

EFECTO DEL MÉTODO DE SACRIFICIO SOBRE VARIABLES CRÍTICAS SANGUÍNEAS Y CONSECUENCIAS SOBRE LA BIOQUÍMICA DE LA CARNE DE COBAYO (*Cavia porcellus*)

Effect of the Sacrifice Method on Critical Blood Variables and Biochemistry Consequences of the Guinea Pig Meat (*Cavia porcellus*)

Daniel Mota-Rojas^{1*}, María Elena Trujillo-Ortega^{2*}, Marcelino Becerril-Herrera³,
Patricia Roldan-Santiago¹, Miguel González-Lozano¹ e Isabel Guerrero-Legarreta⁴

¹Departamento de Producción Agrícola y Animal, Fisiopatología del estrés y bienestar de los animales domésticos. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Calzada del Hueso 1100. Col. Villa Quietud. O4960. México D.F.

²Departamento de Producción Animal: Cerdos. FMVZ, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, D.F. C.P. 04510. ³Escuela de Ingeniería Agrohídrica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, San Juan Acatenco, Municipio Teziutlán, 73940, Puebla, México. ⁴Laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas, Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, 09340, México, D. F. *E-mail: dmota100@yahoo.com.mx, trujillortegame@yahoo.com.mx.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del método de aturdimiento, sobre las variables críticas sanguíneas y su repercusión en las características físico-químicas de la carne de cobayo (*Cavia porcellus*). Ochenta cobayos de la raza Dunkin-Hartley fueron distribuidos en cuatro grupos experimentales: los cobayos de los grupos G₁ (Hembras) y G₂ (Machos) fueron aturdidos mediante desnucamiento, y los grupos G₃ (Hembras) y G₄ (Machos) por insensibilización eléctrica. Durante el desangrado se midieron variables críticas sanguíneas para determinar cambios metabólicos, desequilibrio ácido-base e intercambio gaseoso sanguíneo (pH, pCO₂, pO₂, electrolitos, glucosa, lactato, hematocrito, tco₂, HCO₃⁻, BE(B) SO₂c y thbc). Una vez refrigeradas las canales por 24 h a 2°C, fueron evaluadas las características físico-químicas (pH, retención de agua, color y textura). Los machos aturdidos por insensibilización eléctrica presentaron una tendencia hacia la acidez (G₂: 7,47 ± 0,03 vs. G₄: 7,32 ± 0,03) (P<0,05). La pCO₂ fue diferente (P<0,05), entre grupos (G₂: 35,00 ± 4,69 vs. G₄: 54,00 ± 5,04; G₁: 34,00 ± 3,55 vs. G₃: 53,00 ± 16,68) observando valores más elevados para los aturdidos eléctricamente. En el lactato se encontraron diferencias estadísticas (P<0,05) entre G₁: 18,00 ± 11,40 vs. G₃: 62,40 ± 12,03 y G₂: 27,50 ± 5,80 vs.

G₄: 76,20 ± 18,79, resultando valores más elevados para los aturdidos con el método eléctrico. El pH de la carne fue menor (P<0,05) para machos desnucados (G₁: 6,12 ± 0,09 vs. G₂: 5,95 ± 0,01). Para la retención de agua se aprecia un efecto combinado del sexo y método de aturdimiento (P<0,05) entre G₁: 14,20 ± 0,57, G₂: 13,75 ± 0,55 vs. G₄: 11,35 ± 1,50.

Palabras clave: Aturdimiento, desequilibrio ácido-base, características físico-químicas, carne, cobayo.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of stunning method on critical blood variables and their repercussions in four experimental groups on the physical-chemical characteristics of guinea pig meat (*Cavia porcellus*). Eighty Dunkin-Hartley guinea pigs distributed in four experimental groups were used. Those in groups 1 and 2 (G₁ y G₂) were stunned using the dislocation method, while those in groups 3 and 4 (G₃ y G₄) were subjected to electrical insensibilization (80 volts/5 s). During bleeding, the critical blood variables were measured to evaluate metabolic changes, the acid-base imbalance, and blood gas exchanges (pH, pCO₂, pO₂, Na⁺, K⁺ and Ca²⁺, glucosa, lactato, hematocrito, tco₂, HCO₃⁻, BE(B) SO₂c and thbc). After refrigerating the meat for 24 h at 2°C, its physical-chemical characteristics were evaluated (pH, water retention capacity, colour and texture). The males stunned by electrical insensibilization pre-

sented a tendency towards acidity. The values registered for the pH variable in males and females in the groups (G_2 : $M = 7.47 \pm 0.3$ vs. G_3 : $F = 7.37 \pm 0.07$) were significantly different ($P < 0.05$). With respect to the variable pCO_2 , significant differences were found ($P < 0.05$) between groups (G_2 : $M = 35.00 \pm 4.69$ vs. G_4 : $M = 54.00 \pm 5.04$; G_1 : $F = 34.00 \pm 3.55$ vs. G_3 : $F = 53.00 \pm 16.68$) with higher values registered in the animals stunned by electrical insensibilization, G_3 and G_4 , than those stunned by dislocation, G_1 and G_2 . With respect to lactate, statistical differences were found ($P < 0.05$) in the variables in groups G_1 : $F = 18.00 \pm 11.40$ vs. G_3 : $F = 62.40 \pm 12.03$ and G_2 : $M = 27.50 \pm 5.80$ vs. G_4 : $M = 76.20 \pm 18.79$, which resulted in higher values for the animals stunned with electric current, G_3 and G_4 , than those who were dislocated, G_1 and G_2 . In terms of the pH variable of the meat, significant differences were found ($P < 0.05$) by sex in the pigs that were dislocated (G_1 : $F = 6.12 \pm 0.09$ vs. G_2 : $M = 5.95 \pm 0.01$). Also significant differences were seen in the pH of the meat of the animals in G_2 : M vs. G_3 : F , due to effects of gender and stunning method. Turning to the variable of water retention, significant differences were found ($P < 0.05$) between G_1 : $F = 14.20 \pm 0.57$, G_2 : $M = 13.75 \pm 0.55$ vs. G_4 : $M = 11.35 \pm 1.50$, where a combined effect of sex and stunning method was observed.

