

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**OXIDACIÓN LIPÍDICA Y PROTEICA DE CARNE DE CERDOS  
PAMPA ROCHA PRODUCIDOS SOBRE PASTURAS**

**por**

**Cecilia CARBALLO SÁNCHEZ**

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título  
de *Magister* en Ciencias Agrarias  
opción Ciencia Animal

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
Setiembre 2013**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Ing. Agr. Roberto Bauzá Msc., la Dra. María Salhi, la Ing. Agr. María Jesús Marichal Msc. y el Dr. Alí Saadoun el 10 de setiembre de 2013.

Autora: Ing. Agr. Cecilia Carballo

Directora: Dra. Cristina Cabrera

## TABLA DE CONTENIDO

	página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
RESUMEN.....	V
SUMMARY.....	VI
<b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
<u>1.1.1 La carne y su contenido graso</u> .....	2
<u>1.1.2 El proceso de maduración y la estabilidad oxidativa....</u>	3
<u>1.1.3 La oxidación lipídica.....</u>	3
<u>1.1.4 La oxidación proteica.....</u>	4
<u>1.1.5 Factores que afectan la estabilidad oxidativa de la carne.....</u>	5
1.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	8
<u>1.2.1 Hipótesis.....</u>	8
<u>1.2.2 Objetivos.....</u>	8
1.2.2.1 Objetivo general.....	8
1.2.2.2 Objetivos específicos.....	8
<b><u>2. MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....	<b>9</b>
2.1 ANIMALES Y MUESTRAS DE CARNE.....	9
2.2 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS.....	11
<u>2.2.1 Parámetros de calidad de carne.....</u>	11
<u>2.2.2 Oxidación lipídica y proteica.....</u>	12
2.2.2.1 Cuantificación de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico.....	12
2.2.2.2 Cuantificación de carbonilos proteicos.....	13
2.2.2.3 Determinación de la concentración proteica..	13
2.3 ANÁLISIS EN PASTURAS Y CONCENTRADO.....	14
<u>2.3.1 Contenido de polifenoles en las pasturas.....</u>	14
<u>2.3.2 Análisis químico de la ración balanceada</u>	14
2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	14
<b><u>3. RESULTADOS</u></b> .....	<b>15</b>
3.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE CARNE.....	15
<u>3.1.1 Cinética del pH <i>post mortem</i>.....</u>	15

<u>3.1.2 Color</u> .....	16
<u>3.1.3 Pérdida de agua</u> .....	19
<u>3.1.4 Espesor de grasa dorsal</u> .....	20
3.2 OXIDACIÓN LIPÍDICA.....	20
3.3 OXIDACIÓN PROTEICA.....	22
3.4 CONTENIDO DE POLIFENOLES EN LAS PASTURAS.....	25
<u>4. DISCUSIÓN</u> .....	26
4.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE CARNE.....	26
<u>4.1.1 Cinética del pH <i>post mortem</i></u> .....	26
<u>4.1.2 Color</u> .....	28
<u>4.1.3 Pérdida de agua</u> .....	30
<u>4.1.4 Espesor de grasa dorsal</u> .....	31
4.2 OXIDACIÓN LIPÍDICA Y PROTEICA.....	32
4.3 CONTENIDO DE POLIFENOLES EN LAS PASTURAS.....	34
<u>5. CONCLUSIONES</u> .....	36
<u>6. BIBLIOGRAFÍA</u> .....	37

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la carne fresca y madurada de cerdos Pampa Rocha en pureza racial y en cruzamientos, en relación a los parámetros tecnológicos (pH, color y pérdida de agua) y a la oxidación lipídica y proteica en los músculos *Longissimus dorsi* (LD) y *Psoas major* (PM). Se utilizaron 24 cerdos machos (castrados) de  $88,94 \pm 9,66$  kg de peso vivo, de líneas de tipo rústico: 8 Pampa Rocha (PP), 8 cruza Pampa Rocha x Duroc (HDP) y 8 cruza Pampa Rocha x Large White (HLP), todos provenientes de un sistema de producción a campo, alimentados con ración balanceada y acceso permanente a pasturas. A las 24 horas *post mortem*, previo período de enfriado a temperatura de 1-2 °C, cada músculo se dividió en dos partes iguales, una se congeló inmediatamente a -30 °C y la otra se hizo madurar a 2 °C bajo vacío durante siete días. Los efectos principales de los tipos genéticos, del músculo y del proceso y sus interacciones sobre las variables estudiadas se analizaron por el procedimiento GLM del NCSS (2007). El pH último no fue afectado por el genotipo ni por el tipo de músculo (5,60). La carne de cerdos PP fue más oscura (menor L\*,  $p < 0,01$ ) y la de animales HLP fue más roja (mayor a\*,  $p < 0,01$ ) y más amarilla (mayor b\*,  $p < 0,01$ ). El PM fue más oscuro ( $p < 0,01$ ) y más rojo ( $p < 0,01$ ) que LD y no se encontró efecto de la maduración ( $p > 0,05$ ) para ninguno de los parámetros de color evaluados. El efecto del genotipo en la pérdida de agua fue observado solamente en carne fresca ( $p < 0,01$ ), presentando los animales HDP las mayores pérdidas de agua (3,02% y 3,10% a las 24 h y 5 días respectivamente). La carne madurada presentó menor pérdida de agua que la fresca ( $p < 0,01$ ) a las 24 h (mad: 1,74 %, fres: 2,68%) y al 5to día (mad: 3,97 %, fres: 6,13 %). Los valores más altos de oxidación lipídica se observaron en muestras provenientes de animales HDP (0,42 mgMDA/kg carne) y los más bajos en HLP (0,31 mgMDA/kg carne), en tanto que la oxidación proteica fue mayor en HLP (0,28 nmolesDNPH/mg proteína). La utilización de cruzamientos parece influenciar las características oxidativas de lípidos y proteínas de la carne, no así la maduración, tal vez asociado a la inclusión de pasturas en la dieta.

**Palabras clave:** cerdos, oxidación lipídica, oxidación proteica, cerdos al aire libre.

## SUMMARY

### **Lipid and Protein Oxidation in Meat from Pampa Rocha Pigs Reared in Outdoor System**

The objective of this study was characterizing fresh and aged meat of pure Pampa Rocha pigs and crossing, in relation to technological parameters (pH, color, drip loss) and the lipid and protein oxidation, in the *Longissimus dorsi* (LD) and *Psoas major* (PM) muscles. 24 male and castrated pigs were used, the weight of the pigs was  $88.94 \pm 9.66$  kg, and genotypes used were: 8 Pampa Rocha (PP), 8 Pampa Rocha x Duroc (HDP) and 8 Pampa Rocha x Large White (HLP). All pigs from an outdoor production system, fed with a balanced concentrate and permanent access to pasture. Each muscle was divided in two pieces at 24 hours *post mortem*. One of them was immediately frozen at  $-30$  °C, and the other was vacuum packaged and aged during 7 days at  $2$  °C. Main effects of genetic types, muscles and aged and their interactions on the studied variables were analyzed by the GLM procedure of NCSS (2007). Final pH was not affected by the genetic type or the type of muscle (5.60). Meat from PP pigs was darkest (less L\*,  $p < 0.01$ ) and meat from HLP animals was redder (higher a\*,  $p < 0.01$ ) and more yellow (higher b\*,  $p < 0.01$ ). PM was darker ( $p < 0.01$ ) and redder ( $p < 0.01$ ) than LD and ageing's effects was not observed ( $p > 0.05$ ) for any of the evaluated color parameters. Genotype effect was observed in fresh meat only ( $p < 0.01$ ), HDP showed the greatest drip loss values (3.02 % and 3.10 % at 24 h and 5 days respectively). Aged meat showed lower drip loss than fresh meat ( $p < 0.01$ ) at 24 h (aged: 1.74 %, fresh: 2.68 %) and at 5<sup>th</sup> day (aged: 3.97 %, fresh: 6.13 %). Highest values of lipid oxidation were observed in samples from HDP animals (0.42 mgMDA/kg carne) and the lowest values from HLP (0.31 mgMDA/kg meat). Protein oxidation was highest in HLP samples (0.28 nmolDNPH/mg protein). The use of crosses appear to influence the oxidative lipid and protein meat characteristics, so no ageing, maybe associated with the inclusion of pasture feeding.

**Keywords:** Pork, Lipid oxidation, Protein oxidation, Pigs's outdoor production.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La carne de cerdo es la más consumida a nivel mundial, reportándose para el año 2012 un valor de 104 millones de toneladas (notablemente superior al de la carne bovina con 57 millones de toneladas), manteniéndose la tendencia creciente de los últimos años en el consumo (2 % más que en 2011, USDA 2012). China y la UE son los principales consumidores (52 y 20 millones de toneladas anuales respectivamente; USDA 2012) y presentan además los mayores consumos *per cápita* (44 y 39 kg respectivamente; MGAP-OPYPA, 2011).

En nuestro país, el consumo anual aparente<sup>1</sup> de carne porcina por habitante se estimó en unos 14 kg durante el 2012, lo que implicaría un aumento del orden del 17 % respecto al 2011 (INAC, BCU, citados por MGAP-OPYPA, 2012), representando un récord de consumo de esta carne en nuestro país. Al respecto cabe resaltar que este incremento está basado en un importante aumento del consumo de carne fresca (que representa cerca del 35 % de lo consumido), impulsado fundamentalmente por un abaratamiento respecto a la carne vacuna. La creciente demanda es abastecida por un aumento en la producción de cerdos y en particular por el aumento en las importaciones (MGAP-OPYPA, 2012).

El 90 % de la carne de cerdo consumida mundialmente proviene de animales producidos en sistemas intensivos y en condiciones de confinamiento (Dieguez, 1992), cada vez más cuestionados por los consumidores debido a que no atienden aspectos relacionados al bienestar animal (Cabana 2010, Ngapo *et al.* 2003). Este tema ha tomado un interés creciente en los últimos años y trae asociado un aumento en la demanda de carne producida en sistemas que contemplen el bienestar de los animales y el bajo impacto ambiental (Sundrum 2001, Armah & Kennedy 2000). Por otra parte, los resultados obtenidos por Ngapo *et al.* (2003) muestran una importante falta de información entre los consumidores respecto a estos temas, que afectarían la decisión a la hora de comprar carne de cerdo, y que por lo tanto podrían representar una puerta de oportunidades para desarrollar productos con mayor valor agregado por el sistema de producción de origen (Cervieri *et al.*, 2010).

La diferenciación de productos porcinos es un área poco explotada, siendo el ejemplo más conocido el caso del cerdo Ibérico (González *et al.*, 2001), el cual asocia un sistema de producción aceptado por el consumidor, a la utilización de un genotipo local adaptado, que lo diferencia aún más de los productos obtenidos a partir de híbridos comerciales o razas seleccionadas para la producción intensiva. Es así que el sistema de producción al aire libre y a partir de tipos raciales diferentes al híbrido comercial es un modelo de interés por sus mejores condiciones de bienestar animal y por la posibilidad de obtener un producto diferenciado por el proceso de producción.

### **1.1.1 La carne y su contenido graso**

Los productos cárnicos constituyen una parte importante de la dieta humana y representan (músculo + tejido adiposo) la mayor fuente de ácidos grasos (Enser *et al.* 2000), existiendo una estrecha relación entre estos y el tenor de colesterol en sangre, que contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes y ciertos tipos de cáncer (Bhattacharya *et al.* 2006, Blankson *et al.* 2000). Las recomendaciones nutricionales se basan en fomentar el consumo de carnes con bajo contenido de ácidos grasos saturados (Buckley *et al.*, 1995) y una relación n6/n3 baja, elevando la demanda por productos que cumplan con estas características (Howe *et al.* 2006, Ollis *et al.* 1999). En consecuencia existe un interés creciente por modificar la composición de ácidos grasos de la carne a niveles más favorables para los humanos (Wood *et al.*, 1999).

Por otro lado, elevados tenores de grasas insaturadas acarrearán problemas tanto a nivel sensorial como tecnológico en procesos industriales, ya que provocan texturas de la grasa demasiado fluidas y poco consistentes, dando lugar a piezas blandas y aceitosas, limitadas tecnológicamente por problemas de inestabilidad y con escasa aceptabilidad por parte del consumidor (Echenique y Capra 2007, Grompone *et al.* 2006, Enser *et al.* 2000). Una vida útil y prolongada de la carne es una cualidad muy apreciada tanto por el comerciante y distribuidor, como por el consumidor; siendo la acción microbiológica, el deterioro del color y la oxidación los principales responsables de la disminución de la misma (Barana *et al.* 2011, Boler *et al.* 2009, Resconi *et al.* 2007).



