

## ORIGINAL

## Pork carcass injury in slaughterhouse waiting area and nutrient addition in pre-slaughter fasting

### Lesión en la carne y adicción de nutrientes en el ayuno antes del sacrificio de cerdos

Tiago G Petrolli<sup>1,4\*</sup> Ph.D, Otto M Junqueira,<sup>2</sup> Ph.D, Angélica SC Pereira,<sup>3</sup> Ph.D, Carla HF Domingues,<sup>4</sup> Ph.D, Silvana MB Artoni,<sup>4</sup> Ph.D, Elaine T Santos,<sup>4</sup> M.Sc.

<sup>1</sup>Universidade do Oeste de Santa Catarina/UNOESC – Campus II, Xanxerê, Brasil. <sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás - Centro de Ciências Agrárias, Jataí, Brasil. <sup>3</sup>Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, FMVZ/USP, Pirassununga, Brasil. <sup>4</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, FCAV/UNESP, Jaboticabal, Brasil. \*Correspondence: [tiago.petrolli@unoesc.edu.br](mailto:tiago.petrolli@unoesc.edu.br)

Received: September 2015; Accepted: June 2016.

#### ABSTRACT

**Objective.** Two experiments were conducted on a slaughterhouse located in Brazil, which the first aimed at evaluating the injuries on pig skin and carcass resulting from slaughterhouse waiting area management and the second aimed at assessing how glucose (G), sodium bicarbonate (SB) and vitamin E (VE) added to water during pre-slaughter fasting may affect carcass yield, organ relative weight and pork meat quality characteristics. **Materials and methods.** First trial included 1000 pigs, which were observed in the slaughterhouse resting area until the moment they entered the stunning process area. In the second trial were used 500 animals distributed on the last pre-slaughter day in a completely randomized design, including ten treatments and ten replicates. The treatments were: water; 50 g/L G; 50 g/L G + 200 mg/L of VE; 75 g/L of G; 75 g/L of G + 200 mg VE; 0.45% SB; 0.45% SB + 200 mg/L of VE; 0.55% SB; 0.55% SB + 200 mg/L of VE; 200 mg/L of VE. **Results.** Carcass yield and relative organ weight were not affected by treatments. The addition of 0.55% SB + 200 mg VE reduced the final pH of meat, and of 0.45% SB reduced the red pigment intensity. **Conclusions.** The main occurrences of injuries to the skin and carcass of pigs are due to fights. Also, adding glucose, sodium bicarbonate, and vitamin E to diet did not affect the carcass and viscera yield and meat quality.

**Keywords:** Meat quality, organ weight, pre-slaughter fasting, tocopherol (Source: *CAB, MeSH*).

#### RESUMEN

**Objetivo.** Se realizaron dos experimentos en un beneficiadero en Brasil, dirigido a la evaluación de las lesiones en la piel de cerdo y la canal en la área de espera del beneficiadero y destinado a evaluar los efectos de glucosa (G), bicarbonato de sodio (SB) y vitamina E (VE) añadida al agua durante el ayuno antes de la masacre en el rendimiento de la canal, de órganos y la calidad de la carne. **Materiales y métodos.** En primer ensayo incluyó a 1.000 cerdos, observados en la zona de descanso del beneficiadero hasta la entrada en el área del aturdimiento. En el segundo ensayo se utilizaron 500 animales en el último día antes del beneficio, en un diseño experimental incluyendo

diez repeticiones. Los tratamientos fueron: agua; 50 g/L G; 50 g/L G + 200 mg/L VE; 75 g/L G; 75 g/L G + 200 mg VE; 0.45% SB; 0.45% SB + 200 mg/L VE; 0.55% SB; 0.55% SB + 200 mg/L VE; 200 mg/L of VE. **Resultados.** Los rendimientos de la canal y de órganos no se vieron afectados por los tratamientos. La adición de 0.55 % SB + 200 mg VE redujo el pH final de la carne, y de 0.45 % SB reduce el valor de pigmento rojo. **Conclusiones.** Los principales casos de lesiones en la piel y la canal de cerdos se deben a peleas. La adición de los nutrientes en el agua de bebida no afectó a la carcasa, el rendimiento vísceras y calidad de la carne.

**Palabras clave:** Calidad de la carne, peso de órganos, ayuno, tocopherol (Fuente: CAB, MeSH).

## INTRODUCTION

The swine slaughtering process is affected by practices that go from the establishment of fasting on the farm to the slaughtering stage in the slaughterhouse. Animals are subjected to practices that will directly reflect on the quality of their carcass, and on how meat cuts will be ranked as more or less valuable in the market. Thus, pre-slaughter phases are fundamentally relevant to the quality of the final product, once they affect the living experience of animals before slaughter, the quality of their meat, and carcass yield.

One of the phases that require the most attention in this process is that when animals are kept in the waiting area of slaughterhouses. When pigs arrive at the slaughterhouse, they are unloaded from the truck in a condition of extreme tiredness and stress due to the pre-slaughter handling to which they had been subjected. These animals need to eliminate excess lactic acid accumulated in muscle and restore their homeostatic balance, which can only be achieved with appropriate resting periods (1). Resting allows animals to recover their muscle glycogen reserves, to rehydrate after experiencing dehydration caused by transport, and it eases the elimination of gastrointestinal content, to avoid contamination in the slaughterhouse.

High injury and wound rates in this area occur due to the handling of animals by employees, and to the fact that animals from different lots are mixed together. Animal fights for hierarchical reasons constantly occur when pigs from different lots are mixed up, and that result in high rates of skin damage caused by biting.

Fasting is another practice in pre-slaughter management; it starts at 8-12 hours before transport and lasts until slaughter. In this period time, animals have no access to feed, but are able to drink water anytime. It is greatly important as it contributes to animal well-being, reduced vomiting during transport (2), reduced feeding costs, reduced mortality rates during transport, increased speed and ease in gutting process,

## INTRODUCCIÓN

El proceso de sacrificio de cerdos se ve afectado por prácticas que van desde el inicio del ayuno en la granja hasta la etapa de sacrificio en el matadero. Los animales se ven sujetos a prácticas que se reflejarán directamente en la calidad del canal, y en cómo se clasificarán los cortes de carne como más o menos valiosos en el mercado. Así, las fases previas al sacrificio son de importancia fundamental para la calidad del producto final, una vez afecten la experiencia vital de los animales antes de su sacrificio, la calidad de su carne, y el rendimiento del canal.

