



**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**

Trabajo de Tesis realizado como requisito para optar al título de

**DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES  
NUTRICIONALES SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD  
DE LA CARNE EN CERDOS Y LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA  
EN HEMBRAS DE REPOSICIÓN**

**TESISTA:** Vet. AGOSTO Mariano Ariel

**DIRECTORA:** MV. Dra. Cs. Vet. WILLIAMS Sara.

**CO-DIRECTOR:** MV. Dr. Cs. Vet. OTERO José Luis.

**LUGAR DE TRABAJO:** Concepción del Uruguay.

**MIEMBROS** MV. Mg. Cs. Vet. BRUNORI Jorge Carlos.

**DEL** MV. MSc. MAIZTEGUI José Alberto.

**JURADO** MV. Dr. Cs. Vet. MATTIOLI Guillermo Alberto.

**La Plata 28 de junio de 2017.**

## DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento. Papá, mamá y hermanas.

A mis maestros y profesores que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida. A todas aquellas personas que confiaron en mí, a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado.

A tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado, Judit y mi pequeño Agustín. A todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a José Peralta que confió en mí, sin resignar lugar tengo que mencionar a mi directora Sara Williams, que sin su apoyo, ayuda y conocimientos no hubiese sido posible realizar este proyecto.

A mis padres y hermanas, por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida. En especial a mi padre, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue y que en esta vida nadie regala nada, a mi madre, por cada día hacerme ver la vida de una forma diferente y confiar en mis decisiones. A mis amigos de la infancia a compañeros y amigos de la escuela primaria, a mis hermanos de secundaria y a los facultativos que les he robado horas para compartirlas conmigo.

Gracias a la educación pública, que me forjó y me formó, primero como persona y luego como profesional.

Gracias a la Escuela de Agricultura Ganadería y Granja en su totalidad por cobijarme y pasar una etapa de la vida que en sus patios fue y la hicieron sencilla, pero que está llena de complejidades cuando uno la ve desde afuera.

Gracias a las personas que me dieron trabajo y confiaron en mí, cuando más lo necesitaba, Fernando Repetti, Hector Kunz, Roberto Micheloud y Ariel Defino.

Gracias al grupo de Rugby de Alma Juniors, que me hizo apasionar por un deporte y me brindó lecciones de vida.

Gracias a la comunidad Esperancina, que me vio crecer y andar por sus calles.

Gracias a los que como profesional me abrieron sus puertas para que formara parte de sus equipos, Carlos Trossero, Marcia Rabey, Gastón Guerra, Adrian Guillén, Omar Alba, Flia De Grazia.

Gracias a la Flia Alba, porque además de abrir sus puertas para formar parte de su equipo me dieron la posibilidad de realizar desinteresadamente todas las pruebas necesarias para el posgrado, en especial a Omar que siempre me brindó su apoyo.

Gracias a los profesionales y colegas que han compartido todo este tiempo y lo seguirán haciendo.

Gracias Toto y Mauricio, ya que sin el aporte de la cátedra Tecnología de los Alimentos de Tandil hubiese quedado trunco esto.

Gracias a la Flia Rey que me abrió sus puertas y me hace sentir uno más.

Es de gran felicidad y satisfacción hoy finalizar una etapa más de mi vida, cumplir un sueño y ver el fruto de un gran esfuerzo, por eso agradezco a quienes a través de todo este tiempo he conocido, quienes con su apoyo y comprensión fueron de gran ayuda.

Gracias a los que vienen y a los que ya no están. A todos aquellos que siguen estando cerca de mí y que le regalan a mi vida algo de ellos.

Muchas Gracias.

## LISTA DE PUBLICACIONES

### TRABAJOS PUBLICADOS EN CONGRESOS.

1-ESTUDIO DE DIFERENTES NIVELES NUTRICIONALES SOBRE LA PERFORMANCE DE CERDOS EN CRECIMIENTO. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN PROTEICA Y DE LISINA. **Agosto, M.**; Williams, S  
XI Congreso Nacional de Producción Porcina. XVII Jornadas de Actualización Porcina. VI Congreso de Producción Porcina del Mercosur. 14 al 17 de Agosto de 2012. Salta. Argentina. Poster.

2-ESTUDIO DEL EFECTO DE NIVELES NUTRICIONALES SOBRE EL CRECIMIENTO Y ENGORDE EN CERDOS. **Agosto, M.**; Williams, S.  
XII Congreso Nacional de Producción Porcina. XVIII Jornadas de Actualización Porcina. VII Congreso de Producción Porcina del Mercosur. 12 al 15 de Agosto de 2014. Mar del Plata. Argentina. Poster y presentación.

3- EFECTO DE NIVELES NUTRICIONALES SOBRE EL LA COMPOSICION DE LA CANAL DE CERDOS. **Agosto, M.**; Williams, S.  
XIII Congreso Nacional de Producción Porcina. XVIII Jornadas de Actualización Porcina. VIII Congreso de Producción Porcina del Mercosur. 9 al 12 de Agosto de 2016. Resistencia. Chaco. Poster. **Primera mención al mejor trabajo científico** del área Producción Porcina.

## LISTA DE CONTENIDOS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| DEDICATORIA.....                                   | II            |
| AGRADECIMIENTOS.....                               | III           |
| LISTA DE PUBLICACIONES.....                        | V             |
| LISTA DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS.....              | IX            |
| LISTA DE TABLAS.....                               | XIII          |
| LISTA DE FIGURAS.....                              | XV            |
| LISTA DE CUADROS.....                              | XVII          |
| RESUMEN.....                                       | XIX           |
| SUMMARY.....                                       | XX            |
| CAPÍTULOS.   |               |
| INTRODUCCION.....                                  | 1             |
|  |               |
| <b>I. ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES</b> |               |
| <b>NUTRICIONALES SOBRE EL CRECIMIENTO</b>          |               |
| Objetivo.....                                      | 50            |
| Hipótesis.....                                     | 50            |
| Materiales y métodos.....                          | 50            |
| Ensayo 1.....                                      | 50            |
| Alimentación y condiciones de alojamiento.....     | 52            |
| Mediciones.....                                    | 54            |
| Análisis estadístico.....                          | 53            |
| Resultados.....                                    | 53            |
| Discusión.....                                     | 57            |

|                 |    |
|-----------------|----|
| Conclusión..... | 62 |
|-----------------|----|

## **II. ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES NUTRICIONALES SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE EN CERDOS**

|  |    |
|--|----|
| Objetivos.....                                 | 63 |
| Hipótesis.....                                 | 63 |
| Materiales y métodos.....                      | 63 |
| Ensayo 2.....                                  | 64 |
| Alimentación y condiciones de alojamiento..... | 64 |
| Mediciones .....                               | 67 |
| Análisis estadístico.....                      | 72 |
| Resultados.....                                | 73 |
| Discusión.....                                 | 75 |
| Conclusión.....                                | 80 |

## **III ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES NUTRICIONALES SOBRE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN HEMBRAS DE REPOSICIÓN**

|  |    |
|--|----|
| Objetivos.....                                 | 81 |
| Hipótesis.....                                 | 81 |
| Materiales y métodos.....                      | 82 |
| Ensayo 3.....                                  | 83 |
| Alimentación y condiciones de alojamiento..... | 83 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| Mediciones.....           | 83 |
| Análisis estadístico..... | 84 |
| Resultados.....           | 85 |
| Discusión.....            | 87 |
| Conclusión.....           | 90 |
| BIBLIOGRAFÍA.....         | 91 |

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.

- < Menor
- > Mayor
- μg Microgramo
- 1° Primero
- 5° Quinto
- A o a\* Va de rojo a verde
- AA Alta energía – Alta proteína
- AAS Aminoácidos Azufrados.
- AMSA Asociación Americana de Ciencia de la Carne
- B o b\* Es la gradiente del azul.
- BB Baja energía – Baja proteína
- CA Conversión alimenticia
- CaCl<sub>2</sub> Cloruro de calcio
- CAP Capones
- CEE Comunidad Económica Europea.
- CEM Consumo de energía metabolizable
- CIE Commission Internationale de l'Eclairage, que es el nombre francés de la
- Comisión Internacional sobre la Iluminación
- cm Centímetros
- CLIS Consumo de lisina
- CPB Consumo de proteína bruta
- Cra Capacidad de retención de agua.

DFD Oscura, Dura y Seca.

Drip loss Perdida por goteo

EB Energía Bruta.

ED Energía Digestible.

EM Energía Metabolizable.

EM/PB Relación Energía Metabolizable/ Proteína Bruta.

EM /LIS Relación Energía Metabolizable/ Lisina.

EN Energía Neta.

GDP Ganancia diaria de peso

GMD Ganancia media diaria de peso

GnRH Hormona liberadora de Gonadotropina

h Hora

HAL Gen del halotano

HIMF High Intramuscular fat (alta grasa intramuscular)

His Histidina

HPLC Cromatografía Líquida de Alta resolución.

Fibras musculares

I Roja-contracción lenta-oxidativa

IC Índice de conversión

Fibras musculares

II Contracción rápida - que a la vez se pueden subdividir en IIa, IIb, IIc

Ile Isoleucina

Kcal Kilocalorías.

Kg Kilogramo.

L Lisina

- L\* Luminosidad de negro a blanco
- Leu Leucina
- Lys Lisina
- m<sup>2</sup> Metros cuadrados
- Mcal Megacaloría
- Met Metionina
- MJ Megajoules.
- MLC Meat and Livestock Commision Comisión de Carne y Ganadería de Gran Bretaña.
- N Newton( Fuerza)
- N Nitrógeno total.
- NH<sub>2</sub> Grupo amino es un grupo funcional derivado del amoníaco
- NH<sub>3</sub> Amoníaco
- N° Numero
- NPPC National Pork Producers Council Consejo Nacional de Productores de Cerdo
- NRC Consejo Nacional de Investigación. Nutrición.
- NUL Nulíparas hembras sin servicio
- °C Grados centígrados.
- Pf Peso final de la muestra
- pH Unidad de medida establece el nivel de acidez o alcalinidad.
- pH<sub>45</sub> pH a los 45 minutos
- Phe Fenilalanina
- Pi Peso inicial de la muestra

PPC Pérdida por cocción

ppm Partes por millon

PSS Síndrome porcine stress (síndrome de estrés porcino)

RFN Roja, Firme, No Exudativa.

RN Rendement Napole

RSE Roja, Blanda, Exudativa. PSE – Pálida, Blanda y Exudativa.

T Testigo

Thr Treonina

Trp Triptófano

Tyr Tirosina

UI Unidades internacionales.

Val Valina

**LISTA DE TABLAS**

- Tabla 1. Peso y edad de los animales al inicio y salida.....Pág. 53
- Tabla 2. Consumo, consumo de energía metabolizable (CEM), proteína bruta (CPB), lisina (CLIS), relación EM/PB y EM LIS en la etapa de desarrollo.....Pág. 55
- Tabla 3. Consumo, consumo de energía metabolizable (CEM), proteína bruta (CPB), lisina (CLIS), relación EM/PB y EM LIS en la etapa de terminación.....Pág. 55
- Tabla 4. Consumo, ganancia diaria, índice de conversión, y costo de la dieta, según tratamiento.....Pág. 55
- Tabla 5. Datos descriptivos de las mediciones de calidad de carne en el músculo longissimus dorsi de dieta AA.....Pág. 72
- Tabla 6. Datos descriptivos de las mediciones de calidad de carne en el músculo longissimus dorsi de dieta BB.....Pág. 73
- Tabla 7. Datos descriptivos de las mediciones de calidad de carne en el músculo longissimus dorsi de dieta T.....Pág. 73
- Tabla 8. Datos comparativos de los tres grupos, datos productivos.....Pág. 85
- Tabla 9. Datos comparativos de los tres grupos, datos reproductivos.....Pág. 85

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Categorías de calidad.....Pag 14
- Figura 2: Corrales y disposición..... Pag 51
- Figura 3. Faena. a) Pinza de insensibilización; b) Degüello; c) Escaldado; d) Depiladora y refinado; e) Flameado; f) Repasado; g) Eviscerado; h) Aserrado; i) Lavado; j) Sellado y traslado a cámara.....Pág. 64
- Figura 4. Planilla para la toma de muestras de cada grupo.....Pág. 65
- Figura 5 .Desposte. a) Entrada a cámara; b) Cámara; c) Pesaje; d) Corte de trozo; e) Desposte de pieza (grasa); f) Desposte de pieza (Hueso); g) Medición del área de ojo de bife.....Pág 66
- Figura 6. Planilla donde se tomaron datos como, nº de garrón, peso de trozo con bolsa, temperatura, peso sin bolsa, pH, jugo, bolsa, peso CRA, peso cocido, carne y carne y jugo, diferencia post cocción, valor pérdida por cocción. ....Pág. 67
- Figura 7 .Preparado de muestras para corte. a) Corte luego de la cocción; b) Cortes en forma de prismas; c); d) disposición de las fibras; e) Puesta a punto del equipo; f) Cizalla Warner-Bratzler g) Muestras pasadas por la cizalla h)Análisis y Resultados.....Pág. 70

Figura 8. Mediciones de Calidad de carne en 3 dietas diferentes (AA, BB y T)... Pág. 74