### **1.1.2 El proceso de maduración y la estabilidad oxidativa**

Después del sacrificio, el músculo sufre una serie de transformaciones bioquímicas conocidas globalmente bajo el término de *maduración* y que afectan a la estructura de las miofibrillas dando como resultado una mayor terneza de la carne; se pueden producir también modificaciones en el estado químico de la mioglobina, que alteran el color de la misma. El tiempo de maduración es un componente fundamental en el desarrollo de los precursores del flavor a partir de los compuestos de base (lípidos y proteínas). Existe un ablandamiento de la carne conforme esta fase se prolonga, atribuido a la acción del complejo de enzimas e inhibidores (calpaína-calpastatina) y en menor grado a las catepsinas (Boakye, 1993), que a su vez dependerá del sistema de producción, alimentación, tipo genético y temperatura durante la fase de *rigor mortis* (Huff & Lonergan, 2005).

Durante este proceso se produce el deterioro oxidativo de la carne, que presenta dos aspectos, la oxidación de los lípidos y de las proteínas, que se manifiesta en alteración de parámetros tales como el color, sabor, aroma, textura, pH y pérdida de agua, y desencadena en la pérdida de calidad organoléptica de la misma (Boler *et al.* 2009, Descalzo & Sancho 2008, Campo *et al.* 2006). El mayor factor no microbiano responsable del deterioro en la calidad de los alimentos cárnicos es la oxidación (Descalzo *et al.*, 2005), por lo que representa un área de estudio de interés.

### **1.1.3 La oxidación lipídica**

La oxidación lipídica en el músculo comienza en los fosfolípidos altamente insaturados de la membrana subcelular (Buckley *et al.*, 1995). Ciertas sustancias químicas conocidas como radicales libres, que tienen una gran reactividad biológica por tener uno o más electrones desapareados, sustraen un hidrógeno de un ácido graso, generalmente vecino a una insaturación o doble enlace. De esta forma el radical libre se estabiliza y el ácido graso se convierte en un radical lipídico. Si se está en presencia de O<sub>2</sub>, esta molécula es adicionada al radical lipídico, formando un radical lipoperoxi. Este último radical buscará estabilizarse, sustrayendo un hidrógeno a un ácido graso vecino, formándose de esta manera un lipohidroperóxido (LOOH) y un nuevo radical lipídico.

Lo anterior genera una reacción cíclica o en cadena, que va a producir una oxidación progresiva de las grasas presentes en la carne. Finalmente los LOOH producidos son rápidamente descompuestos en aldehídos y otras sustancias de descomposición de las grasas (Fellemborg, 2008). Como resultado de este proceso se puede producir la aparición de aromas y sabores poco deseables a lo largo de la maduración ( Boler *et al.* 2009, Descalzo & Sancho 2008, Campo *et al.* 2006).

El proceso de peroxidación autocatalítica comienza inmediatamente después de la faena. Los cambios bioquímicos que acompañan el metabolismo posfaena y la maduración *post mortem* en la transformación del músculo a carne dan lugar a condiciones donde el balance entre los factores prooxidantes/capacidad antioxidante favorece la oxidación. La magnitud y duración del proceso de oxidación es también afectado por eventos ocurridos previos a la faena e inmediatamente luego de la misma, como el estrés, pH, temperatura de la carcasa y técnicas de estimulación (eléctrica por ejemplo), ya que comprometen las defensas antioxidantes del músculo, favoreciendo los procesos oxidativos (Luciano *et al.*, 2009).

Sumado a esto, la ruptura de la integridad de las membranas musculares a través del desosado, procesado y reestructuración facilitan la interacción de los prooxidantes con los ácidos grasos insaturados, resultando en la generación de radicales libres y propagación de la reacción oxidativa (Luciano *et al.* 2009, Buckley *et al.* 1995).

#### **1.1.4 La oxidación proteica**

La oxidación proteica se presenta como un proceso similar a la lipídica y afecta fundamentalmente a aminoácidos con cadenas laterales reactivas. Como consecuencia se generan derivados del carbonilo y polimerización de proteínas. Esto se asocia a la pérdida de funcionalidad de las mismas, incrementando la pérdida de agua, disminuyendo la formación de geles, afectando además la calidad sensorial de la carne como la textura, ternura y color (Descalzo & Sancho 2008, Ventanas *et al.* 2006).

Los radicales libres generados durante la oxidación lipídica, sumado a la presencia de metales de transición, promueven la acumulación de proteínas oxidadas, siendo probable que los péptidos activos de la carne pierdan la funcionalidad debido a

este proceso. La carne con alta oxidación lipídica muestra generalmente oxidación proteica, con formación de metamioglobina, ocurriendo ambos procesos simultáneamente (Descalzo & Sancho, 2008).

### **1.1.5 Factores que afectan la estabilidad oxidativa de la carne**

El contenido de ácidos grasos poliinsaturados es el factor más importante en la determinación de la estabilidad oxidativa de los lípidos (Barana *et al.* 2011, Buckley *et al.* 1995). En el cerdo la composición corporal depende principalmente de la tasa de acumulación de tejido adiposo (2 % de proteína, 8-12 % de agua), que conforme avanza en edad, se hace cada vez más importante (EMBRAPA, 1998).

La constante selección genética volcada hacia la producción de animales de rápido crecimiento y con menor contenido de grasa intramuscular, ha llevado a la aparición de problemas de calidad sensorial en la carne, asociados fundamentalmente a la terneza; este problema se hace evidente cuando el contenido de grasa intramuscular no supera el 1,2 % (Channon *et al.*, 2004). Hernández *et al.* (2004) y Estévez *et al.* (2003) confirmaron el efecto del genotipo en el contenido de grasa intramuscular en *Longissimus dorsi* (LD) al comparar animales Pietrain, Large White, Landrace, Ibérico x Duroc e Ibérico; encontrando un mayor contenido de grasa intramuscular en genotipos ibéricos (puros y cruza con Duroc, 2,5-3 %) que en animales de razas comerciales (1,2-1,4 %).

Otra consecuencia de la selección fue el incremento de la sensibilidad de los cerdos al estrés, siendo éstos más afectados por el manejo y el medio ambiente, presentando un deterioro en la calidad de la carne y dando lugar a la presencia de carnes PSE (pale, soft, exudative) y DFD (dark, firm, dry). El fenómeno PSE es causado por factores genéticos y de manejo *ante mortem* que alteran el comportamiento del animal y causan un rápido descenso del pH de la carne; mientras que la presencia de músculo DFD es una consecuencia del estrés prolongado, debido a que se agotan las reservas de glucógeno muscular en el animal vivo y se presenta un metabolismo anormal del músculo dando un pH mayor a 6,4 (Alarcón *et al.*, 2005).

Por otro lado, la defensa más importante del músculo contra la oxidación son las enzimas glutatión peroxidasa (GPx), catalasa (CAT), y superóxido dimutasa (SOD). La

actividad de estas enzimas puede variar entre los genotipos rústicos y comerciales, siendo mayor la actividad de la Cat y SOD en los primeros (Hernández *et al.*, 2004), pudiendo indicar que existe un componente genético en la actividad oxidativa muscular. A su vez, el contenido de pigmentos heme y hierro hemínico también es mayor en genotipos de cerdos rústicos como el Ibérico, jugando un rol importante la edad y el ejercicio físico (Estévez *et al.*, 2003), ambos factores altamente relacionados al sistema de producción, el que a su vez estará fuertemente vinculado al tipo de alimentación (extremadamente variable en los sistemas de producción porcina). El tipo de alimento utilizado no solo afectará el crecimiento de los animales (y su edad a la faena), sino que además condicionará por un lado la deposición de grasa (cantidad y características de la misma) y por otro lado la posibilidad de incluir en la dieta algunos elementos que mejoren la estabilidad oxidativa de la carne.

En este sentido, el contenido de agentes antioxidantes (sintéticos o naturales) puede detener o disminuir los procesos oxidativos debido a que tienen la facilidad de ceder un átomo de hidrógeno, lo que les permite estabilizar a los radicales libres sin desestabilizarse ellos, deteniendo la reacción en cadena (Felleberg, 2008). En tiempos recientes, debido a la resistencia por el uso de antioxidantes sintéticos (por su relación con la incidencia de diferentes enfermedades), aparece el interés por investigar las propiedades de antioxidantes naturales, como la vitamina E, ácido ascórbico,  $\beta$  carotenos, glutatión, etc., contenidos muchos de ellos en plantas (Barana *et al.* 2011, Choe *et al.* 2011, Lara *et al.* 2011, Lee *et al.* 2010, Boler *et al.* 2009, Núñez *et al.* 2008, Carpenter *et al.* 2007, Nissen *et al.* 2004, Buckley *et al.* 1995). Varios autores han confirmado que la carne producida sobre pasturas presenta una mayor actividad antioxidante en comparación con aquella producida en base a granos (Descalzo & Sancho 2008, Insani *et al.* 2008, Neves *et al.* 2007, Mercier *et al.* 2004). A su vez, la actividad de la SOD en ganado alimentado con pasturas es mayor que en los alimentados con granos, encontrándose una correlación positiva entre la actividad de la SOD y el contenido de  $\alpha$ -tocoferol aportado por las pasturas (Descalzo & Sancho 2008, Gatellier *et al.* 2004).

Si bien el contenido de lípidos totales de los forrajes es variable (4-12 % de MS), su composición en ácidos grasos está caracterizada por un porcentaje elevado de ácidos grasos poliinsaturados (principalmente linolénico C18:3 n3 y linoléico C18:2 n2), lo

que podría promover una mayor oxidación de la carne (Boler *et al.*, 2009). Se han reportado varios trabajos que confirman el aumento de la cantidad de ácidos grasos insaturados al incorporar forrajes en la dieta de distintas especies animales (Moisá *et al.* 2007, Fredriksson & Pickova 2007, Basso *et al.* 2007, Descalzo *et al.* 2005, French *et al.* 2000, Lebret & Mourot, 1998).

En respuesta a la composición de las pasturas, la presencia de C18:1, C18:2 y C18:3 (n-3) se incrementa en estos animales, en cambio el ácido linoleico (C18:2, n-6) es menor (Basso *et al.* 2007, Moisá *et al.* 2007), produciendo una disminución en la relación n6:n3 y por lo tanto una carne más saludable (Basso *et al.* 2007, Moisá *et al.* 2007, Lebret & Mourot 1998).

Por último, varios estudios han demostrado que el estatus antioxidante de la carne varía entre los diferentes músculos de un mismo animal (Mielnik *et al.* 2011, Descalzo & Sancho 2008, Daun & Akesson 2004, Gatellier *et al.* 2004). Mientras que los músculos más oxidativos tienen más mitocondrias y un mayor contenido de mioglobina que los más glicolíticos, ya que utilizan fundamentalmente ácidos grasos como sustrato y tienen una baja actividad de ATPasa y fosforilasa, los más glicolíticos usan fundamentalmente glucógeno como fuente de energía y tienen mayor actividad de las enzimas mencionadas (Daun & Akesson, 2004).

Según Renner *et al.* (1996) los primeros muestran mayor actividad de las enzimas antioxidantes como la GPx, la SOD y la CAT, siendo confirmado por Daun & Akesson (2004) quienes observaron una mayor actividad de la GPx en los músculos más oxidativos de pollo, pato, cordero y pavo que en los más glicolíticos de las mismas especies.

Se podría pensar que los músculos con un alto contenido de enzimas antioxidantes podrían ser más estables a la oxidación lipídica, pero algunos estudios han demostrado que en realidad son más propensos a la oxidación, debido a su elevado contenido de grasa y hierro, lo cual puede promover la oxidación y/o actuar como prooxidantes (Lee *et al.* 1996).

Teniendo en cuenta los antecedentes presentados y el interés de desarrollar productos diferenciados que contemplen el sistema de producción, con condiciones al

aire libre, inclusión de pasturas, espacio y tipos genéticos de cerdos más rústicos, se propone caracterizar la carne producida en estas condiciones, desde el punto de vista oxidativo, incorporando además un ciclo productivo más corto respecto a lo que predomina en el país. Considerando además, variaciones debidas a cruza con tipos genéticos con mejores características para el engorde, así como la variación inducida por el tipo de músculo en estas respuestas.

## **1.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **1.2.1 Hipótesis**

A partir de los antecedentes encontrados, se ha planteado la siguiente hipótesis:

*“La calidad tecnológica y la estabilidad oxidativa de la carne de cerdos criados en un sistema al aire libre con inclusión de pasturas podrían estar influidas por los genotipos (siendo mejor en los rústicos), el tipo de músculo y el proceso de maduración.”*

### **1.2.2 Objetivos**

#### **1.2.2.1 Objetivo general**

Caracterizar la carne de los cerdos Pampa Rocha en pureza racial y en cruzamientos, a 180 días de edad, en un sistema de cría al aire libre en relación a los parámetros tecnológicos (pH, color y pérdida de agua) y a la oxidación lipídica y proteica en carne fresca y madurada de dos músculos.