Una de las etapas que requiere de más atención en este proceso es aquella en la que los animales se mantienen en el área de espera de los mataderos. Cuando los cerdos llegan al matadero, se descargan del camión en condiciones de cansancio y estrés extremo y debido al manejo pre sacrificio al que se ven sometidos. Estos animales necesitan eliminar el exceso de ácido láctico acumulado en sus músculos y restaurar su equilibrio homeostático, lo cual solo puede ser logrado con períodos de descanso adecuados. (1). El descanso le permite a los animales recuperar sus reservas de glicógeno muscular, rehidratarse luego de experimentar deshidratación durante el transporte, y facilita la eliminación del contenido gastrointestinal, con el fin de evitar la contaminación del matadero.

Las altas tasas de lesiones y heridas en esta área ocurren debido a la manipulación de los animales por parte de los empleados, y por el hecho de que se mezclan los animales de diferentes lotes. Las peleas entre animales por razones de jerarquía ocurren constantemente cuando se mezclan cerdos de diferentes lotes, y esto da como resultado altas tasas de daño a las pieles causadas por mordiscos.

El ayuno es otra práctica en el manejo pre matadero; comienza entre 8-12 horas antes del transporte y continúa hasta el sacrificio. En este período de tiempo los animales no tienen acceso a alimento, pero pueden consumir agua en cualquier momento. Es de gran importancia ya que contribuye al bienestar del animal, reduce el vómito durante el

reduced volume of waste in slaughterhouses, and standardization of carcasses yield and meat quality (1), and it also contributes to preventing carcass contamination caused by leakage of stomach or intestinal contents during evisceration.

However, some deleterious effects on the carcasses and organs resulting from fasting can be noted. Pre-slaughter fasting negatively affects carcass yield of pigs, causing up to 5% of body weight loss, at a rate of 0.20% per hour, when subjected to 24 hours of fasting, and such losses can be even greater in heavier animals (3).

The quality of meat can also be affected, since there may be depletion of muscle glycogen reserves, which are important for the final process of "*rigor mortis*" and final aging of meat. Immediately after slaughter, glycogen reserves are consumed by the cells of the muscle tissue, in an anaerobic process that generates lactate as a residual metabolite that contributes to the reduction of final pH, an important element for final meat aging. With the lack of glycogen, there will be less production of lactate (4), and the final pH will be higher, resulting in DFD (dark, firm and dry) meats.

The use of large amounts of carbohydrates in the diet has been investigated with the goal of reducing meat quality problems associated with high pH 24 hours after slaughter (DFD). A diet with high levels of sucrose or other carbohydrate source for rapid absorption, a few days before slaughter or in the pre-slaughter resting area, can increase the supply of muscle glycogen and thereby reduce pH 24 hours *post mortem*.

Sodium bicarbonate has been frequently used in animal feed, with the goal of increasing water intake, which indirectly improves animal thermal comfort when facing conditions of heat stress. When the intake of water is increased, chime becomes more liquid and food content flow accelerates, reducing the time required for gastric emptying, thus the fasting period may be reduced in the farm. Moreover, the supply of electrolyte to animals increases tissue hydration, reducing the effects of body weight loss when subjected to extended periods of fasting.

Several researches have been conducted to evaluate the beneficial effects of vitamin E on the quality of pork meat. Vitamin E is a robust antioxidant, and its supply in diets has caused decreased in lipid oxidation, drip loss and improved coloring of pork cuts (5). Diets supplemented with vitamin E have also improved average daily weight gain, feed conversion,

transporte (2), reduce los costos de alimentación, reduce la tasa de mortalidad durante el transporte, incrementar la velocidad y facilidad del proceso de evisceración, reduce el volumen de desechos del matadero, y se estandariza el rendimiento de los canales y la calidad de la carne (1), y también contribuye a la prevención de la contaminación de los canales causada por la filtración de contenidos estomacales o intestinales durante la evisceración.

Sin embargo, se pueden notar algunos efectos nocivos del ayuno en los canales y órganos. El ayuno pre sacrificio afecta negativamente el rendimiento en canal de los cerdos, causando pérdidas de hasta el 5% del peso corporal a una tasa del 0.20 % por hora cuando se someten a ayunos de 24 horas, y dichas pérdidas pueden ser incluso mayores en animales más pesados (3).

La calidad de la carne también puede verse afectada, ya que pueda haber un agotamiento de las reservas de glicógeno muscular, que son importantes para el proceso de "*rigor mortis*" y la maduración final de la carne. Inmediatamente después de sacrificio, las células del tejido muscular consumen las reservas de glicógeno en un proceso anaeróbico que genera lactato como metabolito residual el cual contribuye la reducción del pH final, elemento importante para la maduración final de la carne. Con la ausencia de glicógeno, habrá menor producción de lactato (4), y el pH final será más alto, lo que producirá carnes DFD (oscuras, firmes y secas, por su sigla en inglés).

El uso de grandes cantidades de carbohidratos en la dieta ha investigado con el propósito de reducir los problemas de calidad de la carne asociados con altos pH 24 horas después de sacrificio (DFD). Una dieta con altos niveles de sacarosa u otra fuente de carbohidratos de rápida absorción unos cuantos días antes del sacrificio en el área de descanso pre sacrificio, pueden incrementar el suministro de glicógeno muscular y por ende reducir el pH 24 horas *post mortem*.

El bicarbonato de sodio ha sido utilizado con frecuencia en la alimentación animal, con el propósito de incrementar el consumo de agua lo cual indirectamente mejora el confort térmico del animal cuando se enfrente a condiciones de estrés por calor. Cuando se incrementa el consumo de agua, chime se vuelve más líquido y el flujo del alimento se acelera, lo cual reduce el tiempo de vaciado gástrico y así se puede reducir el periodo de ayuno en la granja. Además, el suministro de electrolitos a los animales aumenta la hidratación tisular, reduciendo los efectos de la pérdida de peso corporal al someter al animal a períodos de ayuno prolongado.

reduced backfat thickness and increased the amount of lean meat in the carcass (6). When adding higher doses than those recommended as animal daily nutritional requirements, it is possible to note improvements on meat color and oxidation resistance, with feed ranging from 100-200 mg / kg (7).

This present study was carried out aiming to evaluate and quantifying the leading causes of damage to animal skin and carcass associated with pig slaughterhouse waiting and resting area management, along with assessing how glucose, sodium bicarbonate and vitamin E added to drinking water during pre-slaughter fasting in the farm may affect carcass yield, relative organ weights (liver, heart, stomach and kidneys) and the quality of pork meat.

## MATERIALS AND METHODS

**Local.** The first experiment was conducted on the premises of a business company located in the city of Xanxerê/SC. The second experiment was conducted on the premises of a business farm in the city of Xanxerê/SC, with animals raised in accordance with the regular procedures of commercial farms, including loading, pre-slaughter, and slaughter standards of integrating businesses.