**LISTA DE CUADROS**

- Cuadro 1.- Atributos de la calidad cárnica..... Pág. 12
- Cuadro 2.- Ecuaciones para el cálculo de porcentaje magro de la canal a partir de medidas efectuadas con Fat-o-meter..... Pág. 16
- Cuadro 3.- Factores que afectan a pH y capacidad de retención de agua en la carne fresca de cerdo..... Pág. 21
- Cuadro 4.- Categorías en calidad de carne en función del aspecto, pH y capacidad de retención de agua..... Pág. 23
- Cuadro 5.- Relación de contenido en glucógeno muscular con pH y color de la carne..... Pág. 23
- Cuadro 6.- Interrelación entre predisposición genética y reservas energéticas del músculo sobre calidad de la carne..... Pág. 26
- Cuadro 7.- Incidencia de PSE y DFD en condiciones comerciales evaluadas en cinco mataderos españoles. Efecto de distintos factores anteriores al sacrificio..... Pág. 28
- Cuadro 8.- Efecto del ayuno antes del sacrificio en calidad del longissimus en cerdos con un bajo ( $R_n+r_n^+$ ) y alto ( $R_n-r_n^+$ ) potencial glucolítico..... Pág. 30

Cuadro 9.- Efecto de dietas deficientes en aminoácidos sobre el contenido de grasa intramuscular en el músculo longissimus..... Pág. 37

Cuadro 10.- Efecto del contenido en glucógeno del músculo sobre pH, actividad proteolítica postmortem y terneza..... Pág. 40

**ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES NUTRICIONALES SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE LA CARNE EN CERDOS Y LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN HEMBRAS DE REPOSICIÓN.**

**PALABRAS CLAVES:** Cerdo, energía, proteína, carne, calidad, nulíparas.

**Resumen**

El objetivo general del presente plan de trabajo de tesis fue evaluar el efecto de diferentes niveles nutricionales en animales de la especie porcina durante la etapa de crecimiento y finalización, analizando ambos sexos. Se consideró el efecto sobre la eficiencia alimenticia, ganancia diaria, índice de conversión, días a mercado y costo comparativo de las dietas, en aquellos individuos destinados a faena, determinaciones de calidad de carne: pH, dril, color con comparación con escala y porcentaje de magro, como así también estudio de distintos niveles nutricionales en fase de preparación en hembras púberes de reposición y su efecto en el rendimiento reproductivo medido a través de edad y peso al primer servicio, tamaño y peso de la primer camada. El estudio se realizó en animales de genética Agroceres PIC (Camborough) en un criadero porcino comercial. Los animales fueron asignados aleatoriamente a tres tratamientos diferentes, ubicados en corrales contiguos (n=23 animales/corral), para cada grupo experimental. En cada una de estas etapas, se conformaron un grupo testigo, que consumió las dietas de desarrollo y terminación usadas en el criadero y los otros dos grupos con aporte constante de energía pero alto (grupo AA) o bajo (BB) porcentaje de proteína bruta y de lisina. Se halló un mejor desempeño del grupo AA, seguido por el testigo y por último el grupo BB. La mayor ingesta de proteína y lisina de la dieta de AA, demostró un efecto protector sobre la calidad de bienestar y carne animal. El nivel nutricional tuvo un efecto sobre el porcentaje de hembras que entraron en celo, siendo mayor para las hembras AA. La edad al primer parto y el tamaño de la primera camada (lechones nacidos vivos) no mostraron diferencias significativas, pero se hallaron diferencias significativas en ganancia media diaria y peso de los lechones al nacimiento.

**STUDY OF THE EFFECT OF DIFFERENT NUTRITIONAL LEVELS ON GROWTH AND QUALITY OF MEAT IN PIGS AND REPRODUCTIVE EFFICIENCY IN REPLACEMENT FEMALES.**

**KEYWORDS:** Pork, energy, protein, meat, quality, nulliparous.

**Summary**

The general objective of this thesis work is the study of the use of different nutritional levels in pigs during the growth and finishing stages of both sexes and their effect on the nutrition efficiency. Daily gain, feed efficiency, conversion rate, days to market and comparative cost of the diets were determined in animals destined to market. At slaughterhouse, meat quality was determinate: pH, drip loss, color and percentage of lean. Different nutritional levels in replacement gilts during preparation phase and their effect on the reproductive performance measured through age and weight at the first service, and size and weight of the first litter. The study was conducted in Agroceres PIC (Camborough) gilts under commercial production conditions. Animals were randomly assigned to three different treatments, each one, located in adjacent pens (n = 23 animals/pen) for every experimental group. During growing and finishing periods, a control group was formed, that received the diets used in the commercial herd. The other two groups received diets with constant energy but different percentage of crude protein and lysine (AA and BB group). Regarding nutritional results, AA group had the best performing results, then the control group and finally the BB animals. The higher protein and lysine intake of the AA diet plays a protective effect on animal welfare and meat quality. Nutritional level had an effect on the percentage of females who came in heat in each group, being higher for females of the AA group. Age at first breeding and first litter size (piglets born alive) showed no significant difference, but significant differences were found in average daily gain and piglet weight at birth.

## **Introducción.**

Los nuevos prototipos genéticos requieren una mayor deposición proteínica de masa muscular, que se manifiesta en dietas con diferenciales aportes de energía, proteína y su relación con la lisina.

La producción de cerdos no sólo ha avanzado en la obtención de líneas genéticas precoces, con mejores índices de conversión de alimento, sino también y hacia la obtención de cerdos con canales mucho más magras. Este avance ha sido motivado primeramente por la necesidad de incrementar los rendimientos obtenidos en el desposte de las canales, de manera de que éstos proporcionen una mayor cantidad de carne con la consecuente mejora en la rentabilidad y una mayor demanda de este tipo de carnes en base a exigencias relacionadas con la salud de los consumidores.

Por otro lado, al señalar los requerimientos de aminoácidos en la alimentación de los cerdos, hay que tomar en cuenta que éstos se basan en suplir en primera instancia los requerimientos de lisina, el cual se considera como el principal aminoácido limitante en la alimentación de esta especie (Batterham *et al.*, 1990; Bikker *et al.*, 1994). Sin embargo, otras investigaciones estiman que los aminoácidos azufrados (AAS) metionina y cisteína también son limitantes, por lo que entonces, será importante mantener una óptima proporción AAS:lisina (Knowles *et al.*, 1998). Se considera que para minimizar la deposición de grasa y garantizar un buen crecimiento y desarrollo muscular, esta proporción debería estar cercana al 0,67. Sin embargo, parece no ser así en aquellos animales alimentados a base de maíz, harinas de soja o sorgo, los cuales dependerán más del nivel de lisina suministrado (Knowles *et al.*, 1998). Por consiguiente, la distribución del resto de los aminoácidos en la proteína va a depender de la

cantidad de lisina requerida por el cerdo en su respectivo estado fisiológico constituyéndose de esta manera en lo que se ha llamado la proteína ideal.

La selección genética para la obtención de animales mucho más magros propicia un aumento de los requerimientos de lisina del cerdo (Friesen *et al.*, 1994). Por lo tanto, los requerimientos de lisina para los cerdos durante el engorde dependerán del tipo de dieta y del criterio de respuesta en el intento de obtener una óptima respuesta en ganancia de peso, conversión de alimento, características de la canal y tasa de retención de proteína en el músculo, para lo cual es importante establecer un nivel adecuado de este aminoácido en la dieta (NRC, 1998).

Los requerimientos de aminoácidos en los cerdos se encuentran influenciados, entre otros, por factores genéticos (magro vs. grasa), sexo, concentración de energía de la dieta, biodisponibilidad de estos aminoácidos y la frecuencia de alimentación (Hahn *et al.*, 1995). Se han evaluado los efectos de la lisina en las características de la canal del cerdo, sobre el rendimiento de la canal al sacrificio, profundidad de la grasa dorsal en la última y antepenúltima costilla, área del músculo *longissimus dorsi* y porcentaje de tejido magro, encontrándose resultados variables de acuerdo al nivel de incorporación dado, capacidad genética y el sexo (Hansen y Lewis, 1993; Hahn *et al.*, 1995)

## **ENERGÍA**

Es el calor producido por los alimentos. La energía que tienen los alimentos y que ingresa al cerdo se llama Energía Bruta (EB).

Cuando esta energía entra al organismo, una porción se elimina por materia fecal y el resto queda a disposición del organismo para ser absorbida y es llamada Energía Digestible (ED).

Una parte de la energía digestible se elimina por orina y la energía resultante es la Energía Metabolizable (EM). Como parte del calor de la energía metabolizable se pierde en los procesos metabólicos, la resultante la Energía Neta (EN).

Para establecer las necesidades, la más usada es la Energía Metabolizable y se expresa en Kilocalorías de EM por kilo de alimento (Kcal/kg).

Otra medida menos usada es el Megajoules (MJ), el cual es equivalente a 239 Kcal de ED o a 230 Kcal de EM.

Los Hidratos de Carbono y las grasas proporcionan las necesidades energéticas diarias, por lo que las principales fuentes de energía son los cereales como maíz, sorgo, cebada, trigo y las grasas, siendo además muy apetecibles y digestibles por parte del cerdo.

En Estados Unidos, los sistemas más comunes para medir la energía son la energía digestible y la energía metabolizable. En Europa y en el oeste de Canadá, en donde tradicionalmente las dietas han sido más diversas, se utiliza la energía neta.

El contenido energético de las materias primas puede expresarse en kilocalorias (kcal) de energía bruta (EB), digestible (ED), metabolizable (EM) o neta (EN), como así también en la formulación de dietas balanceadas pueden utilizarse estos sistemas de valoración.

El contenido en ED y EM de los ingredientes y alimentos usados habitualmente en la alimentación comercial del porcino están altamente correlacionados, y generalmente la EM de la dieta es del orden del 94-97% de la ED.

Se ha demostrado que durante la primera fase del cebo existe una relación positiva entre la densidad energética de la dieta y el crecimiento, indicando que la ingestión total de energía limita el potencial de crecimiento. Sin embargo, en la fase final de cebo se observa una

adaptación del consumo a la densidad energética de la dieta, siendo el consumo total de energía constante.

En los genotipos modernos muy seleccionados para magro e índice de conversión, la fase energéticamente dependiente del crecimiento se alarga hasta pesos superiores y el consumo voluntario de alimento puede limitar el crecimiento en situaciones comerciales de producción.

Por tanto puede ser interesante aumentar la concentración energética de las dietas en la primera fase de engorde, y sobre todo en genotipos muy magros y con bajos consumos de alimento. En las últimas fases sería recomendable formular dietas en las que el coste de la unidad de energía sea el más económico según el precio de mercado de los distintos ingredientes. Al variar el contenido energético de la dieta habrá que modificar en la misma proporción el contenido de otros nutrientes esenciales.

La energía es el nutriente económicamente más interesante en las dietas del ganado porcino, ya que en una explotación de ciclo cerrado puede representar más del 30% del total del coste que supone poner a un cerdo en el mercado.

Sin embargo, las necesidades de energía pueden alcanzarse suministrando proteína, carbohidratos (almidón o fibra) o grasas a la dieta, ya que todos proporcionan energía, por lo que cubrir las necesidades de energía de los cerdos es bastante más complejo que en el caso de los otros nutrientes.

### **Relación Energía/Proteína**

El cerdo ajusta su consumo hasta cubrir sus necesidades energéticas, por lo que al aumentar la energía en el alimento disminuye el consumo, por lo tanto al aumentar la energía se debe aumentar la concentración de aminoácidos (Vetifarma 2005. Manual Técnico.).

Puede lograrse un máximo aumento diario con raciones ricas en energía, la mejor calidad de la res con raciones de alta concentración proteica o la mejor conversión con raciones equilibradas en la relación energía/proteínas. (Vieytes *et al* 1997.)

Dietas con una relación energía/proteína no muy alta (1.20 vs 1.27) parecen tener un mejor efecto sobre el aumento diario de peso en la fase de crecimiento, mientras que en la fase de terminación el efecto fue distinto, y se consigue una mejor ganancia diaria con dietas con una relación energía/proteína de 1.06 vs 1.00. Se pudo ver que con estas proporciones mejoró la longitud de la canal y el porcentaje de magro (Liu *et al.*, 2015)

### **PROTEINA**

Existen cerca de 20 aminoácidos importantes para la nutrición animal, entre ellos 10 son considerados esenciales para el común de los monogástricos: lisina (Lys), treonina (Thr), metionina (Met), triptófano (Trp), valina (Val), isoleucina (Ile), leucina (Leu), histidina (His), fenilalanina (Phe) y tirosina (Tyr) y, otros como leucina, taurina, glutamina, arginina y prolina que están directamente relacionados con los aminoácidos esenciales y que, aunque pueden ser sintetizados en el organismo dependiendo de la especie y de la fase productiva, no hay que perder de vista en la formulación, habiéndose denominado a éstos aminoácidos condicionales.

Por eso no solo se debe tener en cuenta el nivel proteico de una materia prima, sino el contenido de aminoácidos como la Lisina, que es el principal para el cerdo. Las fuentes de proteínas vegetales más importantes son soja (harina, expeller y extrusado), girasol, canola, alfalfa y afrechillo de trigo. Las fuentes de proteínas animal son el plasma, harina de sangre spray, huevo, pescado, carne y huesos, leche en polvo y suero de queso.

Es posible que para los aminoácidos condicionalmente esenciales no sea posible establecer una exigencia nutricional fija, porque dichas exigencias varían de acuerdo con la intensidad de los factores que influyen sobre su demanda.