#### **1.2.2.2 Objetivos específicos**

- a. Determinar la variación de los atributos físicos y nutricionales en dos músculos (*Longissimus dorsi* y *Psoas major*) en fresco y su variación con la maduración, a través de la determinación de la pérdida de agua, color y pH.
- b. Determinar el deterioro oxidativo de lípidos y proteínas de la carne fresca, y su variación con la maduración, cuantificando los productos secundarios de la oxidación lipídica y proteica a través de las especies reactivas al ácido tiobarbitúrico y carbonilos proteicos en dos músculos (*Longissimus dorsi* y *Psoas major*).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 ANIMALES Y MUESTRAS DE CARNE

Se utilizaron 24 cerdos machos (castrados) de líneas de tipo rústico: 8 Pampa Rocha (PP), 8 cruza Pampa Rocha x Duroc (HDP) y 8 cruza Pampa Rocha x Large White (HLP), todos provenientes de un sistema de producción a campo o al “aire libre”. La edad promedio de faena fue  $193,12 \pm 12,04$ ;  $184,75 \pm 9,72$  y  $190,87 \pm 10,84$  días para PP, HDP y HLP respectivamente. El peso promedio a la faena fue  $87,19 \pm 6,10$ ;  $89,75 \pm 13,51$  y  $89,87 \pm 9,05$  kg para PP, HDP y HLP respectivamente.



**Figura 1:** Cerdo Pampa Rocha (izq.), Pampa Rocha x Duroc (cen.) y Pampa Rocha x Large White (der.).

Durante el período de crecimiento-engorde se mantuvieron alojados en refugios de campo, instalados en potreros de  $1500 \text{ m}^2$ , contando además con bebederos automáticos para el suministro de agua y comederos grupales tipo batea (un comedero cada tres animales). Se manejaron tres lotes de ocho animales cada uno, considerando que los tres tipos genéticos estuvieran presentes en cada lote. A su vez, para mejorar la oferta y persistencia de la pastura se realizó un manejo en franjas de pastoreo de  $300 \text{ m}^2$ , asingando una por lote y retirando los animales en función del estado de la pastura.

La alimentación de los animales se basó en la oferta de ración balanceada y el libre acceso al pastoreo de una pradera de primer año compuesta de achicoria (*Cichorium intybus*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y raigrás (*Lolium multiflorum*). La oferta de ración fue corregida semanalmente según el peso vivo (PV) de los animales, considerando la siguiente fórmula de consumo máximo voluntario, estimado como la cantidad de concentrado necesario para cubrir cuatro veces la energía de requerida para mantenimiento. En este caso además se consideró una restricción del 15 % de la oferta para incentivar el consumo de pastura:

$$(PV^{0,75} \times 110 \times 4 / 3200) \times 0,85$$

Para realizar la corrección de la oferta de concentrado los animales fueron pesados de forma individual cada 15 días, asumiendo igual tasa de crecimiento diario para el período comprendido entre dos pesadas.

MS %	86,44**
PC (%)	14,0*, **
EB (Mcal/Kg)	3,9**
EM (Mcal/Kg)	3,1*
FC (%)	4,5*
FDN (%)	17,8**
FDA (%)	6,1**
EE (%)	2,2**
Cenizas (%)	3,9**
Ca (%)	0,7*
P disp. (%)	0,3*
Lis (%)	0,7*
Met (%)	0,3*

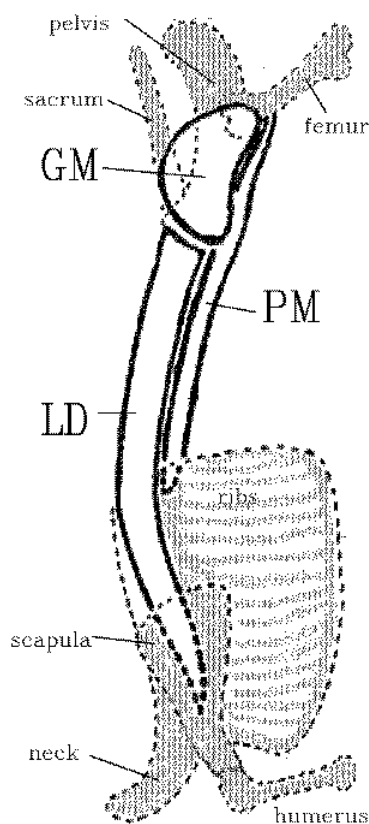
**Tabla 1:** Características de la ración balanceada (bf)

\* Valores proporcionados por el laboratorio de análisis de la planta elaboradora.

\*\* Valores proporcionados por el Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Facultad e Agronomía.

A peso de sacrificio los animales se transportaron en condiciones adecuadas hasta la planta frigorífica donde se sacrificaron de acuerdo a la normativa para planta de faena autorizada. Inmediatamente los músculos *Longissimus dorsi* (LD) a la altura de la 10ª a 12ª costilla y el *Psoas major* (PM) se removieron de las carcasas y se trasladaron hasta el Laboratorio en condiciones adecuadas.





**Figura 2:** Ubicación de los músculos *Longissimus dorsi* (LD) y *Psoas mayor* (PM) en el cerdo.

A las 24 horas *post mortem*, previo período de enfriado a temperatura de 1-2 °C, cada músculo se dividió en dos partes iguales, una se congeló inmediatamente a -30 °C y la otra se hizo madurar a 2 °C bajo vacío durante siete días. Posteriormente se almacenaron a -30 °C hasta el momento de análisis.

## **2.2 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS**

### **2.2.1 Parámetros de calidad de carne**

Se determinó el pH (con un pHmetro de penetración Lutron) a los 45, 60, 90 minutos y 24hs *post mortem* para conformar la cinética de bajada en un período de 24 horas. Para ello se realizó una hendidura en la carne en la que se introdujo el electrodo, enjuagándose entre las medidas con agua destilada.

La pérdida de agua (drip loss) se evaluó según el método de Honikel (1998). A las 24 horas *post mortem*, se extrajo un trozo de carne de cada músculo en el sentido de la fibra y se colocó en bolsa de nylon cerrada durante 24 horas a 2-4 °C. Cumplido el tiempo se pesó nuevamente y por diferencia de peso se obtuvo la pérdida de peso en porcentaje. Al quinto día los trozos de carne se pesaron nuevamente para obtener una nueva pérdida de peso durante un período mayor (% respecto al peso inicial de la muestra).

Se realizaron medidas del color de los dos músculos utilizando una cámara Minolta CR-10 con iluminante estándar D, en los músculos en fresco y madurados. El valor de L\* (luminosidad), el valor de a\* (rojizo) y el valor de b\* (amarillento) se determinó a partir de tres lecturas en la superficie de cada músculo (CIE -*Commission Internationale d'Eclairage*-1976). A partir de los valores de L\*, a\* y b\* se calcularon los valores de C\* (croma) y h (hue).

### **2.2.2 Oxidación lipídica y proteica**

En las muestras de carne de los dos músculos *Longissimus dorsi* y *Psoas major*, se determinaron las especies reactivas al ácido tiobarbitúrico por el método de Lynch & Frei (1993) y los carbonilos proteicos según método de Mercier *et al.* (2004), ambas metodologías con la adaptación realizada por Terevinto *et al.* (2010). Ambos estudios se realizaron en la carne fresca y madurada.

#### **2.2.2.1 Cuantificación de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico**

Se siguió el método de Terevinto *et al.* (2010). Se homogeneizaron 5 g aproximadamente de cada muestra de músculo con 100 ml de un buffer de extracción (KCl 0,15 M, EDTA 0,02 M, BHT 0,30 M) durante 1 min a 12000 rpm en un Virtis 45. Se extrajeron 8 ml del homogeneizado de cada muestra para la determinación del nivel de oxidación proteica realizada al día siguiente que se congelaron. Para el test de TBARS se extrajeron 5 ml de cada homogeneizado, se centrifugaron a 2000 g durante 10 min y luego se extrajo 1 ml del sobrenadante al cual se le agregó 1 ml de la mezcla TBA-TCA (TBA 35 mM, TCA 10% en HCl 125 mM). Se preparó un blanco con el buffer de extracción y se sometió al mismo procedimiento que las muestras. Las muestras y el blanco se colocaron en ebullición durante 30 min, luego en hielo durante 5 min para frenar la reacción y a temperatura ambiente durante 45 min. Se agregaron 2 ml

de n-butanol, se centrifugaron a 3000 g durante 10 min y se midió la absorbancia del sobrenadante en un espectrofotómetro (Genesys-6) a 535 nm de longitud de onda. Se calculó la concentración del MDA de las muestras utilizando su coeficiente de extinción molar ( $156000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) y los resultados se expresaron en mg de MDA/ kg carne.

### **2.2.2.2 Cuantificación de carbonilos proteicos**

Se siguió el método de Terevinto *et al.* (2010). Se descongelaron las muestras homogeneizadas el día anterior y se extrajeron 2 ml para el blanco y 2 ml de cada muestra. Se centrifugaron a 2000 g por 10 min, se agregaron 2 ml de HCl 2 M al blanco y 2 ml de DNPH 20 mM disuelto en HCl 2 M a las muestras. Se incubaron a temperatura ambiente durante 1 hora vortexeando cada 10 min. Se agregaron 2 ml de TCA 20%, y se dejaron reposar durante 15 min vortexeando cada 5 min. Luego se centrifugaron a 2000 g por 10 min y se eliminó el sobrenadante. Se lavó el pellet 3 veces con 4 ml de etanol:acetato de etilo (1:1) centrifugando luego de cada lavado para eliminar trazas de DNPH. Luego se disolvió el pellet con 6 ml de guanidina en  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  20 mM y se incubaron a temperatura ambiente durante 15 min vortexeando cada 5 min. Luego se centrifugaron a 2400 g por 10 min y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro (Genesys-6) a 370 nm de longitud de onda. La concentración de DNPH de las muestras se calculó utilizando su coeficiente de extinción molar ( $22000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) y los resultados se expresaron en nmoles de DNPH/mg proteína.

### **2.2.2.3 Determinación de la concentración proteica**

La concentración de proteínas se determinó por el método descrito por Stoscheck (1990) y Terevinto *et al* (2010). Se realizó una curva estándar a partir de una solución madre de 10 mg/ml de BSA (Sigma). Cada punto de la curva se realizó por triplicado midiendo la absorbancia a una longitud de onda de 280 nm. Se graficó la absorbancia (densidad óptica) en función de la concentración de proteínas (en mg/ml). Las mediciones de absorbancias de las muestras se realizaron por duplicado y se extrapolaron sus concentraciones proteicas utilizando la curva estándar.

## **2.3 ANÁLISIS EN PASTURAS Y CONCENTRADO**

### **2.3.1 Contenido de polifenoles en las pasturas**

Previo a la faena, se realizó un muestreo de pasturas para conocer la composición botánica y se tomaron muestras para la extracción de polifenoles totales. La extracción de los polifenoles en Achicoria, Trebol Rojo y Raigrás se realizó colocando 2 g de muestra (molida) en 30 ml de etanol (al 70%) y utilizando ácido gálico como estándar.

El contenido total de polifenoles se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, colocando 125 µl de solución de la extracción, en 0,5 ml de agua desionizada y 125 µl de reactivo Folin. Esta solución se mantuvo 6 min en oscuridad, luego de lo cual se agregó 1,25 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (7%) y 1 ml de agua desionizada. Finalmente se dejó reposar en la oscuridad 90 min para luego medir la absorbancia a 760 nm. La cantidad de polifenoles totales se expresó en equivalentes de ácido gálico (mg Ác.Gál./100 g de muestra).

### **2.3.2 Análisis químico de la ración balanceada**

A lo largo del período de engorde se tomaron muestras de la ración ofrecida a los animales. Las características de esta ración fueron presentadas en el ítem correspondiente a *Animales y Muestras de Carne*.

