

## BIENESTAR ANIMAL Y CALIDAD DE LA CANAL PORCINA SEGÚN EL SISTEMA DE ATURDIMIENTO

Animal welfare and pork carcass quality according to stunning system

D. Álvarez, M.D. Garrido, S. Bañón y J. Laencina

Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia. 30071 Espinardo, Murcia (España).  
Tel.: 968 367648, e-mail: dalvarez@um.es

### RESUMEN

En este trabajo se estudia la influencia de las técnicas tradicionales de aturdimiento por corriente eléctrica y CO<sub>2</sub> sobre el bienestar animal y la calidad de la canal, y se comparan con los obtenidos por otros autores empleando sistemas de sujeción y aplicación instantánea de electronarcosis (*Midas*<sup>®</sup> y *Piglift*). Los resultados muestran que la aplicación de aturdimiento eléctrico convencional disminuye la calidad de la canal al aumentar la incidencia de fracturas óseas, petequias y hemorragias en piezas nobles, en comparación con el CO<sub>2</sub>. Mediante el aturdimiento en cámara de gases se obtiene una mejor calidad en la canal respecto a la electronarcosis, incluso cuando los animales experimentan reacciones convulsivas tras la misma como consecuencia de una incorrecta aplicación de CO<sub>2</sub> (elevada concentración y tiempo). En estos casos, se detecta un comportamiento anómalo en los cerdos —mayor estrés, deficiente aturdimiento y desarrollo de convulsiones musculares— y en menor grado, los mismos problemas de calidad que los descritos en la electronarcosis. Por su parte, la proporción de canales sin defectos de calidad supera el 94% en cerdos que no presentan reacción alguna tras el aturdimiento con CO<sub>2</sub>, muy por encima de cuando aparecen convulsiones (56,3%) o cuando se utiliza electronarcosis (14,4%). Con todo, la optimización de parámetros de anestesia con CO<sub>2</sub> que eviten dichas reacciones permitiría mejorar sustancialmente la calidad tecnológica de la canal.

**Palabras clave:** Protección animal; Sacrificio porcino; Sistemas de sujeción; Daños en la canal; Calidad de la canal; Aturdimiento.

### ABSTRACT

The aim of this paper was to study the influence of traditional stunning systems —electric and CO<sub>2</sub> treatment— on animal welfare and carcass quality. Both systems were compared with them obtained by other authors using systems of immobilized and instantaneous application of electrical stunning (*Midas*<sup>®</sup> and *Piglift*).

The results showed that the application of electrical stunning decreased carcass quality upon increasing the incidence of bone fractures, petechiae and haemorrhages in noble pieces compared to CO<sub>2</sub> stunning. CO<sub>2</sub> stunning determined a better carcass quality, even when convulsive reactions after stunning were developed by pigs like consequence of an incorrect application of CO<sub>2</sub> (high concentration and time). In these cases, an anomalous behaviour in pigs —a greater stress, stunned faulty and stronger convulsions after stunning— and in small degree, the same problems of quality described in electric stunning, were detected. The proportion of carcasses without defects of quality was 94% in pigs that did not present reactions after CO<sub>2</sub> stunning. When convulsions appeared or electric stunning were used carcasses quality were 56,3% and 14,4%, respectively. Therefore, the control of CO<sub>2</sub> stunning parameters would avoid these reactions in pigs and improve the technological carcass quality outstandingly.

**Keywords:** Animal protection; Pig slaughtering, Immobilization systems; Carcass damage; Carcass quality; Stunning.

## INTRODUCCIÓN

La insensibilización de los cerdos antes del sacrificio constituye una fase importante en la Industria Cárnica, y un requisito desde el punto de vista del bienestar animal (Directiva 93/119/CEE) para garantizar el aturdimiento del animal antes de su muerte por desangrado. Actualmente los sistemas más utilizados son el aturdimiento eléctrico y el aturdimiento con CO<sub>2</sub>. A pesar de su extendido uso, ambos sistemas presentan diferencias que hacen de su elección una cuestión compleja.

El aturdimiento eléctrico *sólo-cabeza* presenta como principales ventajas su reducido coste, la fácil aplicación y el no precisar de una alta cualificación en el personal que lo aplica. Sin embargo, para muchos autores el uso generalizado de esta técnica conlleva importantes pérdidas en la calidad de la canal —petequias, hemorragias, fracturas óseas, etc., (Barton Gade 1993; Velarde et al. 1999)— y de la carne —mayor exudación y desarrollo PSE (Gregory 1987; Troeger 1996)—.