Cuando se clasifica un aminoácido como esencial, esto significa que el organismo no es capaz de sintetizarlo en cantidad suficiente para mantener una tasa de crecimiento ideal. Además, ese aminoácido necesariamente deberá ser suplido a través del alimento. Pero esa habilidad está sujeta a algunas condiciones, lo que significa que el mismo aminoácido puede ser esencial y no esencial para un mismo animal, dependiendo de su condición. Por ejemplo, la arginina es considerada un aminoácido esencial para casi todos los mamíferos recién nacidos, pero no es esencial para adultos (las excepciones son los mamíferos estrictamente carnívoros, como gatos y hurones). Lo opuesto es verdadero y la habilidad de mantener la salud, por ejemplo, significa que algunos aminoácidos son no esenciales en un cuerpo saludable y se vuelven esenciales en ciertas condiciones fisiológicas o patológicas. Por consiguiente, esos aminoácidos son considerados condicionalmente esenciales (Watford, 2011).

En realidad, el concepto de proteína bruta es bastante simple, porque no es nada más que el resultado de la cantidad de nitrógeno total (N) presente en la muestra, que incluye además de los aminoácidos todos los otros compuestos nitrogenados del alimento, multiplicado por un

coeficiente genérico de 6,25%. Formulaciones de alimentos basadas en el concepto de proteína bruta, resultan en dietas con contenido de aminoácidos por encima de las exigencias de los animales. La ingestión excesiva de proteína es económicamente onerosa, eleva la excreción de nitrógeno y contribuye al aumento de la contaminación ambiental, especialmente en regiones con gran aglomeración de productores (Sá y Nogueira, 2009).

### **Proteína Ideal**

La proteína ideal se define como el balance exacto de aminoácidos esenciales y el suministro adecuado de aminoácidos no esenciales, capaz de proveer, sin deficiencias o excesos, las necesidades absolutas de todos los aminoácidos necesarios para mantenimiento y crecimiento corporal. La proteína ideal se basa en la relación de los aminoácidos esenciales (digestibles) con la lisina digestible. Una vez que la exigencia de lisina ha sido establecida, es posible calcular fácilmente las exigencias de otros aminoácidos (Sá y Nogueira, 2009). Tokach *et al.* (2011), que revisaron la literatura de 2000 a 2010 sobre exigencias de aminoácidos para cerdos, sugieren que la mejor forma de expresar las exigencias de los demás aminoácidos esenciales en formulaciones prácticas para cerdos, es en relación a la lisina digestible utilizando el concepto de proteína ideal.

## **La importancia de la lisina para una nutrición de aminoácidos adecuada**

Los estudios con aminoácidos tienen a la lisina como referencia nutricional porque se trata de un aminoácido estrictamente esencial, no sintetizado por los cerdos, y también porque es el primer aminoácido limitante para la síntesis de proteína muscular. Al no existir síntesis endógena de lisina, este aminoácido debe ser obligatoriamente suministrado a través del alimento.

La lisina también es referencia porque los análisis para la determinación de laboratorio de sus niveles en las materias primas, alimentos y tejidos corporales son exactos; ya que se conocen sus exigencias nutricionales para todas las fases de producción porcina. Su determinación en el laboratorio mediante HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Resolución), que es una metodología sencilla, precisa y adecuada. Finalmente la lisina es el aminoácido de referencia, porque es económicamente viable su suplementación dietética con L-lisina industrial.

Las exigencias de lisina, debido a su importancia nutricional para los cerdos, deben establecerse en digestibilidad verdadera y actualizarse utilizando datos de ensayos de dosis-respuesta de diferentes universidades e instituciones de investigación, asociadas a observaciones sobre el comportamiento de lotes comerciales en varias regiones de Brasil. Todas las recomendaciones son para lotes con alto potencial genético y se las ha actualizado regularmente (2000, 2005 y 2011) con el objetivo de facilitar la formulación de alimentos para poblaciones con alta capacidad genética, que presentan diferentes rendimientos. En las tablas nutricionales se citan recomendaciones con índices productivos regulares, medios y superiores, incluyendo ganancia de peso y consumo esperado de alimentos.

## **Aminoácidos industriales**

Lo correcto sería referirse a esos aminoácidos como industriales porque la mayor parte de ellos se obtiene a través de la fermentación de materias primas agrícolas como la melaza, el azúcar, la glucosa o el almidón de maíz o tapioca, fuentes de carbohidratos para la fermentación microbiana, que se purifican y comercializan como una sustancia pura, químicamente definida. A través de las vías de fermentación y de extracción se producen los aminoácidos en forma de L-isómero, mientras que a través de la síntesis química se producen los D,L-isómeros y sus análogos (Sindirações, 2006). Como la síntesis proteica exige aminoácidos en forma de L-isómeros, las formas D-isómero y análogas necesitan ser convertidas por el organismo.

La expresión aminoácido cristalino tampoco es una expresión adecuada para referirse a esos aminoácidos porque la lisina y el metilhidroxi-análogo pueden producirse y comercializarse en forma líquida. Entre los beneficios de los aminoácidos industriales se destacan la adecuación de los niveles nutricionales de lisina, treonina, metionina, triptófano, valina y glutamina/ácido glutámico (AminoGut), aminoácidos comercialmente disponibles para las necesidades de los animales, a la diversificación de las materias primas que constituyen los alimentos, siempre asegurando niveles ideales de estos aminoácidos, así como la reducción del nivel proteico del alimento para satisfacer las necesidades técnicas, económicas y ambientales de la producción.

Los aminoácidos industriales son también importantes en lo que atañe a la seguridad alimentaria ya que aseguran la ausencia de contaminantes o agentes patogénicos y son perfectamente rastreables, a partir de que se conozca su origen y responsabilidad técnica del fabricante y/o importador. La reducción de proteína bruta conlleva además beneficios

ambientales, gracias a la reducción de las pérdidas de nutrientes no digeridos por las heces. Se ha demostrado que por cada punto porcentual de reducción de proteína bruta en el alimento, se produce una reducción del 10% en la excreción fecal de nitrógeno (Caputi *et al.*, 2011).

La alimentación de los cerdos de mercado, comprende la etapa de lechones, de desarrollo y de engorde. El programa de alimentación que se desarrolle tendrá un efecto muy importante en el tiempo en que el cerdo alcance el peso de mercado. Es recomendable que el cerdo presente una ganancia de peso de nacimiento-a-venta mayor a 600 gramos por día, para que alcance los 100 kg de peso entre 100 a 165 días de edad. Además, es importante que la cantidad de alimento para producir un kilogramo de peso (índice de conversión) sea menor a tres unidades.

## **CALIDAD DE CARNE**

La carne de cerdo es la más consumida a nivel mundial. En la Argentina se encuentra en tercer lugar, básicamente por cuestiones culturales y gran oferta de ganado bovino y producción aviar (Odriozola, 2008). La producción porcina es de las más eficientes y su carne es de excelente calidad nutracéutica por lo que es sumamente recomendable en cuanto a producción y salud.

En la res porcina es creciente el interés por examinar la calidad de la carne, lo cual implica la necesidad de conocer el contenido y la composición.

No existe una definición simple de calidad de carne usada actualmente por la industria del cerdo.

Calidad de carne es una combinación de medidas subjetivas y objetivas, las cuales varían entre los mercados, particularmente en mercados internacionales.

Algunas de estas medidas más comunes usadas en la determinación de calidad de carne de cerdo son: color, pH, capacidad de retención de agua, terneza y grasa intramuscular (marmorización). La calidad cárnica es un concepto plural que no tiene una definición única. La importancia de los diferentes aspectos cualitativos difiere en función del segmento de la cadena cárnica que los analice. Para la carne fresca, atributos como el color, la cantidad de grasa, la terneza, jugosidad y sabor son vitales para la decisión y fidelización de la compra (Cuadro 1).

Para la carne procesada, la atención se centra en factores como el pH, la capacidad de retención de agua, estabilidad oxidativa, ausencia de sabores anómalos y grasa intramuscular (marmorización). La importancia de cada uno de ellos también dependerá de si el destino final del producto elaborado es para cocidos o curados.

En el Cuadro 1 se presentan una serie de atributos de la calidad cárnica. (Coma y Piquer, 1999).

Cuadro 1. Atributos de la calidad cárnica. (Coma y Piquer, 1999).

| <b>Categoría</b>         | <b>Atributos</b>   |
|--------------------------|--|
| Seguridad alimentaria    | Higiene microbiológica: ausencia <i>Salmonella</i> ,<br><i>Campylobacter</i>                                       |
|                          | Ausencia de residuos: antibióticos, metales, pesticidas,..   |
| Atributos organolépticos | Color<br>Terneza - Jugosidad<br>Sabor y<br>olor<br>Cantidad de grasa visible-Veteado                               |
| Valor nutritivo          | Cantidad de grasa<br>Composición en ácidos grasos<br>Valor proteico<br>Enriquecimientos                            |
| Calidad tecnológica      | pH<br>Capacidad de retención de agua<br>Consistencia de la grasa<br>Separación de tejidos<br>Estabilidad oxidativa |
| Calidad social           | Bienestar animal<br>Medio ambiente   |

Al mismo tiempo, el valor óptimo de ciertos atributos, especialmente los organolépticos, puede tener un elevado componente geográfico y cultural. Carnes oscuras con un alto contenido en grasa intramuscular, altamente apreciadas en el mercado japonés, serían totalmente indeseables en nuestro mercado. La distinción y aceptación de ciertos olores es completamente distinto en diferentes países. Por otro lado, aspectos englobados bajo la categoría de calidad social pueden ser conceptos determinantes en el momento de la compra en países del Norte de Europa, y algunos de ellos puede que tengan una importancia creciente en nuestro mercado.

La alimentación de los animales puede ejercer una influencia importante en ciertos atributos de la calidad cárnica. En ciertos aspectos juega un papel determinante pero, en la mayoría de casos, se debe considerar su interrelación con otros aspectos del proceso productivo: genética, manejo y sacrificio.

A medida que la industria establece padrones más rigurosos sobre calidad de carne, esta se torna mucho más importante para todo el segmento de producción de cerdos.

Por el momento, los factores más importantes y prácticos que determinan la calidad de la carne de cerdo son el color y el pH, que son utilizados para determinar las cuatro grandes categorías de calidad de carne de cerdo:

RFN – Roja, Firme, No Exudativa. Minolta L\* menor que 50; pHu entre 5,5 y 6,1.

RSE – Roja, Blanda, Exudativa. Minolta L\* menor que 50; pHu menor que 5,5.

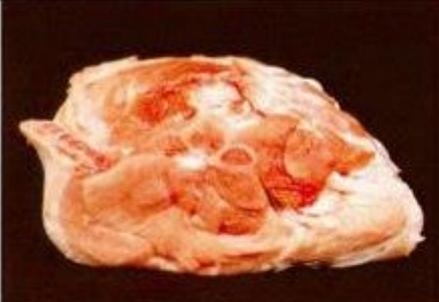
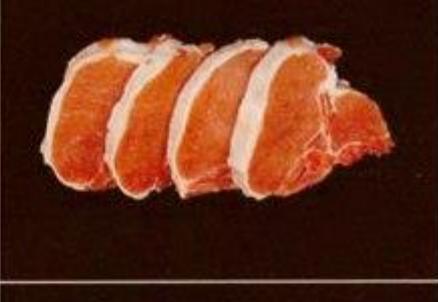
PSE – Pálida, Blanda y Exudativa. Minolta L\* mayor que 50.

DFD – Oscura, Dura y Seca. Minolta L\* menor que 38; pHu mayor que 6,1.

Adaptado de Agrocere PIC. (Figura 1)

En el futuro, características adicionales podrán ser usadas para una mejor definición de estas categorías de calidad.

Figura 1. Categorías de calidad

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| 1 |    |    | <b>P<br/>S<br/>E</b>   | Mala presentación. Carne pálida, exudativa.<br>Mal rendimiento tecnológico. |
| 2 |    |    | <b>L<br/>i<br/>g<br/>e<br/>r<br/>o</b><br><b>P<br/>S<br/>E</b> |   |
| 3 |   |   | Normal<br>-clara-  |   |
| 4 |  |  | Normal<br>-oscura-   |   |
| 5 |  |  | <b>D<br/>F<br/>D</b>   | Mala conservación en<br>fresco y en seco                                    |

### **Características del pH.**

La velocidad de reducción del pH y la temperatura a la que se produce afectan a la desnaturalización proteica en el músculo *postmortem*. Una caída rápida (hasta tres veces superior) de pH mientras la canal aún está a temperatura alta (>37°C) provoca la desnaturalización de las proteínas miofibrilares. La caída hasta un pH cercano al punto isoeléctrico (5,0-5,1) de las proteínas musculares reduce considerablemente su capacidad de retener agua. El resultado son carnes pálidas y exudativas debido a la poca capacidad de retener líquidos, carnes PSE. Si la caída es insuficiente, el resultado es el contrario, carne DFD. Una carne DFD no presenta problemas de palatabilidad debido a su alta capacidad de retención de agua, siendo válida para elaborados. Sin embargo, presenta problemas de estabilidad y seguridad alimentaria. Por otro lado, una carne PSE es totalmente inaceptable por el consumidor debido a su aspecto y palatabilidad. Entre estos dos casos anómalos extremos, es posible identificar diferentes categorías de calidad en función del resultado de diferentes parámetros.

### **Calidad de la canal.**

Antes de tratar aquellos factores que inciden sobre la calidad de la carne, debemos nombrar algunos aspectos relacionados con la calidad de la canal, por la relación que pueden guardar con la calidad cárnica.

