

# **EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO: pH y CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS**

**Echevarría, A.<sup>1</sup>; Davicino, R.<sup>2</sup>; Liboá, R.<sup>2</sup>; Trolliet, J.<sup>1</sup>; Chiostrri, E.<sup>2</sup>; Giacomelli, N.<sup>2</sup>; Parsi, J.<sup>1</sup>**

1- Departamento Producción Animal. 2- Departamento Salud Pública. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. 5800 Río Cuarto. Cba. Argentina. e mail: aechevarria@ayv.unrc.edu.ar ; [rdavicino@ayv.unrc.edu.ar](mailto:rdavicino@ayv.unrc.edu.ar) .  
Financiado por Agencia Córdoba Ciencia.

## **RESUMEN**

Sobre una muestra al azar de 70 reses porcinas evaluadas en industrias de la zona, se realizaron determinaciones de pH y CE a las 2 y 24 horas pos faena en la bondiola (longissimus del cuello) y en el jamón (Semimembranoso). El promedio de pH 24 Hs (pH<sub>24</sub> o pH<sub>u</sub>) del jamón fue  $5,60 \pm 0,15$ , (5,32 a 5,91). La CE tuvo un rango de variación mayor que el pH. En el jamón el rango fue de 13 mS/cm (5,8 a 18,8), promedio de  $12,8 \pm 3,0$ . En la bondiola la correlación de la CE 2 y 24 horas pos faena fue alta ( $r = 0,70$   $p < 0,01$ ),. El pH y la CE tuvieron, como es de esperar una correlación negativa. A las 2 horas pos mortem, sobre el jamón la correlación fue  $- 0,50$  ( $p < 0,01$ ). Para separar las 70 canales en clases de calidad (PSE, RSE, RFN y DFD) se utilizó como criterio el pH<sub>u</sub> de la bondiola. El 18,6 % de las reses se clasificarían como PSE, el 27,1 % fueron RSE y el 54,3 % fueron normales o RFN. No se encontraron carnes DFD. Los límites utilizados fueron PSE: pH<sub>u</sub>  $< 5,6$ . RSE: pH<sub>u</sub>  $\geq 5,6$  y  $\leq 5,7$ . Normales o RFN: pH<sub>u</sub>  $> 5,7$  y  $\leq 6,2$ . DFD: pH<sub>u</sub>  $> 6,2$ . Se determinaron además valores o límites de CE a 2 horas pos faena en la bondiola, que a modo de filtros o umbrales permiten separar las reses en clases de calidad de la carne.

**PALABRAS CLAVE:** Cerdos, carne, calidad, pH y conductividad eléctrica, clasificación.

## **INTRODUCCIÓN**

El sistema agroalimentario y sus diferentes cadenas constituyen la base económica por excelencia de nuestra región. La producción de cerdos y sus industrias asociadas tienen un importante impacto sobre el desarrollo regional. La necesidad de obtener productos de calidad es un reto que se impone en las industrias cárnicas. Estas buscan una estandarización de sus productos para lo cual es fundamental el control sobre la materia prima.

Es conocida la existencia de un determinado tipo de cerdos que presentan por razones genéticas mayor sensibilidad al estrés y otros que sin ser sensibles, por causas como transporte, descanso ante mortem y método de faena, pueden producir un tipo de carne denominada PSE, que son las iniciales en idioma Inglés de "Pale, Soft and Exudative", o sea carnes pálidas, blandas y exudativas. Usaremos la sigla PSE porque es la denominación más aceptada universalmente para este tipo de carnes. Si bien este defecto puede ser medido y sus consecuencias negativas evitadas, la falta de estudios sobre su presentación en la región, deriva en un desconocimiento sobre la magnitud del mismo, que se supone importante por cuanto ha sido motivo de consulta por industriales de la zona, quienes necesitan contar con sistemas de control que les permitan, de manera rápida y a bajo costo clasificar y separar pos mortem a las reses con estas características.

La bibliografía menciona a este fenómeno como un problema creciente en la industrialización del cerdo, por la aparición de carnes con diferente capacidad de maduración debido a la intensa selección que ha sufrido la especie para lograr una mejor conformación y productividad (McKeith, et al. 1995; Price and Schweigert. 1994; van Laack, et al. 1995). Esto es así porque los cambios químicos pos mortem, determinantes de la calidad de la carne dependen de factores como genotipo, sexo, edad, transporte, condiciones de faena, etc.

La temperatura muscular así como la velocidad y el grado de caída del pH pos mortem tienen efectos significativos sobre el color y la capacidad de retención de agua de las carnes porcinas. En el músculo normal el pH cae de 7.2 a 5.5-5.8 provocando una

cierta pérdida de agua. La producción rápida de ácido láctico en ciertos cerdos provoca un brusco descenso del pH, en casos extremos hasta 5.1-5.2 a las 24 hs. (Maddock. 2.000) con excesiva pérdida de agua que lleva a una estructura proteica más abierta, desnaturalización y mayor destrucción celular, afectando los buenos rendimientos a la cocción y generando productos finales con colores y sabores alterados. Esta anomalía, de aparición frecuente es producto del genotipo y del estrés del animal, y conocida como canales PSE (Mitchell and Heffron, 1982). Influye en la elaboración de productos (jamón crudo y cocido, bondiola, etc.) provocando disminución de los rendimientos y defectos de sabor al no permitir una uniforme distribución de sal durante el curado o defectos de trabazón y color en productos cocidos. También los productos frescos se ven afectados fundamentalmente por excesiva exudación y el color pálido asociado que incide sobre las preferencias del consumidor.

Cuando el pH permanece alto la estructura proteica es más cerrada y el agua no sale de las fibras musculares, esto impide la salazón, los productos tienen una vida útil más corta por el elevado pH, aunque rinden bien a la cocción. Esto se conoce como carnes DFD (Dark, Firm, Dry) (Gariépy 1996; Prandl et al. 1994; Price and Schweigert. 1994).

Estas alteraciones en la calidad del músculo se presentan en diferentes grados y las carnes afectadas no siempre son claramente diferenciables de las normales, por lo que pueden ser destinadas a procesos para los que no son completamente adecuadas. Aparece así una categoría intermedia de carnes que tienen un color rojizo – rosado, pero que son blandas y exudativas, denominadas carnes RSE. ("Reddish – pink, soft and exudative"), que no es fácil de diferenciar de la carne normal o RFN (Reddish – pink, firm and non – exudative) por la mayoría de los métodos químicos o físicos (Lee, et al. 2000). Por ello es necesario efectuar mediciones instrumentales para determinar la aptitud de uso. Resumiendo, las carnes porcinas se pueden separar actualmente en cuatro clases por su calidad, basadas principalmente en la capacidad de retención de agua y su color: **PSE, RSE, RFN o Normales y DFD** (Kauffman et al. 1992; Lee et al. 2000).

