45) se formaron tres grupos, en el primero se encuentra el rastro 1, con la media más alta, de 6.63; en el tercer grupo están los rastros 4 y 2, este último con la media más baja, de 6.13. Considerando lo reportado por Castrillón *et al.* (2007) los rastros 1, 5, 7 y 8 presentan carne sospechosa de ser DFD, por presentar pH45 mayor o igual a 6.3, los demás rastros presentan carne normal (pH45 entre 5.9 y 6.2). Tomando en cuenta los parámetros que establece Kauffman (1991) para clasificar la carne, encontramos que sólo los rastros 1 y 5 presentan carne sospechosa de ser DFD (pH45 mayor o igual a 6.4) y los demás rastros presentan carne normal (pH45 entre 5.9 y 6.4).

Tabla 3
Comparación de medias de los parámetros químicos de la carne de cerdo
(*Longissimus dorsi*) obtenida de los ocho rastros municipales

Rastros	pH45	pH24	t45	t24	H	P	G
1	6.63a	5.74a	25.75a	14.43b	72.10c	23.63a	3.44a
2	6.13c	5.48c	24.19b	11.05c	72.81b	22.42b	3.38a
3	6.26b	5.59b	24.74b	13.96b	73.52b	22.93b	2.65c
4	6.24c	5.45c	25.69a	12.08c	73.12b	22.11b	3.23b
5	6.44b	5.57b	24.92a	12.11c	73.29b	23.15a	2.76b
6	6.27b	5.62b	25.41a	12.16c	73.11b	22.13b	3.23b
7	6.37b	5.54c	24.71b	16.39a	73.20b	22.47b	3.03b
8	6.31b	5.55c	24.55b	12.20c	74.11a	22.26b	2.42c
DMS 0.05	0.20	0.14	1.22	1.25	1.03	1.28	0.72

pH45 = pH a los 45 minutos *post mortem*, pH24 = pH a las 24 horas *post mortem*, t45 = temperatura a los 45 minutos *post mortem* (°C), t24 = temperatura a las 24 horas *post mortem* (°C), H = humedad (%), P = proteína (%) y 293 G = grasa (%).

a, b, c, d, e, f, medias con distinta literal en una columna son estadísticamente diferentes (DMS, $P \leq 0.05$).

Para el pH a las 24 horas *post mortem* (pH24) se formaron tres grupos, en el primero está el rastro 1, con la media más alta, de 5.74; en el tercer grupo están los rastros 2, 4, 7 y 8, el rastro 4 posee la media más baja, de 5.45. Castrillón *et al.* (2007) establecen que una carne normal es aquella que presenta pH24 entre 5.6 y 6.1, por lo cual sólo los rastros 1 y 6 presentan este tipo de carne; todos los demás rastros presentan carne PSE, debido a que reportan pH24 menor a 5.6.

Para la temperatura a los 45 minutos *post mortem* (t45) se formaron dos grupos, en el primero están los rastros 1, 4, 5 y 6, el primero con la media más alta, de 25.75; en el segundo grupo están los rastros 2, 3, 7 y 8, el primero con la media más baja, de 24.19. La velocidad de descenso del pH depende de la caída de la temperatura del músculo, la cual modula la velocidad de la glucólisis *post mortem*, ya que temperaturas elevadas alrededor de 40 °C aceleran el descenso del pH (Pearson y Young, 1989, citados por Galián *et al.*, 2007). Alarcón *et al.* (2006) reportan temperatura de las canales entre 34 y 36 °C en la época de invierno, con temperatura promedio ambiental de 18 °C; en el presente estudio la temperatura de las canales osciló entre 24 y 25 °C, debido a que la temperatura ambiental fue más baja, entre 14 y 17 °C.

horas fueron más rápidos, presentando los valores de 6.13, 24.19 °C y 11.05 °C, respectivamente; también presentaron el valor más bajo de color subjetivo, de 2.60, y el valor más alto de fuerza de corte, de 4.73.