**Animals and experimental design.** In first experiment were used 1000 Topigs animals, both female and male (immunocastrated). Pigs were transported to the slaughterhouse at dawn and slaughtered in the morning, remaining for three hours at the resting area, at 0.60m<sup>2</sup>/animal. The animals were kept in cement non-slip floor pens during the waiting period, with 30 animals per pen. The second study included 500 Topigs animals at 150 days of age and weighing approximately 110 kg, distributed on the last pre-slaughter day during the liquid diet period on the farm in completely randomized design (Table 1), comprising the treatments: water as control; 50 g/L glucose; 50 g/L glucose + 200 mg/L of vitamin E; 75 g/L glucose; 75 g/L + 200 mg vitamin E; 0.45% sodium bicarbonate; 0.45% sodium bicarbonate + 200 mg/L of vitamin E; 0.55% sodium bicarbonate; 0.55% sodium bicarbonate + 200 mg/L of vitamin E; 200 mg/L of vitamin E, with 10 treatments consisting of 10 replicates, which included five animals each.

**Methodology.** The parameters assessed included injuries to body surface, bruising and existing wounds, sorted by body part: neck, back, chest, right limb and left limb (front and rear) and abdomen. The evaluation criteria of body

Se han llevado a cabo varias investigaciones con el fin de evaluar los efectos beneficiosos de la vitamina E sobre la calidad de la carne de cerdo. La vitamina E es un antioxidante robusto, y su inclusión en las dietas ha causado disminución en la oxidación de los lípidos, mermas y mejoras en la coloración de los cortes de cerdo (58). Las dietas suplementadas con vitamina E también han mejorado la ganancia diaria de peso promedio, conversión de alimentos, reducido el grosor de la grasa dorsal e incrementado la cantidad de carne magra en el canal (6). Al agregar dos es mayores a las recomendadas para los requerimientos nutricionales diarios de los animales, es posible notar mejoras en el color de la carne y resistencia a la oxidación, con alimentación entre 100 a 200 mg/kg (7).

El presente estudio fue llevado a cabo con el propósito de evaluar y cuantificar las principales causas de daños a la piel y canal de los animales asociados con el manejo de las áreas de espera y descanso de los mataderos, y asimismo evaluar como la glucosa, bicarbonato de sodio, y vitamina E agregadas al agua de beber durante el ayuno pre sacrificio en la granja pueden afectar el rendimiento del canal, el peso relativo de los órganos (hígado, corazón, estómago y riñones) y la calidad de la carne de cerdo.

## MATERIALES AND MÉTODOS

**Local.** El primer experimento fue llevado a cabo en las instalaciones de una empresa ubicada en la ciudad de Xanxerê/SC. El segundo experimento fue llevado a cabo en las instalaciones de una granja comercial en la ciudad de Xanxerê/SC, con animales criados de conformidad con los procedimientos usuales de las granjas comerciales, incluyendo los estándares para el cargue, pre sacrificio, y sacrificio de los negocios integrados.

**Animales y diseño del experimento.** En el primer experimento se utilizaron 1000 animales Topig machos y hembras (inmunocastrados). Los cerdos fueron transportados al matadero al amanecer y sacrificados en la mañana, permaneciendo tres horas en el área de descanso, con un área de 0.60m<sup>2</sup>/animal. Los animales fueron mantenidos en corrales con piso de cemento antideslizante durante el periodo de espera, con 30 animales por corral. El segundo estudio incluyó 500 animales Topig de 150 días de edad y con pesos aproximados de 110 kilos distribuidos el último día pre sacrificio durante el periodo de dieta líquida en la granja completamente aleatoria (Tabla 1), con los tratamientos comprendidos así: agua, como control; 50 g/L glucosa; 50 g/L glucosa + 200 mg/L de vitamina E; 75 g/L glucosa; 75 g/L + 200 mg vitamina E; 0.45% bicarbonato de sodio; 0.45% bicarbonato de sodio + 200 mg/L de vitamina E;

**Table 1.** Treatments used for pigs during pre-slaughtering.

Treatment	NaHCO <sub>3</sub> /glucose	Vit E* (mg/L)
T1	Water as control	
T2	-	200
T3	50 g/L glucose	-
T4	50 g/L glucose	200
T5	75 g/L glucose	-
T6	75 g/L glucose	200
T7	0.45% NaHCO <sub>3</sub>	-
T8	0.45% NaHCO <sub>3</sub>	200
T9	0.55% NaHCO <sub>3</sub>	-
T10	0.55% NaHCO <sub>3</sub>	200

\*alpha-tocopherol, DSM nutritional products.

surface were made up of carcasses bite marks, bruises and wounds.

To assess body surface damage (bite marks, bruises and wounds), animals were examined from their arrival at the slaughterhouse up to the moment they entered the stunning area. Animals that presented lesions at unloading and when moved to the stunning area were quantified. The number of animals with skin lesions (in each of the segments described above) was determined by subtracting the number of animals with lesions at entrance to the stunning area and the number of animals with lesions in the unloading area.

Lesion assessment was made inside the slaughterhouse, just after the evisceration process. The evaluation carried out to ascertain the presence of hematoma followed the classification of purple-blue hematoma (indicative of being punched less than 24 hours ago) and greenish hematoma (indicative of being punched over 24 hours ago).

Six hours before the start of fasting, additives were given through liquid diet, until the end of the fasting period in the farm, where buckets and hoses were adjusted to drinkers so that the nutrients could be provided. The animals underwent an eight-hour fasting period on the farm, totaling 14 hours of nutrient consumption via water. Animal transport time to the slaughterhouse took one hour, at dawn. Animals spent three hours in the waiting area of the slaughterhouse, in a 0.6m<sup>2</sup>/animal density, completing a 12-hour fasting period in total.

Animals were weighed before loading, insensitized by electric system, according to welfare norms, slaughtered and eviscerated

0.55% bicarbonato de sodio; 0.55% bicarbonato de sodio + 200 mg/L de vitamina E; 200 mg/L de vitamina E, con 10 tratamientos consistentes en 10 repeticiones, que incluyeron 10 animales cada una.

**Metodología.** Los parámetros evaluados incluyeron lesiones a la superficie corporal, moretones y heridas existentes, diferenciadas según la parte corporal: cuello, lomo, pecho, miembro derecho e izquierdo (frontal y posterior) y abdomen. Los criterios de evaluación de la superficie corporal comprendían marcas de mordeduras, moretones y heridas del canal.