Key words: Stunning, acid-base imbalance, physical-chemical characteristics, meat, guinea pigs.

INTRODUCCIÓN

El cobayo (*Cavia porcellus*) fue domesticado desde el siglo XVI con el propósito de aprovechar su carne, desde entonces ha sido usada en la alimentación humana de algunos países latinoamericanos y mediterráneos [24]. Uno de los principales productores y consumidores de carne de cobayo a nivel mundial es Perú [35]. Vietmeyer [32] reportó en 1984 que en Perú cada año eran consumidos cerca de 70 millones de cobayos, cifra que ha ido en aumento a través de los años debido a que el rendimiento de la canal de este roedor sobrepasa el 60% [29], además de que su consumo se ha ido fomentando, de generación en generación, como se menciona en la "Ley que declara al cobayo, especie nativa del Perú y patrimonio natural de la nación, promoviendo su producción y consumo" [7, 18, 29, 32].

En el ámbito rural, la crianza del cobayo fue generalizada ya que la producción de carne estaba destinada al autoconsumo [35]. En la actualidad, la carne es exportada a Europa y algunos países de Asia donde se le han dado distintas aplicaciones al combinarla con el arte culinario de otras culturas [35].

La carne de cobayo se caracteriza por presentar buenas características nutricionales al contener 20,3% de proteína, 7,8% de grasa y 0,8% de minerales. Además de tener un sabor agradable, su composición química es mejor a otros tipos de carne como la de bovino (*Bos taurus* y *Bos indicus*) y porcino (*Sus scrofa domesticus*) [7, 18]. En los últimos años, ha existido gran controversia en el ámbito científico en lo que se

refiere al efecto que tiene el transporte y el método de aturdimiento sobre la calidad de la carne procedente de animales de abasto [2, 3, 8, 10, 13, 17, 19, 21, 22]. En relación a este tema se le ha brindado mayor atención a la carne de porcino y bovino, debido al elevado consumo de éstas a nivel mundial [8, 11, 19]. En estas especies animales se ha observado que los métodos de aturdimiento tienen efectos directos sobre la canal alterando la calidad final de la carne (pH, color, temperatura) y causando pérdidas económicas a los productores [4, 11, 19]. El método de insensibilización más utilizado en granjas productoras familiares y comerciales de carne de cobayo en el Perú es el desnucamiento, por ser considerado como un método práctico y rápido. Una alternativa en esta especie animal es el aturdimiento eléctrico, que por medio de corriente se induce un estado epiléptico al pasar dicha corriente eléctrica a través del cerebro de los animales [11]. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del método de aturdimiento, sobre las variables críticas sanguíneas y su repercusión en las características físico-químicas de la carne de cobayo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio fue realizado en dos etapas: la primera, en el Taller de Cárnicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México y la segunda etapa, en el laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas de la Universidad Autónoma Metropolitana, Plantel Iztapalapa, México.

Animales

Se utilizaron 80 cobayos (hembras y machos enteros) de la raza Dunkin-Hartley provenientes de una granja comercial ubicada en la Ciudad de México, D. F., con una edad y peso promedio de 6 meses y 800 g, respectivamente. Durante el estudio, los cobayos no presentaron signos clínicos de enfermedad.

Formación de grupos

La distribución de los cobayos se realizó por medio de un muestreo aleatorio simple [36], el cual consistió en utilizar una tabla de números aleatorios para identificar los individuos que se incluyeron en cada grupo y reducir las posibilidades de un sesgo. Las hembras fueron distribuidas de forma aleatoria a los Grupos 1 y 3, mientras que los machos a los Grupos 2 y 4 (TABLA I). Los animales del Grupo 1 y 2 fueron aturdidos con el método de desnucamiento. En lo que respecta al Grupo 3 y 4, fueron aturdidos por insensibilización eléctrica (80 volts/5 seg) a través del equipo modelo AT-001, Mevir® S.A, España.

Desarrollo experimental

Sacrificio

En la primera etapa, los animales incluidos en cuatro grupos, fueron identificados y ayunados por un período de 8 h

TABLA I
DISEÑO EXPERIMENTAL

Método	Desnucamiento		Insensibilización eléctrica	
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
Grupos				
Sexo	Hembra	Macho	Hembra	Macho
n	20	20	20	20
Total	40		40	

previo al sacrificio, durante este tiempo solo se les proporcionó agua *ad libitum*, similar a la metodología empleada por Gallo y col. [6]. Los animales fueron trasladados a la sala de matanza, a fin de realizar el procedimiento de insensibilización y muestreo sanguíneo de forma ordenada. Los cobayos fueron sacrificados siguiendo las prácticas establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Salvajes [19].