Aparte del rendimiento de la canal y la homogeneidad de los animales, los parámetros básicos de calidad de canal son el porcentaje de magro y la conformación. La necesidad de implementar un sistema de pago en matadero basado en una buena combinación de estos factores es vital para el estímulo de una mejora de la calidad en nuestros mercados.

En el cuadro 2 se presentan varios ejemplos de ecuaciones utilizadas en diferentes países para estimar el porcentaje magro de la canal a partir de medidas efectuadas.

Con el Fat-o-meter en matadero, las ecuaciones son diferentes debido a múltiples factores: definición de magro, presentación de la canal, punto donde se efectúan las medidas, características de cada subpoblación porcina, entre otras cosas. En todas ellas es de vital importancia el *espesor de la grasa subcutánea*. El grado de importancia es aún mayor en aquellos casos en los que los animales se sacrifican a un peso superior. Este tipo de datos son indicativos de la importancia de diseñar programas de alimentación en función de las características genéticas del animal, el peso al sacrificio y la observación de los datos de canal obtenidos en matadero para conseguir canales con poco espesor de grasa dorsal y alto porcentaje magro.

Cuadro 2.- Ecuaciones para el cálculo de porcentaje magro de la canal a partir de medidas efectuadas con Fat-o-meter

País Porcentaje de magro

$$\text{España } 61,56 - (0,878 \times G34) + (0,157 \times M34)$$

$$\text{Francia } 55,69 - (0,710 \times G34) + (0,198 \times M34)$$

$$\text{Reino Unido } 59,0 - (0,58 \times GU) - (0,32 \times G34) + (0,18 \times M34)$$

$$\text{Holanda } P \times (61,38 - (0,74 \times G34) + (0,13 \times M34)) + (1-P) \times (59,35 - (0,67 \times G34) + (0,13 \times M34))$$

$$\text{Bélgica } 55,69 - (0,465 \times G34) + (0,121 \times M34) - (0,0896 \times ME) - (1,093 \times M34/ME) - (0,021 \times AJ)$$

$$\text{Estados Unidos (1) } CM = 2,827 + (0,469 \times PC) - (18,47 \times G10) + (9,824 \times M10)$$

$$\text{Estados Unidos (2) } FFLI = 51,537 + (0,035 \times PC) - (12,26 \times GU)$$

Abreviaturas: G34 = Espesor de grasa entre 3 y 4 costilla a 6 cm de la línea media, mm  
M34 = Profundidad del músculo longissimus entre 3 y 4 costilla a 6 cm de l. media, mm  
GU = Espesor de grasa en la última costilla, mm  
P = Probabilidad de ser hembra  
ME = Profundidad del músculo en la espalda, mm  
AJ = Ángulo del jamón, °  
CM = Cantidad en canal de magro con 5% grasa. %Magro = CM / PC  
PC = Peso canal en caliente, libras  
G10 = Espesor de grasa en la 10ª costilla, pulgadas  
M10 = Espesor de músculo en la 10ª costilla, pulgadas  
FFLI = Índice de magro libre de grasa  
GU = Espesor de grasa en la última costilla, pulgadas

Sin embargo, un sistema de pago que premie exclusivamente a la calidad de canal puede resultar en programas genéticos y prácticas de alimentación que tengan un efecto negativo sobre la calidad de la carne. Las nuevas técnicas para evaluar objetivamente el porcentaje de magro y la conformación de las canales (como por ejemplo la medición automática por ultrasonidos AufoFom) deberían aplicarse conjuntamente a medidas de calidad de carne (mediciones de pH on-line) para así evitar que las mejoras en calidad de canal resulten carnes de peor calidad.

**■ Ecuaciones Fat-O-Meter (FOM):**

España:  $61,56 - (0,878 \times G34) + (0,157 \times M34)$

Francia:  $55,69 - (0,710 \times G34) + (0,198 \times M34)$

G34 = Espesor de grasa entre la 3ª y 4ª costilla y a 6 cm del corte de la canal. M34 = Espesor del lomo entre la 3ª y 4ª costilla y a 6 cm del corte de la canal

**Características que definen la calidad de la carne y tocino de cerdo**

Cuando se define la calidad de la carne, las apreciaciones cambian según la perspectiva de los distintos eslabones de la cadena que va desde los productores hasta la mesa del consumidor. El productor considera cerdos de mayor calidad a los de mayor porcentaje de magro y mejor velocidad de crecimiento mientras que los consumidores, por ejemplo, valoran aspectos como las propiedades sensoriales, la apariencia física en el momento de compra, la calidad higiénica de la carne, la facilidad de preparación y uso. La calidad tecnológica y sensorial de la carne porcina maneja indicadores claros y concisos de fácil medición. Como caracteres más importantes se pueden resaltar los siguientes: pH, color, capacidad de retención de agua, grasa intramuscular o veteado, grasa subcutánea o espesor de grasa dorsal, tejido muscular y ternura. (Campion, 2013)

### **Propiedades de la relación carne-tocino del cerdo**

Siempre que hablemos de la calidad de la carne debemos diferenciar los siguientes conceptos: calidad de la canal y calidad de la carne. La calidad de la canal, observa parámetros propiamente del animal, que afectarán a su rendimiento posterior. Para unificar el término de “canal” la CEE la definió como: “el cuerpo de un cerdo sacrificado, sangrado y eviscerado, entero o dividido por la mitad de forma longitudinal”, en el Real Decreto 1028/2011, de 15 de julio, por el que se establecen disposiciones de aplicación relativas a la clasificación de las canales de porcino. La carne es el resultado de una serie de transformaciones bioquímicas del músculo luego de faenado el animal. Por lo tanto, esas transformaciones y las condiciones de almacenamiento rigen los futuros atributos sensoriales del alimento. La carne es una matriz compleja, donde conviven materia grasa, proteínas, minerales, vitaminas, etc., que dificultan el análisis del alimento como tal (Basso *et al.*, 2009). La calidad de la carne se encuentra relacionada con su composición nutritiva, factores organolépticos como aspecto y palatabilidad, y con la inocuidad del alimento. Entendemos por carnes con calidad tecnológica aquéllas que tienen ciertas características técnicas dentro de rangos óptimos, favoreciendo su mejor procesado (Eguinoa *et al.*, 2006).

### **Características fisicoquímicas y tecnológicas (pH, color y retención de agua)**

Estos atributos organolépticos y tecnológicos se tratan de forma conjunta por estar fuertemente interrelacionados. La influencia del pH sobre las características de color, terneza, sabor, capacidad de retención de agua y la conservación es la razón por la que, el pH, no sólo afecta a las propiedades organolépticas de la carne, sino también a su calidad higiénica y a su aptitud tecnológica para la elaboración de productos cárnicos (Coma y Piquer, 1999).

El color y capacidad de retención de agua dependen básicamente de las condiciones en que se realizan los cambios de pH durante la transformación *postmortem* de músculo a carne (Cuadro 3). Las alteraciones de estos tres atributos bajo las formas de carnes PSE (pale, soft and exudative = pálidas, blandas y exudativas) o DFD (dark, firm and dry = oscura, dura y seca) son muy importantes en la industria cárnica (Coma y Piquer, 1999). Se han indicado incidencias de un 16% de carnes PSE en Estados Unidos (Cassens, 1999), un 25% de jamones PSE en España (Benlloch, 1999), o 6,5% y 12,5% de canales seriamente PSE y DFD, respectivamente, en un sondeo de 5 mataderos (Gispert et al. 1999) en España (Cuadro 7). La velocidad y la magnitud de la caída de pH después del sacrificio es posiblemente la causa individual más importante de la variación existente en calidad cárnica del porcino (cuadro 4). El color de los productos cárnicos también se ve afectado durante el período de almacenamiento. En este caso el cambio obedece a un proceso de deterioro por oxidación durante un almacenamiento aeróbico. Se producen cambios en la forma química de los pigmentos musculares, la mioglobina puede ser convertida a metamioglobina, de un color marrón que es poco atractivo para el consumidor. A la vez, este proceso oxidativo también puede afectar a los fosfolípidos de la membrana celular y disminuir la capacidad de retención de agua (Coma y Piquer, 1999).

Cuadro 3.- Factores que afectan a pH y capacidad de retención de agua en la carne fresca de cerdo (NPPC, 1998).

| <b>Factor</b>                 | <b>Grado de influencia</b><br><b>(*baja, **media, ***alta)</b> |     |
|-------------------------------|--|-----|
| <b>Genética</b>               | HAL (gen halotano) status                                      | *** |
|                               | RN (gen Rendement Napole)                                      | *** |
|                               | Raza   | **  |
|                               | Tipo de fibras musculares                                      | **  |
|                               | Sexo   | *   |
| <b>Alimentación</b>           | Ayuno  | *** |
|                               | Vitamina E   | **  |
|                               | Otros compuestos   | *   |
| <b>Manejo durante la cría</b> | Densidad-Luz   | *   |
|                               | Al aire libre-ejercicio  | *   |
| <b>Transporte</b>             | Carga/descarga   | **  |
|                               | Altas temperaturas   | *** |
|                               | Duración   | **  |
|                               | Densidad durante transporte                                    | **  |
|                               | Otras condiciones de transporte-                               |     |
|                               | humedad  | *   |
|                               | Mezcla de grupos sociales                                      | *** |
|                               |  |     |

|                           |                                 |     |
|---------------------------|---------------------------------|-----|
| <b>Espera en matadero</b> | Duchas pre-sacrificio           | **  |
|                           | Tiempo de espera pre-sacrificio | *** |
|                           | Otras condiciones               | *   |
|                           | Pasillo                         | *** |
| <b>Aturdimiento</b>       | Método                          | *** |
|                           | Proceso                         | *** |
|                           | Duración                        | *** |
| <b>Escaldado</b>          | Duración-Temperatura            | **  |
| <b>Enfriado - Oreo</b>    | Rapidez                         | *** |
|                           | Temperatura                     | *** |
| <b>Congelado</b>          | Rapidez                         | *** |
| <b>Empaquetado</b>        | Método                          | *** |
|                           | Atmosfera                       | **  |
| <b>Mostrador</b>          | Presión del envoltorio          | *   |
| <b>Cadena de frío</b>     | Variaciones                     | *** |
|                           | Alta temperatura                | *** |

Cuadro 4. Categorías en calidad de carne en función del aspecto, pH y capacidad de retención de agua (Kauffman *et al.*, 1992; Toldrá y Flores, 1999)

| <b>Categoría</b>            | <b>pH a 2 hs</b> | <b>pH a las 24 hs</b> | <b>Brillo L</b> | <b>Pérdidas de agua %</b> |
|-----------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| PSE- Pale Soft Exudative    | <5,8             |                       | >50             | >6                        |
| RSE- Red Soft Exudative     | <5,8             |                       | 44-50           | >6                        |
| RFN- Red Firm Non-Exudative | >5,8             | <6,0                  | 44-50           | <6                        |
| DFD-Dark firm Dry           |                  | >6,0                  | <44             | <3                        |

Por tanto, la actividad física o estrés (movimiento de animales en muelles de carga, descarga, transporte, mezcla de animales y peleas) que provoque un aumento de la concentración de catecolaminas en plasma resulta en el inicio de la glucogenólisis. Una glucogenólisis persistente provoca una disminución de las reservas de glucógeno muscular, y por tanto, falta de sustrato *post-mortem* para provocar la caída de pH, siendo el resultado final una carne DFD (Cuadro 5).

Por otro lado, un estrés agudo momentos antes o en el momento del aturdimiento provoca un aumento de ácido láctico cuando la temperatura es aún elevada, siendo el resultado final una carne PSE. El mecanismo del estrés se asocia a cambios en el metabolismo del calcio, potente activador de la contracción muscular y de la glucogenólisis.

Cuadro 5.- Relación entre color de la carne, contenido de glucógeno muscular y pH. (Coma y Piquer, 1999).

| <b>Color Muscular</b> | <b>Glucógeno %</b> |              | <b>Producción de lactato</b> | <b>pH final</b> |
|-----------------------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|
|                       | <b>Sacrificio</b>  | <b>24 hs</b> |                              |                 |
| Normal                | 0,6                | 0,1          | Alto                         | 5,6             |
| Oscuro                | 0,3                | 0,1          | Bajo                         | 6-6,5           |
| Pálido                | 1                  | 0,1          | Muy alto                     | 5,1             |

Así pues, la carne DFD ocurre en animales con un estrés prolongado y grave antes del sacrificio. Las carnes PSE ocurren con mayor frecuencia en animales que tengan predisposición genética al síndrome de estrés porcino (PSS). Debido a la mala adaptación de estos animales al estrés, a parte de los efectos directos sobre la calidad cárnica, existen una serie de efectos indeseables como mayor mortalidad en el transporte, mayor número de hematomas o petequias, más arañazos y más roturas de piel.

El tipo de fibra muscular juega también un posible papel en la incidencia de carnes anómalas. Los diferentes tipos de fibras musculares I (roja-contracción lenta-oxidativa) y II (contracción rápida - que a la vez se pueden subdividir en IIa, IIb, IIc) presentan diferente comportamiento en el metabolismo del glucógeno debido a la diferente composición de sus sistemas enzimáticos. La presencia de fibras de tipo I (contracción lenta y metabolismo aeróbico) o tipo IIa (contracción rápida aeróbica con alto contenido en glucógeno y ritmo de resíntesis rápido) son beneficiosas para una buena caída de pH y óptimo color rojizo de la carne.