Desde 1980 se han investigado las propiedades eléctricas del músculo para determinar o predecir la calidad de la carne porcina (Feldhusen et al. 1987, Pfutzner et al., 1981; Schmitt et al. 1984; Swatland, 1980).

La medición del pH pos mortem es una técnica ampliamente aceptada como parámetro evaluador de la calidad, sin embargo no siempre es efectiva en los primeros estadios de la transformación del músculo en carne. Además la complejidad de los cambios metabólicos sugiere que la medida de un sólo parámetro es inadecuada (Joo et al. 2000).

La medición de la conductividad eléctrica (CE) de la carne permitiría evaluar mejor la calidad y el grado de presentación de alteraciones ya que tiene una amplia gama de valores a diferencia del pH que llega a un punto límite (Forrest, 1998; van Laack et al., 1995; Whitman et al., 1996). Las mediciones de CE pueden representar un método preciso para diferenciar las variaciones de calidad de la carne de cerdo. Las carnes PSE y en menor grado las RSE, significativamente contienen más líquido "libre" que gotea o se pierde durante el almacenamiento pos mortem, que las carnes RFN y DFD (Lee et al., 2000). Este fluido contiene compuestos con cargas eléctricas que deberían aumentar la conductividad de una corriente eléctrica (Schmitt et al., 1987). Así es probable que las carnes PSE y RSE, tengan menor resistencia a una corriente eléctrica y por lo tanto mayor conductividad, comparadas con las RFN o normales. Las DFD serán más resistentes (Menor conductividad). La medición de la CE a 40 minutos pos mortem fue efectiva para la diferenciación de la calidad de la carne en la línea de faena (Schmitt et al., 1987). Además la medición de la CE a 24 horas pos mortem resulto adecuada para el control de calidad en canales frías y en el procesamiento de la carne (Schmitt et al., 1987). Sin embargo la evaluación de la calidad de la carne mediante la CE puede presentar resultados que varían según el tipo de instrumentos para CE utilizados (Feldhusen et al. 1987; Whitman et al., 1996; van Laak et al. 1995). Algunos autores predicen un gran desarrollo en el uso de la Conductividad Eléctrica como predictor de la composición de la carcasa (Cross and Belk, 1994). Las determinaciones de CE y de pH, pueden realizarse en forma rápida y sencilla desde el momento de faena y más allá de las 24 horas pos mortem (Garrido et al. 1995; Joo et al. 2000; Warris et al. 1991).

En la actualidad estas metodologías no son de aplicación corriente en las plantas procesadoras de nuestra región. Para la realización del presente trabajo se plantea como hipótesis que la determinación de Conductividad Eléctrica y pH sobre puntos estratégicos de las canales de cerdo, en las primeras horas post mortem, permitiría predecir con buen nivel de precisión el grado de aptitud de las reses para los diferentes procesos industriales.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- a) Caracterizar una muestra de reses porcinas tomada al azar sobre la base de parámetros de calidad de carnes como pH y CE determinados a diferentes tiempos post faena y en diferentes sitios correspondientes a los cortes comerciales denominados como jamón y bondiola.
- b) Determinar correlaciones entre las diferentes mediciones realizadas, determinando si las mediciones realizadas tempranamente pos faena se relacionan con los valores a 24 horas, principalmente con el pH a 24 horas o pH último ( $pH_u$ ), que es considerado como uno de los parámetros más importantes para definir la calidad de la carne de cerdo (Lee et al., 2000).
- c) Separar las canales evaluadas en clases basadas en la calidad del tejido muscular: **PSE - RSE - RFN o NORMAL y DFD**. Sobre la base de la clasificación realizada con determinaciones a las 24 horas post faena que permiten la plena expresión de los defectos de calidad del músculo y las correlaciones existentes, determinar umbrales o límites para determinaciones de CE y pH, tomados a las 2 horas post faena, que permitan una clasificación más temprana y que brinde proporciones similares de las clases de calidad que las halladas sobre la base de las determinaciones a 24 horas post faena.

## MATERIAL Y METODOS

El trabajo se desarrolló con la participación de Industrias de la carne de la Ciudad y Zona de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, plantas faenadoras de bovinos y porcinos que realizan ciclo 1, categorizadas oficialmente como tipo "A".

Para el trabajo se tomaron cerdos faenados con destino a la elaboración de chacinados, provenientes de criaderos de la región de Río Cuarto. Del total de cerdos faenados en los diferentes días de medición se seleccionaron aquellos machos castrados y hembras sin servicio, cuyo peso vivo estuviera entre los 90 y 110 kg., tomándose una muestra al azar de 70 reses para las evaluaciones posteriores.

El peso vivo, el manejo pre-faena y las condiciones de faena, fueron las únicas variables estandarizadas. Los animales fueron sometidos en la etapa previa a la faena a un descanso de 24 hs. y se cuidó de evitar condiciones y/o actitudes estresantes para los animales previo al sacrificio. La faena propiamente dicha se realizó en el marco de las exigencias reglamentarias Argentinas. En ningún caso se superó los 30 minutos desde el sacrificio hasta el lavado de la res. Posterior a la faena las reses se depositaron en cámara a 0 °C hasta la realización de la primera medición.

A las dos y veinticuatro horas pos-sacrificio, se tomaron medidas de temperatura sobre las reses, en el jamón izquierdo sobre el músculo semimembranoso. Las determinaciones de **pH y CE**, en las medias reses derechas se realizaron en dos lugares distintos: Una en el músculo longissimus del cuello en el espacio intervertebral comprendido entre la séptima vértebra cervical y la primera vértebra dorsal, parte media, cara interna para evitar grasa e interferencias y que corresponde al producto denominado **BONDIOLA SIN HUESO**, que limita hacia la parte anterior con la cabeza, hacia la posterior con el costillar y el tocino y hacia la póstero-inferior con la paleta y cuya base muscular esta constituida por el músculo longissimus del cuello, íter transversos del cuello, trapecio cervical, romboidales cervicales, serrato cervical, esplenio, complejo, multifido cervical y que en el despostado es extraído mediante un corte perpendicular a la columna a nivel del tercer espacio intercostal, separándolo de las tres primeras vértebras dorsales y las cinco últimas vértebras cervicales, para ser desgrasado y emprolijado para su preparación como salazón (Catálogo de cortes de la Ex JNC, 1990). Denominaremos **BONDIOLA** a este sitio de medición.