## **2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

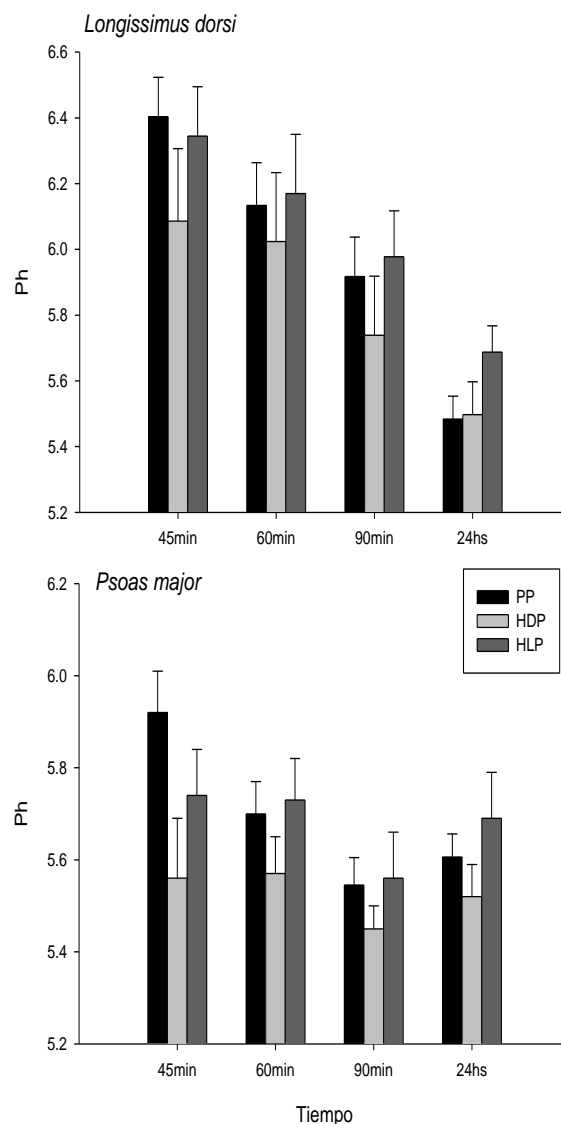
Los efectos principales de los tipos genéticos, del músculo y del proceso y sus interacciones sobre las variables estudiadas se analizaron por el procedimiento GLM del programa estadístico NCSS (Number Cruncher Statistical System, 2007). Los datos obtenidos de pérdida de agua, color L\*, a\*, b\* y oxidación lipídica y proteica se analizaron en un modelo que incluye como efecto fijo el tipo genético y la maduración para cada músculo. Cuando las interacciones fueron significativas se analizó dentro de cada tipo genético el efecto del proceso o del músculo a través de un Test de Student para muestras pareadas ( $p < 0,05$ ). Las comparaciones de a pares para las diferencias entre las medias se realizaron con una significancia de  $p < 0,05$  por el Test de Tukey-Kramer. Los datos de pH se analizaron como medidas repetidas en el tiempo durante 24 horas en función del tipo genético y del tipo de músculo.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE CARNE

##### 3.1.1 Cinética del pH *post mortem*

Al realizar el análisis de efectos principales, se observó que el tipo genético no influyó en los valores de pH ( $p > 0,05$ ), pero sí hubo efecto del músculo ( $p < 0,01$ ), siendo el pH promedio mayor para LD (5,95) que para PM (5,63).



Los datos se presentan como Medias  $\pm$  SEM.

Efectos principales: Genotipo: NS ( $p > 0,05$ )

Músculo ( $p < 0,01$ ); LD > PM

Datos analizados como medidas repetidas en el tiempo.

**Figura 3:** Cinética del pH en músculo *Longissimus dorsi* y *Psoas major* de Pampa Rocha (PP), Duroc x Pampa Rocha (HDP) y Large White x Pampa Rocha (HLP).

Para ninguno de los tiempos (45', 60', 90, 1 h) en que se midió el pH se observaron diferencias entre los genotipos. En cambio sí se observaron diferencias entre músculos en las tres primeras medidas, igualándose los pH de ambos músculos a las 24 h *post mortem*, por lo tanto el pH último de PM (5,60) fue igual al del LD (5,56). Los valores de pH presentados para 45', 60' y 90' fueron 6,27, 6,11 y 5,88 respectivamente para LD y 5,74, 5,66 y 5,52 para PM.

Como era de esperar los valores de pH fueron disminuyendo conforme avanzaba el tiempo *post mortem*.

### **3.1.2 Color**

*L\** (*luminosidad*): esta característica se vio afectada por el tipo genético ( $p < 0,01$ ) y por el tipo de músculo ( $p < 0,01$ ), siendo las muestras provenientes de cerdos PP más oscuras (menor  $L^*$ ) que las de HDP y HLP. Los valores encontrados fueron: 34,93, 36,51 y 36,37 para PP, HDP y HLP respectivamente. Por otra parte el PM fue más oscuro ( $p < 0,01$ ) que LD (35,05 y 36,83 respectivamente), no observándose diferencias entre muestras frescas y maduradas. El proceso de maduración mostró una fuerte interacción con el genotipo ( $p < 0,01$ ). Mientras que para animales HDP y PP las muestras frescas (37,70 y 36,59 respectivamente) mostraron mayor  $L^*$  que maduradas (35,33 y 33,27), en HLP ocurrió lo contrario (33,82 vs 38,92 respectivamente).

*a\** (*rojizo*): se observó efecto del genotipo ( $p < 0,01$ ) y músculo ( $p < 0,01$ ). La maduración no afectó los valores de  $a^*$  pero sí mostró una fuerte interacción con el genotipo. La carne de animales HDP fue menos roja (menor  $a^*$ ) que la de HLP (7,13 y 8,05 respectivamente); por otra parte el LD (7,0) mostró un  $a^*$  menor que el PM (8,30). En PP y HDP se obtuvieron menores valores de  $a^*$  para la carne fresca (6,70 y 5,99) que para madurada (8,56 y 8,27), mientras que en HLP se observó un valor de  $a^*$  menor para la carne madurada en comparación con la fresca (5,59 vs 10,51).

*b\** (*amarrillo*): el análisis estadístico mostró efecto del genotipo ( $p < 0,01$ ), pero no del músculo para esta característica. Los valores de  $b^*$  fueron mayores en muestras de animales HLP (26,90) que en PP (26,44) y HDP (26,04). No se observó efecto de la maduración, pero sí una interacción de ésta con el tipo de músculo ( $p < 0,01$ ). El valor de

b\* fue afectado por el proceso de maduración solamente en PM ( $p < 0,01$ ), en el cual las muestras maduras tuvieron un b\* menor (26,07) que las frescas (26,71).

*C\* (saturación)*: el valor de C\* fue afectado por el genotipo ( $p < 0,01$ ) pero no por el músculo. Las muestras de animales HLP mostraron un valor mayor (28,20) que las de PP y HDP (27,61 y 27,10 respectivamente). Si bien no se observó efecto de la maduración, existe interacción entre ésta y el genotipo ( $p < 0,01$ ) y con el músculo ( $p < 0,01$ ). El proceso de maduración tuvo efecto en el PM, en el cual las muestras frescas mostraron un C\* mayor que las maduras (28,15 vs 27,35). En cuanto a la interacción de la maduración con el genotipo, la carne fresca mostró mayores valores de C\* que la madurada en muestras PP y HLP, mientras que en HDP se observó lo contrario. Los valores obtenidos para fresco vs madurado fueron los siguientes: 27,54 vs 27,63; 26,74 vs 27,46; 29,01 vs 27,39 para PP, HDP y HLP respectivamente.

*h (tono)*: por último, se observó para tono efecto del genotipo y músculo, pero no de la maduración, encontrándose interacción entre ésta última y el genotipo. Se encontró un *h* menor para muestras provenientes de animales HLP que HDP (84,36 y 85,26 respectivamente). La carne madurada de HLP presentó un tono mayor (87,44) que la fresca (81,29), en cambio en animales HDP y PP la carne fresca fue la que mostró un valor de *h* mayor: 86,90 y 83,62 para HDP; 85,83 y 83,88 para PP, fresca y madurada respectivamente.

Se presenta a continuación una tabla con los valores obtenidos de L\*, a\*, b\*, C\* y h, para los tres genotipos, en ambos músculos en fresco y madurado.

Tipo genético	<i>Longissimus dorsi</i>					<i>Psoas major</i>					
	L*	a*	b*	C*	h	L*	a*	b*	C*	h	
PP	F	37,91 ± 0,38abA	5,60 ± 0,45aA	26,66 ± 0,30ab	27,26 ± 0,37bc	87,40 ± 0,36aA	35,27 ± 0,55bB	8,39 ± 0,41bB	26,51 ± 0,33ab	27,81 ± 0,43b	84,25 ± 0,42cB
	M	34,23 ± 0,44d	9,32 ± 0,57a	26,56 ± 0,23ab	28,17 ± 0,40ab	82,89 ± 0,79bA	32,31 ± 0,61c	7,80 ± 0,25bc	26,03 ± 0,27b	27,18 ± 0,33b	84,86 ± 0,23cB
HLP	F	34,93 ± 0,54cd	10,05 ± 0,51a	26,86 ± 0,12a	28,70 ± 0,22a	81,90 ± 0,80b	32,71 ± 0,92c	10,96 ± 0,56a	27,17 ± 0,25a	29,33 ± 0,41a	80,67 ± 0,83d
	M	39,57 ± 0,68a	6,07 ± 0,46b	27,26 ± 0,28a	27,94 ± 0,35ab	87,08 ± 0,35a	38,27 ± 0,54a	5,11 ± 0,34d	26,33 ± 0,15ab	26,84 ± 0,19b	87,79 ± 0,26a
HDP	F	38,99 ± 0,56aA	5,26 ± 0,30b	25,61 ± 0,29b	26,15 ± 0,33c	87,56 ± 0,23a	36,41 ± 0,36abB	6,72 ± 0,44cd	26,46 ± 0,26ab	27,32 ± 0,35b	86,24 ± 0,42ab
	M	35,32 ± 0,96bc	5,72 ± 0,46bA	26,26 ± 0,27ab	26,90 ± 0,34bc	87,19 ± 0,40aA	35,33 ± 0,28b	10,82 ± 0,21aB	25,84 ± 0,14b	28,02 ± 0,18ab	80,04 ± 0,35dB
<b>Efectos principales</b>		<b>L*</b>		<b>a*</b>		<b>b*</b>		<b>C*</b>		<b>h</b>	
Tipo genético		** PP<HDP,HLP		** HDP<HLP		** HLP>HDP,PP		** HLP>HDP,PP		* HLP<HDP	
Músculo		** PM<LD		** PM>LD		NS		NS		** PM>LD	
Maduración		NS		NS		NS		NS		NS	

Los valores representan la media ± SEM; \*p<0,05, \*\*p<0,01, NS: no significativo.

a: letras distintas indican diferencias significativas entre PP, HLP y HDP y entre fresco y madurado por el test de Tukey-Kramer. A: letras distintas indican diferencias significativas entre *Longissimus dorsi* y *Psoas major* para los parámetros evaluados por el test de Tukey-Kramer. F: fresco; M: madurado. Los efectos principales del tipo genético, músculo y maduración fueron analizados mediante ANOVA.

**Tabla 2:** Valores de L\*, a\*, b\*, C\* y h en los músculos *Longissimus dorsi* y *Psoas major*, frescos y madurados de cerdos Pampa Rocha, Duroc x Pampa Rocha y Large White x Pampa Rocha.



### **3.1.3 Pérdida de agua**

La pérdida de agua fue afectada por el genotipo, tanto a las 24 h ( $p < 0,01$ ) como al 5to día ( $p < 0,01$ ). Las muestras provenientes de cerdos HDP tuvieron mayores pérdidas de agua a las 24 h (3,02 %) que PP (1,73 %) y HLP (1,90 %). En la segunda medición realizada a los 5 días se observaron diferencias entre PP y HDP (4,32 % y 6,10 % respectivamente). Del análisis de las interacciones surge que el efecto del genotipo es significativo solamente en la carne fresca ( $p < 0,01$ ).

No se observó efecto del músculo en los valores medidos a las 24 h ( $p > 0,05$ ), pero sí en los medidos al 5to día ( $p < 0,05$ ), en los que el LD tuvo mayores pérdidas de agua que el PM (5,57 % vs 4,53 %).

La carne fresca presentó mayores valores de pérdida de agua que la madurada, en ambos tiempos de medición ( $p < 0,01$ ). Los valores encontrados para fresco y madurado fueron 2,68 % y 1,74 % a las 24 h y 6,13 % y 3,97 % al 5to día.

Se presenta a continuación una tabla con los valores de pérdida de agua medida a las 24 h para los dos músculos y los tres genotipos en fresco y madurado.

Tipo genético	Pérdida de agua (%)			
	<i>Longissimus dorsi</i>		<i>Psoas major</i>	
	Fresco	Madurado	Fresco	Madurado
<b>PP</b>	2,32 ± 0,73ab	1,56 ± 0,15b	1,25 ± 0,24b	1,77 ± 0,40ab
<b>HLP</b>	2,23 ± 0,42ab	1,43 ± 0,17b	2,30 ± 0,49ab	1,64 ± 0,28ab
<b>HDP</b>	4,50 ± 1,04a	2,47 ± 0,44ab	2,51 ± 0,83a	1,62 ± 0,24ab

Efectos principales  
 Tipo genético \*\* HDP > PP, HLP  
 Músculo NS  
 Maduración \*\* Fresco > Madurado

Los valores representan la media ± SEM; \*\* $p < 0,01$ , NS: no significativo. a: letras distintas indican diferencias significativas entre tipos genéticos y entre fresco y madurado por el test de Tukey-Kramer. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA.

**Tabla 3:** Pérdida de agua (%) en un período corto de 24h en Longissimus dorsi y Psoas major en fresco y madurado de PP, HLP y HDP.