Exsanguinación

Después del aturdimiento, se realizó una incisión transversal en la vena yugular para iniciar el proceso de desangrado. En los primeros 10 seg se colectó una muestra sanguínea en un tubo micro-capilar (150- μ L) con heparina de litio, inmediatamente después, ésta fue procesada con un equipo de tercera generación para el análisis de gases, electrolitos y variables críticas sanguíneas (GEM Premier 3000, Instrumentation Laboratory Diagnostics, EUA and Italy). Las variables de respuesta fueron: pH, presiones parciales de CO₂ y O₂ (mmHg), electrolitos séricos Na⁺, K⁺ y Ca²⁺ (mmol/L), sustratos: glucosa (mg/dL) y lactato (mg/dL), hematocrito (%) y parámetros calculados en sangre total (tco₂, HCO₃⁻, BE(B) SO₂c, thbc).

Posterior a la exsanguinación, las canales fueron colgadas en posición caudo-craneal para realizar el faenado e introducidas a una cámara de refrigeración (Metal frio, CFMD-20, Pórtico de México S.A. con rango de temperaturas medias de 1°C a 4°C \pm 3°C.) durante 24 hrs a 4°C con la intención de evitar su descomposición.

Bioquímica de la carne

En la segunda etapa, las canales calientes de los cuatro grupos fueron trasladadas en un sistema de refrigeración portátil (el mismo equipo descrito previamente en la etapa de exsanguinación) a temperatura de 2°C al laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas (UAM-I) con la finalidad de realizar el análisis físico-químico de la carne. Se utilizó el músculo abdominal anterior para valorar la calidad de la carne para todas las muestras. La valoración de las propiedades fisicoquímicas se realizó 24 h postmortem.

Determinación del pH: Después del sacrificio, el pH es un indicador de la calidad de la carne [14], al ejercer influencia sobre algunas características sensoriales de la carne. La medición del pH se realizó con un potenciómetro (Beckman,

pH/50, Palo Alto California, EUA). Para obtener la lectura de pH se realizó la mezcla y posterior molienda con 2 gr del músculo abdominal inferior y 18 mL de agua destilada.

Determinación de la textura: Para evaluar la fuerza máxima del corte en secciones del músculo abdominal inferior, se utilizó un equipo de medición de textura (TAX.T2 Texture Technologies, Corp., Nueva York, EUA) acoplado al software Texture Expert v 1.2 (Stable Micro Systems, Ltd, Surrey, Reino Unido). En cada una de las canales se realizó un corte del músculo abdominal inferior, las dimensiones de la muestra fueron: 10 mm de ancho X 50mm largo X 3 mm de espesor. Las propiedades mecánicas de la carne fueron evaluadas con una navaja de corte tipo Warner Bratzler, a una velocidad de 1mm / s. La cuchilla fue aplicada perpendicularmente a las fibras longitudinales y el pico de fuerza fue determinado por la máxima fuerza durante el corte, con un promedio de 5 repeticiones. La textura fue evaluada en dos estadios, carne cruda y cocida usando el mismo procedimiento. El proceso de cocción para el músculo abdominal inferior se logró al sumergir la carne en agua a 70°C durante un lapso de 10 minutos.

Retención de agua: Se homogeneizaron 5 gr de músculo abdominal inferior con 16 mL de una solución salina fisiológica (solución salina 0,9%, Baxter S.A. de C.V., México). Luego se centrifugó a 3075 g por 30 minutos (Dynac®, modelo 0101, EUA). El líquido fue colocado en una probeta graduada para registrar la cantidad recuperada de la muestra.

Determinación del color: Se realizó utilizando un colorímetro Hunter Lab (modelo D25-PC-2, Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón). La evaluación del color fue realizada en la superficie del músculo abdominal inferior realizando un corte en éste para hacerlo coincidir con la circunferencia del crisol del equipo y evaluar la reflectancia del color a 0°, 180° y 360°. Las coordenadas obtenidas fueron L, a y b, correspondientes a las siguientes observaciones: negro absoluto a blanco absoluto o luminosidad (L), amarillo a rojo (a) y azul a verde (b).

Análisis estadístico

Las variables respuesta (metabolitos, gases y electrolitos en sangre; variables físico-químicas de la carne) fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \xi_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \dots a$$

$$j = 1, 2 \dots b$$

donde:

$$Y_{ijk} = \text{Variable respuesta en la repetición } k, \text{ nivel } j \text{ de } b \text{ y nivel } i \text{ de } a$$

$$\mu = \text{Media general}$$

$$A_i = \text{Efecto del factor } A \text{ al nivel } i \text{ (Sexo: M, Macho; H, Hembra)}$$

B_j = Efecto del factor B al nivel j (Método: Desnucamiento; aturdimiento eléctrico)

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción AB al nivel i, j

ξ_{ijk} = Error aleatorio

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre medias de tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$). Debido a que los valores de pH corresponden a unidades logarítmicas, esta información se resumió como medianas (y rangos) y se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. Las pruebas estadísticas fueron realizadas con el programa SAS Versión 6,12 [28].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Equilibrio ácido-base, metabolismo energético y gases en sangre