La segunda determinación se realizó en el músculo semimembranoso, en su parte superior más muscular y hacia el centro de la masa con la canal suspendida y que integra el corte denominado **JAMÓN CON HUESO**, que limita hacia anterior con el costillar, el lomo y la panceta y hacia posterior con la pata trasera y cuya base ósea son el tarso, tibia, peroné, fémur y coxal, sus músculos principales son el semimembranoso, el semitendinoso, el tensor de la fascia lata, glúteos, bíceps femoral, sartorio, aductor, etc. El mismo es extraído mediante un corte que comienza a nivel de ganglio precural y se dirige hacia adelante y arriba bordeando el ala del íleon en forma convexa anterior, se continua hacia atrás pasando por la parte inferior del sacro hasta el ángulo pósterosuperior del muslo y mediante un corte de sierra a la altura del tarso se separa la pata trasera, se extrae parte del cuero y grasa de la cara interna y se emproliza para su posterior preparación como salazón (Catálogo de cortes de la Ex JNC, 1990). Denominaremos **JAMON o NALGA** a este sitio de medición. En ambos sitios de medición se efectuó previamente un orificio de aproximadamente 5 cm. con un trocar, introduciéndose luego cada sonda para realizar las lecturas.

Cada res fue identificada con precintos numerados. Para las mediciones se utilizaron: un termómetro pincha carne marca UEI - PDT 300 CNS, con una escala de -40°C hasta 150°C, un conductímetro portátil marca **Hanna HHI 993310**, provisto de un detector (probe HI 76305, celda de 4 electrodos), de acero inoxidable con punta cónica, para medición directa, de calibración automática y compensador automático de temperatura desde 0 a 50, con rango de medición de 0,00 a 19,99 mS/cm (micro Siemens por cm), con una resolución de 0,01 mS/cm y un peachímetro portátil **SENTRON LANCEFET pH Probe 2074-008K**, con un rango de seguridad de +/- 0.01.

Como se indicó anteriormente a las 24 hs. pos-faena, se procedió a repetir la operación, en las mismas condiciones.

**FOTO N° 1. CONDUCTIMETRO CON SONDA**



**FOTO N° 2. MEDICION DE pH EN EL JAMON**



Para realizar los análisis estadísticos y discusión de los resultados se codificaron las mediciones realizadas sobre la media res derecha, de la siguiente manera:

<b>VARIABLE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Temp2Hs</b>	Temperatura dos horas post faena.
<b>Temp24Hs</b>	Temperatura 24 horas post faena.
<b>pH2HsBoDe</b>	pH 2 Horas post faena. Bondiola.
<b>pH24HsBoDe</b>	pH 24 Horas post faena. Bondiola.
<b>CE2HsBoDe</b>	CE 2 Hs. post faena bondiola.
<b>CE24HsBoDe</b>	CE 24 Hs. post faena bondiola.
<b>pH2HsNaIDe</b>	pH 2 Hs. post faena jamón o nalga.
<b>pH24HsNaIDe</b>	pH 24 Hs. post faena jamón o nalga.
<b>CE2HsNaIDe</b>	CE 2 Hs. post faena jamón o nalga.
<b>CE24HsNaIDe</b>	CE 24 Hs. post faena jamón o nalga.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa StatView (SAS, 1998), calculando las estadísticas descriptivas para todas las mediciones efectuadas y los coeficientes de

correlación (Pearson) entre ellas, con su significancia estadística (Fisher). Con esta última información se pueden analizar las relaciones entre mediciones realizadas a diferentes tiempos post mortem, entre los diferentes sitios de medición y entre pH y conductividad eléctrica.

Para separar las 70 canales evaluadas en las cuatro clases de calidad (**PSE, RSE, RFN y DFD**) se utilizó como criterio los valores de pH a las 24 horas post faena de la bondiola ( $pH_u$ ), adaptando o corrigiendo los valores sugeridos por van Laak, et al. 1995 y por Kauffman, et al. 1993, para mediciones sobre el jamón (Músculo. semi membranoso). La corrección efectuada se basó en las diferencias de pH 24 Hs, usuales entre estos dos sitios de medición. El pH en el jamón es usualmente más bajo (0,1 a 0,2), por lo que la corrección se efectuó sumando 0,1 unidades de pH a los valores sugeridos por los autores antes mencionados. Se utilizaron las mediciones sobre las bondiolas (Músculo dorsal del cuello) como criterios de clasificación de las canales fundamentalmente porque este era el producto preparado como salazón en las industrias involucradas.

Las clases de calidad así definidas fueron las siguientes, basadas en el pH a las 24 horas post faena ( $pH_u$ ), en la bondiola:

- 1- Carnes PSE:  $pH_u < 5,6$
- 2- Carnes RSE:  $pH_u \geq 5,6$  y  $\leq 5,7$
- 3- Carnes normales RFN:  $pH_u > 5,7$  y  $\leq 6,2$
- 4- Carnes DFD:  $pH_u > 6,2$

Sobre las clases de calidad definidas anteriormente, basadas en mediciones a las 24 horas pos mortem, se calcularon las proporciones o porcentajes que cada una de ellas representan sobre el total de reses o canales evaluadas, las estadísticas descriptivas y correlaciones entre variables. Posteriormente se determinaron umbrales o valores de pH y CE medidos a dos horas pos mortem, que a manera de filtros permitan una adecuada clasificación de las canales, con proporciones para cada una de las clases similares a las obtenidas con la clasificación a las 24 horas. Se utilizó el pH como criterio de clasificación porque existe mucha información en la bibliografía sobre sus valores límites para separar las carnes porcinas en clases de calidad (PSE; RSE, RFN, DFD).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el **Cuadro 1**, se presenta la caracterización de la muestra evaluada en base a las mediciones realizadas sobre las medias reses o canales derechas a dos y veinticuatro horas pos mortem.

