



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Evaluación del bienestar del ganado porcino en el sacrificio sobre la seguridad
alimentaria

Evaluation of slaughter swine welfare over the food safety

Autor/es

Eduardo González Puyuelo

Director/es

Antonio Herrera Martehache
María Pilar Conchello Moreno

Facultad de Veterinaria

2020

Índice

1 Portada

2 Índice

3 Resumen

4 Introducción

5 Justificación y objetivos

6-7 Metodología

8-22 Resultados y discusión:

8-10 1: Sistemas de aturdimiento

10-13 2: Aturdimiento y bienestar animal

13-17 3: Aturdimiento y calidad de la carne

17-20 4: Aturdimiento y beneficio económico

20-22 5: Resto de operaciones en matadero

23-24 Conclusiones

25 Valoración personal

26-28 Bibliografía

Resumen (español)

En este estudio de revisión bibliográfica muestro la correlación entre bienestar animal y calidad y seguridad de la carne en el matadero con respecto a los cerdos. Además, puesto que el aturdimiento es lo que más influye en el bienestar animal y en la calidad y seguridad de la carne, analizo los mejores tipos de aturdimiento centrándome en diferentes criterios, como en el bienestar animal, en la calidad y seguridad de la carne y en el beneficio económico. También analizo el resto de etapas en las que los cerdos están vivos y en el matadero con respecto al bienestar animal y a la calidad y seguridad alimentaria.

Resume (English)

In this bibliographic review study I show the correlation between animal welfare and food quality and food security in the slaughterhouse regarding pigs. Also, as the stun is the more important step in the slaughterhouse for the animal welfare and the food quality and the food safety, I analyze que best stunning systems focusing on different criteria, like the animal welfare, the food safety and the food quality and the cost effectiveness. I also analyze the other steps in the slaughterhouse in which the pigs are alive about the animal welfare and the food quality and the food safety.

Introducción

En la actualidad, la garantía del bienestar animal en el sacrificio, está cobrando una gran importancia en la sociedad. Son numerosos los estudios recientes que han reflejado esta preocupación, especialmente en el sacrificio del ganado porcino.

Algunos autores han estudiado de forma global el respeto al bienestar animal en diferentes tipos de mataderos y países (Dalmau et al. (2016) en Portugal, Italia, Finlandia, Brasil y España; Uribe Corrales, Naranjo Ramírez y Henao Villegas (2018) en Colombia).

El respeto al bienestar animal en el sacrificio de los animales de producción cárnica, no sólo es importante desde el punto de vista de la defensa de la dignidad del propio animal, sino también desde el punto de vista de la calidad de la carne obtenida y de la seguridad e higiene del producto obtenido. Recientemente, Marcon et al. (2019) han demostrado que el tipo de aturdimiento utilizado es uno de los factores más influyentes en la calidad final de la carne del ganado porcino.

Las investigaciones realizadas se han dirigido al estudio específico de alguna de las facetas relacionadas con el bienestar animal y el sacrificio. Así, Terlow, Bourguet y Deiss (2016a y 2016b) han estudiado los mecanismos neurobiológicos que garantizan la consciencia y la inconsciencia tras el aturdimiento y otros autores han analizado la relación entre los distintos métodos de insensibilización (uso de CO₂ (Jongman, Barnett y Hemsworth, 2000) o aturdimiento eléctrico (Mckinstry y Anil 2004)). Del mismo modo, algunos autores han estudiado la necesidad del bienestar animal en el transporte de los animales al matadero (Gregory, 2008).

El trabajo que aquí se presenta pretende establecer una revisión de los distintos tipos de aturdimiento, su respeto al bienestar animal y su influencia en la calidad de la carne.

Justificación y objetivos

Este Trabajo de Fin de Grado analiza el interés tanto de los productores como de la sociedad por el bienestar animal, ya que está estrechamente ligado a la calidad y seguridad de la carne, aunque no necesariamente esté siempre a la par con el beneficio económico observado. Este aspecto es especialmente importante en el matadero, ya que es donde los animales son sacrificados para obtener su carne. Esto implica que los animales no van a poder tener un bienestar al 100%, pero es importante observar en dónde se puede incidir para reducir el malestar en los animales y que estén lo mejor posible. Además, de haber pérdidas en la calidad de la carne, serían irrecuperables para un buen manejo posterior, ya que el animal va a morir. Puesto que la parte más importante y la más influyente es el aturdimiento, este trabajo de revisión bibliográfica se centra en los diferentes tipos de aturdimiento que se usan o se podrían usar.

Los objetivos del mismo son los siguientes:

- Demostrar la relación que existe entre bienestar animal y calidad y seguridad alimentaria en la carne de cerdo.
- Determinar cuál es el mejor tipo de aturdimiento en el sacrificio del ganado porcino con respecto al bienestar animal.
- Determinar cuál es el mejor tipo de aturdimiento en el sacrificio del ganado porcino con respecto a la calidad y seguridad de la carne.
- Determinar cual es el mejor tipo de aturdimiento en el sacrificio del ganado porcino con respecto al beneficio económico.
- Comprobar cuales son las mejores prácticas en el resto de fases en el matadero para que sean lo mejor posible con respecto al bienestar animal y a la calidad y seguridad de la carne.

Metodología

Para efectuar este trabajo de revisión bibliográfica, se han efectuado búsquedas en la base de datos científica de Science Direct. Entre los criterios de búsqueda sólo se han incluido los trabajos científicos y los trabajos de revisión bibliográfica. A la hora de buscar información, primero se ha reunido una cantidad considerable de datos, efectuando búsquedas on line con diferente combinación de palabras en la base de datos mencionada para obtener distinta información. Las búsquedas, en principio, han sido efectuadas entre el año 2020 y 2015, pero si la cantidad de resultados de 1 búsqueda era inferior a 100, entonces se rebajaba en 5 años el periodo temporal, así hasta llegar a tener 100 o más resultados por búsqueda o llegar a hacer una búsqueda sin restricción temporal si no se llegaban a los 100 resultados.

A la hora de analizar la información, se han leído los títulos y los resúmenes de los trabajos seleccionados y se ha determinado si eran o no adecuados y relacionados para el trabajo actual. Los criterios de inclusión han sido si estaban hablando de bienestar animal o de calidad de la carne y de si eran artículos de matadero (hablaban de sacrificio, tiempo de espera y, en algunos casos, de transporte). Los criterios de exclusión han sido si los artículos no trataban de cerdos, si trataban de madres o de cerdos en lactación o si no tenían nada que ver con lo que se estaba tratando.

También se han efectuado búsquedas en las bases de datos de las agencias de seguridad alimentaria europea (EFSA) y española (AESAN).

Se ha efectuado una búsqueda en Google para conocer la ley Europea que regula el sacrificio de los animales.