Las fibras de tipo IIb (contracción rápida anaeróbica, bajo contenido en glucógeno y resíntesis lenta) resultan en una falta de glucógeno muscular. El contenido relativo de cada tipo de fibras en el porcino (tipo I:IIa:IIb - 8:8:84 en músculo *longissimus dorsi*) en comparación al bovino (50:40:10 en el mismo músculo) predispone a la carne de cerdo a una mayor incidencia de PSE y DFD (Barton-Grade, 1997).

Los efectos de la genética sobre la calidad de la carne han sido revisados ampliamente en varios estudios (Sellier y Monin, 1994; Hermesch, 1997; deVries *et al.*, 1999). Simplificando, se podría decir que la predisposición genética al síndrome del estrés porcino (PSS) depende en gran parte, pero no totalmente, de la presencia del *gen del halotano* (HAL) y del *gen Rendement Napole* (RN).

El *gen del halotano*, asociado a la hipertrofia muscular, es responsable de las diferencias en el tipo y metabolismo de las fibras musculares que provocan una mala adaptación del animal a situaciones de estrés. El resultado es que, ante situaciones de estrés, se produce una mayor liberación de calcio desde los retículos sarcoplásmicos. A la vez, la hipertrofia muscular propia del gen halotano se asocia a un mayor porcentaje de fibras IIB. El metabolismo glucolítico de estas fibras, junto al sobreestímulo de la contracción muscular, resulta en carnes PSE. No se observan diferencias en el pH final, pero sí en el pH a los 45 minutos (pH45), ya que el factor más importante es la velocidad de caída de pH. Esta mutación se encuentra presente en las líneas de machos terminales de buena conformación, siendo bastante frecuente el homocigoto recesivo en razas como Pietrain y Landrace Belga.

El alelo dominante del gen RN (Rendement Napole) es responsable del menor valor tecnológico de cierta carne debido a: 1) menor concentración proteica de la carne, 2) mayor contenido de glucógeno en músculo (>70% que el contenido normal). Este alto potencial glucolítico resulta en un pH final muy bajo. La menor concentración proteica, junto a la desnaturalización por pH resulta en carne con muy poca capacidad de retención de agua (Ellis *et al.*, 1997), aunque el color puede ser correcto (carnes RSE). Este tipo de gen es especialmente importante en poblaciones que incluyan material genético Hampshire en su composición.

Sin embargo, aunque la predisposición genética tenga una gran importancia en la incidencia de carnes PSE y DFD, no es totalmente determinante.

En el estudio de Gispert *et al.* (1999) se observa cómo la incidencia de carnes PSE en cinco mataderos distintos va relacionada con la frecuencia del gen del halotano, pero otros factores también inciden. Cualquier tratamiento anterior al sacrificio (durante el engorde de los animales en granja, alimentación, manejo, método de carga, transporte a sacrificio, método de

aturdimiento) que tenga una incidencia en las reservas energéticas de los músculos en el momento del sacrificio puede ser determinante en calidad de la carne (cuadro 6).

Cuadro 6.- Interrelación entre predisposición genética y reservas energéticas del músculo sobre calidad de la carne (Barton-Grade, 1997).

| <b>Predisposición genética</b> | <b>Reservas energéticas en músculo</b> | <b>Calidad de la carne</b> |
|--------------------------------|--|----------------------------|
| <b>Normal</b>                  | Alta                                   | Normal                     |
|                                | Media                                  | Normal                     |
|                                | Baja                                   | DFD                        |
| <b>PSE</b>                     | Alta                                   | PSE                        |
|                                | Media                                  | Normal - PSE               |
|                                | Baja                                   | DFD                        |

La incidencia de carnes PSE aumentará en caso de recibir comida durante el día de sacrificio, cortos períodos de transporte, estrés alto previo al sacrificio y altas temperaturas.

Las carnes DFD aumentan en casos de ayuno prolongado, transportes prolongados, peleas de animales, situaciones de bajas temperaturas y tiempo de espera en frigorífico (cuadro 5 y 7).

Se ha indicado una mayor incidencia de PSE en hembras que en machos (Campbell, 1994). El motivo podría estar en diferencias en la utilización de glucógeno durante el ayuno, en la composición de fibras musculares o en el comportamiento durante el transporte y pre-sacrificio.

### **Ayuno**

El ayuno previo al sacrificio afecta a la calidad cárnica en varios aspectos. En primer lugar, ayunos prolongados (>16 horas) pueden ser efectivos en disminuir la incidencia de carnes PSE en animales con predisposición genética (Eikelenboom *et al.*, 1991). Por otro lado, presenta una serie de ventajas para el matadero: una reducción en el peso del contenido intestinal, una evisceración más fácil, una menor contaminación bacteriana debido a menor rotura de vísceras y una menor cantidad de productos residuales en el matadero (Allee, 1997).

Cuadro 7. Incidencia de PSE y DFD en condiciones comerciales evaluadas en cinco mataderos españoles. Efecto de distintos factores anteriores al sacrificio (Gispert *et al*, 1999).

|                                 |          | PSE      |          |       | DFD      |          |       |
|---------------------------------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|
|                                 |          | Ausencia | Moderado | Serio | Ausencia | Moderado | Serio |
| Nº animales                     |          | 6672     | 6765     | 933   | 2345     | 384      | 346   |
| Porcentaje                      |          | 46,4     | 47,1     | 6,5   | 75,0     | 12,5     | 12,5  |
| Estación                        | Verano   | 33,0     | 58,5     | 8,5   | 79,6     | 12,0     | 8,4   |
|                                 | Invierno | 54,9     | 39,9     | 5,2   | 73,7     | 12,9     | 13,4  |
| Ayuno en granja, h              | <12      | 50,7     | 42,8     | 6,5   | 78,9     | 11,1     | 10,0  |
|                                 | 12-18    | 55,1     | 39,1     | 5,8   | 74,8     | 11,9     | 13,3  |
|                                 | >18      | 49,4     | 43,6     | 4,7   | 73,0     | 15,4     | 11,6  |
| Densidad, m <sup>2</sup> /cerdo | <0,40    | 45,1     | 48,6     | 6,3   | 74,1     | 13,6     | 12,3  |
|                                 | >0,40    | 50,4     | 42,4     | 7,2   | 81,7     | 9,6      | 8,7   |
| Transporte, h                   | < 2      | 51,2     | 40,8     | 8,0   | 82,0     | 9,5      | 8,5   |
|                                 | > 2      | 44,1     | 50,2     | 5,7   | 72,2     | 14,6     | 13,2  |
| Espera, h                       | < 3      | 53,9     | 40,6     | 5,5   | 86,5     | 10,2     | 3,3   |
|                                 | 3-9      | 49,3     | 43,5     | 7,2   | 79,1     | 10,9     | 10,0  |
|                                 | > 9      | 38,8     | 55,2     | 6,0   | 65,4     | 16,6     | 18,0  |

El ayuno previo al sacrificio puede reducir la cantidad de glucógeno muscular presente en el músculo esquelético debido a que es movilizado con fines energéticos durante ese periodo. Por tanto, el resultado final sería una menor producción de ácido láctico y un pH final más alto. Esta característica que es altamente deseable cuando existe una predisposición a carnes PSE, sería completamente indeseable en caso de carnes DFD. Bidner *et al.* (1999a, b) han estudiado el efecto de ayunos prolongados (12, 36 y 60 h) en animales con alto potencial glucolítico (portadores del alelo dominante Rn—del gen Rendement Napole). Mientras que en animales con bajo potencial glucolítico sometidos a estrés, ayunos prolongados fueron efectivos en aumentar el pH y mejorar el color, en el caso de animales con alto potencial glucolítico el ayuno no disminuyó el alto contenido de glucógeno muscular a un nivel lo suficientemente bajo como para afectar al pH (cuadro 8). Similares resultados fueron obtenidos por Stalder *et al.* (1998) cuando comparó ayunos de 16 h, con o sin período de espera previo al sacrificio. En un estudio posterior (Bidner *et al.*, 1999b) donde el manejo fue mínimo, no se observó ninguna diferencia en calidad de carne. Estos resultados indican que los efectos del ayuno sobre calidad de carne dependen de la interacción que existe entre genética y manejo previo al sacrificio.

Cuadro 8. Efecto del ayuno antes del sacrificio en calidad del longissimus en cerdos con un bajo (Rn+rn+) y alto (Rn-rn+) potencial glucolítico (Bidner *et al.*, 1999)

|                  |       | Potencial glucolítico |       |       |       |       |       | SE   | Sign. ( $P<0,05$ ) |
|------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------|
|                  |       | Bajo                  |       |       | Alto  |       |       |      |                    |
| Ayuno, h         |       | 12                    | 36    | 60    | 12    | 36    | 60    |      |                    |
| pH               | final | 5,45                  | 5,59  | 5,65  | 5,36  | 5,34  | 5,36  |      | *                  |
| Pérdida de agua, | %     | 4,17                  | 3,11  | 3,50  | 5,49  | 6,22  | 5,25  | 0,02 | NS                 |
| Brillo, L        |       | 55,54                 | 53,08 | 51,76 | 55,33 | 55,55 | 55,48 | 0,30 | *                  |
|                  |       |                       |       |       |       |       |       | 0,45 |                    |

En ausencia de factores estresantes, el ayuno de cerdos por periodos de hasta 72 h antes del sacrificio tiene un efecto mínimo sobre el contenido de glucógeno muscular. En tales condiciones, el ayuno no representa una causa de carnes DFD (Fernández y Tornberg, 1991).

Por el contrario, los factores estresantes, anteriormente citados, que ocurren entre granja y sacrificio pueden inducir la secreción de catecolaminas y acelerar la disminución de glucógeno, con el consiguiente aumento de la incidencia de carnes DFD en caso de no existir predisposición genética a carnes PSE, ya que la disminución de glucógeno durante el ayuno es menor en fibras de tipo II comparado a tipo I (Fernández *et al.*, 1995).

Ayunos prolongados no son recomendables. Cuando el ayuno es de más de 24 h las reservas energéticas del músculo se pueden restablecer a partir de los depósitos grasos, repercutiendo negativamente en la calidad de carne (Barton-Grade, 1997). Aparte de los efectos sobre el

rendimiento de la canal, a partir de 9-18 h desde la última comida se inicia una pérdida de peso corporal. Warris *et al.* (1983) cifraron que entre 18 y 48 h, la pérdida de peso en canal ocurre a un ritmo de 0,1% por hora. Grandin (1994) recomienda que el período entre la última comida y el sacrificio no sea superior a 12 h si se quieren evitar pérdidas de peso de la canal. En condiciones prácticas, ayunos de entre 10 y 18 horas serían los recomendables. Sin embargo, factores como la predisposición a carnes PSE, cargas de mañana o noche, duración y densidad durante transporte, y época del año deben tenerse en cuenta a la hora de decidir la exacta duración del ayuno en granja.

### **Sabor y olor**

Uno de los factores determinantes del óptimo sabor y olor de la carne es la calidad de la grasa presente en la pieza cárnica, especialmente su estado de oxidación. Una excesiva oxidación repercute muy negativamente en la calidad de la carne fresca, procesada y precocinada.

La manipulación del perfil y porcentaje de ácidos grasos, especialmente poliinsaturados, en grasas o ingredientes utilizados en la dieta del animal, junto a la utilización de antioxidantes que se fijan en los tejidos (vitamina E) son altamente útiles en la prevención de este indeseable efecto mediante la alimentación del animal.

Otro factor a considerar es la presencia de olor sexual en machos enteros. La cría de machos enteros tiene varias ventajas: mayor eficiencia económica de crecimiento, aumento en el rendimiento magro de las canales y mejor bienestar animal. La principal desventaja es la presencia de olor sexual en un 5 a 10% de las canales de machos enteros. La castración, reducción del peso vivo al sacrificio y una menor densidad de alojamiento son las principales medidas utilizadas para evitar este efecto indeseable (Coma – Piquer, 1999). Los compuestos responsables del problema son el escatol (3-metil-indol) y la androstenona (5-androst-16-en-

3-ona). La presencia de ambos compuestos en el tejido graso se encuentra correlacionada. La contribución relativa de las dos sustancias es un tema aún de debate (Bonneau *et al.*, 1992, 1998; Xue *et al.*, 1999). La capacidad de detectar el olor sexual en carne con diferentes concentraciones de androstenona muestra una gran variabilidad regional, siendo la sensibilidad de las mujeres mayor que la de los hombres (Oliver *et al.*, 1998).

Por otro lado, la percepción del escatol no presenta tal variabilidad al ser identificable por toda la población (Weiler *et al.*, 1997).

El escatol es un compuesto volátil producido en el intestino por degradación microbiana del triptófano procedente de la proteína alimentaria o endógena. Aunque gran parte del escatol producido a nivel intestinal es metabolizado en el hígado y excretado a través de la orina, la parte no degradada se deposita en el tejido adiposo. Cuando la concentración en tejidos es alta ( $>0,2 \mu\text{g/g}$  de grasa) se produce el indeseable olor y sabor en la carne de cerdo. La incidencia de concentraciones problemáticas ocurre en machos enteros. Tal como hemos dicho anteriormente, su presencia se correlaciona con la presencia de androstenona. Se cree que algunos de los esteroides sexuales producidos en los testículos, al mismo tiempo que la androstenona, actúan a nivel de hígado inhibiendo la metabolización del escatol (Babol *et al.*, 1999). Esto también explicaría que en los recientes trabajos sobre inmunocastración (antígeno de la GnRH, aplicados 4 semanas antes de sacrificio), se observe una disminución de ambos (escatol  $<0,2 \mu\text{g/g}$ ; androstenona  $<1,0 \mu\text{g/g}$ ) en grasa subcutánea (Mc Cauley *et al.*, 1997).