Tipo genético	Pérdida de agua (%)			
	<i>Longissimus dorsi</i>		<i>Psoas major</i>	
	Fresco	Madurado	Fresco	Madurado
PP	5,21 ± 0,84b	3,97 ± 0,29b	3,96 ± 0,71	4,12 ± 0,65
HLP	6,07 ± 0,67ab	3,73 ± 0,33b	5,56 ± 1,18	3,57 ± 0,49
HDP	9,33 ± 1,32a	5,09 ± 0,83b	6,65 ± 1,29	3,31 ± 0,42

Efectos principales  
 Tipo genético \*\* HDP > PP  
 Músculo \* LD > PM  
 Maduración \*\* Fresco > Madurado

Los valores representan la media ± SEM; \*p<0,05, \*\*p<0,01, NS: no significativo. a: letras distintas indican diferencias significativas entre tipos genéticos y entre fresco y madurado por el test de Tukey-Kramer. Los efectos principales sobre la variable estudiada fueron analizados a través de ANOVA.

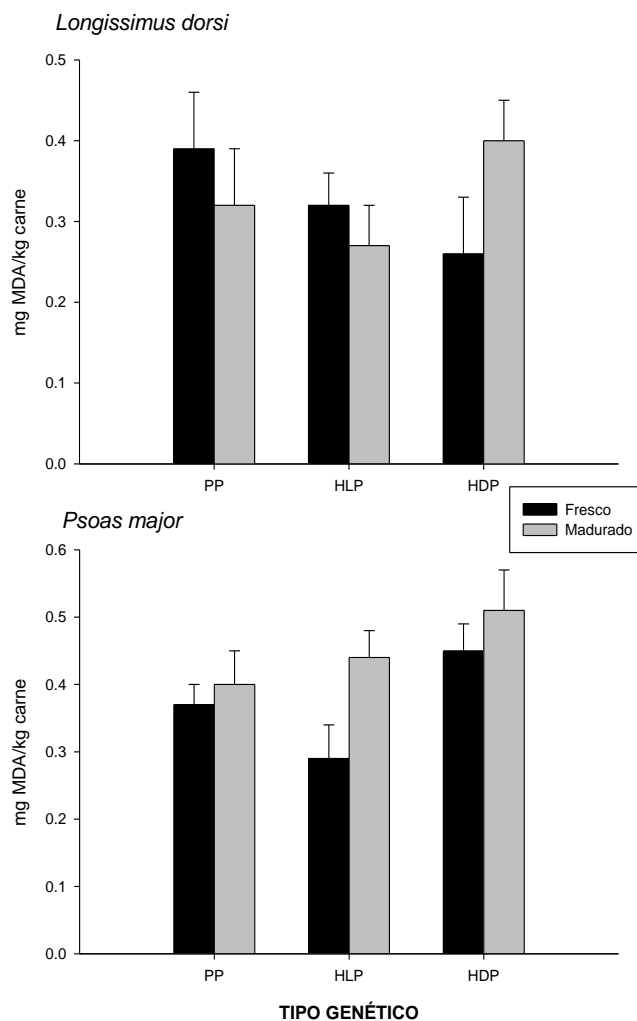
**Tabla 4:** Pérdida de agua (%) en un período largo de 5 días en *Longissimus dorsi* y *Psoas major* en fresco y madurado de PP, HLP y HDP.

### **3.1.4 Espesor de grasa dorsal**

El espesor de grasa dorsal promedio fue de 2,56 ± 0,24; 2,59 ± 0,74 y 2,82 ± 0,31 cm para PP, HDP y HLP respectivamente. No se observó efecto del genotipo para esta variable (p<0,05), pero sí una explicación importante por el peso de faena cuando fue incluido como covariable en el análisis. Los coeficientes de correlación calculados para espesor de grasa dorsal-peso y espesor de grasa dorsal-edad fueron 0,60 y 0,16. En general, los animales más pesados fueron los que mostraron valores de EGD mayores, sin importar el genotipo al cual pertenecieran.

### **3.2 OXIDACIÓN LIPÍDICA**

Las muestras provenientes de animales HDP mostraron mayor oxidación lipídica que los HLP (p<0,05), observándose valores de 0,42 y 0,31 mgMDA/kg carne para HDP y HLP respectivamente. Por otra parte, en el músculo LD se encontró una menor oxidación lipídica que en PM (p<0,01), 0,33 vs 0,41 mgMDA/kg carne respectivamente.



Efectos principales: Genotipo ( $p < 0,05$ ); HDP > HLP  
 Músculo ( $p < 0,01$ ); LD < PM  
 Maduración: NS ( $p > 0,05$ )

**Figura 4:** Oxidación lipídica en los músculos *Longissimus dorsi* y *Psoas major* fresco y madurado de Pampa Rocha (PP), Duroc x Pampa Rocha (HDP) y Large White x Pampa Rocha (HLP). Medias  $\pm$  SEM.

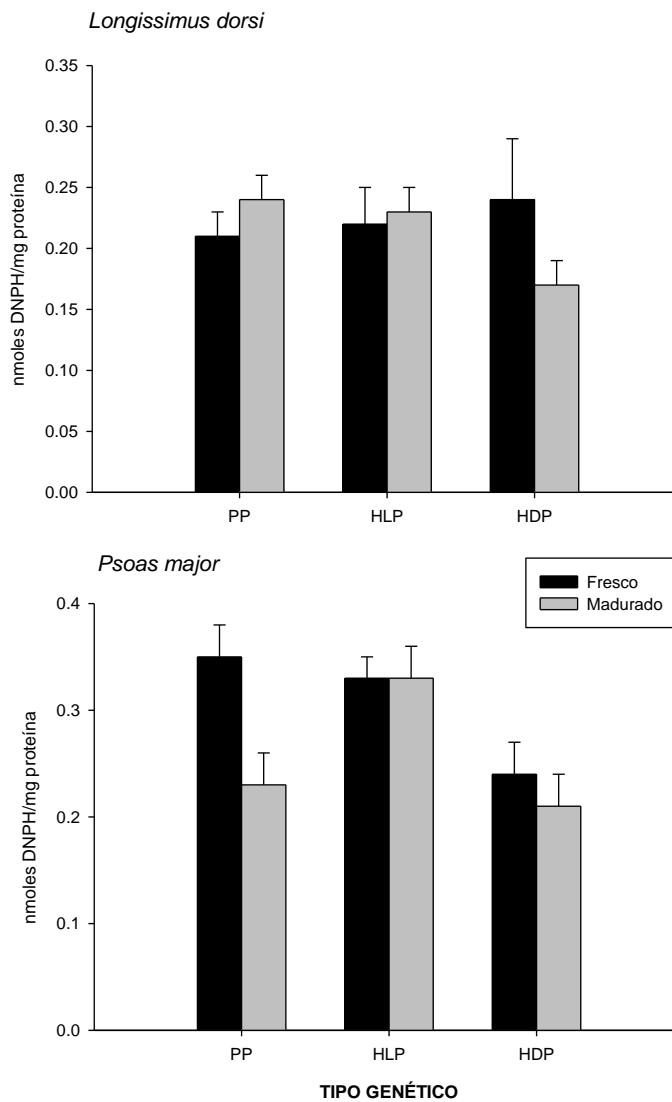
Si bien no se observó efecto de la maduración, los valores obtenidos para carne fresca y madurada fueron 0,35 y 0,39 mgMDA/kg de carne respectivamente. Estas diferencias de valores absolutos son más amplias (sin ser estadísticamente significativas) en el PM, para el cual se obtuvieron valores de 0,37 y 0,45 mgMDA/kg de carne para muestras frescas y maduras respectivamente.

### **3.3 OXIDACIÓN PROTEICA**

La oxidación proteica analizada como nmolesDNPH/mg de proteína fue afectada por el genotipo ( $p<0,01$ ), el tipo de músculo ( $p<0,01$ ) y el proceso de maduración ( $p<0,05$ ). Las muestras provenientes de animales HLP presentaron mayor oxidación proteica que las de HDP (0,28 y 0,21 nmolesDNPH/mg proteína respectivamente).

Por otro lado, la oxidación proteica fue mayor en carne fresca que en madurada (0,27 vs 0,23 nmolesDNPH/mg proteína respectivamente) y mayor en PM (0,28 nmolesDNPH/mg proteína) que en LD (0,22 nmolesDNPH/mg proteína).

Se presenta a continuación un gráfico con los valores de oxidación proteica en carne fresca y madurada para los músculos LD y PM, en los tres genotipos estudiados.



Efectos principales: Genotipo ( $p < 0,01$ ); HDP < HLP

Músculo ( $p < 0,01$ ); LD < PM

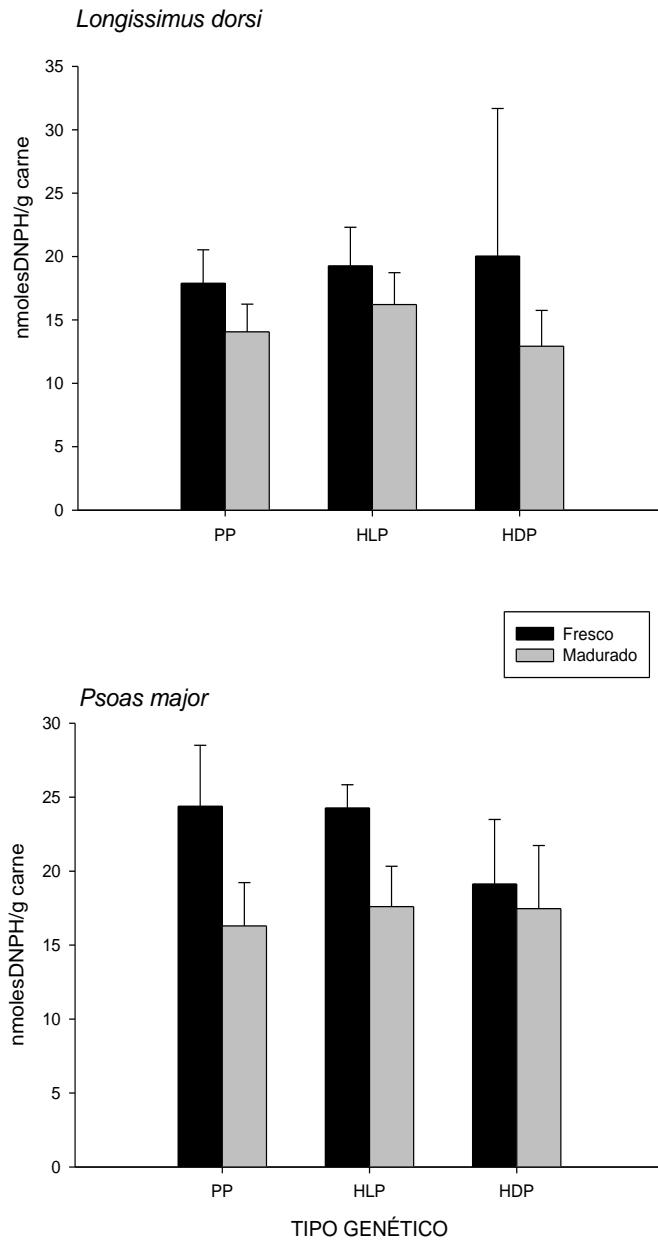
Maduración ( $p < 0,05$ ); Fresco > Madurado

**Figura 5:** Oxidación proteica (nmols DNP/mg proteína) en los músculos *Longissimus dorsi* y *Psoas major* fresco y madurado de Pampa Rocha (PP), Duroc x Pampa Rocha (HDP) y Large White x Pampa Rocha (HLP). Medias  $\pm$  SEM.

Cuando el análisis se realiza teniendo en cuenta los nmolsDNP/g de carne, desaparece el efecto del genotipo ( $p > 0,05$ ) y se mantienen los efectos del músculo ( $p < 0,01$ ) y del proceso de maduración ( $p < 0,01$ ).

Los valores de oxidación proteica para cada genotipo fueron de 18,16; 17,39 y 19,34 nmolsDNP/g carne para PP, HDP y HLP respectivamente.

La oxidación fue mayor en PM (19,86 nmolesDNPH/g carne) que en LD (16,73 nmolesDNPH/g carne), y mayor en carne fresca (20,83 nmolesDNPH/g carne) que en madurada (15,76 nmolesDNPH/g carne).



Efectos principales: Genotipo: NS ( $p > 0,05$ )  
Músculo ( $p < 0,01$ ); LD < PM  
Maduración: Fresco > Madurado ( $p < 0,05$ )

**Figura 6:** Oxidación proteica (nmolDNPH/g carne) en los músculos *Longissimus dorsi* y *Psoas major* fresco y madurado de Pampa Rocha (PP), Duroc x Pampa Rocha (HDP) y Large White x Pampa Rocha (HLP). Medias  $\pm$  SEM.

### 3.4 CONTENIDO DE POLIFENOLES EN LAS PASTURAS

La composición botánica de la pastura que se encontraban consumiendo los animales, previo a la faena, así como los valores de contenido de polifenoles totales para *Cichorium intybus*, *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* se muestran en las siguientes tablas.

Especie	Contenido de polifenoles totales (mg/100 g)		
	Mes		
	setiembre	octubre	diciembre
<i>Cichorium intybus</i>	127	339	533
<i>Trifolium pratense</i>	241	560	314
<i>Lolium multiflorum</i>	260	130	91

**Tabla 5:** Contenido de polifenoles totales en *Cichorium intybus*, *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum*.