Para evaluar el daño a la superficie corporal (mordeduras, moretones y heridas), los animales fueron examinados desde su llegada al matadero hasta el momento en que ingresaron al área de choques. Se cuantificaron los animales que mostraban lesiones al ser descargados y cuando eran llevados al área de choques. El número de animales con lesiones en la piel (en cada uno de los segmentos anteriormente descritos) se calculó restando el número de animales con lesiones al ingresar al área de choques y el número de animales con lesiones en el área de descarga.

Evaluación de las lesiones fue hecha al interior del matadero, justo después del proceso de evisceración. La evaluación llevada a cabo para determinar la presencia de hematomas se hizo posterior a la clasificación de hematomas morado-azul (indicativos de haber sido golpeados hacía menos de 24 horas) y hematomas verdosos (indicativos de aversión golpeados hacía más de 24 horas).

Seis horas antes del inicio del ayuno, se administraron aditivos por medio de la dieta líquida, hasta el final del periodo de ayuno en la granja, donde se ajustaron baldes y mangueras a los bebederos para poder suministrar los nutrientes. Los animales pasaron un período de ayuno de ocho horas en la granja sumando un total de 14 horas de consumo de nutrientes por medio del agua. El transporte de los animales al matadero tomó una hora, al amanecer. Los animales pasaron tres horas en el área de espera del matadero a una densidad de 0.6m<sup>2</sup>/animal, completando un período de ayuno de 12 horas en total.

Animales empezaron antes de ser cargados, insensibilizados con sistema eléctrico de acuerdo con las normas, sacrificados y eviscerados, antes del pesaje del canal, hígado, corazón, estómago (vacío) y riñones, con el fin de evaluar el rendimiento del canal y los órganos. El rendimiento del canal caliente y los pesos relativos de los órganos fueron calculados usando las siguientes fórmulas:



prior to carcass, liver, heart, stomach (empty) and kidney weighting, in order to assess carcass and organ yield. Hot carcass yield and relative organ weights were calculated using the following formulas:

$$\text{Hot carcass yield(\%)} = \frac{\text{hot carcass weight} \times 100}{\text{Live weight at slaughter}} [1]$$

$$\text{Relative organ weight (\%)} = \frac{\text{organ weight} \times 100}{\text{body weight at slaughter}} [2]$$

**Laboratory analysis.** In experiment 2, after slaughter, three samples of approximately 2.5 cm in width were taken from the *longissimus dorsi* muscle, from between the 10th and 11th ribs of each half right-side carcass, to assess pH and color. Meat pH was determined 24 hours *post mortem*. The samples were stored at 4°C, and underwent penetration electrode analysis. For color analysis, the samples remain at rest in a 15°C room, throughout 30 minutes, for surface oxygenation, and coloring was determined using a portable colorimeter (Hunterlab MiniScan XE), and the scales L\* (lightness), a\* (red pigment intensity) and b\* (yellow pigment intensity) were used as parameters.

**Data analysis.** Skin and carcass injury assessment results, in the waiting area of the slaughterhouse, were analyzed using the chi-square test. Carcass yield, relative organ weight (liver, heart, stomach and kidneys) and quality of meat data were subjected to analysis of variance. When significant differences were found, means were compared through Student-Newman-Keuls test, at 0.05 level of significance using the R statistical software.

## RESULTS

Body surface injury quantification results are shown in Table 2, with prevalence of skin damage caused by bites in animal fights, especially on the back and limbs.

Significant difference was noted for the frequency of bite marks on animal body parts ( $p < 0.05$ ), with higher incidence of bite marks on the dorsal region, followed by the front left limb, front right limb, left rear limb, right rear limb, and neck. In addition, there were contusions (Table 2) caused by instruments used by employees and collaborators in charge of moving animals.

There was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the frequency of contusions among different regions of the body. It occurred more frequently in the forelimbs, rear limbs, and back, with lower incidence in the chest, neck and abdomen. This

Rendimiento en carcasa en caliente (%) = Peso en canal caliente x 100 / Peso vivo en el sacrificio. [1]

Peso relativo del órgano (%) = Peso del órgano x 100 / Peso corporal al sacrificio [2]

**Análisis de laboratorio.** El experimento 2, se tomaron tres muestras de aproximadamente 2.5 centímetros de ancho del músculo *longissimus dorsi* de entre las costillas 10ª y 11ª de cada medio canal derecho, para evaluar el pH y color. El pH de la carne se determinó 24 horas *post mortem*. Las muestras fueron almacenadas a 4 °C fueron sometidas al análisis por electrodo de penetración. Para el análisis de color, las muestras se dejaron durante 30 minutos en reposo en una habitación a 15 °C para permitir la oxigenación de la superficie, y el color se determinó usando colorímetro portátil (Hunterlab MiniScan XE), y se usaron como parámetros las escalas L\* (claridad), a\* (intensidad del pigmento rojo) y b\* (intensidad del pigmento amarillo).

**Análisis de datos.** Los resultados de la evaluación de lesiones de la piel y el canal en el área de espera del matadero fueron analizados con la prueba chi cuadrado. Los datos del rendimiento del canal, el peso relativo de los órganos (hígado, corazón, estómago y riñones) y la calidad de la carne fueron sometidos a análisis de varianza. Cuando se hallaron diferencias significativas como se compararon las medias por medio de la prueba Student-Newman-Keuls a un nivel de significancia de 0.05 usando el software de estadística R.

## RESULTADOS

Los resultados de la cuantificación de las lesiones a la superficie corporal se muestran en la Tabla 2, con prevalencia de daño en la piel causado por mordiscos durante peleas entre los animales, especialmente en el lomo y las patas.

Se hallaron diferencias significativas en la frecuencia de marcas de mordedura en las partes del cuerpo de los animales ( $p < 0.05$ ), con una mayor incidencia de marcas de mordedura en la región dorsal, seguidas por la pata delantera izquierda, pata delantera derecha, pata trasera izquierda, pata trasera derecha y cuello. Además, hubo contusiones (Tabla 2) causadas por los instrumentos utilizados por los empleados y colaboradores a cargo del movimiento de los animales.

Hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la frecuencia de las contusiones en diferentes regiones del cuerpo. Fueron más frecuentes en los miembros anteriores, miembros posteriores y lomo, con menor incidencia en el pecho, cuello y abdomen. Esto ocurrió durante las etapas del movimiento de

**Table 2.** Occurrence of pig skin injury (frequency found for 1000 animals) during the period of stay in the waiting area of the slaughterhouse.<sup>1</sup>

Animal body part	Bite mark	Contusions	Wounds and lacerations	Purple-blue hematoma	Greenish hematoma
Neck	49	0	6	0	0
Back	408	18	81	0	0
Chest	31	0	1	1	0
Right front limb	132	13	8	1	0
Left front limb	184	11	11	12	0
Right rear limb	95	18	18	0	0
Left rear limb	110	17	20	0	0
Abdomen	3	0	1	0	0

indicates significant difference ( $p < 0.05$ ) by chi-square test.

occurred during the stages of moving animals (from the unloading area to the inside of pens, and from the pens to the stunning area), in an attempt by employees to perform this operation faster. The highest incidence of bruising in the limbs and on the back of the animals occurred because these are the most vulnerable areas of the body, thus more susceptible to any type of injury, besides the fact that electric poles and other sharp objects are commonly used on such regions when moving the animals around.

Significant results were found for the occurrence of animal skin wounds (Table 2), seen most often on the backs of pigs, followed by hind limbs and forelimbs in less occurrence. Wounds were noted in similar amounts of contusions, in almost all regions of animal body, except for the back, which showed greater occurrence of hematomas. Table 2 presents data on hematoma examination, with no differences ( $p > 0.05$ ) in the frequencies of purple-blue or greenish hematomas.

Experimental results of carcass yield and relative organ weight are shown in Table 3, with same values ( $p > 0.05$ ) on carcass yield, mainly due to the short supply of nutrients, not enough to promote changes to this parameter.

No significant differences ( $p > 0.05$ ) on relative heart weight (Table 3) were observed. Also no significant differences were observed in relative liver weight ( $p > 0.05$ ), but significant values ( $p < 0.05$ ) were observed in the relative weight of the kidneys (Table 3), with a higher percentage yield in pigs supplemented with 0.45% sodium bicarbonate + vitamin E when compared to animals receiving 50 g/L glucose, 50 g/L glucose plus vitamin E, and 75 g/L glucose plus vitamin E. This is due to the higher amount of sodium provided, which is absorbed and reaches the bloodstream, causing an increase in renal retention even with water, for subsequent

los animales (desde el área de descargue hasta el interior de los corrales, y desde los corrales hasta el área de choques), en un intento de los empleados de llevar a cabo esta operación de forma más rápida. La mayor incidencia de moretones en las patas y el lomo de los animales se dio porque estas son las partes más vulnerables del cuerpo, y por ende más susceptibles a cualquier tipo de lesión, además del hecho de que las varas eléctricas y otros objetos filosos son utilizadas comúnmente en dicha regiones durante el movimiento de los animales.

Se hallaron resultados significativos para la ocurrencia de heridas en la piel de los animales (Tabla 2), vistas con mayor frecuencia en el dorso de los cerdos, seguidas por las patas traseras y con menor ocurrencia las patas delanteras. Se notó una cantidad similar de lesiones que le contusiones, en casi todas la regiones del cuerpo los animales, con excepción del lomo que mostraba una mayor ocurrencia de hematomas. La Tabla 2 presenta los datos del examen de los hematomas, sin diferencias ( $p > 0.05$ ) en las frecuencias de hematomas morado-azul o verdosos.

Los resultados experimentales del rendimiento de los canales del peso relativo de los órganos se muestran en la Tabla 3, con los mismos valores ( $p > 0.05$ ) del rendimiento del canal, principalmente debido al poco suministro de nutrientes, insuficiente para promover cambios en este parámetro.

No se hallaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el peso relativo del corazón (Tabla 3). De igual manera tampoco se observaron diferencias significativas en peso del hígado ( $p > 0.05$ ), pero se observaron valores significativos ( $p < 0.05$ ) en el peso relativo de los riñones (Tabla 3), con un mayor porcentaje de rendimiento en cerdos suplementados con 0.45% bicarbonato de sodio + vitamina E comparación con los animales que recibieron 50 g/L glucosa, 50 g/L glucosa más vitamina E, y 75 g/L glucosa más vitamina E. Esto

**Table 3.** Values of percentage yield (%) of hot carcass and relative weight of organs of pigs treated with different levels of glucose, sodium bicarbonate and vitamin E during pre-slaughtering.

Treatment	Carcass yield (%)	Heart relative weight (%)	Liver relative weight (%)	Kidney relative weight (%)	Stomach relative weight (%)
Water (control)	76.72	0.39	1.43	0.25ab	0.45
50 g/L glucose	75.63	0.35	1.50	0.23b	0.51
50 g/L glucose + 200 mg/L Vit E	76.63	0.34	1.49	0.23b	0.47
75 g/L glucose	76.68	0.34	1.43	0.27ab	0.47
75 g/L glucose + 200 mg/L Vit E	76.46	0.36	1.51	0.23b	0.48
0.45% NaHCO <sub>3</sub>	76.68	0.36	1.40	0.27ab	0.55
0.45% NaHCO <sub>3</sub> + 200 mg/L Vit E	75.82	0.38	1.61	0.31a	0.45
0.55% NaHCO <sub>3</sub>	75.74	0.37	1.52	0.27ab	0.48
0.55% NaHCO <sub>3</sub> + 200 mg/L Vit E	76.76	0.39	1.48	0.27ab	0.42
200 mg/L Vit E	75.97	0.35	1.39	0.23b	0.47
CV (%)	9.0	15.51	10.9	20.1	13.2
P	0.350	0.132	0.074	0.027	0.105

Means followed by different letters in the same column indicate significant difference ( $p < 0.05$ ) by SNK test.

excretion, thereby increasing kidney relative weight. No differences ( $p > 0.05$ ) were found for the remaining treatments,

There were significant effects of treatments on quality parameters of meat (Table 4), with significant values ( $p < 0.05$ ) between treatments being observed regarding the evaluation of meat pH, lower in animals receiving 0.55% of bicarbonate sodium plus vitamin E when compared to values obtained from carcass from animals supplemented with 0.45% sodium bicarbonate

**Table 4.** Meat quality characteristics of *Longissimus dorsi* muscle of pigs treated with different levels of glucose, sodium bicarbonate and vitamin E during pre-slaughter.