**CUADRO 1. CARACTERIZACION DE LA MUESTRA EVALUADA. CE y pH. BONDIOLA Y JAMON. 2 Y 24 HORAS POS FAENA. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS. (N = 70 )**

	<b>MEDIA</b>	<b>Desviación Estandar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Temp2Hs</b>	<b>35.00</b>	<b>1.50</b>	<b>32.50</b>	<b>38.60</b>
<b>Temp24Hs</b>	<b>2.50</b>	<b>1.20</b>	<b>1.10</b>	<b>7.00</b>
<b>pH2HsBoDe</b>	<b>5.76</b>	<b>0.30</b>	<b>5.20</b>	<b>6.40</b>
<b>pH24HsBoDe</b>	<b>5.75</b>	<b>0.20</b>	<b>5.40</b>	<b>6.00</b>
<b>CE2HsBoDe</b>	<b>9.10</b>	<b>3.10</b>	<b>4.00</b>	<b>15.00</b>
<b>CE24HsBoDe</b>	<b>10.10</b>	<b>3.20</b>	<b>3.30</b>	<b>16.40</b>
<b>pH2HsNaIDe</b>	<b>5.56</b>	<b>0.20</b>	<b>5.20</b>	<b>6.20</b>
<b>pH24HsNaIDe</b>	<b>5.60</b>	<b>0.15</b>	<b>5.32</b>	<b>5.91</b>
<b>CE2HsNaIDe</b>	<b>12.80</b>	<b>3.00</b>	<b>5.80</b>	<b>18.80</b>
<b>CE24HsNaIDe</b>	<b>12.50</b>	<b>1.60</b>	<b>10.00</b>	<b>16.10</b>

El promedio de pH a 24 horas del jamón (semi membranoso) derecho fue de 5,60, con un rango entre 5,32 y 5,91. Este rango de valores de pH final o 24 horas sugiere que en la muestra analizada existieron canales PSE, RSE (color rojizo-rosado, pero que son blandas y exudativas) y RFN o normales, pero no DFD ( $pH_u > 6,1 - 6,2$ ), según los criterios sugeridos por diferentes autores (ITP. 1997; van Laak, et al. 1995). Fotos N° 3, 4 y 5.

**FOTO N° 4. CARNE PSE**



**FOTO N° 5. CARNE NORMAL O RFN**



**FOTO N° 6. CARNE RSE**



En el relevamiento realizado por Gispert, et al. 2000, en España sobre 3075 canales en cinco plantas de faena o mataderos comerciales se encontró que los promedios de  $pH_u$  en el jamón (semi membranoso) tuvieron un rango entre 5,6 y 5,9 (Valores promedios para cada planta de faena evaluada), con desviaciones estándar entre 0,30 y 0,26. En comparación el valor promedio de  $5,60 \pm 0,15$  aquí reportado, fue bastante similar, mas bien tendiendo a un menor valor, ya que los autores antes mencionados encontraron un valor promedio de 5,60 solo para una planta de faena , con promedios de 5,7; 5,8; 5,9 y 5,9, para cada una de las otras cuatro plantas evaluadas. Para el ITP. 1997, se puede tomar el valor promedio de  $pH_u$  del músculo semimembranoso como 5,74. Obviamente existen numerosos factores que pueden afectar los valores promedios de pH y CE determinados en los mismos sitios de medición y a los mismos tiempos post mortem, entre ellos posibles diferencias instrumentales principalmente para la CE, composición genética de las poblaciones evaluadas relacionadas con sus frecuencias de genes halotano positivos, nutrición, tiempo de ayuno previo a la faena, condiciones de transporte de los animales vivos y la influencia del matadero (ITP. 1997; Coma, 2001; Eikelenboom et al., 1991).

También se observa que la diferencia de  $pH_u$  entre la bondiola y el jamón en las medias reses derechas fue en promedio de 0,15 unidades. El pH varía según los músculos, en general cuanto más voluminoso es el músculo más bajo es el pH y a la inversa (ITP. 1997).

La conductividad eléctrica (CE) tuvo un rango de variación mucho mayor que el pH, lo que puede representar una ventaja al tratar de separar canales en clases de calidad de músculo sobre la base de predictores como los aquí estudiados. Por ejemplo para el JAMON, a 24 horas pos faena (**CE24HsNaDe**) el rango fue de 13 mS/cm (5,8 a 18,8) con una media aritmética de  $12,8 \pm 3,0$ . El pH medido en las mismas condiciones o sea en el jamón o nalga derecha, 24 Hs. pos mortem tuvo un rango de solo 0,59 unidades de pH, para las 70 reses evaluadas (5,32 a 5,91 con una media de  $5,60 \pm 0,15$ . Cuadro 1).

En el **Cuadro 2** se presentan las correlaciones (Pearson) en el jamón derecho, para CE y pH, a 2 y 24 horas pos faena. También se muestran las significancias estadísticas de los coeficientes de correlación (Transformación de Fisher. SAS, 1998).

**CUADRO 2. CORRELACIONES. JAMON DERECHO. CE y pH. DOS y 24 Hs. POST FAENA**

	pH24HsNaIDe	CE2HsNaIDe	pH2HsNaIDe	CE24HsNaIDe
pH24HsNaIDe	1.0	-0.1	0.5**	-0.2
CE2HsNaIDe	-0.1	1.0	-0.5**	0.5**
pH2HsNaIDe	0.5**	-0.5**	1.0	-0.3*
CE24HsNaIDe	-0.2	0.5**	-0.3*	1.0

Se usaron 70 observaciones. \*\* p < 0.01 \* p < 0.05

La correlación del **pH** en el jamón derecho, entre mediciones a 2 y 24 horas fue de + 0,5 (p < 0,01), valor medio y muy significativo que indicaría, hasta cierto punto ( $R^2 = 0,25$ ), que las mediciones tempranas se relacionan con el pH a 24 horas o pH último (**pH<sub>u</sub>**), que es considerado como uno de los parámetros más importantes para definir la calidad de la carne de cerdo (Lee et al., 2000). Es muy importante para clasificar las canales por calidad del músculo desde un punto de vista práctico para la industria, la posibilidad de utilizar medidas tempranas de pH o CE que se relacionen con las mediciones a 24 horas, que son las que permiten identificar mejor las canales que desarrollan tardíamente la condición **PSE o RSE** (Bendall and Swatland, 1988).

Para la **CE** la correlación entre mediciones a 2 y 24 horas fue también de + 0,5 (p < 0,01). El **pH** y la **CE** tuvieron, como es de esperar, una correlación negativa. Por ejemplo a las 2 horas pos mortem, la correlación fue de - 0,50 (p < 0,01). O sea al disminuir el pH sube la conductividad. De manera que las canales clasificadas como **PSE** tenderán a tener valores bajos de **pH** y altos de **CE**. Es importante tener siempre presente este tipo de relación para interpretar los criterios de clasificación que se mostrarán más adelante.

En el **Cuadro 3** se muestran las correlaciones analizadas anteriormente, pero para la **bondiola derecha**.