Especie	Composición botánica de la pastura (%)		
	Mes		
	setiembre	octubre	diciembre
<i>Cichorium intybus</i>	18	51	13
<i>Trifolium pratense</i>	43	40	70
<i>Lolium multiflorum</i>	29	7	9

**Tabla 6:** Composición botánica de la pastura, presencia de las especies forrajeras de interés (%MS).

## **4. DISCUSIÓN**

### **4.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE CARNE**

#### **4.1.1 Cinética del pH *post mortem***

Si bien en este trabajo no se encontraron diferencias de pH entre los genotipos, se pueden citar algunos trabajos en los que sí se observaron. Channon *et al.* (2004), reportaron que los cerdos de la raza Duroc presentaban menores valores de pH a las 48hs (5,58) que Large White (5,70), en *L. thoracis*. Por otro lado, Lee *et al.* (2012) encontraron que el pH medido a los 45 minutos en *Longissimus dorsi* fue mas alto en cerdos Berkshire y Duroc (6,24 y 6,34 respectivamente,  $p < 0,01$ ) que en Landrace y Large White. En este trabajo los cerdos Landrace mostraron los menores valores de pH a los 45min y 24hs (6,12 y 5,58 respectivamente).

Lee *et al.* (2012) analizaron además del pH otros parámetros de la carne, entre los cuales se incluyó la cantidad y densidad de fibras de tipo I, IIA y IIB de cada genotipo estudiado, encontrando en los resultados un mayor número de fibras de tipo IIA y IIB en Berkshire que en Landrace ( $p < 0,01$ ). Los cerdos de raza Duroc presentaron características intermedias entre estas dos razas. Según este autor, estas diferencias podrían explicar las obtenidas en pH.

En este sentido, es necesario mencionar que las fibras musculares, especialmente su composición, afectan el metabolismo energético *post mortem* durante el cual el músculo se convierte en carne, incidiendo en la calidad final de la carne (Monin & Ouali 1992). Los músculos con alto porcentaje de fibras de tipo IIB (alto potencial glicolítico) y bajo porcentaje de fibras de tipo I (bajo potencial glicolítico), muestran un mayor contenido de lactato a los 45 min *post mortem* y por lo tanto un pH menor en este tiempo.

Si bien en el presente trabajo no se encontraron diferencias entre tipos genéticos, es necesario considerar que el estrés pre-faena sufrido por los animales (criados a campo que fueron sometidos al encierro y transporte) puede haber alterado los valores de pH, disimulando posibles diferencias. Ha sido estudiado por varios autores el efecto producido por el estrés sobre el pH así como en otras características de calidad de carne



de distintas especies animales (Pérez-Linares *et al.* 2008, Alarcón *et al.* 2005, María *et al.* 2003).

La influencia que tiene el manejo que recibe el animal sobre la calidad de su carne, se debe al efecto que tiene el mismo sobre las reservas de glucógeno muscular. Si las reservas de glucógeno se agotan antes del sacrificio, debido a que los animales sufrieron estrés con una intensidad sostenida durante un período largo, o bien, que los mismos hayan sido obligados a realizar un ejercicio físico prolongado, la acidificación post mortem será limitada ya que no habrá glucógeno muscular disponible para transformarse en ácido láctico, por lo tanto el pH muscular no descenderá hasta los valores normales, resultando un pH último (próximo a las 24 h) mayor a 6. Esto puede llevar a la aparición de carnes DFD, caracterizadas por ser oscuras, con alta retención de agua y de aspecto seco y firme. En el caso contrario, en situaciones de estrés agudo e inmediato antes del sacrificio, el glucógeno muscular es utilizado para obtener la energía que demanda el animal, acumulándose ácido láctico en el tejido muscular. Este ácido no se elimina del músculo produciéndose un descenso rápido post mortem, alcanzando valores inferiores a 6 en los primeros 45 minutos después del sacrificio, y manteniéndose a las 24 h dando lugar a carnes PSE, pálidas, blandas, exudativas con menor poder de retención de agua.

También es importante recordar que los genotipos estudiados parten de una misma raza (la Pampa Rocha) en pureza y en distintos cruzamientos, por lo que las reales diferencias entre las razas que participan de los cruzamientos seguramente se hagan menos notorias.

Según la bibliografía los valores hallados en este trabajo se encuentran dentro de los esperados para cada músculo. Barlocco *et al.* (2003) reportan valores de pH<sub>60'</sub>  $6,36 \pm 0,21$  y  $6,54 \pm 0,23$  en el músculo LD de animales HDP y PP, mantenidos en iguales condiciones de alojamiento y alimentación que los del presente trabajo, pero faenados a los 110 kg de peso vivo. Echenique *et al.* (2009) presentan valores de pH a los 45' y 24 h post mortem en músculo *Semimembranosus* de cerdos de 145 kg, cruce Large White x Landrace x Duroc (6,23 y 5,65 para pH<sub>45'</sub> y pH<sub>24 h</sub> respectivamente). En este estudio no observaron diferencias con animales mantenidos en confinamiento. Wiegand *et al.* (1999) en LD de cerdos Landrace x Large White x Duroc x Hampshire encontraron pH<sub>24 h</sub> 5,70.

En cuanto al efecto del músculo sobre el pH, si bien se encontraron algunas diferencias durante las primeras mediciones, los valores de LD y PM se igualaron a las 24 h, si bien podría esperarse un menor valor en LD por su mayor contenido de fibras de tipo IIB que de tipo I, mientras que en el PM ocurre exactamente lo contrario, siendo el primero más glicolítico y el último más oxidativo. El LD contiene 12 % I, 7 % IIA y 64 % IIB, mientras que el PM tiene 24 % I, 17 % IIA y 58 % IIB.

#### **4.1.2 Color**

Del estudio de los efectos principales surge que la carne proveniente de cerdos PP es más oscura (menor  $L^*$ ,  $p < 0,01$ ) y la de HLP es más roja (mayor  $a^*$ ,  $p < 0,01$ ) y más amarilla (mayor  $b^*$ ,  $p < 0,01$ ). A su vez, el PM fue más oscuro ( $p < 0,01$ ) y más rojo ( $p < 0,01$ ) que LD y no se encontró efecto de la maduración ( $p < 0,05$ ) para ninguno de los parámetros de color evaluados.

Los resultados obtenidos en cuanto a  $L^*$  coinciden con los reportados por Cabrera *et al.* (2007), quienes también encontraron que la carne de cerdos PP es más oscura que la de HLP y HDP. Estos autores evaluaron además el contenido de Fe hemínico y si bien no encontraron diferencias significativas, los cerdos Pampa Rocha presentaron valores más altos que los demás.

Si bien el pH entre los genotipos no presentó diferencias (pudiendo ser necesario contar con más medidas para confirmarlo), es necesario tener en cuenta que las carnes con pH más elevado, presentan una mayor capacidad de retención de agua, lo cual produce también colores más oscuros en las carnes. En relación a esto, y como se presentará más adelante, los cerdos PP junto con los HLP presentaron menores valores de pérdida de agua que los HDP.

El color, además del contenido de pigmentos, depende también de la estructura del músculo. Los músculos son más claros o más oscuros dependiendo del porcentaje de fibras tipo I, IIA y IIB que lo formen. Como se mencionó al analizar los valores de pH, el músculo LD contiene mayor porcentaje de fibras tipo IIA mientras que el PM está formado en mayor medida por fibras de tipo I. Las características de estas fibras producen colores más claros en el LD, lo cual podría explicar los resultados obtenidos en este trabajo, en que LD mostró valores de  $L^*$  más altos que PM ( $p < 0,01$ ).

A su vez, al trabajar con cerdos rústicos y en un sistema a campo, es importante tener en cuenta que:

- Por un lado, los músculos de cerdos salvajes tienen mayor porcentaje de fibras tipo I y IIA y menor % del tipo IIB. En cerdos salvajes maduros las fibras IIB prácticamente desaparecen y son reemplazadas por I y IIA. Estas características coinciden con un mayor entrenamiento del aparato locomotor dado por el movimiento natural de los cerdos salvajes. A su vez los cerdos con muchas fibras oxidativas toleran mejor el estrés, no siendo tan brusca la caída del pH *post mortem* (Ruusunen 1996, Weiler *et al.* 1995).
- Por otro lado, existe un efecto del ejercicio sobre el tipo de fibras presentes. En los cerdos sin ningún tipo de restricción al ejercicio se observó que las fibras IIA fueron las más numerosas comparadas con animales con ejercicio restringido (Oksbjerg *et al.* 1994).

Según lo citado anteriormente, el tipo de sistema de producción (a campo desde el nacimiento) podría estar afectando el color de la carne. En la actualidad, la selección genética ha producido un aumento en el porcentaje de fibras tipo IIB en líneas de crecimiento rápido y magro. Según Alarcón *et al.* (2005), los genotipos comerciales tienen valores más altos de L\*, lo cual podría explicarse por la mayor susceptibilidad de estos últimos a desarrollar características de músculo PSE, con mayor cantidad de agua libre en su superficie, reflejando mayor brillantez y dando valores altos de L\*. A su vez, en el sistema de producción intensivo, los cerdos alcanzan el peso de sacrificio a menor edad, con una concentración de mioglobina más baja, siendo su carne más pálida. En este trabajo se reportan valores de L\*, a\* y b\* de  $45,50 \pm 0,64$ ,  $5,18 \pm 0,21$  y  $7,80 \pm 0,19$  respectivamente en músculo *Semimembranosus* proveniente de cerdos de genotipos comerciales y de sistemas intensivos. En este sentido, Kim *et al.* (2009) encontraron que el *M. longissimus* de cerdos criados en un sistema intensivo contenía menos mioglobina (0,38 mg/g) que aquellos con acceso a potreros al aire libre (0,50 mg/g). A su vez estos últimos tenían una carne más oscura (menor L\*, 0,60), más roja (mayor a\*, 8,17) y más amarilla (mayor b\*, 3,46).

No se observó efecto de la maduración, si bien son conocidos los cambios que se producen fundamentalmente en la mioglobina, pudiendo resultar en carnes más rojas,

más púrpuras o más amarronadas, dependiendo de las condiciones ambientales que puedan provocar oxigenación u oxidación de la misma (Brad *et al.*, 2011). Los resultados encontrados respecto al efecto de la maduración sobre el color son variables y dependen de las condiciones en las cuales se realiza (músculo, duración, temperatura, entre otros). Contrariamente a lo observado en este trabajo, Lindahl *et al.* (2006) encontraron que una maduración de 7 días sí incrementaba los valores de L\*, a\* y b\* en *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* de cerdos debido a la presencia de mayor cantidad de MbO<sub>2</sub> y menos Mb.

#### **4.1.3 Pérdida de agua**

Las diferencias entre genotipos para esta variable solamente fueron observadas en la carne fresca, presentando los animales HDP las mayores pérdidas de agua, tanto en un período de 24 h como en las mediciones realizadas a los 5 días. Las muestras provenientes de animales PP se mantuvieron siempre con los valores más bajos de pérdida de agua.

Por otro lado el proceso de maduración provocó que la carne perdiera menos agua durante el período de evaluación; la propia maduración provoca pérdidas de agua que posteriormente no son observadas.

El factor que más incide sobre la capacidad de retención de agua de la carne es el pH último. Como se mencionó en la discusión sobre el pH, valores altos de éste originan una alta capacidad de retención de agua y por lo tanto valores bajos de pérdida de agua; por el contrario, valores bajos de pH originan carnes con baja retención de agua y por ende valores altos de pérdida de la misma. pH extremos (altos como bajos) son los causantes de la aparición de carnes DFD y PSE.

En este sentido, los músculos como el *Psoas major*, en general presentan valores más altos de pH y por lo tanto una mayor capacidad de retención de agua (es decir menores pérdidas por goteo o drip loss), mientras que en los músculos como el *Longissimus dorsi*, que generalmente presentan menores valores de pH se observa una menor capacidad de retención de agua.

Lo anterior coincide parcialmente con los resultados obtenidos. Los músculos no presentaron diferencias en la pérdida de agua medida a las 24 h, pero sí cuando se

extendió el período (durante el cual los músculos continuaron perdiendo agua) a 5 días. Hay que recordar que los músculos tampoco habían mostrado diferencias en los valores de pH último, por lo que según esos datos y debido a la incidencia de este parámetro sobre la capacidad de retención de agua, sería coherente que tampoco mostraran diferencias en las pérdidas de agua. Cuando las pérdidas fueron mayores (a los 5 días) el PM mostró menores pérdidas que el LD ( $p < 0,05$ ), lo cual sí coincide con lo explicado más arriba sobre las diferencias en la presencia de los diferentes tipos de fibras.

Asociando los valores de pérdida de agua con los de color, se observa que los cerdos PP, que habían presentado una carne más oscura, tienen menores valores de pérdida de agua y por lo tanto una mayor capacidad de retención de la misma (que produce color más oscuro en la carne).