Treatment	pH	Color		
		L*	a*	b*
Water (control)	5.99ab	37.51	10.39 <sup>a</sup>	6.73
50 g/L glucose	6.11 <sup>a</sup>	42.30	7.42 <sup>ab</sup>	6.67
50 g/L glucose + 200 mg/L Vit E	5.95 <sup>ab</sup>	39.06	10.41 <sup>a</sup>	7.97
75 g/L glucose	5.93 <sup>ab</sup>	39.25	10.02 <sup>a</sup>	7.25
75 g/L glucose + 200 mg/L Vit E	5.96 <sup>ab</sup>	40.30	10.52 <sup>a</sup>	7.83
0.45% NaHCO <sub>3</sub>	6.06 <sup>a</sup>	40.51	6.88 <sup>b</sup>	8.34
0.45% NaHCO <sub>3</sub> + 200 mg/L Vit E	6.05 <sup>a</sup>	41.69	7.19 <sup>ab</sup>	7.74
0.55% NaHCO <sub>3</sub>	6.07 <sup>a</sup>	37.04	10.44 <sup>a</sup>	6.39
0.55% NaHCO <sub>3</sub> + 200 mg/L Vit E	5.88 <sup>b</sup>	39.37	9.81 <sup>a</sup>	8.86
200 mg/L Vit E	6.09 <sup>a</sup>	39.67	9.45 <sup>a</sup>	7.53
CV (%)	4.53	6.93	9.32	8.21
P	<0.001	0.430	<0.001	0.546

Means followed by different letters in the same column indicate significant difference ( $p < 0.05$ ) by SNK test.

se debe a la mayor cantidad de sodio suministrada, la cual se absorbe y alcanza el torrente sanguíneo, causando un incremento en la retención renal incluso con agua, para la posterior excreción incrementando así el peso relativo del riñón. No se hallaron diferencias ( $p > 0.05$ ) para los demás tratamientos.

Hubo efectos significativos de los tratamientos sobre los parámetros de calidad de la carne (Tabla 4), con valores significativos ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos observados con respecto a la evaluación del pH de la carne, inferior en animales que recibieron 0.55% de bicarbonato de sodio más vitamina E en comparación con los valores obtenidos de las canales de animales suplementados por 0.45% de bicarbonato de sodio (con o sin vitamina E), aquellos que solamente recibieron 0.55% de bicarbonato de sodio y agua contra aquellos que recibieron solamente no se mostraron diferentes de los de los demás tratamientos.

No se hallaron diferencias ( $p > 0.05$ ) en el parámetro L\* (claridad) de la coloración de la piel.

Hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) en el parámetro a\* (intensidad del pigmento rojo), mientras que no se hallaron diferencias ( $p > 0.05$ ) para el parámetro b\* (intensidad del pigmento amarillo). Los animales que recibieron 0.45 % NaHCO<sub>3</sub> mostraron un a\* menor en relación con los demás, con excepción de los animales suplementados con 0.45% NaHCO<sub>3</sub> + 200 mg/L de vitamina E y aquellos que recibieron 50 g/L de glucosa.



(with or without vitamin E), those who received only 0.55% of sodium bicarbonate and water to those who received only did not differ from the other treatments.

No differences ( $p>0.05$ ) were found for animals of different treatments in parameter  $L^*$  (lightness) of meat coloring.

There were differences ( $p<0.05$ ) for the parameter  $a^*$  (red pigment intensity), while no differences ( $p>0.05$ ) were found for the parameter  $b^*$  (yellow pigment intensity). Animals that received 0.45%  $\text{NaHCO}_3$  showed lower  $a^*$  in relation to others, except for animals supplemented with 0.45%  $\text{NaHCO}_3$  + 200 mg/L of vitamin E and those who received 50 g/L glucose.

## DISCUSSION

These data are consistent with the observations described in other studies (8,9), which describe high frequency of injuries caused by fights, especially during transport and accommodation in the waiting area of the slaughterhouse. According Dalla Costa et al (9), 17.26% on the percentage of pigs with skin lesions are caused at the resting pen of the slaughterhouse, after a resting period of three hours.

Poorly designed facilities can be harmful to the welfare and quality of the carcasses of animals, since to keep the flow of pigs to the stunning area at a proper speed, it becomes necessary to use electric and sharp pods, thus increasing the occurrence of animal injury.

In all stages of loading, unloading and waiting in the slaughterhouse, injuries and wounds occur, and, on average, 34% of pigs have some type of skin lesion before slaughter (8). The occurrence of bruising in swine carcasses is mainly caused by high density during transport, a fact not found in this present study.

In waiting areas inside slaughterhouses, facilities that have very large pens favor the occurrence of animal skin lesions, as they shelter several animals from different lots, thus, fights for hierarchical reasons may occur more frequently (9). According Guardia et al (10), high density of animals during transportation or accommodation may also favor the appearance of damage to the skin.

In a study of Souza et al (5), when evaluating different levels of vitamin E in the diet of pigs in the growing and termination phases, was found a linear increase in carcass yield with supplementation of up to 400 mg of vitamin E per kg of feed.

## DISCUSIÓN

Estos datos son consistentes con las observaciones descritas en otros estudios (8, 9), que describen la alta frecuencia de lesiones causadas por peleas, especialmente durante el transporte y la acomodación en el área de espera del matadero. De acuerdo con Dalla Costa et al (9), 17.26% de las lesiones de piel en los cerdos son causadas en el corral de descanso del matadero, luego de un período de descanso de tres horas.

Las instalaciones mal diseñadas pueden ser dañinas para el bienestar y calidad de los canales de los animales, ya que para mantener el flujo de cerdos hacia el área de choques a una velocidad adecuada, se hace necesario el uso de varas eléctricas y afiladas, incrementando así la ocurrencia de lesiones a los animales.

En todas las etapas del cargue, descargue y espera en el matadero, ocurren lesiones y heridas, y en promedio, 34 % de los cerdos tienen algún tipo de lesión en la piel antes del sacrificio (8). La ocurrencia de moretones en los canales de cerdo se debe principalmente a la alta densidad durante el transporte, hecho no hallado en el presente estudio.

En las áreas de espera dentro de los mataderos, las instalaciones que tienen grandes corrales favorecen la ocurrencia de lesiones en la piel de los animales, a medida que se buscan proteger de animales de distintos bloques, y en consecuencia las peleas por razones de jerarquía pueden ocurrir con mayor frecuencia (9). De acuerdo con Guardia et al (10), la alta densidad de animales durante el transporte por la acomodación también puede favorecer la aparición de daños en la piel.

En un estudio de Souza et al (5), al evaluar diferentes niveles de vitamina E en la dieta de los cerdos en etapas de crecimiento y finalización, se halló un incremento lineal en el rendimiento de las canales con suplementación de hasta 400 mg de vitamina E por kilogramo de alimento.

Mota-Rojas et al (11) indicaron que la duración del transporte afecta la ocurrencia de lesiones en la piel de los animales. Cuanto más tiempo dure el transporte mayor será la cantidad de laceraciones que presentarán en el matadero. Lo ideal sería sacrificar los animales cerca a sus sitios de cría y producción, con el fin de minimizar el estrés del transporte. También establecieron que el transporte en cortas distancias no ejerce efectos negativos sobre la calidad de la carne, es una práctica adecuada para ser implementada en la gestión de mataderos.