A continuación, se muestra todo el análisis en detalle en la base de datos de Science Direct:

"animal welfare pig slaughterhouse" limitado entre 2020 y 2015 (345 resultados: 338 descartados y 7 seleccionados),

"animal welfare swine slaughterhouse" limitado entre 2020 y 2015 (116 resultados: 111 descartados, 4 repetidos y 1 seleccionados),

"animal welfare pig stun" limitado entre 2020 y 2015 (106 resultados: 100 descartados, 6 repetidos y 0 seleccionados),

"animal welfare swine stun" no limitado (hasta 1988) (64 resultados: 58 descartados, 4 repetidos y 2 seleccionados),

"CO2 stun pig " limitado entre 2020 y 1995 (132 resultados: 124 descartados, 4 repetidos y 4 seleccionados),

"CO2 stun swine" no limitado (hasta 1981) (36 resultados: 33 descartados, 3 repetidos y 0 seleccionados),

"electrical stun pig " limitado entre 2020 y 2015 (139 resultados: 131 descartados, 6 repetidos y 2 seleccionados),

"electrical stun swine" limitado entre 2020 y 2005 (123 resultados: 131 descartados, 5 repetidos y 1 seleccionados),

"captive bolt stun pig " limitado entre 2020 y 2000 (121 resultados: 116 descartados, 3 repetidos y 2 seleccionados),

"captive bolt stun swine" no limitado (hasta 1988) (57 resultados: 56 descartados, 1 repetidos y 0 seleccionados),

"CO2 and electrical stun pig" limitado entre 2020 y 1990 (154 resultados: 148 descartados, 6 repetidos y 0 seleccionados),

"CO2 and electrical stun swine" no limitado (hasta 1981) (14 resultados: 12 descartados, 2 repetidos y 0 seleccionados),

"waiting time slaughterhouse pig " limitado entre 2020 y 2010 (113 resultados: 108 descartados, 5 repetidos y 0 seleccionados),

"waiting time slaughterhouse swine" no limitado (hasta 1994) (78 resultados: 75 descartados, 3 repetidos y 0 seleccionados),

"lairage slaughterhouse pig " limitado entre 2020 y 2015 (104 resultados: 99 descartados, 5 repetidos y 0 seleccionados),

"lairage slaughterhouse swine" limitado entre 2020 y 2000 (102 resultados: 97 descartados, 5 repetidos y 0 seleccionados),

Búsqueda en la EFSA:

"Sacrificio cerdo" (2 resultados: 1 descartado y 1 seleccionado)

Búsqueda en la AESAN:

"Sacrificio cerdo" (25 resultados: 24 descartados y 1 seleccionado)

Resultados y discusión

1 Sistemas de aturdimiento, carnes PSE y relación bienestar animal-calidad de la carne.

Para aturdir a los cerdos cebados en la UE, están permitidos los siguientes métodos de aturdimiento según el "Reglamento (CE) N° 1099/2009 del Consejo de 24 de septiembre de 2009 relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza", Anexo 1: pistola de perno cautivo penetrante, arma de proyectil libre, aturdimiento eléctrico limitado a la cabeza, aturdimiento eléctrico cabeza-tronco, dióxido de carbono (CO₂) en altas concentraciones, dióxido de carbono asociado con gases inertes y gases inertes.

Los sistemas de aturdimiento pueden insensibilizar a los cerdos de forma reversible o irreversible. Terlow, Bourguet y Deiss (2016a) han realizado un análisis de los mecanismos que hacen que los diversos métodos de aturdimiento insensibilicen a los animales y concluyen que los animales, al igual que los humanos, tienen emociones positivas y negativas y que, por tanto, deben ser sometidos a una insensibilización previa al sacrificio. Estos autores distinguen entre los siguientes tipos de aturdimientos:

- a) Según estos autores, en el aturdimiento mecánico por pistola de perno cautivo penetrante, el perno, al ser disparado, produce un fuerte golpe en el cráneo del animal y penetra en el interior del cráneo. El golpe y el perno producen un cambio brusco de presión que daña el cerebro y provoca la liberación del potasio celular y la consiguiente despolarización celular. Adicionalmente el calcio penetra en las neuronas y desactiva las mitocondrias, por lo que las células no pueden generar energía. También es posible que el cerebro pase parcialmente por el tentorio, una barrera rígida entre el cerebro y el cerebelo, lo que ocasiona una hernia cerebral. Si esto ocurre, se produce una disminución o una parada de las funciones respiratorias y cardíacas. Después de eso, debido a la rápida salida del metal, se produce un efecto de vacío que desgarrará el cerebro, provocando la destrucción de muchas neuronas y haciendo posible una hemorragia. Todo este daño al cerebro es irreversible y el animal morirá.
- b) En el caso del aturdimiento eléctrico limitado a la cabeza, se produce una despolarización o hiperpolarización de todas las neuronas de forma sincronizada, lo que causa un ataque epiléptico. Durante el mismo, las neuronas necesitan el triple de aporte de oxígeno y energía, lo que induce la formación masiva de lactato, que se acumula y acidifica el cerebro. Todo esto lleva a una pérdida de consciencia y a convulsiones involuntarias en todo el cuerpo. Si pasa cierto tiempo, el cerebro puede volver a la normalidad y el animal puede recuperar la consciencia.

El aturdimiento eléctrico cabeza-tronco es similar al aturdimiento eléctrico limitado a la cabeza, con la adición de que también se busca que la corriente eléctrica pase por el corazón y lo

paralice, causando así una pérdida de consciencia y la muerte del animal.

- c) En la insensibilización por CO_2 a altas concentraciones o CO_2 asociado a gases nobles, se busca que los cerdos inhalen el CO_2 . En sangre, la mayoría del CO_2 es transportado como bicarbonato (HCO_3^-), lo que libera un catión de hidrógeno (H^+), que acidifica la sangre. En cantidades moderadas, la sangre es capaz de mantener el pH durante un tiempo, pero al tener una alta concentración de CO_2 el aire respirado por el animal, el organismo es incapaz de mantener el pH al final y se produce una acidificación de la sangre. El CO_2 en forma HCO_3^- y H^+ pasa la barrera hemato-encefálica reduciendo el pH del cerebro y causando una disminución de la consciencia hasta llegar a la inconsciencia. Si la situación se mantiene durante mucho tiempo, puede causar la muerte, pero en los tiempos usados normalmente en la industria cárnica (sobre 2 minutos) sólo causa una pérdida de consciencia que podría ser reversible con algo de tiempo respirando aire normal.

En el aturdimiento por gases inertes (nitrógeno o argón), se busca que no haya oxígeno en el ambiente, lo que hace que el CO_2 dentro del organismo se vaya acumulando lentamente y, al no haber disponibilidad de oxígeno para la respiración celular, se use la fermentación láctica, lo que induce al final a un exceso de ácidos y la pérdida de consciencia tal y como se ha visto en el apartado anterior.

Las diferencias entre los aturdimientos gaseosos con y sin CO_2 son que el aturdimiento con CO_2 es mucho más rápido, pero el CO_2 en altas concentraciones es desagradable para los animales al ser ácido.

Es importante comprobar que los cerdos estén bien aturdidos antes del sacrificio y mientras se desangran los animales, ya que mantener la consciencia mientras se desangra es una clara muestra de pérdida de bienestar animal. Nowak, Mueffling y Hartung (2007) resumen los métodos utilizados para comprobar si los cerdos están más conscientes o más aturdidos mediante su comportamiento. Con una punzada en el frontis nasal y ver si hay reflejo o no debido al dolor, se puede comprobar si un cerdo está o no consciente. Para ver si está bien aturdido o no, se puede observar si el animal tiene respiración rítmica, reflejo palpebral, convulsiones y jadeos. Si no los tiene, está bien aturdido. Si tiene algunos, no está tan bien aturdido.

Según Terlow, Bourguet y Deiss (2016b), los métodos para evaluar si un animal está consciente o inconsciente mediante el comportamiento, son los siguientes:

Si está consciente podrá mantenerse de pie, tendrá reflejos en la cabeza y/o el cuerpo, producirá vocalizaciones voluntarias, tendrá parpadeo espontáneo, movimientos del ojo siguiendo a algo o alguien y respuesta a las pruebas de amenaza (reflejo palpebral y corneal positivo).

Si está inconsciente, tendrá ausencia de reflejo palpebral, ausencia de reflejo corneal y ausencia de

respiración rítmica.

2 Aturdimiento y bienestar animal.

Son varios los estudios que se han realizado para comprobar con qué tipo de aturdimiento se asegura un mejor bienestar animal. El bienestar animal durante el aturdimiento es complicado de valorar. Por un lado, hay científicos que afirman que el aturdimiento eléctrico es mejor para los cerdos desde el punto de vista del bienestar animal, ya que la inconsciencia es inmediata y, por lo tanto el animal sufre lo menos posible y por otro, otros autores afirman que el aturdimiento mediante CO₂ es mejor al producir menos carnes PSE ya que la cantidad de carnes PSE está directamente relacionada con el lactato producido 30 min después del sacrificio, lo que a su vez está relacionado con la cantidad de carnes PSE producidas, que siempre se mide al ser un factor económico importante para los mataderos, ya que la carne PSE al tener baja utilidad y un valor comercial casi nulo es muchas veces descartada, lo que produce pérdidas al matadero.