Por su parte, el aturdimiento con CO<sub>2</sub> presenta como principales ventajas la rápida y completa insensibilización de varios animales a la vez, garantizando una inconsciencia progresiva y duradera hasta el degüello, su capacidad de adaptarse fácilmente a mataderos industriales con elevados ritmos de producción, el estresar menos a los cerdos en los momentos previos al

sacrificio (Mihajlovic et al. 1993) y, en general, proporcionar una mejor calidad de la canal y la carne (Velarde et al. 1999; Álvarez 2002).

Las evidencias en contra de ésta técnica se centran por un lado en su elevado coste de implantación y mantenimiento, y por otro lado, en las repercusiones negativas sobre el bienestar animal. Así, cuando se inhala una elevada concentración de CO<sub>2</sub> se puede generar sensación de asfixia en los animales porque su carácter ácido lo hace desagradable durante la aspiración (Gregory 1994). Además, la pérdida de consciencia se produce sólo al final de fases prolongadas de excitación (Prändl et al. 1994), e incluso pueden aparecer reacciones convulsivas tras la fase de relajación del aturdimiento en animales que no han perdido la consciencia completamente (Zeller et al. 1987).

En los últimos años se han mejorado los equipos que facilitan el aturdimiento de los cerdos, como el sistema *Piglift* (Wenzlawowicz et al. 1996) para la inmovilización y posicionado individual de los cerdos antes de la descarga eléctrica, o el sistema combinado de sujeción y descarga eléctrica *cabeza-pecho Midas*<sup>®</sup> (Stork-MPS, NL), que mejoran notablemente los aspectos más negativos del sistema tradicional de aturdimiento eléctrico. La *electronarcosis con sistema de sujeción Piglift* es un sistema avanzado del tradicional restrainer que facilita la aplicación de la descarga eléctrica a los cerdos mediante un sis-

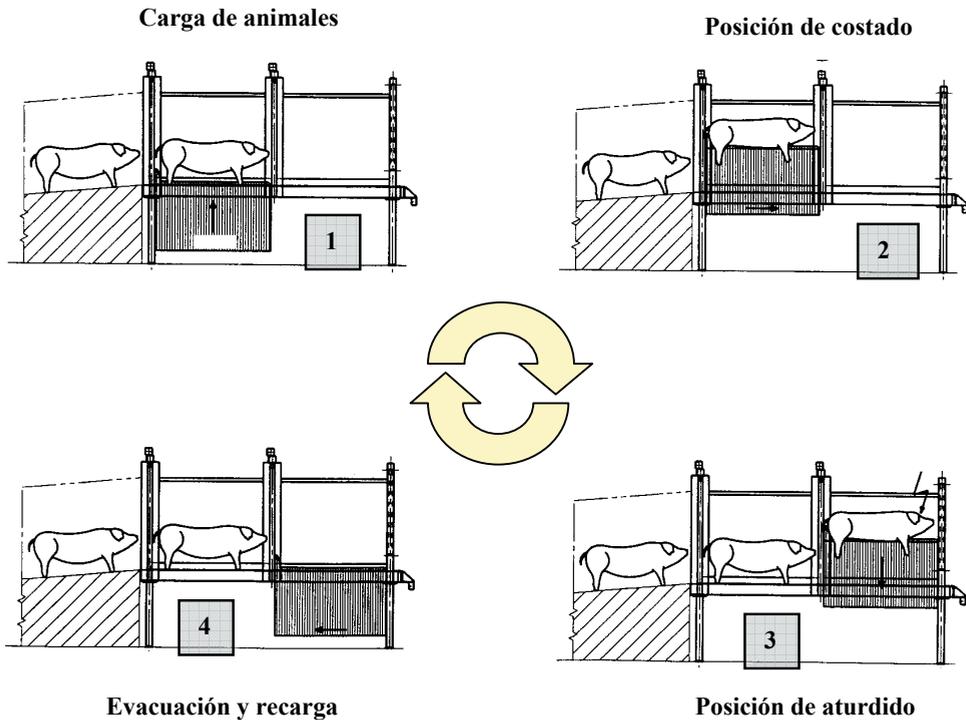


Figura 1. Evolución secuencial del sistema PIGLIFT (Diseño modificado a partir de Wenzlawowicz et al. 1996).