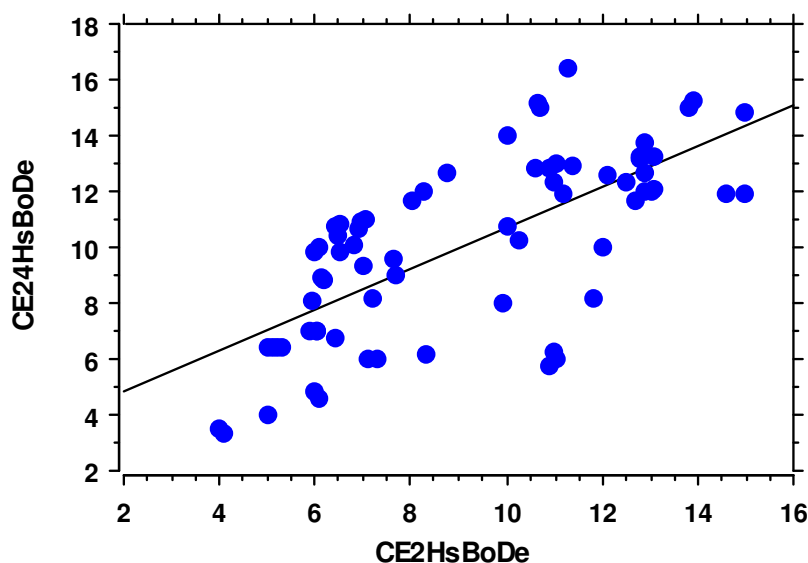
**CUADRO 3. CORRELACIONES. BONDIOLA DERECHA. CE y pH. DOS y 24 Hs. POST FAENA**

	pH24HsBoDe	CE2HsBoDe	pH2HsBoDe	CE24HsBoDe
pH24HsBoDe	1,0	-0,4**	0,4**	0,3*
CE2HsBoDe	- 0,4**	1,0	0,3*	0,7**
pH2HsBoDe	0,4**	-0,3*	1,0	- 0,1
CE24HsBoDe	-0,3*	0,7**	- 0,1	1,0

Se usaron 70 observaciones. \*\* p < 0.01 \* p < 0.05

En general son valores medios de correlación, casi todos significativos, salvo para la CE determinada a 2 y 24 horas pos faena que fue alta (r = 0,70 p < 0,01), lo que demostraría que una determinación temprana a 2 horas se relaciona con los valores de conductividad que desarrolla el músculo más tarde, a las 24 horas o sea pos rigor. En el **Gráfico 2** se muestra la regresión correspondiente.

**GRAFICO 2. REGRESION PARA LA CE DETERMINADA A 2 HORAS Y 24 HORAS POS FAENA. BONDIOLA DERECHA**



$$Y = 3,4 + ,7 * X \quad (R^2 = ,5)$$

La conductividad eléctrica (CE) determinada a dos horas pos mortem determinó el 50 % de la variación observada en la CE a las 24 horas ( $R^2 = 0,50$ ).

En el **Cuadro 4** se han clasificado las 70 canales evaluadas, en clases de calidad de acuerdo al pH determinado a las 24 horas pos faena ( $pH_u$ ) sobre las bondiolas derechas, tal como se explicó en Material y Métodos, al definir los criterios de clasificación adaptando o corrigiendo los valores sugeridos por van Laak, et al. 1995 y por Kauffman, et al. 1993, para mediciones sobre el jamón (Músculo. semi membranoso). Se utilizó el pH como criterio de clasificación porque existe mucha información en la bibliografía sobre umbrales o valores límites para separar las carnes porcinas en las cuatro clases de calidad (PSE; RSE, RFN, DFD). Además este parámetro es bastante estable en cuanto a los instrumentos de medición utilizados. Clasificando las canales por pH, que se considera como parámetro de referencia (Forrest, 1998), es posible determinar umbrales o una calibración para la clasificación de calidad de la carne, en base a la conductividad (CE), como se mostrará más adelante.

**CUADRO 4. CLASIFICACION DE LAS CANALES EN CLASES DE CALIDAD DE LA CARNE. BASADAS EN EL pH A LAS 24 HORAS POS FAENA DE LA BONDIOLA DERECHA (a) (b)**

CLASES CALIDAD	RANGO DE pH	Nº RESES	%	pH24Hs BoDe	pH2Hs BoDe	CE2Hs BoDE
PSE	< 5,60	13	18,6	5,50 ± 0,06	5,54 ± 0,33	10,84 ± 2,30
RSE	>= 5,60 <= 5,70	19	27,1	5,67 ± 0,03	5,73 ± 0,22	8,95 ± 2,94
RFN	> 5,70 <= 6,2	38	54,3	5,87 ± 0,09	5,84 ± 0,30	8,66 ± 3,25
DFD	>= 6,20	0	0	--	--	--

(a) Criterios de clasificación adaptados de van Laak et al. 1995 y Kauffman, et al. 1993.

(b) Media aritmética ± Desviación estándar.

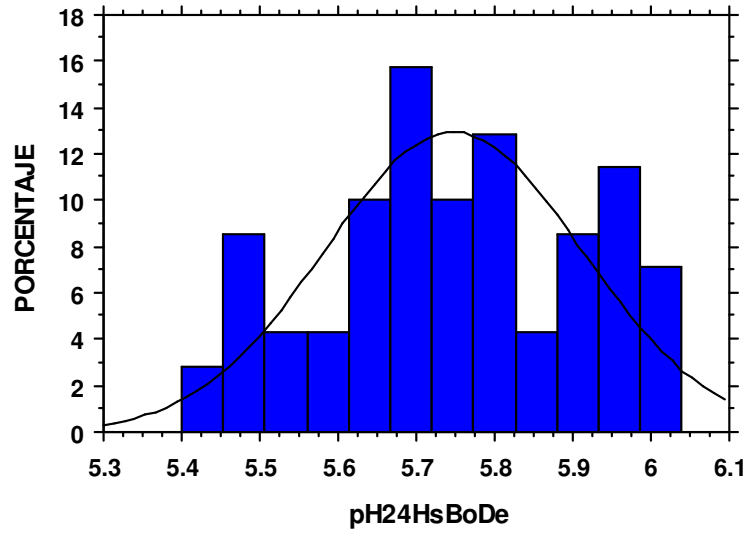
El **18,6 %** de las reses evaluadas se clasificarían como **PSE** al utilizar el pH de la bondiola derecha, a 24 horas pos faena ( $pH_u$ ) como criterio de clasificación. El **27,1 % fueron RSE** y el **54,3 % fueron normales o RFN**. De acuerdo a este criterio de clasificación no se encuentran carnes **DFD** dentro de la muestra de canales evaluadas.