Según Becerril-Herrera et al. (2009) el aturdimiento eléctrico podría ser mejor con respecto al bienestar animal en comparación con el aturdimiento con CO₂, ya que según comprueban diferentes parámetros bioquímicos sanguíneos se ven más alterados con el aturdimiento por CO₂ que con el aturdimiento eléctrico en comparación a cómo están en el animal in vivo. No obstante, en su estudio también se recogía el tiempo que pasaba desde el fin del aturdimiento hasta que el cerdo era sacrificado. En este estudio, los cerdos aturridos mediante aturdimiento eléctrico eran sacrificados una media de 63.51 segundos después de ser aturridos, mientras que los cerdos aturridos mediante CO₂, tardaban en ser sacrificados una media de 92.62 segundos tras terminar de ser aturridos. En la discusión del mismo estudio, se dice que los cerdos deberían ser sacrificados unos 15 segundos después de ser aturridos e incluso dice que no deberían sobrepasar los 60 segundos. En otros estudios, como en el de Nowak, Mueffling y Hartung (2007), se recomiendan tiempos de espera entre aturdimiento y sacrificio mucho menores, en este caso entre 25 y 35 segundos. En este caso, los tiempos entre el aturdimiento y el sacrificio del estudio de Becerril-Herrera et al. (2009) distan mucho de los recomendados, sobre todo el del aturdimiento mediante CO₂, por lo que cabe la posibilidad de que esos cerdos estuvieran conscientes o semiconscientes cuando fueron sacrificados, alterando así la bioquímica que tendrían si hubieran sido sacrificados en unos tiempos más normales después de ser aturridos.

No obstante, además de los parámetros sanguíneos alterados, Becerril-Herrera et al. (2009) también

indican un posible problema de bienestar animal del aturdimiento por CO₂ al hablar de que el CO₂ en altas concentraciones es ácido y los animales tienden a rehusar respirarlo, porque les provoca malestar. También indica que se ha demostrado en otros estudios que los cerdos en una atmósfera con una alta concentración de CO₂ siguen conscientes durante 40 segundos, lo que causa que esos 40 segundos los animales sufran. Por esos motivos, este estudio considera que el aturdimiento por CO₂ no es bueno desde el punto de vista del bienestar animal.

Bolaños-López et al. (2014) analizan diversos parámetros sanguíneos en el sacrificio de cerdos con respecto al porcentaje de CO₂ usado en el aturdimiento y si han pasado más o menos de 60 segundos desde que los cerdos fueron aturridos hasta que fueron sacrificados. El tiempo de exposición al CO₂ siempre fue 90 segundos para todos los cerdos independientemente de a qué porcentaje de CO₂ fueron expuestos o si tardaron más o menos de 60 segundos en ser sacrificados tras ser aturridos. En este estudio, entre los porcentajes de CO₂ usados (85%, 90% y 95%) hay ligeras diferencias en algunos parámetros observados, aunque otros tienen alguna diferencia significativa, como la cantidad de glucosa y lactato en sangre o el pH entre los cerdos aturridos con 85% CO₂ y los aturridos con 90% y 95% CO₂. No obstante, todos los parámetros observados de los cerdos que tardaron más de 60 segundos en ser sacrificados tienen diferencias significativas con respecto a los que tardaron menos de 60 segundos en ser sacrificados con la misma concentración de CO₂, excepto el Sodio en los cerdos aturridos con un 85% y 90% de concentración de CO₂. El pH medido en sangre justo después de que los cerdos fueran sacrificados, fue de 7.1387, 7.2572 y 7.2440 para los cerdos sacrificados antes de que pasaran 60 segundos, respectivamente para 85%, 90% y 95% según las concentraciones de CO₂ utilizadas, y de 7.0589, 7.0812 y 7.0294 para los cerdos sacrificados después de que pasaran más de 60 segundos desde que fueron aturridos, respectivamente para 85%, 90% y 95% según la concentración de CO₂ utilizado.

Como prácticamente todos los parámetros medidos en este estudio, fueron alterados para los cerdos aturridos con la misma concentración de CO₂ que tardaron más de 60 segundos en ser sacrificados tras el aturdimiento en comparación con los que tardaron menos de 60 segundos en ser sacrificados, se puede deducir que algunos de dichos cerdos podrían haber despertado o recuperado levemente la consciencia antes de ser sacrificados. El que un cerdo estuviera consciente o semiconsciente durante el sacrificio, significaría una pérdida de bienestar grave, por lo que los cerdos no deberían nunca ser sacrificados tras pasar 60 segundos desde que fueron aturridos. Los resultados Bolaños-López et al. (2014), exponen muy bien el por qué no debemos dar por válidos los resultados expuestos en el estudio de Becerril-Herrera et al. (2009).

Nowak, Mueffling y Hartung (2007) comprobaron que con diferentes técnicas de aturdimiento con CO₂ y 2 tiempos de sacrificio (25-35 s y 40-50 s) que los niveles de epinefrina y norepinefrina en sangre eran de en torno a 450-550 nmol/l en caso de la epinefrina y de 1200-1300 nmol/l en caso de la norepinefrina, sin diferencias significativas con respecto a la concentración de CO₂ o si los animales eran sacrificados a 25-35 s o a 40-50 s. Según los datos aportados en este estudio, estos valores son del orden de 10 veces menos en el aturdimiento eléctrico y en torno a 100 veces menor en cerdos en reposo. Según Nowak, Mueffling y Hartung (2007), esto indica que la cantidad de epinefrina y norepinefrina en sangre depende más del método de aturdimiento que del bienestar del animal. Apoyando esta hipótesis, están otros datos logrados de este mismo experimento, siendo estos los patrones fisiológicos que indican una mayor o menor consciencia. En estos patrones, los animales aturdidos durante 70 segundos y con sacrificio 25-35 s después del aturdimiento mostraban el mayor % de signos de consciencia con respecto a la misma concentración de CO₂ y los siguientes eran los animales que fueron sacrificados a los 40-50 s después de haber pasado 100 s de aturdimiento con CO₂. Los animales que menor % de signos de consciencia mostraban eran los que habían sido sacrificados 25-35 s después de estar 100 s en exposición al CO₂. Tanto los animales aturdidos con 80% de CO₂, como los aturdidos con 90% de CO₂, mostraban este patrón dentro de su grupo. Además, los animales aturdidos con una concentración del 80% de CO₂ mostraban más signos que los aturdidos con un 90% de concentración de CO₂.

Nowak, Mueffling y Hartung (2007) concluyen que la pérdida de consciencia de los cerdos aturdidos con CO₂ se produce a los 30 segundos más o menos. También dicen que hay estudios que indican que el CO₂ en altas concentraciones (80-90%) es menos desagradable para los animales que el CO₂ en más bajas concentraciones (50-60%). Con respecto al bienestar animal en relación al % de CO₂, se encontró que había más lactato en sangre en cerdos aturdidos con una concentración del 80% de CO₂ que en cerdos aturdidos con una concentración del 90% de CO₂. Como según otros autores, a más lactato, más sufrimiento y peor bienestar animal, esto parece indicar que, de aturdir con CO₂, una alta concentración del mismo (90%) sería mejor que una concentración no tan alta (80%) con respecto al bienestar animal, además de que como vimos en el párrafo anterior, una concentración del 90% de CO₂ también producía un aturdimiento más profundo en los cerdos que una concentración del 80% de CO₂, lo que también dificultaría que los animales recobran la consciencia durante el sacrificio.