Varios trabajos reportan valores de pérdida de agua en diferentes tipos genéticos de cerdos, pero es necesario considerar que estos valores no siempre son medidos en iguales condiciones. Por ejemplo Alarcón *et al.* (2005) encontraron valores de DL (48hs) de  $2,79 \pm 0,24$  y  $4,00 \pm 0,23$  %, para cerdos provenientes de establecimientos comerciales, faenados grupal e individualmente respectivamente en músculo *Semimembranosus*. En otro estudio, Channon *et al.* (2004) encontraron valores de pérdida de agua a las 24 h para cerdos Duroc y Large White de 1,89 y 2,13 en hembras y 1,79 y 1,69 % en machos enteros en *L. thoracis*. Por otro lado Frábega *et al.* (2011) en machos enteros (Large White x Landrace) x Duroc encontraron valores de pérdida de agua 2,27 %.

En cuanto al sistema de producción, Kim *et al.* (2009) observaron una mayor capacidad de retención de agua en cerdos que tenían acceso a potreros al aire libre, frente a aquellos que se mantuvieron en un sistema intensivo.

#### **4.1.4 Espesor de grasa dorsal**

No se observó efecto del genotipo en EGD medido en *Longissimus dorsi*; el promedio fue de  $2,66 \pm 0,48$  cm. En condiciones similares de alimentación y alojamiento, Barlocco *et al.* (2000) encontraron diferencias en EGD entre cerdos PP, PP x Duroc y PP x Duroc x Large White, a un peso de faena de entre 107 y 110 kg. El EGD en mm fue de  $42,18 \pm 4,19$ ,  $36,57 \pm 2,55$  y  $34,89 \pm 1,89$  respectivamente. En el trabajo

citado la evaluación del engrasamiento a través de la medida de EGD mostró diferencias significativas relacionadas con el genotipo, demostrando la hipótesis del mayor engrasamiento de los animales PP para este peso de faena.

La no diferencia en el EGD en este trabajo podría deberse al menor peso (y edad) de faena de los animales, no dando tiempo a que los animales PP mostraran su mayor habilidad de engrasamiento.

#### **4.2 OXIDACIÓN LIPÍDICA Y PROTEICA**

Los valores más altos de oxidación lipídica se observaron en muestras provenientes de animales HDP y los más bajos en HLP, situación que se presentó de forma contraria para el caso de la oxidación proteica (donde las muestras HLP mostraron mayor oxidación que las HDP).

Respecto a la oxidación lipídica, las diferencias entre los tipos genéticos, podrían explicarse por la diferencia en el contenido y tipo de grasa intramuscular. Hernandez *et al.* (2004) encontraron mayor contenido de grasa intramuscular en el *Psoas major* de genotipos rústicos (Ibérico y Duroc) que en líneas comerciales entre las que evaluaron cerdos Large White, Landrace y Pietrain. Por otra parte también encontraron diferencias entre genotipos en la actividad de las enzimas CAT y SOD, mientras que la GSH-Px no mostró diferencias. Ibérico x Duroc tuvo la mayor actividad de la SOD sugiriendo alguna determinación genética para la actividad antioxidante de la carne de cerdo.

En un trabajo reciente, Mernies *et al.* (2012) evaluaron el perfil de ácidos grasos en el músculo LD de cerdos de los mismos genotipos evaluados en este trabajo, encontrando que los PUFA representan un 8,22 %, 9,45 % y 6,24 % para PP, HDP y HLP respectivamente. Si bien se destaca al bajo porcentaje de PUFA contenido en los tres genotipos (teniendo en cuenta que la pastura formó parte de la dieta), los animales HDP mostraron un valor de insaturación mayor, lo cual podría explicar los mayores valores de TBARS obtenidos en la carne proveniente de animales HDP. Kim *et al.* (2009) observaron que el sistema de engorde/alimentación afectó el contenido de PUFA en la carne de cerdos, siendo mayor en cerdos que tenían una dieta orgánica y acceso a potreros (sistema orgánico).

Por otra parte, las diferencias encontradas entre los músculos, en donde el PM presenta una mayor oxidación que LD, pueden ser explicadas por lo observado por Gattelier *et al.* (2004) y Mercier *et al.* (2004), quienes encontraron que los músculos más oxidativos (como el *Psoas major*) son más propensos a la oxidación que aquellos más glicolíticos (como lo es el *Longissimus dorsi*), ya que los primeros (a pesar de tener una mayor actividad de las enzimas antioxidantes), generalmente tienen un mayor contenido de grasa y de hierro, éste último actuando como prooxidante probablemente (Lee *et al.* 2010, Renerre *et al.* 1996, Kanner *et al.* 1988). Min *et al.* (2008), en un trabajo que evalúa oxidación durante la conservación en diferentes especies animales, encontraron que el contenido de mioglobina, la capacidad de reducción del hierro y su contenido, la actividad de captación de los radicales libres y el contenido de PUFA fueron los factores determinantes en la susceptibilidad a la oxidación lipídica.

Los resultados obtenidos respecto a que no existe efecto de la maduración coinciden con los reportados por Terevinto *et al.* (2010) quien no encontró efecto de una maduración durante 14 días en carne de novillos Hereford y Braford. Esta estabilidad oxidativa lograda durante la maduración podría deberse al aporte de antioxidantes naturales realizado por las pasturas consumidas por los animales.

Descalzo *et al.* (2005) encontraron efecto de la maduración en los valores de oxidación lipídica en *Longissimus dorsi* de búfalo producido sobre pasturas y madurada al vacío durante 15 días. En carne fresca el valor fue de  $0,076 \pm 0,018$  mgMDA/kg carne y madurada  $0,13 \pm 0,020$  mgMDA/kg carne a los 15 días y  $0,146 \pm 0,032$  mgMDA/kg carne a los 30 días de maduración. Según los autores estos niveles de oxidación (para estos tiempos de maduración) son bajos, explicado por los bajos niveles de grasa intramuscular de los animales.

Filgueras *et al.* (2011) observaron efecto del tipo de músculo y tiempo de conservación (30 a 60 días) sobre la estabilidad oxidativa tanto de lípidos como de proteínas de carne de ñandú. Los valores se incrementaron con el tiempo de conservación, probablemente porque el frío causa daños en la estructura celular, principalmente en la membrana lipídica. Los valores de TBARs y Carbonilos encontrados para *M. gastrocnemius* fueron  $0,90 \pm 0,33$  y  $2,59 \pm 0,71$  mgMDA/kg carne y  $2,59 \pm 0,12$  y  $2,32 \pm 0,45$  nmol/mg proteína en 30 y 60 días de conservación respectivamente.

Por último, la oxidación proteica fue mayor en la carne de animales HLP ( $p < 0,01$ ) que en HDP (que habían presentado mayor oxidación lipídica).

A su vez el PM presentó mayores niveles de Carbonilos y por lo tanto una mayor oxidación proteica que LD ( $p < 0,01$ ), no observándose efecto de la maduración. Como se vio anteriormente, el PM presentó también mayor oxidación lipídica, lo cual coincide con lo reportado por algunos autores, que afirman que en general la carne que presenta mayor oxidación lipídica muestra también mayor oxidación proteica (Descalzo & Sancho 2008, Ventanas *et al.* 2006).

La transformación de la oximioglobina a metamioglobina (es decir el pasaje a una carne menos roja y más marrón) es favorecida por varios factores como lo es el bajo pH de la carne, las altas temperaturas, el tiempo de conservación, la exposición a la luz y la presencia de sal, influyendo también el tipo de fibra muscular, ya que las fibras rojas gracias a su elevada actividad respiratoria, son capaces de oxidar la grasa y son más susceptibles al enranciamiento y por lo tanto a la decoloración. Además de la inestabilidad del color, la oxidación proteica incrementa las pérdidas de agua (Descalzo & Sancho 2008, Ventanas *et al.* 2006).

La oxidación proteica fue mayor en HLP y no en HDP como ocurrió con la lipídica, si bien los primeros mostraron un mayor valor de  $a^*$  (y por lo tanto una carne más roja) que el resto. Por otro lado los HDP tuvieron una menor capacidad de retención de agua, que podría haberse asociado a una mayor oxidación proteica. Por lo tanto estos resultados de oxidación proteica no pueden asociarse a los de color y capacidad de retención de agua sin antes tener en cuenta otros factores que puedan estar influyendo.

#### **4.3 CONTENIDO DE POLIFENOLES EN LAS PASTURAS**

Según los resultados obtenidos para cuantificación de polifenoles totales, el trébol rojo fue la especie que hizo un mayor aporte de los mismos, no solo por su mayor contenido de polifenoles (372 mg/100 g en promedio) sino además por su mayor presencia entre las especies que conformaban la pastura (51% promedio).

Esta información tiene sentido si se relaciona a valores de consumo de pastura por los cerdos. Battagazzore (2006) reporta valores de consumo de pastura de 1,04 kg y



1,89 kg (bs) en cerdos PP de 85 kg sometidos a una restricción alimenticia más fuerte que en este trabajo.

Echenique *et al.* (2009) observaron que cerdos que tuvieron acceso a pastoreo tuvieron un mayor nivel de  $\alpha$ -tocoferol que los que no tuvieron pasturas en la dieta (1,4  $\mu\text{g/g}$  vs 0,8  $\mu\text{g/g}$  respectivamente) y encontró que tenían una relación  $\omega 6/\omega 3$  mas baja y por lo tanto mas saludable.

Además de los posibles efectos de la pastura en el contenido de antioxidantes de la carne, es conocido su efecto en la modificación del perfil lipídico de la misma hacia un mayor contenido de PUFA (French *et al.*, 2000), que podrían hacer mas propensa la carne a la oxidación, si los antioxidantes presentes en el pasto no son suficientes para mantener la estabilidad oxidativa y por lo tanto una aceptable vida útil (Descalzo *et al.*, 2005).

Para conocer los efectos de la inclusión de pasturas en el perfil lipídico de los genotipos en estudio, sería necesario contar con un grupo testigo que no las incluyera en su dieta, estudio que hasta el momento no ha sido realizado.

## **5. CONCLUSIONES**

Según los resultados obtenidos la carne de cerdo Pampa Rocha, en pureza racial y en cruzamientos presenta características tecnológicas de la carne aceptables.

Los efectos del tipo genético no fueron claros, pudiendo ser necesario realizar nuevos ensayos, pero sí demuestran que es posible modificar algunas características a través del cruzamiento.

La utilización de cruzamientos parece influenciar las características oxidativas de lípidos y proteínas de la carne, no así la maduración, tal vez asociado a la inclusión de pasturas en la dieta.

Sería necesario conocer con más detalle las defensas antioxidantes que podría tener la carne de cerdos Pampa Rocha, para poder explicar algunos de los resultados obtenidos a partir de esta investigación.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- Alarcón A, Duarte J, Rodríguez F, Janacua H. 2005.** Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Técnica Pecuaria*. 43(3): 335-346.
- Armah P, Kennedy D. 2000.** Evaluating Consumer Perceptions and Preferences for pasture-Raised Pork in the Mississippi Delta of Arkansas. *Journal of Agribusiness*. 18(3): 261-273.
- Barana C, Tomomi H, Kyu-Ho H, Hiroshi I, Tomoko O, Shinichi S, Michihiro F, Mitsuo S, Ken-ichiro S. 2011.** Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. *Meat Science*. 89: 150-153.
- Barlocco N, Gallietta G, Vadell A, Mondelli M, Ballesteros F. 2003.** Evaluación de sistemas de producción de cerdos a campo basados en la utilización de pasturas. 2. Efecto sobre las canales. En: Encuentro Latinoamericano de Especialistas en Producción Porcina a Campo (3°, 2003, Marcos Juárez. Argentina).
- Barlocco N, Vadell A, Franco J. 2000.** Características de carcasas de cerdos con diferente proporción de genes Pampa, Duroc y Large White. En: Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Congreso Uruguayo de Producción Animal (16°, 3°, 2000, Montevideo. Uruguay).
- Basso L, Moisés S, Brunori J, Franco R, Bacci R, Papotto D. 2007.** Calidad de carne diferencial de cerdos producidos en sistemas al aire libre. En: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (9°, 2007, Montevideo. Uruguay). Memorias del encuentro. Montevideo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Pp 63-68.
- Battegazzore, G. 2006.** Efecto de dos sistemas de alimentación en crecimiento-terminación en condiciones de producción a campo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. Uruguay. 85 p.