En la TABLA II se aprecian la media y desviación estándar de las variables sanguíneas evaluadas después de la aplicación del método de aturdimiento. En relación a la variable pCO_2 , se encontraron diferencias significativas entre los grupos (G_2 vs G_4 ; G_1 vs. G_3) registrándose valores más elevados en los individuos aturridos por insensibilización eléctrica de los grupos G_3 y G_4 , que para G_1 y G_2 aturridos por desnucamiento. También, se encontraron diferencias significativas entre el G_1 y G_4 observándose valores más elevados en las hembras del G_4 como resultado de un efecto combinado del sexo y método de aturdimiento. El incremento brusco en los niveles de

pCO_2 es conocido como hipercapnia, resultado del metabolismo anaeróbico [33], generalmente asociado a un proceso de acidosis respiratoria, descrita frecuentemente como un incremento predominante de pCO_2 [5]. Los niveles de pCO_2 fueron más elevados en los animales aturridos con el método de insensibilización eléctrica, ya que al no haber oxígeno, la ruta metabólica se modificó, desde el aturdimiento hasta el degüello además es probable que estos animales hayan cursado por un proceso de hipo-ventilación. Este es otro efecto negativo del método de insensibilización eléctrica sobre el equilibrio ácido-base. El comportamiento de las variables hematocrito (%) y niveles de THbc (Hemoglobina total), fue similar observando diferencias significativas solo entre los G_1 vs. G_2 por efecto directo del sexo (TABLA II). Además se registraron diferencias significativas entre los G_1 vs G_4 ; G_2 vs. G_3 observándose un efecto combinado del sexo y del método de aturdimiento.

Los métodos de aturdimiento empleados en este trabajo no tuvieron efecto alguno sobre las variables pO_2 , Na^+ , Ca^{++} , Glucosa, TCO_2 , HCO_3^- , BE (B) y SO_2 .

En relación a la variable pH sanguíneo, no se encontraron diferencias significativas entre grupos aturridos con el mismo método (G_1 vs. G_2 ; G_3 vs. G_4). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas al comparar los resultados de machos aturridos por desnucamiento contra los que fueron aturridos por medio de insensibilización eléctrica (G_2 vs. G_4). Los machos aturridos por insensibilización eléctrica presentaron una tendencia hacia la acidez. Los valores registrados para la

TABLA II
MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE, METABOLISMO ENERGÉTICO Y GASES EN SANGRE DE COBAYOS INSENSIBILIZADOS CON DOS MÉTODOS

Variables	Grupos	Desnucamiento		Insensibilización Eléctrica	
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
		Hembras n = 20	Machos n = 20	Hembras n = 20	Machos n = 20
		Med ± DE	Med ± DE	Med ± DE	Med ± DE
pCO_2 (mmHg)		34,00 ± 3,55 ^c	35,00 ± 4,69 ^{bc}	53,00 ± 16,68 ^{ab}	54,00 ± 5,04 ^a
pO_2 (mmHg)		30,75 ± 7,93 ^a	22,25 ± 5,31 ^a	26,60 ± 3,84 ^a	23,00 ± 6,78 ^a
Na^+ (mmol/L)		130,25 ± 2,98 ^a	102,33 ± 67,52 ^a	138,00 ± 1,87 ^a	139,40 ± 2,30 ^a
K^+ (mmol/L)		7,00 ± 0,48 ^a	5,72 ± 2,85 ^a	7,46 ± 1,34 ^a	7,92 ± 0,85 ^a
Ca^{++} (mmol/L)		1,42 ± 0,07 ^a	1,43 ± 0,03 ^a	1,48 ± 0,08 ^a	1,55 ± 0,05 ^a
Glucosa (mg/dl)		115,75 ± 13,47 ^a	122,25 ± 10,78 ^a	120,80 ± 24,23 ^a	121,20 ± 15,30 ^a
Hematocrito (%)		37,25 ± 3,09 ^b	46,50 ± 3,00 ^a	38,40 ± 5,31 ^b	49,00 ± 1,87 ^a
TCO_2 (mmol/L)		26,50 ± 3,04 ^a	27,15 ± 5,27 ^a	32,04 ± 4,84 ^a	29,42 ± 1,70 ^a
HCO_3^- (mmol/L)		25,47 ± 2,96 ^a	26,07 ± 5,13 ^a	30,40 ± 4,36 ^a	27,78 ± 1,61 ^a
BE (B) (mmol/L)		2,22 ± 2,89 ^a	2,82 ± 4,79 ^a	4,16 ± 2,73 ^a	0,50 ± 1,50 ^a
SO_2 (%)		62,75 ± 18,24 ^a	43,25 ± 15,26 ^a	47,60 ± 13,25 ^a	34,60 ± 14,38 ^a
THbc (g/dl)		11,55 ± 0,97 ^b	14,40 ± 0,95 ^a	11,90 ± 1,64 ^b	15,20 ± 0,56 ^a

a, b, c. Filas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$). Desnucamiento: Hembras, G_1 ; Machos, G_2 . Insensibilización eléctrica: Hembras, G_3 ; Machos, G_4 .

variable pH de machos y hembras del G₂ vs G₃ son significativamente diferentes, resultando en valores más ácidos para las hembras del G₃ (FIG. 1). De acuerdo con Troeger y Woltersdorf [31], el paso de corriente eléctrica a través del cerebro produce dos efectos: contracción muscular con consumo de energía (ATP) y aumento de la frecuencia cardiaca. Como consecuencia, hay un aumento en la glicólisis provocando un cambio en la ruta metabólica de la glucosa y el descenso del pH sanguíneo [30]. En lo que respecta a la variable lactato se observaron diferencias significativas entre los animales de los grupos G₁ vs G₃ y G₂ vs. G₄, resultando en valores más elevados para los cobayos aturridos con el método de insensibilización eléctrica (G₃ y G₄) (FIG. 1). El incremento en los niveles de lactato está asociado a un proceso de acidosis metabólica [33]. Posiblemente el aturdimiento eléctrico incrementó la actividad muscular y aceleró el proceso de la glicólisis, causando acumulación de ácido láctico a nivel de tejido muscular y a su vez el descenso del pH [16]. Sin embargo, estos resultados difieren con los hallazgos de Papinaho y col. [25], quienes señalan que, durante el proceso de aturdimiento por insensibilización eléctrica se reduce la glicólisis y a su vez la acumulación de ácido láctico.