Mota-Rojas et al (11) indicated that the duration of transport affects the occurrence of lesions on the skin of animals. The longer the time of transport the greater amount of lacerations they will have in the slaughterhouse. The ideal would be to slaughter animals near the sites of breeding and production, so that the stress of transport could be minimized. Also, they stated that short-distance transport does not exert negative effects on the quality of meat, and it is a suitable practice to be implemented in slaughterhouse management.

High densities (above  $0.6\text{m}^2/100\text{kg}$ ) will increase the occurrence of injuries and lacerations in animals (12). High accommodation and transport densities provide less space for animals, generating greater physical contact, trampling of animals in case of falls and possible confrontations, resulting in higher occurrences of bruises on carcasses.

Greenish hematomas indicate that the animal got hit over 24 hours ago, when the animals are still on the farm, and no greenish hematomas means that animals were properly handled by the producer. The presence of purple-blue hematomas indicate that the animal got hit less than 24 hours ago, thus it happened during transport and handling of animals in the resting area of the slaughterhouse. Between five and 10 days, the hematoma is yellow, and after 14 days, on average, it disappears.

Carcass yield may be affected by other factors, such as genotype, gender, nutrition, temperature and weight at slaughter, in which the heavier the animal at slaughter, the greater the carcass yield. The values found for carcass yield in present study were similar to those found in by Oliveira et al (13), testing different levels of crude protein in feed for barrows. Carcass yield values found by these authors were between 76% and 78%.

Also, no significant differences were found by Oliveira et al (13) in heart weight of pigs in a work that evaluated different protein levels in animal ration. Kerr et al (14) have described no differences in heart weight of pigs also when working with different protein levels in the diet. They have found no variations in liver weight, when evaluating animals slaughtered at 36 kg bodyweight, after being kept in different thermal environments. No differences were described for the values of liver weight in pigs, when evaluating different levels of crude protein in feed.

Oliveira et al (13) and Kerr et al (14) have found no significant differences in kidney weight and on the performance of pigs.

Final pH of meat below 5.8 can indicate occurrence of PSE meat (15), and above 6.2 may indicate the

Las altas densidades (superiores a  $0.6\text{m}^2/100\text{kg}$ ) incrementarán la ocurrencia de lesiones y laceraciones en los animales (12). Altas densidades de acomodación y transporte brindan menos espacio para los animales, generando mayor contacto físico, pisadas a los animales en caso de caídas y posibles confrontaciones, dando como resultado mayor ocurrencia de moretones en los canales.

Los hematomas verdosos indican que el animal fue golpeado hacía más de 24 horas, cuando los animales aún estaban en la granja, y la ausencia de hematomas verdosos significa que los animales fueron manejados adecuadamente por el productor. La presencia de hematomas morado-azul indica que el animal fue golpeado hace menos de 24 horas, luego sucedió durante el transporte y manejo de los animales en el área de descanso del matadero. Entre 5 y 10 días, el hematoma decolora amarillo, y en promedio, después de 14 días este desaparece.

El rendimiento de los canales puede verse afectado por los factores tales como el genotipo, género, nutrición, temperatura y peso al momento del sacrificio, por cuanto a mayor peso del animal en el sacrificio, mayor el rendimiento en canal. Los valores hallados para rendimiento de canal en el presente estudio fueron similares a los hallados por Oliveira et al (13), al probar diferentes niveles de proteína cruda en el alimento de cerdos machos. Los valores del rendimiento en canal hallados por estos autores estaban entre 76 y 78%.

Igualmente, Oliveira et al (13) no hallaron diferencias significativas en el peso del corazón de los cerdos en un trabajo que evaluó diferentes niveles de proteína en la ración animal. Kerr et al (14) no han descrito diferencias en el peso decoración de los cerdos a trabajar igualmente con diferentes niveles de proteína en la dieta. Encontraron que no había variaciones en el peso del hígado al evaluar animales sacrificados con pesos de 36 kg después de haber sido mantenidos en diferentes ambientes térmicos. No se describieron diferencias para los valores del peso del hígado en cerdos al evaluar diferentes niveles de proteína cruda en el alimento.

Oliveira et al (13) y Kerr et al (14) no hallaron diferencias significativas en el peso de los riñones y en el rendimiento de los cerdos.

Un pH final de la carne inferior a 5.8 puede indicar la ocurrencia de carne PSE (15), y por encima de 6.2 por indicar la ocurrencia de carne DFD (16). En consecuencia, los animales de todos los tratamientos tuvieron valores de pH dentro del rango deseado para los aspectos de calidad de la carne.

occurrence of DFD meat (16). Thus, animals of all treatments had pH values within the desired range for the quality aspects of meat.

Guo et al (17) and Janz (18) have found no differences were detected in L\* when adding vitamin E in the diet of pigs). The larger the L\* value of the parameter the paler are the meat (19) and meat with L\* values above 53 are considered PSE (15, 20).

The addition of vitamin E was inefficient in promoting improvements in the coloring of meat, which is consistent with several studies that have found no effects of vitamin E on meat color (17, 18, 21, 22). No difference are reported by Caldara et al (15) between the values of a\* and b\* of meat considered normal and PSE meat, finding values between 8 and 11 for the parameter a\* and 6-9 for the parameter b\*, similar to the rates determined in this present study.

The addition of glucose was also not effective in promoting changes in the parameters L\*, a\* and b\*. However, adding carbohydrate sources that can rapidly be absorbed and digested can manipulate the reserves of muscle glycogen, avoiding its depletion at the moment of slaughtering (23), and promoting adequate production of lactate, keeping final pH (pH 24 hours after slaughter) in proper levels.

In conclusion the occurrences of injuries to the skin and carcass of pigs are due to animal fights during their stay at the waiting area of the slaughterhouse. Contusions in back and limbs are also a critical occurrence during animal stay at this area. Adding glucose, sodium bicarbonate, and vitamin E to diet did not affect the yield of carcass, viscera and stomach contents of pigs given the normal patterns of pre-slaughter, but has affected pH and red pigment intensity of pork meat.

Guo et al (17) y Janz (18) hallaron que no se detectaron diferencias en L\* al agregar vitamina E a la dieta de los cerdos. Cuanto mayor es el valor de L\*, más pálida es la carne (19) y la carne con valores de L\* por encima de 53 se considera PSE (15, 20).