tema de plataforma metálica que se eleva y fija al animal por su costado (Figura 1). Por su parte, el *aturdido eléctrico cabeza-pecho con sistema de sujeción Midas®*, descrito por autores como Wenzlawowicz et al. (1999) y Velarde et al. (1999), consiste en conducir e inmovilizar los cerdos en el interior del equipo de anestesia, donde le son aplicadas automáticamente dos descargas eléctricas, una en la cabeza —circuito de alta frecuencia— y otra en el pecho en la zona de proyección del corazón —circuito de baja frecuencia—, provocando la fibrilación del miocardio.

El objetivo de este trabajo consiste en evaluar y comparar en un matadero industrial, la eficacia sobre el bienestar animal de los sistemas tradicionales de anestesia, así como su influencia sobre la calidad de la canal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Animales

Cuatrocientos cincuenta y tres cerdos pertenecientes a 6 lotes diferentes escogidos al azar, fueron aturridos y sacrificados durante 1 h 45 min, en un matadero industrial de la Región de Murcia. Todos los animales se someten a las mismas condiciones de estabulación y presacrificio. Del total de animales, 158 fueron aturridos con *electronarcosis sólo-cabeza* y el resto mediante anestesia con  $\text{CO}_2$ .

### Sistemas de aturdimiento

El *aturdido con  $\text{CO}_2$*  consiste en un túnel de anestesiado compacto (modelo Combi 66;

**Cuadro 1. Baremos de clasificación del grado de bienestar animal antes, durante y después de la anestesia**

| Clasificación                  | Característica   |
|--------------------------------|--|
| <i>Antes de la anestesia</i>   |  |
| -                              | Ausencia de signos de estrés y comportamientos negativos                               |
| +                              | Ligera resistencia a entrar a mangas y/o restrainer                                    |
| ++                             | Resistencia manifiesta   |
| +++                            | Resistencia severa   |
| <i>Durante la anestesia</i>    |  |
| -                              | Ausencia de signos de estrés y comportamientos negativos                               |
| +                              | Ligera resistencia a la aplicación de electrodos y entrada a cabina de CO <sub>2</sub> |
| ++                             | Resistencia manifiesta, y signos de estrés dentro de la cabina de CO <sub>2</sub>      |
| +++                            | Resistencia severa y signos de asfixia dentro de la cabina de CO <sub>2</sub>          |
| <i>Después de la anestesia</i> |  |
| -                              | Ausencia de convulsiones, sensibilidad corneal y dolor por punción nasal               |
| +                              | Ligera presencia de al menos uno de estos signos                                       |
| ++                             | Presencia manifiesta de al menos dos de estos signos                                   |
| +++                            | Presencia severa de todos estos signos   |

Butina Aps, Dinamarca), diseñado en forma de noria giratoria sobre un eje central, con un encadenado del que cuelgan 7 cestas con capacidad para 1-3 cerdos de cebo y un rendimiento máximo de 440 cerdos/h. Antes del aturdimiento, los animales pasan por una cuadra de agrupamiento y después, a las mangas de carga de la cabina de CO<sub>2</sub>. En su interior, los cerdos quedan expuestos a una concentración de CO<sub>2</sub> del 80±2% en el fondo del foso, y del 30-50% en las posiciones intermedias.

Tras finalizar la exposición (1,45-1,50 min), los cerdos anestesiados caen a un portalón lateral de la cabina desde donde son izados para su posterior degüello.

El *aturdido eléctrico* se realiza mediante el sistema de electronarcosis *sólo-cabeza*. Para ello, se aplican unas pinzas eléctricas (Suteca, modelo EE2V+PIN-P, España) en contacto con la cabeza de los animales, formando un arco sobre el cerebro que facilita el paso de una corriente eléctrica de 240 V durante 4-5 s. Esta

técnica precisa de la inmovilización separada de los cerdos mediante el uso de un sistema restrainer con sujeción en V, el cual permita posicionar la cabeza para la correcta aplicación de la descarga.