Comparando con otros autores la proporción de **PSE** se podría considerar similar al 17 % informado para Polonia (Denaburski, 2001), mientras que la proporción de **RSE** sería mayor, 27.1 % contra el 13 % informado por dicho autor. Sin embargo la separación de los **RFN** de los **RSE** puede ser dificultosa ya que los rangos de pH que los separan son pequeños, siendo el color igual o muy parecido (van Laak et al. 1995).

Para visualizar mejor la clasificación realizada sobre la base del pH 24 horas pos faena en la bondiola, en el **Gráfico 3** se presenta la distribución porcentual o histograma de los valores de dicho pH.

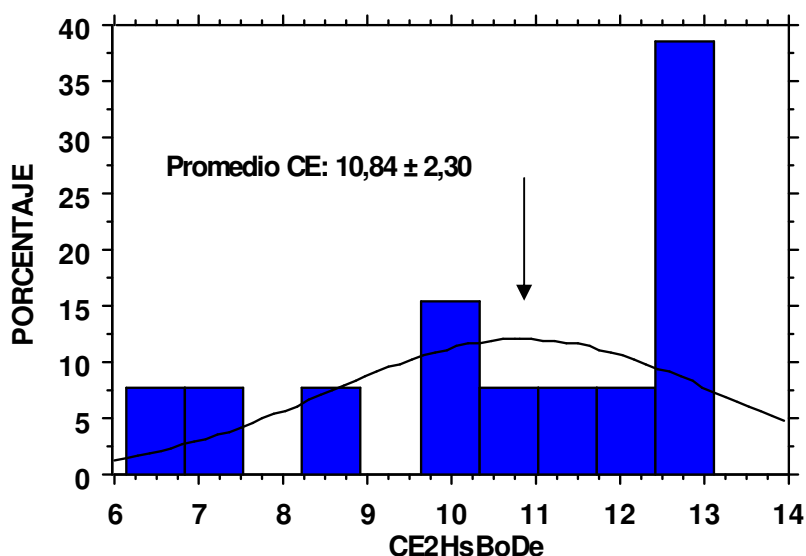
**GRAFICO 3- HISTOGRAMA PARA pH24HsBoDe  
N = 70**



En el **Cuadro 4** también se muestran los promedios, con sus desviaciones estándar, de las mediciones de **pH y CE** realizadas a las 2 horas pos faena correspondientes a las clases de calidad separadas de acuerdo a las determinaciones a 24 horas. Esta información será utilizada para determinar rangos de valores que permitan una separación o clasificación temprana de las reses. Para el pH de la bondiola a 2 horas pos faena esos valores medios fueron **5,54** para las canales **PSE**; **5,73** para las **RSE** y **5,84** para las **RFN** o normales. Estos valores promedios muestran una graduación ascendente, que es lo esperado al comparar las clases en sentido ascendente de calidad. Para la **conductividad eléctrica (CE)** se obtuvieron resultados similares: **10,84** para **PSE**; **8,95** para **RSE** y **8,66** para las **RFN**, recordando que el pH y la conductividad tienen una relación inversa (**Cuadro 2**). En este caso los valores de conductividad separan nítidamente las clase PSE de la normal o RFN.

En el **Gráfico 4** se presenta, como ejemplo, un histograma de frecuencias expresadas como porcentajes, de la CE determinada a 2 horas pos faena de la bondiola, para las trece reses clasificadas como PSE de acuerdo al pH a 24 horas determinado en el mismo sitio (pH 24HSBoDe < 5,6). Para estas trece canales el promedio de la CE fue de 10,84 mS/cm.

**Gráfico 4. HISTOGRAMA DE LA CE A DOS HORAS POS FAENA DE LA BONDIOLA PARA LAS TRECE RESES CLASIFICADAS COMO PSE SEGÚN EL CUADRO 4 (pH24HsBoDe < 5,6)**



Observando el **Gráfico 4** vemos que si fijamos como criterio para clasificar las reses como PSE, un valor de CE a dos horas mayor de 10 mS/cm estaremos ubicando dentro de esta clase a 9 de las 13 reses clasificadas como PSE por el criterio de referencia. Esto representa el 69,2 % del total. Quedan el 30,8 % (4 canales), que no serían clasificadas como PSE ya que tienen CE a dos horas entre 6 y 9,5. De todas formas hasta aquí esto sería mas o menos aceptable porque se entiende que este tipo de procedimientos tienen cierto grado de error. Sin embargo cuando apliquemos este criterio de CE a dos horas en la bondiola mayor de 10 mS/cm a toda la muestra de 70 canales veremos que se clasificarían como PSE 31 reses con un promedio de **CE de 12,22 ± 1,35 mS/cm.** y con un rango de valores de 10,25 a 15. Esto representa un 44,28 de PSE sobre la muestra total, contra el 18,4 % de la clasificación inicial o de referencia. Esto sucede porque no existe una correspondencia muy alta o exacta entre el pH y la conductividad medidos a 24 y a dos horas, respectivamente. De forma que se debería tomar un límite superior de CE a dos horas, **por ejemplo mayor a 12 para clasificar las reses como PSE, obteniendo una proporción más parecida a la original.** Aplicando este criterio a las 70 reses de la muestra total se clasifican como PSE el 22,8 % de las reses o sea 16 casos. **Es mas aceptable y parecido al criterio utilizado como referencia.**

En el **Cuadro 5** se presenta una clasificación basada en la medición de la **CE** sobre la bondiola (Músculo longissimus del cuello) a las dos horas pos faena, basada en las consideraciones anteriores.

**CUADRO 5. CLASIFICACION DE LA CANALES EN CLASES DE CALIDAD DE LA CARNE. BASADAS EN LA CE A LAS 2 HORAS POS FAENA DE LA BONDIOLA DERECHA (a)**

CLASES CALIDAD	RANGOS DE CE	Nº DE RESES	%	CE2HsBoDe	CE24HsBoDE	CE24HNalDe
PSE	> 12,0	16	22,60	13,32 ± 0,88	12,98 ± 1,17	13,73 ± 1,17
RSE	>= 10,2 <= 12,0	15	21,40	11,05 ± 0,45	11,24 ± 3,42	12,46 ± 1,76
RFN	>= 4,0 . < 10,2	39	55,70	6,70 ± 1,43	8,39 ± 2,63	12,08 ± 1,20
DFD	< 4,00	0	0,00	--	--	

a- Media aritmética ± Desviación estándar.