La adición de vitamina E fue ineficiente para promover mejoras en la coloración de la carne, lo cual es consistente con varios estudios que no hallaron efectos de la vitamina E sobre el color de la carne (17, 18, 21, 22). Caldara et al (15) no reportaron diferencias entre los valores de a\* y b\* para la carne considerada normal y la carne PSE, hallando valores entre 8 y 11 para el parámetro a\* y entre 6 y 9 para el parámetro b\*, similares a las relaciones determinadas el presente estudio.

La adición de glucosa tampoco fue efectiva para promover cambios en los parámetros L\*, a\* y b\*. Sin embargo, agregar fuentes de carbohidratos de rápida absorción y digestión puede manipular las reservas de glicógeno muscular, evitando su agotamiento al momento del sacrificio (23) y promoviendo una adecuada producción de lactato, lo cual mantiene el pH final (pH las 24 horas después del sacrificio) en niveles adecuados.

En conclusión, la ocurrencia de lesiones a la piel y canales de los cerdos se debe a peleas de los animales durante su estadía en el área de espera del matadero. Las contusiones en el dorso y extremidades también es una ocurrencia crítica durante la permanencia de los animales en esta área. Agregar glucosa, bicarbonato de sodio, y vitamina E a la dieta no tuvo ningún efecto en el rendimiento de los canales, vísceras y contenido estomacal de los cerdos dados los patrones normales del pre sacrificio, pero ha afectado el pH y la intensidad del pigmento rojo de la carne de cerdo.

## REFERENCES

1. Dalla Costa OA, Coldebella A, Costa MJRP, Faucitano L, Peloso JV, Ludke JV, Scheuermann GN. Período de descanso dos suínos no frigorífico e seu impacto na perda de peso corporal e em características do estômago. *Ciênc Rural* 2006; 36(5):1582-1888.
2. Bridi AM, Costa CA. Bem estar de suínos – Manejo pré abate. 1 ed. Londrina: UEL; 2009.
3. Dalla Costa OA, Costa MPR, Ludke JV. Tempo de jejum dos suínos no manejo pré-abate sobre a perda de peso corporal, o peso do conteúdo estomacal e a ocorrência de úlcera esofágico-gástrica. *Ciênc Rural* 2008; 38(1):1233-1240.
4. Hambrecht E, Eissen JJ, Nooijen RIJ, Ducro BJ, Smits CHM, Den Hartog LA, Verstegen MWA. Preslaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. *J An Sci* 2004; 82(1):1401-1409.

5. Souza VLF, Silva RSF, Silva CA. Vitamina E no desempenho, características de carcaça e qualidade do presunto cozido de suínos. *Pes Agropec Bras* 2007; 42(4):581-587.
6. Yang H, Mahan DC, Hill DA, Shipp TE, Radke TR, Cecava MJ. Effect of vitamin E source, natural versus synthetic, and quantity on serum and tissue  $\alpha$ -tocopherol concentrations in finishing swine. *J An Sci* 2009; 87(1):4057-4063.
7. Gaudre D, Quiniou N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? *Rev Bras Zootec* 2009; 38:190-200.
8. Dalla Costa OA, Ludke JV, Costa MJRP. Modelo de carroceria e seu impacto sobre o bem estar e a qualidade da carne dos suínos. *Ciência Rural* 2007; 37(5):1418-1422.
9. Dalla Costa OA, Ludke JV, Costa MJRP, Peloso, JV, Coldebella A, Triques N. Efeito do jejum na granja e condições de transporte sobre o comportamento dos suínos de abate nas baias de descanso e lesões na pele. *Ciê Anim Bras* 2009; 10(1):48-58.
10. Guardia MD, Estany J, Balasch S, Oliver MA, Gispert M, Diestre A. Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs *Meat Sci* 2009; 81(4):745-751.
11. Mota-Rojas D, Becerril M, Lemus C, Sánchez P, González M, Olmos SA, Ramírez R, Alonso-Spilsbury M. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Sci* 2006; 73(1):404-412.
12. Nanni-Costa L, Tassone F, Righetti R, Melotti L, Comellini M. Effect of farm floor type on the behavior of heavy pigs during pre-slaughter handling. *Vet Res Com* 2007; 31(1):397-399.
13. Oliveira V, Fialho ET, Lima JAF. Características de carcaça e peso de vísceras em suínos alimentados com rações contendo baixos teores de proteína bruta. *Ciê Rural* 2006; 36(6):1890-1895.
14. Kerr BJ, Yen JT, Nienaber JA. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. *J An Sci* 2003; 81(1):1998-2007.
15. Caldara FR, Santos VMO, Santiago JC, Paz ICL, Garcia RG, Vargas Junior FM, Santos LS, Nääs IA. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. *Rev Bras Saúde Prod An* 2012; 13(3):815-824.
16. Santiago JC, Caldara FR, Santos VMO, Seno LO, Garcia RG, Paz ICLA. Incidência da carne PSE (*pale, soft, exsudative*) em suínos em razão do tempo de descanso pré-abate e sexo. *Arq Bras Med Vet Zoot* 2012; 64(6):1739-1746.
17. Guo Q, Richert BT, Burgess JR, Webel DM, Orr DE, Blair M, Fitzner GE, Hall DE, Grant AL, Gerrard DE. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality. *J An Sci* 2009; 84(1):3089-3099.
18. Janz JAM, Morel PCH, Purchas RW, Corrigan VK, Cumarasamy S, Wilkinson BHP, Hendriks WH. The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium, and vitamin E, with or without animal protein, on the quality of pork from female pigs. *J An Sci* 2008; 86(1):1402-1409.
19. Bridi AM, Oliveira AR, Fonseca NAN, Shimokomaki M, Coutinho LL, Silva CA. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Rev Bras Zootec* 2006; 35(5):2027-2033.
20. Ramos EM, Gomide LAM. Avaliação da qualidade de carnes. *Fundamentos e Metodologias*. Viçosa/MG: Ed. UFV; 2007.
21. Ohene-Adjei S, Bertol T, Hyun Y, Ellis M, Mckeith FK, Brewer MS. Effect of vitamin E, low dose irradiation, and display time on the quality of pork. *Meat Sci* 2004; 68(1):19-26.
22. Bahelka I, Nurnberg K, Kuchenmeister U, Lahucky R. Chemical composition, meat quality and oxidative status of pork after supplementation of diet with vitamin e and/or vitamin e + herb extracts. *Biotech Anim Husb* 2011; 27(3):853-860.
23. Rosenvold K, Andersen HJ. Factors of significance for pork quality – a review. *Meat Sci* 2003; 64(1):219-237.