Brandt y Aaslyng (2015) encontraron información sobre el aturdimiento eléctrico, el aturdimiento mediante CO₂ y el aturdimiento con argón. En el aturdimiento eléctrico señalan que tiene la ventaja que es casi inmediato, pero que obliga a los cerdos a estar solos, lo que les causa estrés que después repercute en la calidad de la carne. También informan de que se dan más equimosis y fracturas en comparación al aturdimiento con gases. Además, tiene el inconveniente de que se producen convulsiones en los cerdos aturridos, lo que, aunque no es una pérdida de bienestar per se, dificulta el trabajo del encargado de sacrificar al cerdo y hace más probable que falle y que el cerdo no acabe bien sacrificado lo que llevaría a despertar en medio del sacrificio y a ser escaldado vivo.

Respecto al aturdimiento con CO₂ dicen que da un tiempo de inconsciencia más largo que los otros 2 métodos de aturdimiento. También tiene la ventaja de que apenas produce fracturas y equimosis, los cerdos no tienen convulsiones y que los animales pueden ser aturridos en grupo, lo que respeta el comportamiento natural de los animales y los estresa menos. No obstante tiene el inconveniente de que los animales tardan cierto tiempo en quedar aturridos (30-40 segundos), tiempo que están expuestos al CO₂ y sienten aversión por él, ya que en altas concentraciones es ácido y no es agradable de respirar, lo que desde el punto de vista de bienestar animal es cuestionable.

Estos autores indican que el problema se podría solucionar usando argón en lugar de CO₂, ya que no produce rechazo al ser respirado por los cerdos, pero que al dejar a los cerdos aturridos menos tiempo, supone un riesgo para el bienestar animal si el cerdo se despertara durante el sacrificio. No obstante, la falta del argón podría solucionarse con más tiempo expuestos a ese gas, pudiendo llegar, de ser necesario, incluso a ser sacrificado por asfixia, siendo luego simplemente desangrado, por lo que entonces no habría inconvenientes desde el punto del bienestar animal. Según el "PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo) para operaciones del sacrificio: aturdimiento" (AESAN, 2020) con 5 minutos de exposición al argón, los cerdos deberían estar inconscientes durante 45 segundos, lo que sería similar según el mismo documento a exponer a los cerdos durante 130 segundos a una atmósfera al 85-90% de concentración de CO₂. Este tiempo debería ser tiempo suficiente para sacrificar a los cerdos sin que se despierten. No obstante, este tiempo extra repercutiría negativamente en el matadero, ya que el tiempo de aturdimiento de los cerdos pasaría de 130 segundos a 5 minutos (o 300 segundos) aumentando casi 3 veces más.

3 Aturdimiento y calidad de la carne.

Según los datos que aporta Channon, Payne y Warner (2002), la carne de cerdo normal puede ser considerada como tal si tiene un pH final (pH medido 24 horas después de ser sacrificado) inferior a 6.0, un

valor de color L (que corresponde a la luminosidad) inferior a 50 y un pérdida por goteo inferior al 5%.

Estos autores consideran que una carne es Pálida, Blanda y Exudativa (PSE, en inglés "Pale, Soft and Exudative") cuando su valor de color L es superior a 50 y la pérdida por goteo es superior al 5%. Esto es así, porque la carne PSE se origina cuando el cerdo ha sido estresado poco antes de morir. Al morir con mucho estrés, se instaura de forma muy rápida la glucogenolisis mientras la carne sigue caliente, lo que provoca la salida del agua de las células musculares y la desnaturalización de las proteínas. Al haber menos proteínas completas, la carne tiene un aspecto más pálido y retiene menos agua. Además la carne una vez se cocina tiene un sabor deficiente y una textura dura. Dicha carne no puede ser aprovechada ni por los fabricantes de productos cárnicos, por lo que muchas veces es desechada.

Asimismo, estos autores consideran que una carne es Oscura, Firme y Seca (DFD, en inglés "Dark, Firm and Dry") cuando su valor de color L es inferior a 42 y la pérdida por goteo es inferior al 5%. Esto es así porque la carne DFD se origina cuando el animal ha sufrido un estrés alargado en el tiempo antes de ser sacrificado. Al haber sufrido dicho estrés, se reduce la cantidad de glucógeno en el músculo, por lo que cuando muere, se produce la glucogenolisis, pero en menor cantidad, dando lugar a una carne más oscura con el pH más elevado, lo que facilita el crecimiento bacteriano al ser el pH más próximo al pH neutro. No obstante, con la legislación Europea que hay para el bienestar animal, es muy poco probable que se den casos de carne DFD en los mataderos de Europa.

Channon, Payne y Warner (2002) en su trabajo, evalúan el aturdimiento de los cerdos aturridos mediante CO₂, aturdimiento eléctrico sólo cabeza y aturdimiento eléctrico cabeza-tronco. Observaron que el pH inicial y hasta las 6 horas es más bajo en cerdos por aturdimiento eléctrico que los aturridos por aturdimiento por CO₂, pero el pH a las 24 horas es similar. Entre los cerdos aturridos con aturdimiento eléctrico, aquellos aturridos usando electrodos sólo en la cabeza tienen el pH inicial y hasta las 6 horas un poco superior a aquellos aturridos mediante cabeza-tronco. En este aspecto los cerdos aturridos mediante aturdimiento eléctrico cabeza-tronco tendrían una alta probabilidad de producir carnes PSE, mientras que los cerdos aturridos mediante aturdimiento eléctrico sólo cabeza tendrán menos probabilidades y los cerdos aturridos mediante aturdimiento con CO₂ apenas tendrán posibilidades de desarrollar carnes PSE. Esto se complementa observando el valor de color L (luminosidad) y las pérdidas por goteo. El valor L es de 50.47 para el aturdimiento eléctrico cabeza-tronco, 47.29 para el aturdimiento eléctrico sólo cabeza y 49.73 para el aturdimiento mediante CO₂. Además, los cerdos aturridos mediante aturdimiento eléctrico cabeza-tronco tienen una mayor pérdida por goteo (4.51 %) que los aturridos mediante aturdimiento eléctrico sólo cabeza (2.93 %) y los cerdos aturridos mediante aturdimiento con CO₂ (2.78 %). El valor de L de la carne de los cerdos aturridos mediante aturdimiento eléctrico es mayor que 50, pero su porcentaje de pérdida por goteo es inferior al 5 %. No obstante, este % es claramente superior a los otros 2 y está muy cerca del 5 %. Puesto que es una media de varios animales, por se todos los animales no tendrían carne PSE, pero puede

que algunos si la tuvieran, aunque los autores dicen que ningún animal en este estudio tuvo carnes PSE. No obstante, este estudio deja claro que los cerdos aturdidos mediante aturdimiento eléctrico cabeza-tronco tienen más probabilidades de desarrollar carnes PSE que los aturdidos mediante aturdimiento eléctrico sólo cabeza y los aturdidos mediante aturdimiento con CO₂.

También hubo una mayor pérdida de carne por equimosis en los cerdos aturdidos mediante aturdimiento eléctrico que en los cerdos aturdidos mediante aturdimiento por CO₂, aunque los cerdos aturdidos mediante aturdimiento eléctrico sólo cabeza tenían una pérdida por equimosis ligeramente inferior a los cerdos aturdidos mediante aturdimiento eléctrico cabeza-tronco. Esto deja claro a su vez, que el aturdir a los cerdos mediante aturdimiento eléctrico cabeza-tronco es el peor método de aturdimiento de los 3 evaluados con respecto a la calidad de la canal y de la carne, siendo el siguiente el método de aturdimiento eléctrico sólo cabeza y siendo el mejor el método de aturdimiento mediante CO₂.

Channon, Payne y Warner (2003), en varios experimentos han estudiado la relación entre diferentes tiempos e intensidades en el aturdimiento eléctrico con respecto a la calidad de carne obtenida y la relación al aturdimiento con CO₂ con respecto a la calidad de la carne obtenida.