- Bhattacharya A, Banu J, Rahman M, Causey J, Fernandes G. 2006.** Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 17: 789-810.
- Blankson H, Stakkestad J, Fagertun H, Thom E, Wadstein J, Gudmundsen O. 2000.** Conjugated Linoleic Acid reduce body fat mass in overweight and obese humans. *American Society for Nutritional Sciences*. 130: 2943-2948.
- Boakye K. 1993.** Changes in pH and Water Holding Properties of Longissimus dorsi muscle during beef ageing. *Meat Science*. 34: 335-349.
- Boler D, Gabriel S, Yang H, Balsbaugh R, Mahan D, Brewer M, Mc Keith F, Killefer J. 2009.** Effect of different dietary levels of natural-source vitamin E in grow-finish pigs on pork quality and shelf life. *Meat Science*. 83: 723-730.
- Brad Y, Frandsen M, Rosenfold K. 2011.** Effect of ageing prior to freezing on colour stability of ovine Longissimus muscle. *Meat Science*. 88: 332-337.
- Buckley D, Morrissey P, Gray I. 1995.** Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Journal of Animal Science*. 73: 3122-3130.
- Cabana J. 2010.** Importancia del bienestar animal en la decisión de compra de carne fresca de cerdo. [En línea]. 10 de setiembre de 2011. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9615/1/memoria.pdf>
- Cabrera C, del Puerto M, Barlocco N, Saadoun A. 2007.** Caracterización del color y del contenido de Fe hemínico de los músculos Longissimus dorsi y Psoas major frescos y madurados en el cerdo Pampa Rocha y cruza en un sistema en base a pastura. *Agrociencia, Volumen Especial IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos, Montevideo. Uruguay* : 105-108.
- Campo M, Nute G, Hughes S, Enser M, Wood J, Richardson R. 2006.** Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*. 72: 303-311.
- Carpenter R, O'Grady M, O'Callaghan Y, O'Brien N, Kerry J. 2007.** Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. *Meat Science*. 76: 604-610.

- Cervieri V, Rovira F, Castro L. 2010.** Bienestar Animal. Su rol en la producción de carne de calidad. En: Instituto Nacional de Carnes (INAC). Serie Técnica N° 47. Montevideo, Uruguay. 136 p.
- Channon H, Kerr M, Walker P. 2004.** Effect of Duroc content, sex and ageing period on meat and eating quality attributes of pork loin. *Meat Science*. 66: 881-888.
- Choe J, Jang A, Lee E, Choi J, Choi Y, Han D, Kim H, Lee M, Shim S, Kim C. 2011.** Oxidative and color stability of cooked ground pork containing lotus leaf (*Nelumbo nucifera*) and barley leaf (*Hordeum vulgare*) powder during refrigerated storage. *Meat Science*. 87: 12-18.
- Daun C, Akesson B. 2004.** Comparison of glutathione peroxidase activity, and of total and soluble selenium content in two muscles from chicken, turkey, duck, ostrich and lamb. *Food Chemistry*. 85: 295-303.
- Descalzo A, Sancho A. 2008.** A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79: 423-436.
- Descalzo A, Insani E, Biolatto A, Sancho A, García P, Pensel N, Josifovich J. 2005.** Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*. 70: 35-44.
- Dieguez E. 1992.** Historia, evolución y situación actual del cerdo Ibérico. En: El cerdo Ibérico, la Naturaleza, la Dehesa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. pp 9-35.
- Echenique A, Capra G. 2007.** Caracterización de los requerimientos de calidad de carne de cerdo por parte de las industrias cárnicas porcinas en Uruguay. Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA) N° 220. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Montevideo, Uruguay. 31 p.
- Echenique A, Repiso L, Capra G. 2009.** Composición química y calidad sensorial de jamones curados provenientes de cerdos alimentados con una dieta rica en ácido oleico y pasturas. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*. 4: 28-32.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 1998.** Suinocultura intensiva. Produção, manejo e saúde do rebanho. 261 p.
- Enser M, Richardson R, Wood J, Gill B, Sheard P. 2000.** Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Science*. 55: 201-212.
- Estévez M, Morcuende D, Cava R. 2003.** Physico-chemical characteristics of *M. Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90kg live-weight and comercial pigs: a comparative study. *Meat Science*. 64: 499-506.
- Felleberg M. 2008.** Importancia y prevención de la oxidación de carne de pollo. *Mundo lácteo y cárnico*. Julio-agosto 2008. pp 19-21.
- Filgueras R, Gatellier P, Zambiasi R, Santé-Lhoutellier V. 2011.** Effect of frozen storage duration and cooking on physical and oxidative changes in *M. gastrocnemius pars interna* and *M. iliofibularis* of *Rhea americana*. *Meat Science*. 88: 645-651.
- Frábega E, Gispert M, Tibau J, Hortós M, Oliver M, Font i Furnols M. 2011.** Effect of housing system, slaughter weight and slaughter strategy on carcass and meat quality, sex organ development and androstenone and skatole levels in Duroc finished entire male pigs. *Meat Science*. 89: 434-439.
- Fredriksson S, Pickova J. 2007.** Fatty acids and tocopherol levels in *M. Longissimus dorsi* of beef cattle in Sweden – A comparison between seasonal diets. *Meat Science*. 76: 746-754.
- French P, Stanton C, Lawless F, O’Riordan E, Monahan F, Caffrey P, Moloney A. 2000.** Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate- based diets. *Journal of Animal Science*. 78: 2849-2855.

- Gatellier P, Mercier Y, Renerre M. 2004.** Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. *Meat Science*. 67: 385-394.
- González F, Vargas J, Robledo J, Prieto L, Andrada J, Aparicio M. 2001.** Influence of environmental conditions in Iberian pig rearing systems. En: Symposium on the Mediterranean Pig. (6°. 2001. Italia). Proceedings. Pp 153- 160.
- Grompone M, Irigaray B, Gil M. 2006.** Estudio del exudado de aceite en salamines en función de las propiedades de la grasa utilizada. *Revista Aceites y Grasas*. Tomo XVI. 62(1).
- Hernández P, Zomeño L, Ariño B, Blasco A. 2004.** Antioxidant, lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes. *Meat Science*. 66: 525-529.
- Honikel K. 1998.** Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 49(4): 447-457.
- Howe P, Meyer B, Record S, Baghurst K. 2005.** Dietary intake of long-chain  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. *Nutrition*. 22: 47-53.
- Huff E, Lonergan S. 2005.** Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. 71: 194-204.
- Insani E, Eyherabide A, Grigioni G, Sancho A, Pensel N, Descalzo A. 2008.** Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated display of beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79: 444-452.
- Kanner J, Hazan B, Doll L. 1988.** Catalytic "free" iron ions in muscle foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 36: 412-415.
- Kim D, Seong P, Cho S, Kim S, Lee C, Lim D. 2009.** Fatty acid composition and meat quality traits of organically reared Korean native black pigs. *Livestock Science*. 120: 96-102.

- Lara M, Gutierrez J, Timón M, Andrés A. 2011.** Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. *Meat Science*. 88: 481-488.
- Lebret N, Mourot J. 1998.** Lipides et qualités des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *INRA. Production Animal*. 11: 131-143.
- Lee S, Choe J, Choi Y, Jung K, Rhee M, Hong K, Lee S, Ryu Y, Kim B. 2012.** The influence of pork quality traits and muscle fiber characteristics on the eating quality of pork from various breeds. *Meat Science*. 90 (2): 284-291.
- Lee M, Choi J, Choi Y, Han D, Kim H, Shim S, Chung H, Kim C. 2010.** The antioxidative properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi extracts on refrigerated raw ground pork meat against lipid oxidation. *Meat Science*. 84: 498-504.
- Lee S, Mei L, Decker E. 1996.** Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added antioxidant enzymes. *Journal of Food Science*. 61: 726-728.
- Lindahl G, Enfalt A, Andersen H, Lundstrom K. 2006.** Impact of RN genotype and ageing time on colour characteristics of the pork muscles longissimus dorsi and semimembranosus. *Meat Science*. 74: 746-755.
- Luciano G, Monahan F, Vasta V, Pennisi P, Bella M, Priolo A. 2009.** Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science*. 82: 193-199.
- Lynch S, Frei B. 1993.** Mechanisms of copper- and iron-dependent oxidative modification of human low-density lipoprotein. *Journal of Lipid Research*. 34: 1745-1751.
- María G, Villarroel M, Sañudo C, Olleta J, Gebresenbet G. 2003.** Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science* 65: 1335- 1340.
- Mercier Y, Gatellier P, Renerre M. 2004.** Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet. *Meat Science*. 66: 467-473.



- Mernies B, Carballo C, Cabrera C, Barlocco N, Saadoun A. 2012.** Ácidos grasos del músculo Longissimus dorsi de cerdos Pampa Rocha y cruzas con razas Duroc y Large White. Veterinaria. Vol. Especial. IV Congreso Asociación Uruguaya de Producción Animal. 123 p.
- MGAP-OPYPA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca-Oficina de Programación y Política Agropecuaria). 2012.** La producción porcina en Uruguay: evolución y perspectivas. En: Anuario OPYPA 2012. pp 79-89.
- MGAP-OPYPA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca-Oficina de Programación y Política Agropecuaria). 2011.** Evolución reciente y perspectivas de la producción porcina. Anuario OPYPA 2011. pp 85-95.
- Mielnik M, Rzeszutek A, Triumpf E, Egelanddal B. 2011.** Antioxidant and other quality properties of reindeer muscle from two different Norwegian regions. Meat Science. 89: 526-532.
- Min B, Nam K, Cordray J, Ahn D. 2008.** Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. Journal of Food Science. 73(6): 439-446.
- Moisá S, Basso L, Bacci R, Papotto D, Alleva G, Brunori J, Franco R. 2007.** Composición de la grasa intramuscular en carne porcina proveniente de diferentes sistemas de producción. Revista argentina de producción animal. 27(1): 347-348.
- Monin G, Ouali A. 1992.** Muscle differentiation and meat quality. Developments in meat science. London, England. Lawrie R, Elsevier. s/d.
- NCSS (Number Cruncher Statistical System). 2007.** 329 North 1000 East, Kaysville, UT 84037, USA.
- Neves J, Freitas A, Martins J, Nunes J. 2007.** Alpha-tocopherol content on the semimembranosus muscle of Alentejano pigs reared in intensive and extensive conditions. In: International Symposium on the Mediterranean Pig (6°, 2007, Italia). Proceedings. Italia. pp 164-167.

- Ngapo T, Dransfield E, Martin J, Magnusson M, Bredahl L, Nute L. 2003.** Consumer perceptions: pork and pig production. Insights from France, England, Sweden and Denmark. *Meat Science*. 66: 125-134.
- Nissen L, Byrne D, Bertelsen G, Skibsted L. 2004.** The antioxidative activity of plants extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Science*. 485-495.
- Núñez M, Boleman R, Miller R, Keeton R, Rhee K. 2008.** Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage. *Journal of Food Science*. 73(5): 63-71.
- Oksbjerg N, Henckel P, Rolph T. 1994.** Effects of of Salbutamol, a R 2-adrenergic agonist, on muscles of growing pigs fed different levels of dietary protein. I: Muscle fibre properties and muscle protein accretion. *Animal Science*. 44: 12-19.
- Ollis T, Meyer B, Howe P. 1999.** Australian Food Sources and Intakes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *Ann Nutr Metab*. 43: 346-355.
- Pérez-Linares C, Figueroa F, Barreras A. 2008.** Factores de manejo asociados a carne DFD en bovinos en clima desértico. *Archivos de Zootecnia*. 57(220): 545-547.
- Renerre M, Dumont F, Gatellier P. 1996.** Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. *Meat Science*. 43: 111-121.
- Resconi V, Campo M, Richardson R. 2007.** Relación entre el contenido de vitamina E y la oxidación lipídica en carne de vacuno de diferentes sistemas de producción. *ITEA. Producción Animal. Extra (28): 789-791.*
- Ruusunen M. 1996.** Composition and cross sectional area of muscle fibre types in relation to daily gain and fat content of carcass in Landrace and Yorkshire pigs. *Agricultural and Food Science In Finiand*. 5: 593-600.
- Stoscheck C. 1990.** Quantitation of Protein. *Method. Enzymol*. 182: 50-68.
- Sundrum A. 2001.** Organic livestock farming: a critical review. *Livestock Production Science*. 67: 207-215.

- Terevinto A, Saadoun A, Cabrera M. 2010.** Oxidative/antioxidative status of fresh and aged Uruguayan beef. s/pub.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2012.** Livestock and poultry: world markets and trade. Office of global analysis. October 2012.
- Ventanas S, Estevez M, Tejeda J, Ruiz J. 2006.** Protein and lipid oxidation in Longissimus dorsi and dry cured loin from Iberian pigs as affected by crossbreeding and diet. *Meat Science*. 72: 647-655.
- Weiler U, Appell J, Kremser M, Hofacker S, Claus R. 1995.** Consequences of selection on muscle composition A comparative study on gracilis Muscle in wild and domestic pigs. *Anat. Histol. Embryol*. 24: 77-80.
- Wiegand B, Parrish C, Franey K, Larsen S, Sparks J. 1999.** Water Holding Capacity, pH, and Lipid Oxidation of Pork Loins from Barrows Supplemented with Conjugated Linoleic Acid. Swine Research Report. Paper 70. [En línea]. 2 de agosto de 2011. [http://lib.dr.iastate.edu/swinereports\\_1998/70](http://lib.dr.iastate.edu/swinereports_1998/70)
- Wood J, Enser M, Fisher A, Nute G, Richardson R, Sheard P. 1999.** Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*. 58: 1-8.