### Parámetros de bienestar animal

En primer lugar, se estudia el comportamiento de los cerdos antes, durante y tras la aplicación de aturdimiento eléctrico y gaseoso, con el fin de comparar el estado de bienestar animal alcanzado en estos procesos. Los baremos de clasificación del grado de bienestar animal en las diferentes fases del aturdimiento, se describen en el Cuadro 1. Estos parámetros son evaluados de modo subjetivo mediante el estudio del comportamiento de los cerdos, el registro de signos externos de estrés, antes y durante el aturdimiento, y el registro de signos positivos de insensibilización detectados tras el aturdimiento.

## Parámetros de calidad de la canal

Por otro lado, se valora la calidad de todas las canales porcinas estudiadas según el sistema de aturdimiento utilizado. En el caso de aturdimiento con CO<sub>2</sub> se diferencia, por un lado, a los animales que desarrollan reacciones de tipo convulsivo a la salida de la cabina de anestesia, como resultado de padecer una anestesia en malas condiciones, asociada a la exposición a altas concentraciones de CO<sub>2</sub> durante tiempos prolongados que se producía cuando la rotación de cestas era deficiente. En menor grado, estas anomalías se debieron a la presencia de corrientes de aire, variaciones bruscas de la temperatura de la sala, matanza de animales de diferente tamaño y a la sobrecarga de cestas. Por otro lado, se diferencian los cerdos que no experimentan reacción convulsiva alguna y que se muestran relajados tras su paso por dicha cabina como resultado de una correcta anestesia.

En tales circunstancias, se establece la incidencia de fracturas óseas y hemorragias internas en zonas como la articulación coxofemoral del miembro utilizado para izar el animal (jamones) y la región dorsal del animal (lomo y costados) al nivel de la columna vertebral, por ser frecuentes los golpes por aplastamiento dentro de las cabinas de CO<sub>2</sub> y por ser una zona muy

expuesta a la acción de las convulsiones tras el aturdimiento. Se clasifican como petequias las manchas de sangre pequeñas y puntiformes localizadas principalmente en el tejido graso de la región dorsal y en el tejido muscular (lomo y jamones).

Las hemorragias se clasifican como las manchas sanguinolentas de mayor tamaño y extensión localizadas en las diferentes estructuras musculares, grasas, cartilaginosas u óseas. También se valora la presencia de hematomas externos en las zonas descritas como signos inequívocos todos ellos de una inadecuada anestesia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Bienestar animal durante la insensibilización

En el Cuadro 2 se representan los resultados correspondientes a las observaciones realizadas en los cerdos anestesiados con los sistemas de electronarcosis *sólo-cabeza* y CO<sub>2</sub>, y se comparan con los descritos por Wenzlawowicz et al. (1999) y Velarde et al. (1999) en el caso del aturdimiento eléctrico *cabeza-pecho*, y por los descritos por Wenzlawowicz et al. (1996) con electronarcosis *Piglift*. Como se puede comprobar,

Cuadro 2. Signos externos de bienestar de los cerdos según los procesos de anestesia<sup>a</sup>

|  | Momento de la anestesia |                |                |
|--|-------------------------|----------------|----------------|
|  | <i>Antes</i>            | <i>Durante</i> | <i>Después</i> |
| Electronarcosis <i>sólo-cabeza</i> (n=158)   | +++                     | +              | +              |
| Electronarcosis <i>cabeza-pecho</i> (Midas®) | ++                      | -              | -              |
| Electronarcosis con sistema <i>Piglift</i>   | ++                      | -              | +              |
| Anestesia CO <sub>2</sub> (n=295)            |                         |                |                |
| <i>Convulsión</i>                            | +++                     | ++             | ++             |
| <i>Relajación</i>                            | +++                     | +              | -/+            |

a: Baremo de clasificación del bienestar animal descrito en cuadro 1.

independientemente del sistema de aturrido, las operaciones previas al aturdimiento son las que más comprometen el bienestar animal, si bien éste puede verse mejorado posteriormente en función del método de anestesia que se utilice. En general, los sistemas tradicionales de aturrido *sólo-cabeza* y anestesia con CO<sub>2</sub> excitan más a los animales antes de dichas operaciones, en comparación con los sistemas mejorados de aturrido *cabeza-pecho* y *Piglift*. Matizando entre ambos sistemas tradicionales, Jongman et al. (2000) observaron que el 90% de los cerdos que se anestesiaban con CO<sub>2</sub> mostraban un menor rechazo a las operaciones previas al aturdimiento que cuando se les aturdiría con pinzas eléctricas.