En relación a las variables pH, pCO₂ y lactato es importante mencionar que cuando hay un aumento de la pCO₂ del líquido extracelular, hay una alteración en la relación lactato-piruvato debido a que el piruvato se convierte a lactato resultando en una mayor producción de éste, incrementando la formación de ácidos orgánicos y dando como resultado el descenso del pH [15, 23]. El ácido láctico que se acumula es transportado desde el músculo hasta el hígado para ser convertido a glucosa o metabolizado a dióxido de carbono, resultando en una elevación de la pCO₂ [9].

Bioquímica de la carne de cobayo

En la TABLA III se observan la media y desviación estándar de las variables físico-químicas de la carne. Con respecto a la variable de pH de la carne se encontraron diferencias significativas entre sexos, en los individuos aturridos con el método de desnucamiento (G₁ vs. G₂). También se observaron diferencias significativas entre los animales del G₂ vs. G₃.

El pH de la carne es un indicador de calidad que puede afectar sus propiedades físico-químicas [1]. Los resultados de esta investigación demuestran que el pH en la carne de machos es numéricamente menor a los valores de pH en hembras. Estos hallazgos son similares a los resultados de Becerril-Herrera y col. [4], quienes señalan que las hembras poseen una gran resistencia al estrés. Pearson [26] menciona que, el descenso del pH muscular depende fundamentalmente de la cantidad de glucógeno presente en tejido muscular durante el proceso de aturdimiento. La disminución del pH estará en función del sexo, manejo, especie y de la cantidad de reservas de glucógeno en músculo [27]. Sin embargo, Adegoke y Falade [1] señalan que las hormonas que circulan en la sangre pueden ser responsables del decaimiento del pH muscular. Cabe resaltar que los

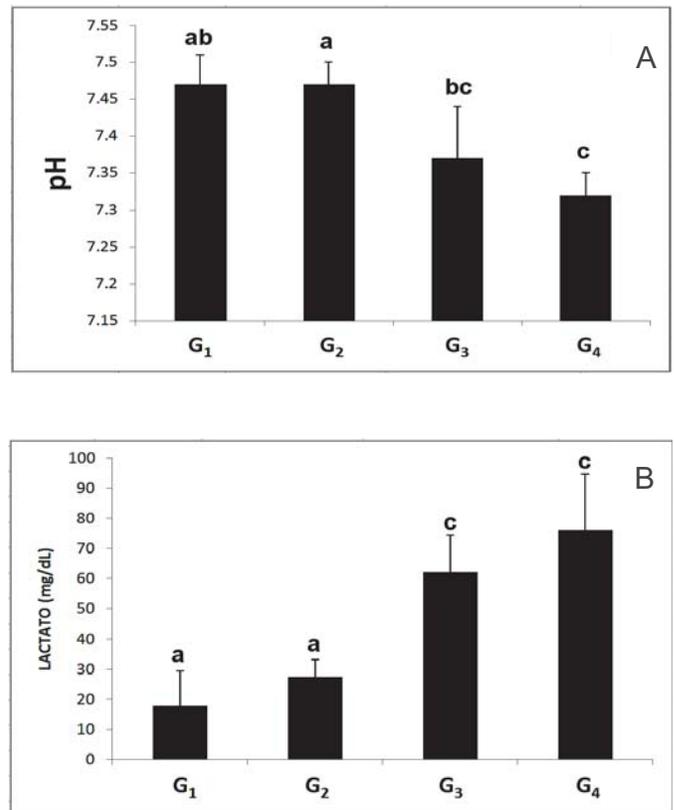


FIGURA 1. EFECTO DEL MÉTODO DE ATURDIMIENTO SOBRE VALORES SANGUÍNEOS DE pH (A) Y LACTATO (B) EN COBAYOS

Los valores de pH (A) se presentan como medianas y rangos. Los datos de lactato (B) se representan como media ± desviación estándar, a, b, c, literales diferentes indican diferencias significativas (P<0,05). Desnucamiento: Hembras, G₁; Machos, G₂. Insensibilización eléctrica: Hembras, G₃; Machos, G₄.

animales aturridos con el método de insensibilización eléctrica están cursando por un proceso de estrés agudo debido a que la glicólisis toma lugar rápidamente causando que el pH de la carne disminuya más rápido de lo normal.