En el experimento 1, que compara diferentes tiempos e intensidades de corriente para cerdos aturdidos mediante aturdimiento eléctrico sólo cabeza y el aturdimiento mediante CO₂, la menor cantidad de carnes PSE la tiene el aturdimiento eléctrico con 1.3 A y 4 segundos, mientras que el aturdimiento con CO₂, ocupa el segundo lugar. La peor cantidad de carnes PSE la tiene el aturdimiento eléctrico con 1.3 A y 19 segundos. En el experimento 2, que compara diferentes tiempos e intensidades de corriente para cerdos aturdidos mediante aturdimiento eléctrico cabeza tronco con respecto a cerdos aturdidos con CO₂ y cerdos aturdidos con aturdimiento eléctrico sólo cabeza, hay un mayor porcentaje de carne PSE en el aturdimiento eléctrico que el en aturdimiento con CO₂. Así mismo, dentro del aturdimiento eléctrico el aturdimiento Cabeza-tronco para todas sus intensidades y tiempos tiene una incidencia mayor que el aturdimiento eléctrico sólo cabeza con respecto la cantidad de carnes PSE producidas en este estudio. Todos los tiempos e intensidades de aturdimiento eléctrico cabeza-tronco no tienen muchas diferencias entre ellos, salvo en la cantidad de equimosis y en las fracturas de hueso. La incidencia de las fracturas de hueso fue mayor con la intensidad de 1.3 A y el tiempo de 4 segundos, mientras que el resto son similares. Respecto a la cantidad de carne con equimosis por cerdo, la menor cantidad fue del aturdimiento con 0.9 A y 10 segundos con 346 g, mientras que la mayor cantidad fue del aturdimiento con 1.3 A y 10 segundos con 498 g. El aturdimientos de 1.3 A y 4 segundos obtuvo una cantidad de carne de equimosis de 384 g y en el caso del aturdimiento de 2 A y 4 segundos la pérdida por equimosis fue de 409 g. Con estos datos, el mejor tiempo e intensidad para el aturdimiento eléctrico cabeza-tronco sería 0.9 A y 10 segundos.

Con todo esto queda reforzada la conclusión del estudio del año anterior de Channon, Payne y Warner (2002), ya que en este estudio (Channon, Payne y Warner, 2003), en su experimento 2, en donde además de comparar el aturdimiento eléctrico sólo cabeza y el aturdimiento con CO₂, también comparan diferentes intensidades de corriente y tiempos para el aturdimiento eléctrico cabeza-tronco, a pesar de lo cual, en todas las medidas se detectaron más carnes PSE en el aturdimiento eléctrico cabeza-tronco que en el aturdimiento eléctrico sólo cabeza. El aturdimiento eléctrico sólo cabeza tuvo más carnes PSE en comparación al aturdimiento mediante CO₂. No obstante, en el experimento 1 de este mismo estudio el aturdimiento eléctrico sólo cabeza de 1.3 A y 4 segundos (es el aturdimiento eléctrico utilizado normalmente) tuvo una incidencia ligeramente inferior respecto a la carne PSE que el aturdimiento mediante CO₂. Esto puede explicarse mediante la cantidad de la muestra observada, ya que fueron observados 8 y 12 cerdos respectivamente para el aturdimiento eléctrico 1.3 A y 4 segundos y el aturdimiento mediante CO₂. De esta manera se puede explicar por qué ha salido un resultado diferente a todos los estudios realizados, incluyendo el mismo estudio en el experimento 2.

Nowak, Mueffling y Hartung (2007) comparan diferentes tiempos y concentraciones de CO₂ para el aturdimiento mediante CO₂, además de diferentes intervalos aturdimiento-sacrificio. Así los parámetros observados son concentraciones de CO₂ del 80% y 90% y los tiempos de 70 o 100 segundos. Los cerdos aturridos con 70 segundos de exposición al CO₂ siempre son sacrificados en el intervalo de 25-35 segundos tras ser aturridos, mientras que los cerdos aturridos con 100 segundos de exposición al CO₂, son sacrificados en 2 intervalos diferentes de tiempo: 25-35 segundos y 40-50 segundos tras ser aturridos. El pH de la carne es más bajo en los aturdimientos con 80% de CO₂ que en los de 90% y, dentro de los de 80%, el que más bajo es es el de 70 segundos de aturdimiento. En los aturdimientos con 90% de CO₂ no hay diferencias de pH entre los diferentes tipos de aturdimiento. Nowak, Mueffling y Hartung (2007), también relacionan la impedancia o resistencia eléctrica del músculo con la cantidad de células intactas que éste tiene y con la formación de carne PSE. Según este estudio, si la carne tiene un valor inferior a 30 en impedancia, se puede considerar carne PSE y el aturdimiento de 70 segundos en 80% de concentración de CO₂ tiene 17 de impedancia en el músculo semimembranoso, lo que se puede traducir en que en dicho músculo habría carne PSE. En el aturdimiento de 70 segundos con una concentración de 90% de CO₂, la impedancia es de 29 en el músculo semimembranoso con una variación de + - 18.2, con lo que parte de los cerdos tendrían carnes PSE y parte no. El resto de impedancias están por encima de 30, incluyendo a todos los valores del músculo longísimo, por lo que parece que el músculo semimembranoso es más propenso a producir carnes PSE que el músculo longísimo.

En cualquier caso, estos datos demuestran que un tiempo de exposición de 70 segundos a una concentración de CO₂ del 80 %, producen mucha carne con baja impedancia (17) en el músculo semimembranoso. Como con menos de 30 de impedancia se puede considerar que la carnes es PSE, esta carne es toda carne PSE. Esto se puede traducir en que el cerdo no estaba bien aturdido, lo que le provocó estrés y acabó produciendo unos nefastos resultados en la calidad de la carne. Curiosamente, en el músculo longísimo (el lomo), el valor de impedancia de estos cerdos era de 54, por lo que cabría pensar que en ese músculo no habría carnes PSE. No obstante, la cantidad de lactato en sangre poco después de ser sacrificado era la más elevada (8.8 nmol/l) con respecto a los otros tiempos y concentraciones valoradas en este estudio, lo que hace que el pH inicial de esta carne baje más y haya más posibilidades de que se produzca más carne PSE. De todo esto podemos deducir que es mejor no tener tiempos de exposición al CO₂ inferiores a 100 segundos para evitar pérdidas en bienestar animal y en calidad de la carne.

En este estudio también recomiendan que el periodo de tiempo entre aturdimiento y sacrificio debería ser de 25-35 segundos.

Bolaños-López et al. (2014) analizaron la sangre de cerdos sacrificados después de ser aturdidos con concentraciones de 85%, 90% y 95% de CO₂ y de si pasaron más o menos de 60 segundos desde que fueron aturdidos hasta que fueron sacrificados. Los datos recogidos muestran que para todas las concentraciones de CO₂, los cerdos sacrificados después de 60 segundos desde que fueron aturdidos tienen un pH menor que los cerdos sacrificados antes de que pasaran 60 segundos desde que fueron aturdidos. Aunque los autores no lo mencionen, cabe destacar que un bajo pH poco después de ser sacrificado un animal, tiene un elevado riesgo de que se produzcan carnes PSE, de modo que es mala idea desde el punto de vista de la seguridad y la calidad alimentaria el dejar a los animales más de 60 segundos aturdidos sin sacrificar.