En cualquier caso, como se observa en el Cuadro 2, tanto el aturrido eléctrico *sólo-cabeza* como el aturdimiento con CO<sub>2</sub>, mejoran los signos externos de comportamiento estudiados durante el aturdimiento y tras él, garantizando unos niveles aceptables de bienestar animal. Sin embargo, cuando el aturdimiento con CO<sub>2</sub> es realizada de forma incorrecta (elevada concentración y tiempo) se detecta un mayor desarrollo de convulsiones musculares, llegando a comportarse peor que el aturrido eléctrico *sólo-cabeza* al observarse una incidencia negativa sobre el bienestar animal en todas las fases del proceso (Cuadro 2). En este sentido, Velarde et al. (1999) afirman que el aturrido eléctrico *cabeza-pecho* es más eficaz que el aturrido por CO<sub>2</sub> ya que induce a los animales a una insensibilidad instantánea, prolongándola hasta la muerte cerebral. La aplicación de anestesia gaseosa en condiciones adecuadas (concentración de CO<sub>2</sub>, tiempo, ventilación, temperatura, etc.) permite alcanzar unos valores de bienestar animal que se aproximan bastante a los valores óptimos obtenidos por los otros sistemas estudiados pues favorecen la relajación de los animales.

Los sistemas de aturrido eléctrico *cabeza-pecho* y *Piglift* descritos por otros autores en mataderos industriales donde se han implantado,

aportan mejores condiciones para el bienestar animal pues, a pesar de que los animales ofrecen antes del aturdimiento una resistencia manifiesta a dichas operaciones, éstos son aturridos de forma casi instantánea sin manifestar signos externos de estrés y apenas aparecen reacciones tras el aturdimiento. Se estima una incidencia del 99,1% (Wenzlawowicz et al. 1999) y del 98% (Wenzlawowicz et al. 1996) de aturrido correcto, tras aplicar las electronarcosis *Midas*<sup>®</sup> y *Piglift*, respectivamente.

Lambooij et al. (1997) alcanzaron buenos resultados de inconsciencia en cerdos mediante la aplicación combinada de electrodos *cabeza-pecho* y corrientes eléctricas de alta frecuencia y bajo voltaje.

### Calidad de la canal

En el Cuadro 3 se observa la relación porcentual de petequias, hemorragias internas, hematomas externos y fracturas óseas de la canal, según los sistemas de aturrido utilizados, así como el porcentaje de canales que no presentaron ningún defecto de calidad relevante.

Se aprecia que el aturdimiento eléctrico reporta peores índices de calidad en la canal al detectarse un bajo índice de canales sin defectos de calidad y una mayor incidencia de petequias, hemorragias, hematomas y fracturas óseas. Esta elevada incidencia de defectos en la canal induce a pensar que dicho fenómeno puede estar relacionado con un incremento de la actividad metabólica *post mortem*, durante la fase clónica de estimulación de la fibra muscular tras aplicar electronarcosis. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores (Lambooij 1994; Velarde et al. 2000; Channon et al. 2003), quienes detectan igualmente una incidencia muy superior de dichos defectos en cerdos sacrificados con electronarcosis *sólo-cabeza* frente a aturrido con CO<sub>2</sub>.

Por su parte, la merma de calidad en la canal de animales anestesiados con CO<sub>2</sub> que experimentan reacciones convulsivas tras el atur-

**Cuadro 3. Distribución porcentual de defectos de calidad en la canal según el sistema de aturdido y de canales que no presentaron defectos de calidad**

|                                 | Aturdimiento eléctrico<br>(n=158) | Aturdimiento con CO <sub>2</sub> |                    |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|                                 |                                   | Convulsión (n=153)               | Relajación (n=142) |
| PETEQUIAS                       |                                   |                                  |                    |
| <i>Jamón</i>                    | 19.0                              | 8.5                              | 0.7                |
| <i>Lomo y grasa dorsal</i>      | 20.9                              | 7.2                              | 0.7                |
| HEMORRAGIAS INTERNAS            |                                   |                                  |                    |
| <i>Jamón</i>                    | 14.0                              | 9.8                              | 0.7                |
| <i>Lomo y grasa dorsal</i>      | 12.7                              | 7.8                              | 2.1                |
| HEMATOMAS EXTERNOS              |                                   |                                  |                    |
| <i>Jamón</i>                    | 5.1                               | 3.3                              | -                  |
| <i>Lomo y grasa dorsal</i>      | 6.3                               | 2.6                              | 1.4                |
| FRACTURAS ÓSEAS                 |                                   |                                  |                    |
| <i>Articulación coxofemoral</i> | 4.4                               | 2.6                              | -                  |
| <i>Columna vertebral</i>        | 3.2                               | 1.9                              | -                  |
| CANALES SIN DEFECTOS            | 14.4                              | 56.3                             | 94.4               |