Para la variable textura de carne cocida se observaron diferencias significativas al contrastar G₁ vs. G₂ y G₃ vs. G₄, observándose un efecto directo del sexo y solo se encontraron diferencias significativas entre G₁ vs. G₄ por efecto combinado del sexo y método de aturdimiento. Los animales aturridos con insensibilización eléctrica aceleraron las reacciones bioquímicas durante la aplicación del método de aturdimiento, debido a que presentaron más resistencia física, resultando en la activación de las diferentes rutas de la glicólisis anaerobia. De Man [6] menciona que los elementos estructurales de la carne como son: fibras musculares, tejido conectivo, tejido graso, filamento, sistema vascular y nervioso presentan resistencia a cualquier acción mecánica que se ejerza sobre ellos. Adegoke y Falade [1] señalaron que los animales que se resisten y luchan antes o durante el sacrificio, gastan la energía almacenada en sus mús-

TABLA III
**MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA CARNE EN COBAYOS
 INSENSIBILIZADOS POR DOS MÉTODOS**

Variables	Grupos	Desnucamiento		Insensibilización Eléctrica	
		G ₁ Hembras n = 20	G ₂ Machos n = 20	G ₃ Hembras n = 20	G ₄ Machos n = 20
		Med ± DE	Med ± DE	Med ± DE	Med ± DE
pH		5,95 ± 0,01 ^b	6,12 ± 0,09 ^a	6,22 ± 0,10 ^a	6,07 ± 0,09 ^{ab}
Textura cruda		1047,44 ± 91,88 ^a	1093,67 ± 428,02 ^a	1013,72 ± 320,44 ^a	932,89 ± 162,74 ^a
Textura cocida		865,68 ± 318,49 ^{bc}	1497,67 ± 282,95 ^a	1199,88 ± 404,22 ^{ab}	649,20 ± 69,22 ^c
Retención de agua		13,75 ± 0,55 ^a	14,20 ± 0,57 ^a	12,75 ± 0,86 ^{ab}	11,35 ± 1,50 ^b
Color 0°		22,12 ± 0,28 ^{ab}	24,02 ± 1,04 ^a	22,49 ± 1,50 ^{ab}	21,69 ± 1,15 ^b
Color 180°		22,14 ± 0,21 ^a	23,57 ± 0,89 ^a	22,40 ± 1,52 ^a	21,75 ± 1,13 ^a
Color 360°		19,34 ± 0,31 ^{ab}	20,59 ± 0,69 ^a	19,21 ± 1,12 ^{ab}	18,26 ± 1,17 ^b

^{a, b, c}. Filas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) y se presenta como medianas y rangos. Desnucamiento: Hembras, G₁; Machos, G₂. Insensibilización eléctrica: Hembras, G₃; Machos, G₄.

culos, presentando la rigidez cadavérica más rápido de lo normal. Por tales motivos, la textura de los músculos tiende a ser más resistente a las fuerzas mecánicas. De acuerdo a los resultados anteriores y a lo reportado [1], el método de aturdimiento es el responsable de la modificación en la textura.

En la variable retención de agua se encontraron diferencias significativas entre G₁, G₂ vs. G₄ observando un efecto combinado del sexo y método de aturdimiento. En relación al efecto del género, varios investigadores [4, 20], señalan que, las hembras poseen más resistencia al estrés, por tal motivo, el músculo posee la capacidad de retener mayor cantidad de agua. Sin embargo, Warris y col. [34] señalan que no hay diferencias entre sexos cuando se desea evaluar la capacidad de retención de agua. El músculo de los animales aturridos por insensibilización eléctrica tiene menor capacidad de retener agua debido a que el estrés por el que cursan durante el aturdimiento es mayor que en el método de desnucamiento. Grandin [12] señala que los animales que cursan por un proceso de estrés prolongado poseen menor cantidad de glucógeno y el pH decae rápidamente. Estos cambios ocasionan la precipitación de las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares produciendo una pérdida en la capacidad de retención de agua de la carne.

Con relación a las valoraciones de color realizadas en los músculos a las 24 h *postmortem* fueron observadas diferencias significativas por efecto combinado del género y método de aturdimiento para G₁ vs. G₄ a 0° y 360°, de acuerdo al criterio establecido para su valoración.

CONCLUSIONES

La calidad de la carne de cobayo dependerá del método de aturdimiento empleado durante el sacrificio. La insensibilización eléctrica provoca alteraciones en el metabolismo, así

como desequilibrio ácido base y consecuentemente acidosis metabólica e hipercapnia. Lo anterior da como resultado cambios de color, alteraciones en la textura de la carne cocida y reducción de la capacidad para retener agua. El presente estudio sienta las bases del efecto del método de aturdimiento sobre los cambios en el metabolismo, intercambio gaseoso y desequilibrio ácido base y sus repercusiones en la calidad de la carne de cobayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADEGOKE, G. O.; FALADE, K. O. Quality of meat. **J. Food. Agric & Environm.** 3: 87-90. 2005.
- [2] BECERRIL-HERRERA, M.; ALONSO-SPILSBURY, M.; LEMUS-FLORES, C.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; OLMOS-HERNÁNDEZ, A.; RAMÍREZ-NECOECHEA, R.; MOTA-ROJAS, D. CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. **Meat Sci.** 81: 233-237. 2009.
- [3] BECERRIL-HERRERA, M.; MOTA-ROJAS, D.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; GONZÁLEZ-LOZANO, M.; SÁNCHEZ-APARICIO, P.; LEMUS-FLORES, C.; FLORES-PEINADO, S.; RAMÍREZ-NECOECHEA, R.; ALONSO-SPILSBURY, M. Effects of additional space during transport on pre-slaughter traits of pigs. **J. Biol. Sci.** 7: 1112-1120. 2007.
- [4] BECERRIL-HERRERA, M.; ALONSO-SPILSBURY, M.; ORTEGA, ME.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; RAMÍREZ-NECOECHEA, R.; ROLDAN-SANTIAGO, P.; PÉREZ-SATO, M.; SONÍ-GUILLERMO, E.; MOTA-ROJAS, D. Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an Abattoir. **Meat Sci.** 86: 945-948. 2010.