Mientras que las concentraciones de androstenona en tejido graso no parecen estar influidas por la dieta, diferentes estudios han revisado el efecto de varios ingredientes y nutrientes sobre la concentración de escatol en el contenido intestinal, heces y grasa dorsal de los cerdos, así como su efecto sobre la aceptabilidad de la carne en paneles sensoriales.

El perfil de aminoácidos de la proteína alimentaria y su digestibilidad son factores que influyen en la producción de escatol. Altos porcentajes de inclusión de guisantes en dietas (Madsen *et al.*, 1990) y la utilización de ciertos tipos de levaduras (Pedersen *et al.*, 1986) resultan en un incremento del contenido de escatol en grasa dorsal y heces, respectivamente, mientras que la utilización de caseína (Jensen *et al.*, 1995) lo reduce. El contenido en proteína bruta de la dieta (14, 16, 19, 22%) y alimentación por fases frente a un pienso único no tuvo ningún efecto sobre la suma de escatol+indol en el estudio publicado por MLC (1998). En ese estudio, los machos enteros presentaron una mayor incidencia de casos positivos a escatol+indol (>0,25 ppm) que las hembras. La manipulación del microbismo y de las condiciones físicas del intestino puede minimizar la fermentación de la proteína indigerida a los metabolitos indeseables. Ender *et al* (1993, 1996) observaron que la suplementación con extracto de *Yucca schidigera* resultaba en una menor concentración de escatol en grasa dorsal y en mayor aceptabilidad de la carne debido posiblemente a un incremento en la captación de compuestos con nitrógeno (NH<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>), generados durante la fermentación en intestino grueso por parte de los glicocomponentes del extracto. La fermentación selectiva de polisacáridos no amiláceos se ha descrito como posible mecanismo de la reducción en escatol observada al administrar pulpa de remolacha (Longland *et al.*, 1991; Nute *et al.*, 1994) o ciertos oligosacáridos (Terada *et al.*, 1992) y polisacáridos no digestibles pero fermentables - inulina- (Claus *et al.*, 1994; McCauley *et al.*, 1997). La inclusión de antibióticos en la dieta también puede tener un efecto depresor de la cantidad de escatol producido en intestino y depositado en la grasa, aunque este efecto parece ser poco reproducible (Hansen y Larsen, 1994).

## **Terneza**

La variación en terneza se puede explicar básicamente por diferencias en cuatro propiedades de la carne (Warkup y Matthews, 1997):

(1) El almacenamiento de la carne después del sacrificio (maduración) resulta en una degradación gradual de algunas estructuras musculares, especialmente elementos contráctiles, por acción de enzimas proteolíticas.

(2) El estadio de contracción del músculo antes o durante el *rigor mortis* y la temperatura a la que ocurre también son determinantes en el grado de terneza. Si el músculo se enfría rápidamente y la temperatura es inferior a 10°C antes del desarrollo del rigor, se produce una contracción espontánea. Este proceso llamado ‘cold shortening’ provoca una dureza extrema de la carne.

Al mismo tiempo, si el músculo llega al *rigor mortis* a alta temperatura, se produce un ‘hot shortening’. La temperatura óptima para la entrada del músculo al *rigor mortis* es de 15°C.

(3) La estructura del tejido conectivo (cantidad, distribución y estabilidad térmica) es otro factor que contribuye a crear diferencias en textura entre diferentes piezas de un animal. Sin embargo, la variación en una misma pieza entre animales de la misma edad es poco importante (Warkup y Matthews, 1997). El cambio en textura al aumentar la edad de los animales se debe a cambios en este tejido.

(4) La cantidad de grasa intramuscular también tiene su efecto sobre la terneza de la pieza cárnica.

La grasa intramuscular o de veteados es el depósito adiposo que se encuentra asociado a la membrana de los haces musculares (intercelular) o en gotas en las fibras musculares (intracelular). La cantidad y la calidad de esta grasa de infiltración son elementos relacionados con el sabor, aroma y terneza de la carne. El grado de importancia de la grasa intramuscular

sobre la terneza de la carne se ha revisado en diferentes estudios, existiendo cierta disparidad de resultados (Devol *et al.*, 1988; Ramsey *et al.*, 1990; Jones *et al.*, 1994; Fernandez *et al.*, 1999). En algunos estudios, existe una notable correlación ( $r$ ) entre grasa intramuscular y dureza de la carne ( $r = -0,35$ ), mientras que en otros, la relación es bastante inferior (MLC, 1998; Eikelenboom *et al.*, 1996). En este último trabajo se concluye que existe un efecto del porcentaje de grasa intramuscular sobre la calidad sensorial de la carne, pero de una magnitud bastante inferior al efecto del pH *postmortem* del músculo. Bejerholm y Barton-Grade (1986) determinaron que un mínimo de un 2% de grasa intramuscular es necesario para una calidad sensorial óptima de la carne fresca. Sin embargo, este nivel puede variar en función de preferencias de mercado y del destino del producto. Valores entre 3 y 4% pueden ser más adecuados para carne destinada a curados.

La raza es probablemente el factor que mayor efecto tiene en el contenido de grasa intramuscular de las canales porcinas. Dada la relación entre grasa subcutánea y grasa intramuscular, aquellas razas con mayor engrasamiento tienen mayor contenido de grasa en el tejido muscular. La raza Duroc es la más destacable en contenido de grasa intramuscular siendo ampliamente utilizada en programas genéticos a fin de mejorar la calidad cárnica del producto final. Se están realizando estudios para la identificación del material genético responsable de esta característica cárnica (de Vries *et al.*, 1999). El objetivo es conseguir altos niveles de grasa intramuscular sin aumentar otros depósitos grasos.

El aumento de grasa intramuscular en líneas genéticas magras por medio de la alimentación se ha evaluado en varios estudios (Ellis *et al.* 1998). La utilización de dietas deficientes en aporte de aminoácidos aumenta significativamente el contenido de grasa intramuscular (cuadro 9), pero acompañado de un menor crecimiento y aumento en el contenido graso de la canal. Por

tanto, este tipo de prácticas posiblemente no serían económicamente rentables en situaciones comerciales.

Cuadro 9. Efecto de dietas deficientes en aminoácidos sobre el contenido de grasa intramuscular en el músculo longissimus (Adaptado de Ellis *et al.*, 1998; Bidner *et al.*, 1999)

| %Proteína / %Lisina |                   | %Grasa<br>Intramuscular |                   | Periodo,<br>kg | Autor                          |
|---------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|----------------|--------------------------------|
| <i>Adecuado</i>     | <i>Deficiente</i> | <i>Adecuado</i>         | <i>Deficiente</i> |                |                                |
| 18,5/0,96           | 13,1/0,64         | 1,5                     | 2,5               | 10-103         | Essen <i>et al.</i> , 1994     |
| 17,6/0,81           | 11,9/0,48         | 1,4                     | 3,5               | 25-98          | Castell <i>et al.</i> , 1994   |
| 25,0/               | 10,0/             | 3,4                     | 9,4               | 30-90          | Goerl <i>et al.</i> , 1995     |
| 16,0/0,82           | 12,0/0,55         | 5,5                     | 11,2              | 10-100         | Kerr <i>et al.</i> , 1995      |
| 14,0/0,56           | 10,0/0,40         | 3,8                     | 5,7               | 80-110         | Cisneros <i>et al.</i> , 1996  |
| 20,5/1,05           | 16,6/0,70         | 1,2                     | 2,4               | 39-90          | Blanchard <i>et al.</i> , 1998 |
| /0,48               | /0,64             | 1,8                     | 2,3               | 80-115         | Bidner <i>et al.</i> , 1999b   |
| %Proteína / %Lisina |                   | %Grasa<br>Intramuscular |                   | Periodo,<br>kg | Autor                          |
| <i>Adecuado</i>     | <i>Deficiente</i> | <i>Adecuado</i>         | <i>Deficiente</i> |                |                                |
| 18,5/0,96           | 13,1/0,64         | 1,5                     | 2,5               | 10-103         | Essen <i>et al.</i> , 1994     |
| 17,6/0,81           | 11,9/0,48         | 1,4                     | 3,5               | 25-98          | Castell <i>et al.</i> , 1994   |
| 25,0/               | 10,0/             | 3,4                     | 9,4               | 30-90          | Goerl <i>et al.</i> , 1995     |
| 16,0/0,82           | 12,0/0,55         | 5,5                     | 11,2              | 10-100         | Kerr <i>et al.</i> , 1995      |
| 14,0/0,56           | 10,0/0,40         | 3,8                     | 5,7               | 80-110         | Cisneros <i>et al.</i> , 1996  |
| 20,5/1,05           | 16,6/0,70         | 1,2                     | 2,4               | 39-90          | Blanchard <i>et al.</i> , 1998 |
| /0,48               | /0,64             | 1,8                     | 2,3               | 80-115         | Bidner <i>et al.</i> , 1999b   |

La grasa intermuscular está asociada con el tejido conectivo entre los planos musculares profundos y medianos y representa el 21,5 % de los tejidos adiposos separables. La grasa subcutánea representa el 68 % de los tejidos grasos totales (Cava *et al.*, 1999; Mourot y Hermier, 2001). Según Wood (1984), la grasa peri-renal representa el 6,1 %, y la grasa peri-visceral el 4,5 %.

El sistema enzimático calpaína-calpastatina juega un papel importante en el aumento de la terneza post-mortem. La calpaína (en sus dos formas,  $\mu$  y  $m$ ) es una proteasa que actúa sobre la proteína muscular durante la maduración post-mortem de la carne. Su principal acción es la degradación de la titina y nebulina en la línea Z, proteínas estructurales de gran tamaño claves en la integridad miofibrilar. La actividad *postmortem* de la calpaína y la disminución de actividad de la calpastatina, su inhibidor, explica la tenderización *postmortem* del tejido (Huff-Lonergan, 1999). El contenido de calpaína en fibras de tipo I es mayor que en las de tipo II.

Estas enzimas son ATPasas calcio-dependientes. Se ha demostrado un aumento de terneza en canales de ternero inyectadas con  $\text{CaCl}_2$  (Koohmaraie *et al.*, 1988).

La suplementación diaria con 5 millones de UI de vitamina D3 durante 9 días antes del sacrificio mejoró significativamente la terneza de la carne a los 14 días *post-mortem* en ternera (Beitz *et al.*, 1998).

Sin embargo, la suplementación en cerdos durante 3 días antes del sacrificio con 500000 UI/d de vitamina D3, aunque aumentó la concentración de calcio en plasma, no afectó a la terneza de la carne (Sparks *et al.*, 1998). Similares resultados fueron obtenidos por Enright *et al.* (1998) con 176000 UI/kg de pienso durante 10 días. Los autores de ambos estudios concluyen que otras dosis u otros regímenes alimenticios podrían ser efectivos.

Al mismo tiempo, se ha descrito una interrelación entre el sistema enzimático de la calpaína con el valor de pH del músculo. Valores altos de pH se han asociado a una mayor terniza de la carne. Por un lado, se puede explicar por una mayor retención de agua en la pieza cárnica pero, también, por una mayor actividad de las proteasas a pH cercanos a la neutralidad.

En un estudio (Ertbjerg *et al.*, 1999) se provocó una gran disminución de la reserva de glucógeno muscular mediante la inyección de epinefrina y el ejercicio de los animales previo al sacrificio. Los resultados fueron un incremento en pH final, en retención de agua, en actividad de la calpaína y en una mayor terniza (cuadro 10). Se especula que prácticas de alimentación, especialmente ayunos prolongados, podrían resultar en un efecto similar.

El nivel de alimentación de los animales juega un papel importante en la terniza de la carne. Animales alimentados ad libitum producen carne de mayor terniza y jugosidad que los animales en alimentación restringida (MLC, 1989, 1998). Existen varias explicaciones posibles. Por un lado, los animales alimentados ad libitum tienen un mayor ritmo de crecimiento que, hipotéticamente, podría conllevar un sistema proteolítico más activo y este sistema mantendría su actividad postmortem. Al mismo tiempo, una mayor velocidad de crecimiento representa animales de menor edad a igualdad de peso al sacrificio, y por tanto, menor porcentaje de tejido conjuntivo en carne. Por otro lado, la alimentación ad libitum resulta en un mayor porcentaje de grasa intramuscular que contribuye positivamente a la terniza de la carne. Sin embargo, cuando se comparan diferentes planos de alimentación: ad libitum, 80 y 90% ad libitum de dietas con diferente contenido energético se observa que, a igualdad de porcentaje de grasa intramuscular, la carne de animales alimentados ad libitum presenta una mayor terniza. Por tanto, el efecto del nivel de alimentación es superior al de la grasa intramuscular (Warkup y Matthews, 1997). Así pues, la alimentación de los animales ad libitum tiene una influencia claramente positiva sobre la calidad cárnica.