dimiento es inferior al aturdimiento eléctrico *sólo-cabeza*, pero notablemente superior a la detectada en animales que se muestran relajados tras su paso por la cabina de CO<sub>2</sub>. Esto corrobora que cuando se aplica adecuadamente el aturdimiento con CO<sub>2</sub> los cerdos experimentan un grado de bienestar similar al descrito con las técnicas mejoradas de electronarcosis, permitiendo obtener unos parámetros de calidad en la canal muy recomendables desde un punto de vista tecnológico.

Haumann (1989), obtuvo entre 5% y 20% de piezas ensangrentadas procedentes de canales de cerdos que experimentaron espasmos musculares tras el aturdimiento con CO<sub>2</sub>. Por otro lado, Troeger y Woltersdorf (1991) consideran que la presencia de reacciones violentas tras la fase convulsiva del aturdimiento con CO<sub>2</sub> tiene un gran condicionante genético, al observar una mayor incidencia de estos comportamientos en

cerdos halotano positivo (nn) frente a cerdos halotano negativo (NN y Nn), y que, en cualquier caso, se pueden reducir mediante la aplicación de concentraciones de CO<sub>2</sub> a niveles del 80-90%, paliando la presencia de fracturas óseas pero, en ningún caso, suficientes para prevenir el desarrollo de carnes PSE. Según Velarde et al. (2000), en los tratamientos de electronarcosis *cabeza-pecho* la incidencia de defectos de la canal es, en general, tan sólo 2-2.5 veces superior que el aturdimiento con CO<sub>2</sub>, observándose únicamente petequias en lomo y jamón. En cambio, la incidencia de hemorragias durante el sacrificio porcino se duplica hasta veinte veces si se utiliza la electronarcosis *sólo-cabeza* frente al aturdido con CO<sub>2</sub> (Lambooi 1994).

El efecto del genotipo al usar sistemas de aturdido eléctrico, en comparación con el aturdimiento gaseoso, también es muy importante, pues como apuntan Velarde et al. (2001) la in-

cidencia de petequias en lomo y equimosis en espalda tras el aturrido eléctrico tiende a ser mayor en cerdos halotano Nn (heterocigotos negativos) que en cerdos halotano NN (homocigotos negativos).

Wenzlawowicz et al. (1999) encuentran porcentajes de fracturas vertebrales (0,3-1,7%) y hemorragias musculares (0,2-4,8%) comparablemente bajos, en tres mataderos equipados con el sistema de aturrido eléctrico *Midas*<sup>®</sup>. Las ventajas de esta técnica radican, por un lado, en la reducción de contracciones musculares durante la fase clónica de estimulación muscular, al utilizar una mayor frecuencia de corriente (Grandin 1980; Monk 1990) y, por otro, el uso de transportadores de correas que sujetan lateralmente al animal (Lambooij et al. 1992). Ambos factores permiten reducir a la mitad la incidencia de hemorragias en la canal, en comparación con el uso de restrainer en la electroanestesia tradicional.

## CONCLUSIONES

Desde el punto de vista del bienestar animal, los sistemas de inmovilizado y posicionado para la aplicación de descarga eléctrica son los que mejores resultados aportan frente al tradicional sistema de CO<sub>2</sub>. Destaca el sistema de electroanestesia *cabeza-pecho*, pues determina una insensibilidad inmediata y profunda en el animal, sin desarrollar apenas reacciones adversas tras la misma.

Cuando el aturdimiento gaseoso no se realiza en las mejores condiciones, puede llegar a ser un sistema menos apropiado que la electroanestesia *sólo-cabeza* y un agente de estrés añadido en los animales.