- [5] BROUILLETTE, R. T.; WAXMAN, D. H. Evaluation of the newborn's blood gas status. **Clin. Chem.** 43: 215-221. 1997.
- [6] DE MAN, J. M. Mechanical Properties of Foods. In: DE MAN, J. M.; VOISEY, P. W.; RASPER, V. F.; STANLEY, D. W. (Eds) **Rheology and Texture in Food Quality**. The Avi Publishing Co., Westport, Connecticut. Pp 87-91. 1976.
- [7] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Small Animals for Small Farms: **The Guinea Pig and a Hypothetical Development Centre**. FAO, Regional Office for Latin America and the Caribbean, Santiago, Pp 67-74. Chile. 1982.
- [8] GALLO, C.; ESPINOSA, M.; SANHUEZA, C.; GASIC, J. Effects of trailer transportation during 36 hours with and without rest, on the live weight and some carcass traits in bovines. **Arch. Med. Vet.** 33: 43-53. 2001.
- [9] GANONG, W. F. Equilibrio ácido-base. **Fisiología Médica**. Editorial Manual Moderno, México. Pp 125-143. 1990.
- [10] GONZÁLEZ, V.; ROJAS, G.; AGUILERA, A.; FLORES-PEINADO, S.; LEMUS-FLORES, C.; OLMOS-HERNÁNDEZ, A.; BECERRIL-HERRERA, M.; CARDONA-LEIJA, A.; ALONSO-SPILSBURY, M.; RAMIREZ-NECOECHEA, R.; MOTA-ROJAS, D. Effect of Heat Stress During Transport and Rest Before Slaughter, on the Metabolic Profile, Blood Gases and Meat Quality of Quail. **Internat. J. Poult. Sci.** 6: 397-402. 2007.
- [11] GRACEY, J. E. Industria de la carne. **Higiene de la carne**. Interamericana-Mc Graw Hill, México. Pp 48-76. 1989.
- [12] GRANDIN, T. Livestock-handling quality assurance. **J. Anim. Sci.** 79: E2339-E248. 2001.
- [13] GUERRERO, M.; FLORES-PEINADO, S.; BECERRIL-HERRERA, M.; CADINA-LEIJA, A.; ALONSO-SPILSBURY, M.; ZAMORA-FONSECA, M.; TOCA, J.; RAMIREZ, R.; TOCA, J.; MOTA-ROJAS, D. Insensibilization of California Breed Rabbits and it's Effect on Sanguineous pH, Temperature, Glucose Levels, Creatine Kinase and Slaughter Performance. **J. Anim. Vet. Adv.** 6: 410-415. 2007.
- [14] GUISE, H. J.; RICHES, H. L.; HUNTER, B. J.; JONES, T. A.; WARRISS, P. D.; KITTLEWELL, P. J. The effect of stocking density on transit on carcass quality and welfare of slaughter pigs. **Meat Sci.** 50: 439-446. 1998.
- [15] GUYTON, C. A.; HALL, E. J. Transporte de oxígeno y dióxido de carbono por la sangre y los líquidos corporales. **Tratado de Fisiología Médica**. Mc Graw Hill-Interamericana, México. Pp 145-167. 1997.
- [16] KHAN, A. W.; NAKAMURA, R. Effects of pre- and post-mortem glycolysis on poultry tenderness. **J. Food. Sci.** 35: 266-267. 1970.
- [17] MALDONADO, M.; MOTA-ROJAS, D.; BECERRIL-HERRERA, M.; FLORES-PEINADO, S.; CAMACHO-MORFÍN, D.; CARDONA-LEIJA, A.; RAMIREZ-NECOECHEA, R.; MORFÍN-LOYDEN, L.; GONZÁLEZ-LOZANO, M.; PEREDA-SOLÍS, M.; ALONSO-SPILSBURY, M. Broiler Welfare Evaluation Through Two Stunning Methods: Effects on Critical Blood Variables and Carcass Yield. **J. Anim. Vet. Adv.** 6: 1469-1473. 2007.
- [18] MORALES, E. The guinea pig in the Andean economy. **Latin. Am. Res. Rev.** 29: 129-142. 1994.
- [19] MOTA, R. D.; BECERRIL, H. M.; GAY, J. F. R.; LEMUS, F. C.; RAMÍREZ, N. R. Transporte; su efecto sobre la pérdida de peso en cerdos y recomendaciones prácticas. En: **Calidad de la Carne de Cerdo, Salud Pública e Inocuidad Alimentaria Calidad de la carne de cerdo**. Cuadernos CBS, No. 52. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México. 353 pp. 2004.
- [20] MOTA-ROJAS, D.; BECERRIL, H.; LEMUS, C.; SÁNCHEZ, P.; GONZÁLEZ, M.; OLMOS, A.; RAMIREZ, R.; ALONSO, S. Effect of different periods of transport on pre- and post slaughter indicators which affect pork quality. **Meat Sci.** 73: 404-412. 2006.
- [21] MOTA-ROJAS, D.; BECERRIL-HERRERA, M.; TRUJILLO-ORTEGA, M.; ALONSO-SPILSBURY, M.; FLORES-PEINADO, S.; GUERRERO-LEGARRETA, I. Effects of Pre-Slaughter Transport, Lairage and Sex on Pig Chemical Serologic Profiles. **J. Anim. Vet. Adv.** 8: 246-250. 2009.
- [22] MOTA-ROJAS, D.; MALDONADO, M.; BECERRIL-HERRERA, M.; FLORES, S.; GONZÁLEZ-LOZANO, M.; ALONSO-SPILSBURY, M.; CAMACHO-MORFÍN, D.; RAMIREZ-NECOECHEA, R.; CARDONA-LEIJA, A.; MORFÍN-LOYDEN, L. Welfare at Slaughter of Broiler Chickens: A Review. **Internat. J. Poult. Sci.** 7: 1-5. 2008.
- [23] MOTA-ROJAS, D.; OROZCO-GREGORIO, H.; ALONSO-SPILSBURY, M.; VILLANUEVA-GARCÍA, D.; MARTÍNEZ-BURNES, J.; LÓPEZ-MAYAGOITIA, A.; GONZÁLEZ-LOZANO, M.; TRUJILLO-ORTEGA, M. E.; RAMÍREZ-NECOECHEA, R. Asfixia perinatal en el bebé y neonato porcino. En: MOTA-ROJAS, D.; NAVA-O-CAMPO, A.; VILLANUEVA-GARCÍA, D.; ALONSO-SPILSBURY, M. (Eds) **Perinatología Animal. Enfoques Clínicos y Experimentales**. B. M. Editores S. A. de C. V., México. Pp 293-314. 2006.