Comparando con el criterio de clasificación inicial que hemos utilizado (**Cuadro 4**) vemos que al tomar la CE determinada tempranamente, a las dos horas pos faena, con los valores límites sugeridos en el **Cuadro 5**, aumenta ligeramente el número de reses clasificadas como PSE (16 contra 13), disminuyendo el número de RSE y manteniéndose igual el número clasificadas como normales o RFN.

En le **Cuadro 6**, se presenta la Distribución de Frecuencias para la Conductividad Eléctrica (**CE**) determinada a las dos horas pos faena en la bondiola derecha (**CE2HsBoDe**), para las 70 reses evaluadas.

**CUADRO 6. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mS/cm). BONDIOLA DERECHA 2 HS. POS FAENA (CE2HsBoDe).**

Desde (>)	Hasta (<=)	Nº de Reses o Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia Acumulada
4,0	5,0	3	4,3	3
5,0	6,0	8	11,4	11
6,0	7,0	15	21,4	26
7,0	8,0	6	8,6	32
8,0	9,0	4	5,7	36
9,0	10,0	3	4,3	39
10,0	11,0	8	11,4	47
11,0	12,0	7	10,0	54
12,0	13,0	8	11,4	62
13,0	14,0	5	7,1	67
14,0	15,0	3	4,3	70
	<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	<b>-</b>

Cabe aclarar que la clasificación y los límites de **pH** para cada clase mostrados en el **Cuadro 4** y de **CE** del **Cuadro 5**, deberían ser considerados con ciertas precauciones debido a que el número de reses evaluadas puede ser relativamente bajo, además de que no se han utilizado métodos de referencia o de certeza (Kauffman et al. 1986) que permitan separar la muestra en las clases de calidad del músculo, para luego identificar los valores límites o umbrales de los predictores (**pH y CE**) determinados sobre la línea de faena, correspondientes a cada clase de calidad. En realidad el pH a las 24 horas, que hemos utilizado como criterio para definir las clases de calidad, sería en si mismo un predictor. Por ejemplo en el trabajo de Alvarez y Torre, 1997, realizado para la calibración de un método para clasificar jamones en matadero, que luego serían destinados al procesado para obtener jamones cocidos en una industria cárnica Española, se sugiere como conclusión un límite de conductividad eléctrica (CE) menor que 8 a 7 mS/cm. Si aplicamos este criterio al **Cuadro 6**, haciendo la salvedad de que el mismo se refiere a determinaciones sobre las bondiolas, vemos que con un límite de CE menor o igual a 8, solo se clasificarían 32 canales como normales o aptas, o sea solo el 45,7 % del total evaluado. Utilizando un valor igual o menor a 7 solo serían aptas o normales 26 reses, o sea el 37,1 %, lo que significaría que un 62,9 % de las reses tendrían problemas de calidad (PSE). Las autoras antes mencionadas enfatizan que la industria cárnica deberá determinar las características que quiere para sus canales y en función de esto establecer un límite de CE. Estas diferencias en los valore límites o umbrales pueden deberse a diferencias en los instrumentos de medición utilizados. Cabe aclarar que en el trabajo mencionado anteriormente, la CE se determinó mediante un instrumento denominado PQM (Pork Quality Meter) de origen Alemán (INTEK GmbH), el que fue también utilizado en el trabajo de Gispert, et al. 2000.

Entre los métodos de referencia para la calibración de los predictores, que se suelen complementar entre si, se encuentran la **Capacidad de Retención de Agua** más conocida por su sigla en Inglés **WHC** ("**Water Holding Capacity**"), a veces complementadas por determinaciones del color o de las propiedades ópticas del músculo (van Laak et al. 1995). La determinación de la **WHC** se utiliza ampliamente como

método de referencia. Existe un método bastante preciso, simple y rápido, conocido como la técnica del papel de filtro (Kauffman et al., 1986), que consiste en exponer una sección transversal del músculo al aire por 10 minutos y a 5 ° C. Un papel de filtro especial, de 45 mm de diámetro es rápidamente presionado y luego removido de la superficie del músculo, de manera que el líquido absorbido puede ser cuantificado por diferencias de peso. Sería un método algo destructivo, que requiere de cortes en los músculos o sitios de medición, **no apto obviamente para su uso en la línea de faena**. Es un método de referencia que se usa para comprobar si los instrumentos en las condiciones particulares de operación de cada planta de faena, incluidos los posibles errores de los operadores del instrumento, proporcionan mediciones (predictores) que realmente identifican a las canales con problemas de calidad del músculo. Permiten también fijar los rangos de valores o umbrales, a manera de calibración del instrumento de medición en las condiciones en que será utilizado, que posteriormente permitan en forma rápida en la línea de producción o faena clasificar las reses o canales en las diferentes clases de calidad previamente establecidas.

Son métodos en cierta forma destructivos, mas o menos largos y laboriosos de completar. Por estas razones no hemos podido utilizarlos para una mejor calibración de los predictores evaluados. **Esta investigación se desarrollo bajo condiciones comerciales, con mínima alteración de los procedimientos o rutinas normales corrientemente utilizadas por las plantas de faena donde se realizaron las determinaciones.**