El mayor porcentaje de pérdida de agua fue de 3.02 y se presentó cuando la temperatura a las 24 horas *post mortem* fue la más elevada, de 16.39 °C, y cuando la insensibilización de los animales se realizó mediante un golpe en la cabeza.

Los valores más bajos de pérdida de agua y luminosidad que se presentaron fueron de 1.25% y 44.11, respectivamente. Estos valores se dieron cuando los animales tuvieron un tiempo elevado de traslado al rastro de 12 horas y mayor tiempo de descarga eléctrica, de 4.13 segundos.

CONCLUSIONES

Los procesos de matanza de cada rastro son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). Los factores que presentaron mayor efecto en la calidad fisicoquímica de la carne fueron: tiempo de traslado al rastro, tiempo de descanso en rastro, tiempo de la descarga eléctrica y tiempo entre la descarga y el degüello.

REFERENCIAS

- Alarcón, R. A. D.; Duarte, A. J. O.; Rodríguez, A. F. A. y Janacua, V. H. (2005). "Incidencia de carne Pálida-Suave-Exudativa (PSE) y Oscuro-Firme-Seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México". *Técnica Pecuaria en México*, 43:335-346.
- Alarcón, R. A. D.; Gamboa, A. J. G.; Rodríguez, A. F. A.; Grado, A. J. A. y Janacua, V. H. (2006). "Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo". *Técnica Pecuaria en México*, 44:53-66.
- Alarcón, R. A. D.; Gamboa, A. J. G. y Janacua, V. H. (2008). "Factores que afectan la calidad de la carne de cerdo". *Nacahem*, 2:63-77.
- AMSA (2000). *American Meat Science Association. Research Guidelines for cookery and sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. Chicago: American Meat Science Association / National Live Stock and Meat Board.
- AOAC (1990). *Official methods of analysis of the association of analytical chemists 15th Edition*. Virginia: Association of Official Analytical Chemists.
- Brewer, M. S. (1999). "Consumer Attitudes Towards Color and Marbling of Fresh Pork". *Food Scienc.*, 64:171-174.
- Castrillón, W. E.; Fernández, J. A. y Restrepo, L. F. (2007). "Variables asociadas con la presentación de carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) en canales de cerdo". *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20:327-338.

- NOM-051-ZOO-1995. "Trato humanitario en la movilización de animales". México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
- NPPC (1999). *NPPC Facht Sheet*, 12:1-14.
- Partida, P. A. (2011). *Calidad de carne. Curso sobre calidad de carne*. México: Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Ramos, D. D. D. (2008). *Caracterización de la canal y la carne del cerdo criollo y de los productos cárnicos en el departamento de Tumbes-Perú*. Perú: Universidad de León, Facultad de Veterinaria.
- Sánchez, G. (1999). *Ciencia básica de la carne*. Santa Fe de Bogotá: Guadalupe Ltda.
- SAS STAT (1988). "User's Guide Release 6.03 Edition". *SAS Institute Inc. Cary*, 1028.
- Sosnicki, A.; Wilson, E.; Sheiss, E. B. y De Vries, A. G. (1998). "Is there a cost-effective way to produce high quality pork?" (19-27). En *51st Reciprocal Meat Conf. Am. Meat Science Assoc. Savoy, IL*.
- Toldra, F. y Flores, M. (1999). *New developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat*. España: Fundación Vaquero.
- Velazco, J. (2000). "Problemas de calidad en el sacrificio de porcinos". *Carnetec*, 3:22-25.
- Warris, P. D.; Brown, S. N.; Edwards, J. E. y Knowles, T. G. (1996). "Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs" (163-170). En *Proc. EU-Seminar: New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions*. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.
- Wright, L. I.; Scanga, J. A.; Belk, K. E.; Engle, T. E.; Tatum, J. D.; Person, R. C.; McKenna, D. R.; Griffin, D. B.; McKeith, F. K.; Savell, J. W. y Smith, G. C. (2005). "Benchmarking value in the pork supply chain: Characterization of US pork in the retail marketplace". *Meat Science*, 71:451-463.