4 Aturdimiento y beneficio económico.

Marcon et al., (2019) comparan la calidad de la carne y las pérdidas, tanto de canal como de distintos órganos internos, de si se usa el aturdimiento eléctrico o el aturdimiento con CO₂. También cuantifica las pérdidas económicas y la compara entre ellas, usando el precio de mercado de la época del estudio para cuantificarlas. En este estudio, el método de aturdimiento por CO₂ utilizado ha sido la exposición de los cerdos a una atmósfera con concentración de 90% de CO₂ durante 130 segundos y el método de aturdimiento eléctrico utilizado ha sido el aturdimiento eléctrico cabeza-tronco con una intensidad de 1,4 A y duración de 4 segundos. Usando aturdimiento por CO₂ en lugar de aturdimiento eléctrico, se producen

menos pérdidas en la canal de los cerdos por fracturas/equimosis, así como menos pérdidas por congestión de hígado y congestión de riñón, aunque se producen más pérdidas por congestión de pulmón. Si se cuantifican las pérdidas, el precio de mercado observado en el estudio da 1,1 dólares/kg para la canal, 0,68 dólares/kg para el hígado y 0,44 dólares/kg para los riñones. El precio para los pulmones es 0, por lo que no se tienen en cuenta para las pérdidas y ganancias económicas. Durante 1 año, Marcon et al. (2019) comparan las pérdidas en la canal y vísceras del aturdimiento eléctrico, con respecto al aturdimiento mediante CO₂, y obtienen que la diferencia total es de 328.575,82 dólares/año (el volumen de matanza fue de 859375 cerdos en 1 año). También dice que cuesta 74.736 dólares/año mantener las instalaciones de aturdimiento por CO₂ y reponer el CO₂. El coste inicial de instalar la maquinaria para poder implementar el aturdimiento por CO₂, es de 670.809 dólares.

Si descontamos los 74.736 dólares que cuesta mantener el equipo de aturdimiento mediante CO₂ durante 1 año a los 328.575,82 dólares que no son perdidos por pérdidas en la canal y vísceras de los cerdos al ser aturridos mediante aturdimiento por CO₂ en lugar de mediante aturdimiento eléctrico durante 1 año, nos queda un beneficio de 253.839,82 dólares por año al sacrificar 859.375 cerdos mediante aturdimiento por CO₂ durante 1 año. Esto es un beneficio de 0,295 dólares por cada cerdo sacrificado mediante CO₂. El coste de instalar la maquinaria necesaria para poder usar el aturdimiento por CO₂ fue de 670.809 dólares. Para amortizar este coste se requerirían 2,64 años, o lo que es lo mismo: 2 años y 234,5 días o 2 años, 7 meses y 24,5 días. Todas las ganancias posteriores serían beneficios.

Estos resultados distan de los resultados de Marcon et al. (2019) quienes afirman que el coste para la amortización del equipo sería de 2,26 años, a pesar de que tienen los mismos datos. Si se efectúa la división entre el ganancias por usar CO₂ en lugar de aturdimiento eléctrico sin contar con el coste de mantenimiento del equipo de CO₂, nos queda que el resultado sería de 2,04 años, lo que tampoco cuadra con los resultados de Marcon et al. (2019). Sólo queda 1 explicación: aunque no lo pusieran en su trabajo, debieron averiguar el coste de aturdimiento de los cerdos usando el aturdimiento eléctrico, lo que daría lugar a esa diferencia entre los datos calculables mediante los datos aportados por Marcon et al. (2019) y su resultado final.

De esta manera, ahora calcularemos los datos económicos reales. Al dividir el coste de la instalación del equipo de CO₂ (670.809 dólares) entre los años que cuesta pagarlo (2,26 años), nos queda que el beneficio económico por año al usar aturdimiento mediante CO₂ a usar aturdimiento eléctrico, es de 296.818,14 dólares/año. Como éste es el resultado de restar a las ganancias económicas por la disminución de pérdidas en la canal y las vísceras al usar aturdimiento por CO₂ en lugar de aturdimiento eléctrico (328.575,82

dólares/año) el coste de mantenimiento del equipo de aturdimiento de CO₂ (74.736 dólares/año) y sumarle el coste de mantenimiento del equipo de aturdimiento eléctrico, para averiguar el coste de mantenimiento del equipo de aturdimiento eléctrico restaremos al beneficio económico por usar CO₂ (296.818,14 dólares/año) las ganancias económicas por la disminución de pérdidas en la canal y las vísceras al usar el aturdimiento mediante CO₂ en lugar del aturdimiento eléctrico (328.575,82 dólares/año) y le sumaremos el coste de mantenimiento del equipo de aturdimiento mediante CO₂ (74.736 dólares/año). De esta manera, el coste de mantenimiento del equipo de aturdimiento eléctrico es de 42.978,32 dólares/año. El beneficio por cerdo de esta manera, sería de 0,345 dólares/cerdo al usar el método de aturdimiento mediante CO₂ en lugar de usar el aturdimiento eléctrico.

Resumen de datos finales en el matadero evaluado por Marcon et al. (2019):

- El mantenimiento del equipo de aturdimiento con CO₂ costaría 74.736 dólares/año.
- El mantenimiento del equipo de aturdimiento eléctrico costaría 42.978,32 dólares/año.
- Las ganancias sin contar el mantenimiento del equipo al usar aturdimiento eléctrico en lugar de aturdimiento eléctrico serían de 328.575,82 dólares/año.
- El beneficio anual al usar aturdimiento mediante CO₂ en lugar de aturdimiento eléctrico serían de 296.818,14 dólares/año.
- Son sacrificados 859.375 cerdos/año.
- Son sacrificados 2.354 cerdos/día (si suponemos que no hay días de fiesta y que todos los días se mata casi lo mismo).
- El beneficio por cerdo al usar aturdimiento por CO₂ en lugar de aturdimiento eléctrico es de 0,345 dólares/cerdo.
- El coste inicial para la instalación del equipo de aturdimiento mediante CO₂ es de 670.809 dólares.
- El tiempo de amortización del equipo de aturdimiento mediante CO₂ sería de 2,26 años, o 2 años y 95 días o 2 años, 3 meses y 5 días.

En resumen, el método de aturdimiento mediante CO₂ permite a un matadero con una importante velocidad de sacrificio de cerdos (unos 2.350 cerdos al día) obtener importantes beneficios tras 2 años y cuarto de actividad.

Marcon et al. (2019) también observaron que el pH inicial medido en los cerdos y las pérdidas por cocción fueron más altas en el aturdimiento eléctrico, aunque no fueron tenidos en cuenta para el estudio económico. También fueron observadas más carnes PSE en el aturdimiento eléctrico que en el aturdimiento por CO₂, aunque de nuevo, esto tampoco fue tomado en cuenta para el estudio económico. El pH final y las

pérdidas por goteo y deshielo fueron ligeramente diferentes, pero no significativamente. El color fue más pálido en la carne de los cerdos aturdidos mediante aturdimiento eléctrico que mediante aturdimiento por CO₂. El consumidor en general, prefiere que la carne de cerdo no sea demasiado pálida, al asociarlo con carne con peor calidad (carne PSE). De este modo, si le das a elegir a un consumidor entre carne de cerdo que ha sido aturdido mediante aturdimiento eléctrico o carne de cerdo que ha sido aturdido mediante aturdimiento con CO₂, la mayoría de las veces elegirá la carne del cerdo que ha sido aturdido con CO₂, lo que influye en la venta en el mercado de dicha carne.

5 Resto de operaciones en matadero (descarga, tiempo de espera, conducción al sistema de aturdimiento y sacrificio).

Brandt y Aaslyng (2015) indican que, durante la descarga de los cerdos es importante no ser demasiado agresivo ni excesivamente cuidadoso, ya que puede ocasionar problemas de animales dándose la vuelta. Estos autores afirman que un alto nivel de ruido durante la descarga, un alto porcentaje de jadeos o el uso excesivo del bastón eléctrico, produce una bajada de pH en los cerdos implicados 30 minutos después de ser sacrificados. Esto provoca una mayor porcentaje de carnes PSE.

Según Brandt y Aaslyng (2015), el tiempo de espera es más importante para que el matadero pueda organizar los cerdos para ir a matar, que para que los cerdos puedan recuperarse del estrés del transporte, ya que, según este estudio, la recuperación tras el transporte no es muy importante para cerdos que no tengan el gen halotano (que son especialmente sensibles al estrés). No obstante, es importante que durante el tiempo de espera tengan acceso a agua y, si se prolonga más de 12 horas, también a comida.