## CONCLUSIONES

- El promedio de pH a 24 horas del jamón derecho fue de 5,60, con un rango entre 5,32 y 5,91. El rango de valores de pH final sugiere que en la muestra analizada existieron canales PSE, RSE y RFN o normales, pero no DFD ( $pH_u > 6,1 - 6,2$ ), como se explicó anteriormente, según los criterios sugeridos por diferentes autores (ITP. 1997; van Laak, et al. 1995).
- La diferencia de  $pH_u$  entre la bondiola y el jamón en las medias reses derechas fue en promedio de 0,15 unidades.
- La conductividad eléctrica (CE) tuvo un rango de variación mucho mayor que el pH, lo que puede representar una ventaja al tratar de separar canales en clases de calidad de músculo sobre la base de predictores como los aquí estudiados. Para el JAMON, a 24 horas pos faena el rango fue de 13 mS/cm (5,8 a 18,8). De acuerdo al **Cuadro 1**, el pH medido en las mismas condiciones tuvo un rango de solo 0,59 unidades de pH, para las 70 reses evaluadas (5,32 a 5,91 con una media de  $5,60 \pm 0,15$ . Cuadro 1).
- La correlación del pH en el jamón derecho, entre mediciones a 2 y 24 horas tuvo un valor medio y muy significativo que indicaría, hasta cierto punto ( $R^2 = 0,25$ ), que las mediciones tempranas se relacionan con el pH a 24 horas o pH último ( $pH_u$ ), que es considerado como uno de los parámetros más importantes para definir la calidad de la carne de cerdo (Lee et al., 2000) ya que permite identificar mejor las canales que desarrollan tardíamente la condición PSE o RSE. Es muy importante para clasificar las canales por calidad del músculo desde un punto de vista práctico para la industria, la posibilidad de utilizar medidas tempranas de pH o CE que se relacionen con las mediciones a 24 horas.
- La correlación entre las mediciones de CE determinada a 2 y 24 horas pos faena fue alta ( $r = 0,70$   $p < 0,01$ ), lo que demostraría que una determinación temprana a 2 horas se relaciona con los valores de conductividad que desarrolla el músculo más tarde, a las 24 horas o sea pos rigor, siendo esto el fundamento para proponer una clasificación basada en la medición de la CE sobre la bondiola a las dos horas pos faena.
- En los Cuadros 4 y 5, sobre la base de las conclusiones anteriores se ha separado o clasificado a la muestra de canales evaluadas en clases o categorías de calidad de la carne, sugiriendo los valores límites de pH y CE que las definen.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, C. y Torre, A. 1997.** La conductividad eléctrica como sistema de detección de carnes de baja calidad en el proceso de elaboración de jamón cocido. <http://www.inode.es/~yago/entrada.html>
- Bendall, J. and Swatland. 1988.** A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Science*, 24: 85
- Cross, H. R. and Belk, K. E. 1994.** Objective measurements of carcass and meat quality. *Meat Science* 36 (1-2) 191-202.
- Coma, J. 2001.** Meat quality in pigs: Effect of nutrition and feeding. *Pig News and Information*, 22 (3): 87N – 99N.
- Denabursky, J. 2001.** Causas más importantes y sistemas de prevención de casos de carne porcina defectuosa tipo PSE. *Revista ANAPORC*. Nº 217. Diciembre de 2001.
- Eikelenboom, G., Bolink, A., & Sybesma, W. 1991.** Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Science*, 29: 25.
- Feldhusen, F., Neumann, D. & Wenzel, S. 1987.** Conductivity as a parameter of meat quality. *Fleischwirtschaft*, 67: 455 – 460.
- Forrest, J. 1998.** Line speed implementation of various pork quality measures. Extraído de la página Web de la North Carolina State Univ. <http://mark.asci.ncsu.edu>.
- Gariépy, C., Riendeau, L., Pettigrew, D. 1996.** Assessment of ham quality. *Proc. North Carolina State Univ.* <http://mark.asci.ncsu.edu>.
- Garrido, M. D., Pedauye, J., Banon, S., Lopez, M. B., Laencina, J. 1995.** On-line methods for pork quality detection. *Food Control* 6 (2) 111-113.
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M., Guardia, M., Coll, C., Signes, K., Harvey, K. & A. Diestre 2000.** A survey of pre – slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science* 55 (2000): 97 –106.
- ITP, 1997.** Manual del porcicultor (Institut Technique du Porc). Ed. Acribia.
- Joo, S. T., Kauffman R. G., Warner, R. D., Borggaard, C., Stevenson-Barry, J.M., Lee, S., Park, G. B., Kim, B. C. 2000.** Objectively predicting ultimate quality of post-rigor pork musculature. I. Initial comparison of techniques. *Asian-Australasian Journal of Anim. Sci.* 13 (1) 68-76.
- Junta Nacional de Carnes. 1990.** Catálogo Oficial de Cortes de la Republica Argentina.
- Kauffman, R., Eikelenboom, G., van der Wal, P., Engel, B. and M. Zaar. 1986.** A comparison of methods to estimate water – holding capacity in post - rigor porcine muscle. *Meat Science* 18: 307.
- Kauffman, R., Cassen, R., Scherer, A. & Meeker, D. 1992.** Variations in pork quality. National Pork Producers Council. Des Moines. Iowa.
- Kauffman, R., Sybesma, W., Smulder, F., Eikelenboom, G., Engel, B., van Laak, R., Hoving – Bolink, A., Sterrenburg, P., Norheim, E., Wlastra, P. & Van der Wal, P. 1993.** The effectiveness of examining early post – mortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Science* 34: 283.
- van Laack, R., Kauffman, R., Polidori, P. 1995.** Evaluating pork carcasses for quality. *Proc. Natl. Swine Improv. Fed. Annual Meeting. Proc. North Carolina State Univ.* <http://mark.ncsu.edu>.
- Lee, S., Norman, J. M., Gunasekaran S., van Laack, RLJM, Kim, B. C., Kauffman, R.G. 2000.** Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. *Meat Science* 55 (4) 385-389.
- Maddock, R. 2000.** Pork Quality Issues- *Meat Science* at Texas A&M University. <http://meat.tamu.edu>.
- McKeith, F. K., Ellis, M., Carr, T.R. 1995.** The pork quality challenge. Conferencia extraída de la página Web de la Illinois Univ. <http://www.aces.uiuc.edu>.
- Mitchell, G. and Heffron, J. 1982.** Porcine Stress Syndromes. *Adv. Food Res.* 28 167.

- Pfutzner, H., Fialik, E., Krause, E., Kleibel, A. & Hopferwieser, W. 1981.** Routine detection of PSE muscle by dielectric measurement. Proceedings of the 27th European meeting of meat research workers. (pp 50 - 53). Viena. Austria. En Lee et. al. 2000. Meat Science 55 (2000) 385 - 389.
- Prandl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H. 1994.** Tecnología e Higiene de la Carne. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Price J. F., Schweigert B. S. 1994.** Ciencia de la carne y los productos cárnicos. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- SAS Institute 1998.** StatView users guide. SAS Institute 1998.
- Schmitten, F., Schepers, K., Jungst, H., Reul, U. and Festerling, A. 1984.** Meat quality in the pig: Experiments in determining it. Fleischwirtschaft, 64, 1238 - 1242.
- Schmitten, F., Schepers, K. and Festerling, A. 1987.** Evaluation of meat quality by measurements of electrical conductivity. In Eikelenboom, P. et al. Evaluation and control of meat quality in pigs (pp. 191 - 200). Dordrecht: Martinus Nijhooff.
- Swatland, H. 1980.** Postmortem changes in electrical capacitance and resistivity of pork. J. Anim. Sci., 50: 1108 - 1112.
- Warris, P. D., Brown, S. N., Adams, S. J. M. 1991.** Use of the Tecpro pork quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. Meat-Science 30 (2) 147-156.
- Whitman, T. A., Forrest, J. C., Morgan, M. T., Okos, M. R. 1996.** Electrical measurement for detecting early postmortem changes in porcine muscle. J. Anim. Sci. 74 (1) 80-90.