Respecto a la calidad de la canal, los sistemas de aturdimiento eléctrico son menos apropiados que el sistema de aturrido gaseoso, sobre todo cuando éste se realiza en condiciones óptimas pues, en estos casos, la incidencia de defectos en la canal es realmente baja. Mediante la optimización de los parámetros de anestesia

con CO<sub>2</sub> que eviten las reacciones convulsivas, como tiempos de exposición, concentración del gas, rotación de cestas y flujo constante de animales, se podría conseguir una mejora sustancial de la calidad tecnológica de la canal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez D. 2002. Influencia de las condiciones *ante mortem* y la tecnología del sacrificio sobre la calidad de la carne porcina. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Barton-Gade P.A. 1993. Effect of stunning on pork quality and welfare - Danish experience. Manuscript n° 1145 E, The Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark, pp. 1-12.
- Channon H.A., Payne A.M., Warner R.D. 2003. Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO<sub>2</sub>. *Meat Sci.* 65: 1325-1333.
- Directiva Europea 93/119/EC de 22 de diciembre, sobre protección de los animales en el momento del sacrificio.
- Grandin T. 1980. The effect of stress on livestock and meat quality prior to and during slaughter. *Int. J. Study Anim. Probl.* 1: 313-337.
- Gregory N.G. 1987. Evaluation and control of meat quality in pigs. Ed: P.V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin, Mart. Nijhoff, Dordrecht, pp. 265-272.
- Gregory N.G. 1994. Preslaughter handling, stunning and slaughter. *Meat Sci.* 36: 45-56
- Haumann K. 1989. Anestesia con dióxido carbónico para ganado porcino en mataderos Daneses. Conferencia en el instituto Japonés de la Carne. *Cárnica* 2000 pp. 81-86.
- Jongman E.C., Barnett J.L., Hemsforth P.H. 2000. The aversiveness of carbon dioxide stunning in pigs and a comparison of the CO<sub>2</sub> stunner crate vs. the V-restrainer. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67: 67-76.

- Lambooij B., Merkus G.S.M., Voorst N., Pieterse C. 1997. Effect of a low voltage with a high frequency electrical stunning on unconsciousness in slaughter pigs. *Fleisch. Int.* 2: 13-14.
- Lambooij E, Merkus G.S.M., Hulsege B. 1992. A band restrainer for slaughter pigs. *Fleisch.* 7: 1271-1272.
- Lambooij E. 1994. Electrical stunning by direct brain stimulation in pigs. *Meat Sci.* 38: 433-441.
- Mihajlovic B., Turubatovic L., Radovanov S. 1993. Influence of stunning ways of pigs on meat quality. *Tehnologija mesa 1-2, godina XXXV.* UDK 664.9:637.513.22. Pregledni rad.
- Monk J.A. 1990. Electrical stunning in pigs (high frequency). MSc dissertation, University of Bristol, UK.
- Prändl O., Fischer A., Schmidhofer T., Sinell H.-J. 1994. *Tecnología e Higiene de la Carne.* Acibia. Zaragoza. 854 pp.
- Troeger K. 1996. Schlachten-Fleischqualität contra Tierschutz. *Fleisch.* 76: 113.
- Troeger K., Woltersdorf W. 1991. Gas anaesthesia of slaughter pigs. Stunning trials under laboratory conditions with fattening pigs of known halotane reaction types: meat quality, animal welfare aspects. *Fleisch.* 71: 1063-1068.
- Velarde A., Gispert M., Diestre A. 1999. Sistemas de aturdimiento en porcino: efectos sobre el bienestar animal y la calidad del producto final. *Eurocarne* 76: 55-60.
- Velarde A., Gispert M., Faucitano L., Alonso P., Manteca X., Diestre A. 2001. Effects of the stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhages in pigs. *Meat Sci.* 58: 313-319.
- Velarde A., Gispert M., Faucitano L., Manteca X., Diestre A. 2000. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Sci.* 55: 309-314.
- Wenzlawowicz M.V., Briese A., Holleben K.V., Mickwitz-Schwarzenbek G.V. 1996. Fixation of slaughterpigs for electrical stunning. Piglift, a new device for careful conveyance and fixation of pigs. *Fleisch.* 76: 1108-1115.
- Wenzlawowicz M.V., Schütte A., Holleben K.V., Altrock A.V., Bostelmann N., Roeb S. 1999. Field-study on welfare and meat quality aspects of the Midas-pig-stunning device with Inarco System. Part I: Current characteristics and stunning effectiveness. *Fleisch. Int.* 2: 8-13.
- Zeller W., Schatzmann U., Imhof A. 1987. *Die Fleisch.* 67: 1519.