- [24] NUWANYAKPA, M.; LUKEFAHR, S.; GUDAHL, D.; NGOUPAYOU, J. The current stage and future prospects of guinea pig production under smallholder condition in West Africa; 1. Global overview. **Livest. Res. Rural. Dev.** 9(5):1–13 (On-line Edition). 1997.
- [25] PAPINAHU, P. A.; FLETCHER, D. L.; BUHR, R. J. Effect of electrical stunning amperage and peri-mortem struggle on broiler breast rigor development and meat quality. **Poult. Sci.** 74: 1533-1539. 1995.
- [26] PEARSON, A. M. La función muscular y los cambios postmortem. En: PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCMHOFERT, T.; SINELL, H. J. (Eds) **Tecnología e Higiene de la Carne**. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Pp 98-111. 1994.
- [27] PONCE, A. E. Cambios bioquímicos pre y postmortem. En: HUI, Y. H.; GUERRERO, I.; ROSMINI, R. M. (Eds) **Ciencia y Tecnología de Carnes**. Editorial Limusa, Mexico. Pp 111-135. 2006.
- [28] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Versión 6.12. Cary, North Carolina, USA. 1997.
- [29] STEPHEN, N. Conoce y Cuida a tu Conejillo de Indias, **Selección Alojamiento, Alimentación, Cuidados, Salud, Razas y Variedades**. Hispano Europea, Barcelona España. Pp 54-61. 1997.
- [30] SYBESMA, W. The effect of environmental factors Duch as preslaughter treatment and electrical stunning on the occurrence of haemorrhages in the shoulder pig. **Proceedings of the 34th International Congress of the Meat Science and Thechnology**, Brisbane 08-09/29-2. Australia. Pp 118-120. 1988.
- [31] TROEGER, K.; WOLTERSODORF, W. Insensibilización eléctrica y calidad de la carne de cerdos. **Fleischwirtschaft.** 2: 14-21. 1990.
- [32] VIETMEYER, N. D. In Peru they eat guinea pigs. **Intern. Wildlife.** July-August. Pp 14: 16-17. 1984.
- [33] VILLANUEVA-GARCÍA, D.; MOTA-ROJAS, D.; GONZÁLEZ-LOZANO, M.; OLMOS-HERNÁNDEZ, A.; OROZCO-GREGORIO, H.; SÁNCHEZ-APARICIO, P. Importancia de la gasometría sanguínea en perinatología y alternativas para restablecer el equilibrio ácido base en el recién nacido con asfixia. En: MOTA-ROJAS, D.; NAVA-OCAMPO, A.; VILLANUEVA-GARCÍA, D.; ALONSO-SPILSBURY, M. (Eds) **Perinatología Animal. Enfoques Clínicos y Experimentales**. B. M. Editores S. A. de C. V., México. Pp 183-192 2006.
- [34] WARRISS, P. D.; BROWN, S. N.; BARTON-GADE, P. P.; SANTOS, C.; NANNI, C. L.; LAMBOOIJ, E.; GEERS, R. An analysis of data relating to pig carcass quality and indices of stress collected in the European Union. **Meat Sci.** 49: 137-144. 1998.
- [35] ZALDIVAR, C. Guinea pig (*Cavia porcellus*) production in the Andean countries. **World Anim. Rev.** 83: 9-19. 1995.
- [36] OLMOS, H. A.; TRUJILLO, O.M.E.; ALONSO, S.M.; BECERRIL, H.M.; HERNÁNDEZ, G.R.; MOTA-ROJAS, D. Porcine recombinant somatotropin administered to piglets during the first week of life: effects on metabolic and somatometric variables. **Arch. Med. Vet.** 42: 93-99. 2010.