Cuadro 10. Efecto del contenido en glucógeno del músculo sobre pH, actividad proteolítica *postmortem* y terneza (Ertbjerg *et al.*, 1999)

| <b>Parámetro</b>        | <b>Tiempo</b> | <b>Control</b> | <b>Sin glucógeno</b> | <b>Probabilidad</b> |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------------|---------------------|
| pH                      | 45 minutos    | 6,44           | 6,58                 | NS                  |
|                         | 24 horas      | 5,66           | 6,32                 | <0,01               |
|                         |               |                |                      |                     |
| Pérdida de agua, %      | 1 día         | 6,33           | 1,44                 | <0,001              |
|                         | 8 días        | 6,67           | 0,78                 | <0,01               |
| Dureza, N               | 1 día         | 44,1           | 25,3                 | <0,01               |
|                         | 8 días        | 32,6           | 20,7                 | <0,05               |
| μ-calpaína, U/g músculo | 42 minutos    | 3,84           | 5,56                 | <0,05               |
|                         | 24 horas      | 2,46           | 3,68                 | <0,05               |
|                         |               |                |                      |                     |
| μ-calpaína:calpastatina | 42 minutos    | 0,28           | 0,42                 | <0,01               |
|                         | 24 horas      | 0,19           | 0,33                 | <0,001              |
|                         |               |                |                      |                     |

**Aspecto.**

Los atributos referentes al aspecto de los productos cárnicos tienen una importancia trascendental en el momento de la compra, ya que cada vez más son la única información sensorial en la que se puede basar el consumidor para elegir. Esta importancia es probable que sea cada vez mayor, ya que la presentación de muchos de estos productos, como embutidos curados, o jamones, en envases transparentes y loncheados será cada vez más importante, ya que se adecúa más a las peculiaridades del consumidor, especialmente al no habituado al producto. Por lo tanto, conseguir que el aspecto sea adecuado y atractivo, y que ese aspecto se mantenga en el tiempo durante el que los envases permanecen expuestos, es de gran importancia y tiene evidentes repercusiones económicas. El color de la carne se debe fundamentalmente a la presencia de un pigmento de naturaleza proteica, la mioglobina. Se trata de una proteína que presenta un grupo hemo, en cuya constitución entra a formar parte un átomo de hierro. La cantidad de mioglobina existente en la carne es responsable de la intensidad del color de la misma (también llamado saturación del color), mientras que el estado en que se encuentre el hierro de la mioglobina (oxidado o reducido) y los ligandos que se encuentren unidos a dicho átomo de hierro, determinan el tinte, es decir, la tonalidad cromática que presenta la mioglobina, y por lo tanto la carne (rojo vivo, púrpura, pardo). En la carne fresca, las formas químicas que aparecen son la oximioglobina (hierro reducido y ligando una molécula de oxígeno), la metamioglobina (hierro oxidado ligando agua) y la deoximioglobina o mioglobina nativa (hierro reducido, sin ligandos). La proporción relativa de cada una de las formas químicas de la mioglobina en la carne fresca determina el tinte global de la carne. La oximioglobina presenta una coloración rojo brillante, asociada al color de la superficie de la carne fresca, y se encuentra fundamentalmente en la superficie de la misma. La deoximioglobina tiene una coloración purpúrea, y se encuentra en la profundidad

de la carne, donde el oxígeno no llega por difusión. Por último, la metamioglobina se asocia a bajas presiones parciales de oxígeno, a pH ácidos y a la presencia de condiciones prooxidantes, condiciones todas ellas paralelas a la pérdida de frescura de la carne. De hecho, la aparición de coloraciones parduzcas como consecuencia del incremento en la concentración de metamioglobina es uno de los indicadores más utilizados por el consumidor para determinar el grado de frescura de la carne. El tiempo durante el que se mantiene la coloración roja brillante de la carne fresca en la superficie es uno de los factores limitantes para la conservación de la carne en los expositores de los supermercados y carnicerías. La presencia de sustancias con actividad antioxidante en el músculo, principalmente tocoferoles, aumenta el período en el que la mioglobina se mantiene en estado reducido, extendiendo el período de venta de la misma. Esto parece debido a dos efectos diferentes. Por una parte, la vitamina E disminuye el contenido en compuestos derivados de la oxidación lipídica, que a su vez actuarían como prooxidantes favoreciendo la formación de metamioglobina. Por otra, parece que la vitamina E permite la regeneración del citocromo b5 de la membrana, que a su vez, parece estar implicado en la reducción de la metamioglobina a oximioglobina (Faustman y Wang, 2000). Este último aspecto es importante, ya que el paso de la forma oxidada de la mioglobina (metamioglobina) a las reducidas (deoxi y oximioglobina) no es reversible, sino que depende de la actividad enzimática, entre otras, las citados citocromos de membrana. Esta actividad enzimática desaparece pocos días post-mortem. El efecto positivo de la suplementación con vitamina E sobre el color de la carne ha sido evidenciado extensamente en carne de vacuno, y de hecho es una estrategia ampliamente extendida para mejorar el aspecto de este tipo de carnes en los expositores durante el período de venta. No obstante, en carne fresca de cerdo este efecto no parece muy marcado. Sin embargo parece que en jamones curados el efecto sí existe y permite evitar la decoloración durante el almacenamiento de

lonchas a refrigeración, debido a que la vitamina E se degrada relativamente poco durante el procesado del jamón curado (Isabel *et al.*, 1999; 2005). En los jamones la mioglobina se encuentra en forma de nitrosilmioglobina debido a la reacción con el óxido nítrico procedente de las sales nitrificantes empleadas en la curación. Este pigmento es mucho más estable que la oximioglobina a la oxidación. No obstante, al exponer la superficie del jamón al corte, se provoca un oscurecimiento debido a la oxidación progresiva del pigmento. La presencia de vitamina E retarda este oscurecimiento (Isabel *et al.*, 1999; 2005). Además, la suplementación con vitamina E repercute en coloraciones rojas más intensas medidas mediante un panel de catadores entrenados en un ensayo descriptivo, seguramente por una menor oxidación del pigmento en el momento del corte. (Ruíza y López-Bote, 2005)

#### **Raza, sexo y peso:**

La raza, el sexo y el peso al sacrificio influyen sobre la cantidad de grasa y el perfil lipídico. Son varios los autores que hacen referencia a las diferencias interraciales en cuanto al rendimiento de la canal. Según Buttler–Hogg *et al.* (1981), Bailey y Lawson (1989) y Martin *et al.* (1992), las razas más musculosas tienen un mayor rendimiento. Sin embargo, en otros trabajos se ha visto que no existen diferencias en el rendimiento de la canal entre genotipos cuando se comparaban a igual edad, peso o nivel de engrasamiento (Koch *et al.*, 1976). Sañudo y Campo (1997) proponen una serie de factores que influyen en el peso y rendimiento de la canal en mayor o menor medida entre los que figuran factores intrínsecos (raza, individuo, sexo y edad) y factores *pre* y *post mortem* (ayuno y transporte, temperatura y tiempo de refrigeración). En relación con el sexo, los estudios realizados por Carballo *et al.*, (1995) y Dios *et al.* (1997) muestran que hay mayor rendimiento en la canal de los machos que en las hembras. Las revisiones bibliográficas de Klont *et al.* (1998) y Karlson *et al.*

(1999) describen detalladamente cómo afecta el tipo de fibra a la calidad de la carne de cerdo. En estos trabajos se sugiere modificar los esquemas de selección manteniendo los buenos parámetros productivos pero consiguiendo carne de mejor calidad y células musculares de menor tamaño, con mayor número de fibras de contracción lenta y mejor adaptadas al estrés (Rehfeldt *et al.*, 2008). En este sentido, una de las estrategias es la inclusión en los programas de mejora genética animales procedentes de razas que aportan mayor calidad a la carne como la Duroc, Hampshire y Berkshire (Plastow *et al.*, 2006). Otros genes principales o genes específicos/únicos cuya implicación en la calidad de la carne se está considerando son el gen HIMF (High Intramuscular fat, gen homocigoto recesivo) responsable de la presencia de niveles elevados de grasa muscular o también genes relacionados con el olor sexual (gen de la androstenona), entre otros (De Vries *et al.*, 2000; Kocwin-Podsiadla y Kuril, 2003). Sin embargo, la mayoría de los atributos de calidad vienen determinados por factores en los que intervienen varios genes.

La deposición de tejido graso aumenta en las canales más pesadas, presentando a su vez grasas más saturadas (García Macías *et al.*, 1996). En cambio, no existe acuerdo sobre si el sexo afecta o no al componente graso de la canal (Rock *et al.* 1987; Kempster y Wood, 1987; García Cachán, 1992; Cliplef y McKay, 1993). Aunque, Braun *et al.*, (2007) señalan que las hembras resultan más magras independientemente al tratamiento alimentario al que son sometidas, cuestión que abre un problema para el uso tecnológico del tocino para este sexo.

## **EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN HEMBRAS DE REPOSICIÓN**

Resulta evidente que la nutrición juega un papel clave en la reproducción de todas las especies animales superiores. En general, las especies han ido ajustando sus ciclos reproductivos a los recursos alimenticios disponibles, y la fisiología animal (especialmente en las hembras) se ha ido adaptando para satisfacer los requerimientos nutricionales relacionados con la reproducción. Así, es común que las hembras tiendan a acumular reservas corporales para suplir la falta de alimento en momentos clave como la lactación; o a ajustar los ciclos reproductivos con la disponibilidad máxima de nutrientes (por ejemplo, la disponibilidad forrajera).

En el caso de las especies domésticas, y en particular en ganado porcino, esta adaptación ha sido profundamente alterada a lo largo de los años en base a las mejoras obtenidas en las líneas genéticas, programas de alimentación, manejo y sanidad. Así pues, un aumento en casi dos lechones (+1,9) en el número de lechones destetados por cerda y año se debe al incremento de los lechones nacidos por camada, número de partos por cerda y año y a un descenso en el intervalo destete-cubrición (IDC). (Carrión y Medel. 2001)

Partiendo de estas bases, se puede decir que siempre ha existido una interacción nutrición-reproducción, ésta es cada vez más importante y supone un mayor efecto de un parto sobre los siguientes. Los caracteres reproductivos están afectados por la nutrición de la reproductora a través de su estado fisiológico, composición corporal y, en muchas ocasiones, a través de su sistema endócrino. También se debe tener en cuenta el genotipo de la reproductora que claramente afecta la capacidad de ingesta. Existen dos escuelas acerca de cómo la nutrición afecta a la reproducción (Pettigrew, 1998): 1) la reproducción se ve

afectada cuando el contenido graso o proteico de la reproductora cae por debajo de un determinado nivel y 2) el sistema reproductivo responde a determinadas señales que reflejan el estado metabólico de la reproductora (metabolitos, hormonas, sensibilidad de tejidos diana, homeostasis, entre otros).

Desgraciadamente, el diseño de los ensayos no permiten separar bien ambos efectos, un déficit nutricional puede afectar los parámetros reproductivos de las reproductoras de diferentes formas: a) retraso de la pubertad, b) retraso de la salida a celo después del destete (incremento del intervalo destete-cubrición), c) descenso de la tasa de ovulación y d) reducción o aumento de la tasa de supervivencia embrionaria por un déficit nutricional previo o posterior a la ovulación, respectivamente (Den Hartog y van Kempen, 1980; Aherne y Kirwood, 1985; Kirwood y Aherne, 1985; Dourmad *et al.*, 1994; Cosgrove y Foxcroft, 1996; Foxcroft, 1998; Prunier y Quesnel, 1998). Estos efectos nutricionales sobre la reproducción están controlados por mecanismos fisiológicos y sustancias reguladoras (hormonas, neuropéptidos) que actúan sobre el eje hipotálamo-hipófisis/útero-ovario.

Por mucho tiempo los nutricionistas han debatido al respecto a que es lo más importante para tener un éxito reproductivo, si es la edad o el peso a la primera monta ya que se sabe que la pubertad está más influenciada por la talla corporal que por la edad cronológica, lo que es un hecho es que ambas ejercen un efecto sobre el futuro comportamiento reproductivo. Actualmente se sabe que los dos factores son significativos e importantes para un óptimo desarrollo de los reemplazos, de su futuro rendimiento reproductivo y longevidad de la cerda dentro del hato productivo y que la combinación de la edad, peso y la cantidad de la grasa dorsal al momento de la monta es de suma importancia (Wittemore, 1996; Mahan, 2000). Por lo tanto, la insuficiencia nutricional afecta el crecimiento y por ende el retraso al inicio de la pubertad (King 1989)

Está ampliamente demostrado que tanto una severa subalimentación como sobrealimentación de las cerdas de reposición afectarán negativamente el desempeño reproductivo, aunque el control endócrino de esta relación no está bien definido (Aherne y Kirwood, 1985)

Los esfuerzos para mejorar una mayor longevidad de las cerdas, deben estar dirigidos a un buen manejo de las cerdas de reposición, tanto en el alojamiento de las mismas como en los regímenes alimenticios que garanticen una adecuada composición corporal de las nulíparas para entrar al plantel reproductor (Calderón Díaz *et al.*, 2015)

La clave para el éxito en desarrollo de las hembras de reposición está en una lenta deposición de proteína y la construcción de reservas de grasa. Las reservas de grasa podrían ser manipuladas alterando la ingesta de aminoácidos. Una insuficiente disponibilidad de aminoácidos en la dieta restringe el crecimiento de tejido magro y redirige la energía dietética en deposición de grasa (Voermans *et al.*, 1994; Kitt, 2010). Por el contrario, consumo de energía también puede afectar la relación entre la deposición de grasa y proteína en cerdos (De Greef, 1992). La leptina parece ser la señal metabólica primaria y forma parte del eje regulador entre el tejido adiposo y el-hipotálamo en el control de la homeostasis de la energía, el apetito y la secreción de la hormona luteinizante (LH). Las acciones de la leptina en la regulación del apetito están mediadas por la inhibición del neuropéptido Y (NPY) hipotalámico. Cambios en el balance energético, afectan tanto al apetito como el pulso hipotalámico de la GnRH y la liberación de LH. Cambios en el metabolismo de las grasas en respuesta a cambios en el consumo de alimento y en el balance de energía, alteran la función de los adipocitos y la concentración de IGF-I y leptinas circulantes (Barb *et al.*, 2008) Así, la

leptina parece un vínculo importante entre el estado metabólico, el eje neuroendócrino y fertilidad posterior de las cerdas (Barb *et al*, 2008).