La mezcla de cerdos de diferentes orígenes es un factor de estrés para los cerdos y también el origen de peleas. Cuanto más tiempo pasan en tiempo de espera, más daños hay entre los cerdos. No obstante, desde los 10 min hasta las 1,5 horas los daños son similares, por lo que durante ese periodo los cerdos no se causarían más daño entre ellos. Esto sea probablemente debido a que los cerdos son animales jerárquicos, lo que provoca luchas entre cerdos desconocidos para establecer una jerarquía, lesionándose en el proceso. Por estas razones, el tiempo de espera para los cerdos sin el gen halotano, debería ser inferior a 1,5 horas o no muy superior a ese tiempo para evitar tanto que los cerdos sufran debido a las luchas entre ellos como para evitar pérdidas económicas debido a las lesiones exteriores, que deben ser descartadas del consumo humano.

El proceso de mover los cerdos al sistema de aturdimiento, se puede hacer de manera manual (con personas que muevan los cerdos) o mediante puertas automáticas que permitan a los cerdos pasar y los empujen. También puede moverse a los cerdos en fila de 1 en 1 o en un grupo. Si son aturridos mediante aturdimiento eléctrico, tienen que ser movidos en fila porque sólo puede haber 1 cerdo a la vez siendo aturrido, pero si el aturdimiento es con CO₂ se pueden mover en grupo, lo que facilita el manejo y los estresa menos, ya que los cerdos son animales gregarios y lo de ir en fila de 1 en 1 por un pasillo desconocido va en contra de sus instintos. Igualmente, Brandt y Aaslyng (2015) dicen que hay datos que revelan que el hecho de ir por un pasillo en el que sólo cabe 1 cerdo en comparación a ir en un pasillo que admita un grupo de cerdos a la vez aumentan el lactato (y por tanto, disminuye el pH) a 30 min después de haber sido sacrificados los cerdos, lo que aumenta las probabilidades de que se produzcan carnes PSE. El hecho de usar bastones eléctricos también aumenta el estrés y disminuye el pH posteriormente.

Los datos revelados por Brandt y Aaslyng (2015) sugieren que el hecho de mover los cerdos hacia el sistema de aturdimiento en una fila de 1 solo cerdo de ancho en comparación a moverlos en grupos, causa estrés en los cerdos y aumenta la cantidad de lactato en el músculo, disminuyendo por tanto el pH inicial de la canal y causando más posibilidades de que se produzcan carnes PSE. Como en el aturdimiento eléctrico los cerdos tienen que ser llevados en 1 sola fila para entrar de 1 en 1 en el V-restrainer y en el aturdimiento gaseoso (ya sea mediante CO₂ o argón), los cerdos son movidos y aturridos en grupo, hay que preguntarse: la diferencia de pH y de carnes PSE que hay entre los cerdos aturridos mediante aturdimiento eléctrico y los cerdos aturridos mediante aturdimiento con CO₂, ¿son causados por el método de aturdimiento en sí mismo o por el sistema de conducción (en fila o en grupo) hacia el sistema de aturdimiento? Esto permite cuestionarnos si es el sistema de aturdimiento en sí lo que causa esas diferencias entre los cerdos sacrificados, o el hecho de que el sistema de aturdimiento sea en grupo o en solitario, lo que estresaría a los cerdos y causaría esas diferencias. O también puede ser que parte de esas diferencias sean debidas al sistema de aturdimiento y otras a si los cerdos son movidos en grupo o en fila. También podría ser que el hecho de moverse en grupo sea más o menos importante que el ser aturridos en grupo. Esto daría para un estudio en profundidad, en el que se podrían comparar a los cerdos según si son movidos en grupo o en fila de 1 en 1 hasta el sistema de aturdimiento, según si son aturridos en grupo o en solitario y según el método de aturdimiento, ya sea eléctrico o mediante CO₂.

Respecto al sacrificio, Brandt y Aaslyng (2015) dicen que debe ser efectivo y matar al animal cuanto antes para evitar que recuperen la consciencia, ya que sería una pérdida de bienestar enorme que los cerdos recuperaran la consciencia mientras están muriendo o que fueran escaldados vivos. También mencionan que este paso se complica en el caso del aturdimiento eléctrico, ya que los cerdos aturridos mediante aturdimiento eléctrico muestran convulsiones que dificultan al operario sacrificar al cerdo en comparación

con los cerdos aturcidos con CO₂.

Conclusión (español)

1.- La revisión bibliográfica efectuada permite concluir que existe una alta correlación entre el bienestar animal en el sacrificio y la calidad de la carne obtenida, hecho que se hace patente en la mayor presentación de carnes PSE en los animales en los que los métodos de insensibilización son parciales.

2.- Los datos aportados a partir de las investigaciones realizadas señalan que el mejor sistema de aturdimiento con respecto al bienestar animal, es la insensibilización con gases inertes durante periodos de tiempo prolongados; este sistema no causa las molestias respiratorias que ocasiona el CO₂ y permite el aturdimiento en grupo.

3.- La insensibilización con CO₂ y/o gases inertes con largo periodo de exposición, son los sistemas con los que se obtienen los mejores resultados respecto a la calidad de la canal, ya que evitan lesiones producidas por el aturdimiento eléctrico, tales como equimosis, fracturas óseas y carnes PSE.

4.- Asimismo, el aturdimiento por CO₂ se ha mostrado como el mejor sistema de insensibilización, en cuanto a beneficios económicos; respecto al aturdimiento eléctrico, el uso de CO₂ previene la producción de lesiones (equimosis y fracturas) y congestiones de hígado y riñón y respecto al uso de gases inertes, éstos son más caros que el CO₂, por lo que el mantenimiento del sistema es más costoso y el tiempo invertido en hacer el mismo efecto es tres veces superior.

5.- Con respecto a los movimientos de cerdos por el matadero, sería recomendable usar lo mínimo posible el bastón eléctrico. Con respecto al tiempo de espera, los cerdos deberían tener suficientes bebederos y los cerdos sin el gen halotano, no deberían estar más de 1,5 horas en el matadero esperando a ser sacrificados. Con respecto a la conducción hacia el sistema de aturdimiento, es mejor realizarla en grupo. No se han encontrado resultados en la bibliografía que analicen la influencia de los movimientos de los cerdos desde el lugar de espera hasta el punto de aturdimiento comparando situaciones como el desplazamiento en grupo o en fila, el aturdimiento en grupo o en solitario y analizando los distintos sistemas de insensibilización revisados.

6.- Según los datos encontrados, la cantidad de epinefrina y norepinefrina en sangre durante el sacrificio está relacionada con el método de insensibilización del cerdo y no con su nivel de consciencia.

Conclusion (English)

1.- The bibliographic review carried out allows conclude that exists a high correlation between the animal welfare in the slaughter and the quality of the meat obtained, a fact that is evident in the greater presentation of PSE meat in animals in which the desensitization methods are partial.

2.- The data provided from the researched realized shows that the best stunning system with respect to the animal welfare, is the desensitization with inert gases for prolonged periods of time; this system doesn't cause respiratory discomfort caused by the CO₂ and allows group stunning.

3.- The desensitization with CO₂ and/or inert gases stunning with a long period of exposure time, are the system in which the best results are obtained respect the carcass quality, since they avoid the injuries produced by the electrical stunning, like ecchymosis, bones fractures and PSE meats.

4.- Likewise, stun by CO₂ has been shown as the best desensitization system, in terms of economic benefits; regarding electrical stunning, the use of CO₂ prevents the production of lesions (ecchymosis and bones fractures) and congestion of the liver and the kidney and regarding the use of inert gases, these are more expensive than the CO₂, so maintenance of the system is more expensive and the time invested doing the same effect is three times higher.

5.- Regarding the movement of the pigs in the slaughterhouse, it would be recommended to minimize the use of the electric prods. Regarding the lairage, pigs must have enough water nipples and pigs without the halothane gene shouldn't have more than 1.5 hour of lairage. Regarding the race to the stunning chamber, it would be better if pigs move in group. No results have been founded in the bibliography analyzing the influence of pigs movement from the lairage to the stun point, comparing situations such as moving the pigs in a group or in a row, stunning in a group or alone and analyzing the different revised desensitization systems.

6.- According to the data founded, the amount of epinephrine and norepinephrine in blood during the slaughter is related to the method of desensitization of the pig and not to his level of consciousness.

Valoración Personal

Este trabajo me ha servido para aprender a realizar búsquedas sistemáticas bibliográficas, a citar adecuadamente y a poner las referencias bibliográficas adecuadamente.

Me ha resultado muy interesante encontrar 1 estudio en el que se muestra la diferencia de beneficios económicos con respecto a si se usa aturdimiento mediante CO₂ o aturdimiento eléctrico. También me hubiera gustado encontrar un estudio en el que se comparara los beneficios económicos entre el aturdimiento mediante CO₂ y el aturdimiento mediante gases inertes. De ese estudio se podría llevar a cabo una diferencia en el precio que podría costar la carne de cerdo aturdido mediante aturdimiento con CO₂ y la carne de cerdo aturdido mediante aturdimiento con gases inertes y se podría plantear hacer una marca en la que se garantizara que el cerdo ha sido aturdido mediante aturdimiento con gases inertes para contentar a aquellas personas muy preocupadas por el bienestar animal, ya que es el mejor método de aturdimiento desde el punto de vista del bienestar animal.

Bibliografía

Acevedo-Giraldo, J.D., Sánchez, J.A. y Romero, M.H. (2019). "Effects of feed withdrawal times prior to slaughter on some animal welfare indicators and meat quality traits in commercial pigs". *Meat Science*, pre-publicado desde el 1 de Noviembre de 2019, DOI: [10.1016/j.meatsci.2019.107993](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107993)

AESAN. (2020). PNT (Procedimientos Normalizados de Trabajo) para operaciones del sacrificio: Aturdimiento. Disponible en: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/PNT_ATURDIMIENTO.pdf [Consultado 19-6-2020]

Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Lemus-Flores, C., Guerrero-Legarreta, I., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necoechea, D. y Mota-Rojas, D. (2009). "CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning". *Meat Science*, 81, pp. 233-237, DOI: [10.1016/j.meatsci.2008.07.025](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.025)

Bolaños-López, D., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Flores-Peinado, S., Mora-Pedina, P., Roldán-Santiago, P., Borderas-Tordesillas, F., García-Herrera, R., Trujillo-Ortega, M. y Ramírez-Necoechea, R. (2014). "Recovery of consciousness in hogs stunned with CO₂: Physiological responses". *Meat Science*, 98, pp. 193-197, DOI: [10.1016/j.meatsci.2014.05.034](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.034)

Brandt, P. y Aaslyng, M.D. (2015). "Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review". *Meat Science*, 103, pp. 13-23, DOI: [10.1016/j.meatsci.2014.12.004](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.12.004)

Channon, H.A., Payne, A.M. y Warner, R.D. (2002). "Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality". *Meat Science*, 60, pp. 63-68, DOI: [10.1016/S0309-1740\(01\)00107-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00107-3)

Channon, H.A., Payne, A.M. y 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 CO₂". *Meat Science*, 65, pp. 1325-1333, DOI: [10.1016/S0309-1740\(03\)00053-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00053-6)

Dalmau, A., Nante, A., Vieira-Pinto, M., Zamprogna, S., Di Martino, G., Ribas, J.C.R., Paranhos da Costa, M., Halinen-Elemo, K. y Velarde, A. (2016). "Application of the Welfare Quality® protocol in pig slaughterhouses of five countries". *Livestock Science*, 193, pp. 78-87, DOI: [10.1016/j.livsci.2016.10.001](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.10.001)

Gregory, N.G. (2008). "Animal welfare at markets and during transport and slaughter". *Meat Science*, 80, pp. 2-11, DOI: [10.1016/j.meatsci.2008.05.019](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.019)

Jongman, E.C., Barnett, J.L. y Hemsworth, P.H. (2000). "The aversiveness of carbon dioxide stunning in pigs and a comparison of the CO₂ stunner crate vs. the V-restrainer". *Applied Animal Behaviour Science*, 67, pp. 67-76, DOI: [10.1016/S0168-1591\(99\)00103-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00103-3)

Marcon, A.V., Caldara, F.R., de Oliveira G.F., Gonçalves, L.M.P., García, R.G., Paz, I.C.L.A., Crone, C. y Marcon, A. (2019). "Pork quality after electrical or carbon dioxide stunning at slaughter". *Meat Science*, 156, pp. 93-97, DOI: [10.1016/j.meatsci.2019.04.022](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.022)

McKinstry, J.L. y Anil, M.H. (2004). "The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs". *Meat Science*, 67, pp. 121-128, DOI: [10.1016/j.meatsci.2003.10.002](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.10.002)

Nielsen, S.S., Alvarez, J., Bicout, D.J., Calistri, P., Depner, K., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Rojas, J.L.G., Schmidt, C.G., Michel, V., Chueca, M.Á.M., Roberts, H.C., Sihvonen, L.H., Spooler, H., Stahl, K., Viltrop, A., Winckler, C., Candiani, D., Fabris, C., Stede, Y.V. der, Velarde, A. (2020). Welfare of pigs at slaughter. *EFSA Journal*, 18, e06148. DOI: [10.2903/j.efsa.2020.6148](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6148)

Nowak, B., Mueffling, T.V. y Hartung, J. (2007). "Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: Impact on animal welfare and meat quality". *Meat Science*, 75, pp. 290-298, DOI: [10.1016/j.meatsci.2006.07.014](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.07.014)

Reglamento (CE) nº 1099/2009 del Consejo, de 24 de septiembre de 2009, relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza Texto pertinente a efectos del EEE, n.d. 30. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:303:0001:0030:ES:PDF>

Rey-Salgueiro, L., Martínez-Carballo, E., Fajardo, P., Chapela., M.J., Espiñeira, M. y Simal-Gandara, J. (2018). "Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse". *Meat Science*, 142, pp. 38-43, DOI: [10.1016/j.meatsci.2018.04.005](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.005)

Terlouw, C., Bourguet, C. y Deiss, V. (2016a). "Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing". *Meat Science*, 118, pp. 133-146, DOI: [10.1016/j.meatsci.2016.03.011](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.011)

Terlouw, C., Bourguet, C. y Deiss, V. (2016b). "Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part II. Evaluation methods". *Meat Science*, 118, pp. 147-156, DOI: [10.1016/j.meatsci.2016.03.010](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.010)

Uribe Corrales, N., Naranjo Ramírez, J. F. y Henao Villegas, S. (2018). "Swine welfare at slaughterhouses at Valle de Aburrá (Colombia)". *Veterinary and Animal Science*, 6, pp. 50-55, DOI: [10.1016/j.vas.2018.07.006](https://doi.org/10.1016/j.vas.2018.07.006)

Vermeulen, L., Van de Perre, V., Permentier, L., De Bie, S., Verbeke, G. y Geers, R. (2015). "Pre-slaughter handling and pork quality". *Meat Science*, 100, pp. 118-123, DOI: [10.1016/j.meatsci.2014.09.148](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.148)

Vermeulen, L., Van de Perre, V., Permentier, L., De Vie, S., Verbeke, G. y Geers, R. (2016). "Pre-slaughter sound levels and pre-slaughter handling from loading at the farm till slaughter influence pork quality". *Meat Science*, 116, pp. 86-90, DOI: [10.1016/j.meatsci.2016.02.007](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.007)