## **CAPITULO I**

### **ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES NUTRICIONALES SOBRE EL CRECIMIENTO**

#### **OBJETIVO**

- Estudio de distintos niveles nutricionales en fase de crecimiento (a partir de los 30 kg de peso vivo) en animales de la especie porcina de ambos sexos y su efecto sobre la eficiencia alimenticia y la ganancia diaria.

#### **HIPÓTESIS**

- La variación de los niveles, de proteína y de lisina de dietas para cerdos en fase de crecimiento, no afecta la eficiencia alimenticia ni la ganancia de peso diaria.

#### **MATERIAL Y MÉTODOS.**

##### **Ensayo I**

- **Animales experimentales, lotes y dietas usadas**

El estudio se realizó en animales de genética determinada en un criadero porcino bajo condiciones comerciales de producción, ubicado en la localidad de Concepción del Uruguay, provincia de Entre Ríos.

Los animales fueron asignados aleatoriamente a tres tratamientos diferentes, y cada uno de ellos, ubicados en corrales contiguos, destinando 2 corrales para cada grupo experimental. La unidad experimental (corral) se conformo por un total de 23 animales de ambos sexos: machos castrados (CAP: capones) y hembras sin servicio (NUL: nulíparas de reposición). Se realizaron 4 repeticiones en corrales contiguos y en cada repetición se comparo al tratamiento testigo, versus AA y BB (Figura 2).

El ensayo comprendió las etapas de desarrollo y terminación. En cada una de estas etapas, se conformaron tres tratamientos: un tratamiento testigo, que consumió las dietas de desarrollo y terminación usadas en el criadero y los otros dos con aporte constante de energía pero diferente porcentaje de proteína bruta y de lisina.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. **Lote AA:** animales que recibieron una dieta de **desarrollo** con **3.300** kcal de EM/kg; **18% de PB y 1.1% de lisina** y una dieta en **terminación** con **3.250** kcal de EM/kg e **iguales aportes de proteína y lisina que en el desarrollo** (Anexo: tabla con fórmulas de las dietas).
2. **Lote BB:** animales que recibieron una dieta de **desarrollo** con **3.230** kcal de EM/kg; **15% de PB y 0.7% de lisina** y una dieta en **terminación** con **3.225** kcal de EM/kg e **iguales aportes de proteína y lisina que en el desarrollo** (Anexo: tabla con fórmulas de las dietas).
3. **Lote testigo (T):** animales que recibieron una dieta de **desarrollo** con **3.220** kcal de EM/kg; **17% de PB y 1% de lisina** y una dieta en **terminación** con **3.210** kcal de EM/kg; **15% de PB y 0.7% de lisina**.

Las raciones experimentales fueron formuladas para atender y/o exceder las exigencias nutricionales para cerdos en crecimiento-terminación de acuerdo con Rostagno (2005) y NRC (1998).

Las raciones fueron basadas en maíz, expeller de soja (42% proteína), aminoácidos industriales y aceite de soja desgomado el cual fue incluido en las dietas de alta energía.



Figura 2: Corrales y disposición.

En total se sometieron a prueba 1541 cerdos, de los cuales 414 pertenecieron al grupo con altos niveles de proteína bruta y lisina (grupo AA), 368 al grupo con los menores aportes de proteína bruta y lisina (grupo BB) y 759 al grupo testigo. Los lotes fueron asignados al azar a cada tratamiento (AA; BB y T), respetando uniformidad en tamaño y sexo y alternancia en los lugares del galpón lo cual hizo que tengamos lotes del lado norte y del lado sur para mitigar los efectos del clima. La medida de los corrales era de  $4,6 * 4,2$ , lo que representó unos  $17 \text{ m}^2$  totales.

En todos los grupos y repeticiones, se registró consumo de alimento y peso vivo, luego se calculó ganancia diaria de peso (GDP) e índice de conversión (IC).

El ensayo se realizó desde la entrada al desarrollo (con 30 kg promedio y 70 días de edad) hasta terminar el mismo con 110 días de edad y alrededor de 60 kg, y luego alcanzar el peso de salida (110 kg con 175 días de edad).

## **Análisis Estadístico**

Para cada etapa se calculó el aumento de peso vivo grupal en kg (PVFinal-PVInicial), la edad, días de la etapa, el consumo de alimento grupal por etapa y diario, el aumento diario de PV y el índice de conversión.

Se calculó peso y edad promedio (cuadrados medios±error standart) al inicio y a la salida del ensayo para cada tratamiento. Para las comparaciones entre tratamientos se utilizó el análisis de varianza, y el efecto de la edad y el lote (variables independientes) sobre el peso (variable dependiente) se analizaron según el procedimiento GLM (SAS ® 2004).

Se calculó consumo de alimento (en kg/día), ganancia diaria de peso e índice de conversión, días a mercado, consumo de energía/día, de proteína, gramos de lisina y las relaciones entre EM: PB gr y EM: lisina gr, según lotes contemporáneos (en un mismo galpón).

## **RESULTADOS**

### *Pesos de entrada y salida de las etapas*

La unidad experimental (corral) se conformó por un total de 23 animales de ambos sexos: machos castrados (CAP: capones) y hembras sin servicio (NUL: nulíparas de reposición). Se realizaron 4 repeticiones (galpones) y en cada repetición se comparo al tratamiento testigo, versus AA y BB. Cada repetición constaba de:

1. 8T (n=184) – 8AA(n=184)
2. 8T (n=184) - 8BB(n=184)
3. 9T (n=207) – 10 AA(n=230)
4. 8T(n=184) – 8 BB(n=184)

Al comienzo del experimento, el peso inicial era mayor para el lote con mayores aportes de proteína y lisina (AA) y a menor edad, expresado en días de vida. Los lotes BB (menores aportes de proteína y lisina) y los testigo, tuvieron pesos al inicio muy similares (28,95 y 28,60 kg, respectivamente), sin embargo, los lotes BB con tuvieron mayor edad al comienzo de la etapa (Tabla 1).

Tabla 1. Peso y edad de los animales al inicio y salida

| Tratamiento        | Entrada               |             |
|--------------------|-----------------------|-------------|
|                    | Peso                  | Edad        |
| AA                 | 30.65±2.12a           | 70.00±0.64b |
| BB                 | 28.95±3.06c           | 74.00±0.93b |
| T                  | 28.60±1.76e           | 71.33±0.53b |
| Salida Desarrollo  |                       |             |
|                    | Peso                  | Edad        |
| AA                 | 67 <sup>+</sup> -1,2  | 110+-0,8    |
| BB                 | 60 <sup>+</sup> -2    | 114+-1,16   |
| T                  | 63 <sup>+</sup> -1,37 | 111+-0,82   |
| Salida Terminación |                       |             |
|                    | Peso                  | Edad        |
| AA                 | 112.91±3.32b          | 173.69±1.00 |
| BB                 | 111.22±5.30d          | 176.75±1.71 |
| T                  | 109.45±2.91f          | 174.37±0.88 |

En la misma columna, letras diferentes(a-b;c-d;e-f) indican diferencias estadísticamente significativas.

El peso de salida del engorde fue similar entre los lotes, sin embargo los lotes BB requirieron de una semana más para su envío a mercado (176,75 días en promedio).

Las diferencias entre los pesos para cada uno de los tratamientos, a la entrada y a la salida del ensayo, fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.0001$ ). Si bien hubo diferencias de pesos entre los tratamientos, el efecto  $\text{pesada} \times \text{tratamiento}$  no fue significativo ( $P > 0.05$ ).

### **Performance productiva**

Cuando se estudió la performance productiva de los tratamientos, se observó que los mayores aportes de proteína y lisina (Tabla 2 y 3) permitieron al tratamiento AA con un menor consumo (2,36 kg/día) tener la mayor ganancia diaria de peso (0,65 kg/día), el mejor índice de conversión (2,96:1) y alcanzar el peso de faena en aproximadamente 173 días.

Sin embargo, el tratamiento testigo que requirieron una cantidad de días similar que el AA (de 174 días para llegar al peso de mercado), tuvieron un mayor consumo (2,74 kg/día) y la peor ganancia diaria (0,62 kg/día) con un índice de conversión de 3,51:1 (Tabla 4)

El tratamiento BB (menores aportes de proteína y lisina) tuvieron valores medios tanto en el consumo diario, como la ganancia de peso por día, pero la performance tuvo peores valores cuando se considera el índice de conversión alimenticia, ya que se requirieron 3,49 kg de alimento para ganar un kg de peso vivo. Esta baja en el rendimiento entre otras cosas provocó que se requirieran más días para alcanzar el peso de mercado (176 días), el valor más alto entre los 3 tratamientos (Tabla 4)

**Tabla 2.** Consumo total, consumo de energía metabolizable (CEM), proteína bruta (CPB), lisina (CLIS), relación EM/PB y EM/ LIS en la etapa de desarrollo.

| Desarrollo    |        |        |        |
|---------------|--------|--------|--------|
| Tratamientos  | AA     | BB     | TT     |
| Consumo Total | 2      | 2,1    | 2,1    |
| CEM/día       | 6600   | 6783   | 6762   |
| CPB g/d       | 360    | 315    | 357    |
| CLIS g/d      | 22     | 14,7   | 21     |
| REL EM:PB     | 18,33  | 21,53  | 18,94  |
| REL EM:LIS    | 0,0033 | 0,0022 | 0,0031 |

**Tabla 3.** Consumo, consumo de energía metabolizable (CEM), proteína bruta (CPB), lisina (CLIS), relación EM/PB y EM/ LIS en la etapa de terminación.

| Terminador   |        |         |        |
|--------------|--------|---------|--------|
| Tratamientos | AA     | BB      | TT     |
| Consumo      | 2,71   | 3,3     | 3,4    |
| CEM/día      | 8807,5 | 10642,5 | 10914  |
| CPB g/d      | 487,8  | 495     | 510    |
| CLIS g/d     | 29,81  | 23,1    | 23,8   |
| REL EM:PB    | 18,06  | 21,5    | 21,4   |
| REL EM:LIS   | 0,0034 | 0,0022  | 0,0022 |

**Tabla 4.** Consumo, ganancia diaria, índice de conversión, y costo de la dieta, según tratamiento

| Variables  | Tratamiento |        |        |
|--|-------------|--------|--------|
|  | AA          | BB     | T      |
| Consumo (kg/día)                                     | 2.36        | 2.70   | 2.74   |
| Ganancia diaria en el período desarrollo terminación | 0,799       | 0,807  | 0,785  |
| Ganancia diaria, nacimiento-venta                    | 0.65        | 0.63   | 0.62   |
| Índice de conversión                                 | 2,96        | 3,49   | 3,51   |
| Días a mercado                                       | 103         | 102    | 103    |
| Costo dieta (\$/kg)                                  | 1.69        | 1.41   | 1.65   |
| Consumo en la etapa                                  | 243,08      | 287,26 | 284,96 |
| Costo alimento/animal (\$)                           | 410,8       | 405,03 | 470,18 |

Al comparar los tres grupos entre sí en relación a los costos de la dieta y consumo en la etapa, se observó claramente que la dieta testigo tuvo el mayor costo por animal, dato que surge del cálculo del consumo de alimento durante la etapa (desde los 70 días de edad a venta de los animales) y el costo por kilo de las fórmulas testigo. Cabe aclarar, que los precios que aquí se expresan fueron calculados al momento de la confección de las dietas durante la fase experimental del presente trabajo.

Las dietas de los lotes del tratamiento AA fueron las que siguieron en relación al costo que representó el alimento por animal en la etapa. Si bien la fórmula de las dietas con mayores aportes de proteína bruta y lisina fueron las que tuvieron el mayor costo por kilo, el costo por animal fue menor que las dietas del testigo, considerando el menor consumo durante la etapa.

Por último, las dietas con bajo aporte de proteína bruta y de lisina, fueron, sin duda, las que tuvieron el menor costo de alimento por kg y el menor costo del alimento por animal.

## **DISCUSIÓN**

En la etapa de desarrollo, una dieta con mayores niveles de energía, aunque los mismos de proteína y lisina que el testigo, resultó ser favorable para lograr un incremento del 6,3% en el peso de los animales a la salida del período (dieta AA) sin embargo la dieta BB, a pesar del mismo nivel energético fue la de peor performance, datos que no concuerdan con los reportados por Moreira et al., (2007) y los publicados por Donzele et al. (2010) quienes no observaron efectos sobre la ganancia de peso en dieta con mayores aportes de energía.

Por otro lado, los resultados obtenidos por Donzele et al. (2010) presentaron una reducción lineal del consumo diario de la dieta en cerdos machos castrados de 60 a 95 kg de peso en función del aumento de los niveles de energía, lo que coincide con lo expuesto. Los resultados observados por los investigadores parecen estar relacionados a que los animales atienden sus exigencias nutricionales de energía de manera más rápida con las raciones de alta energía.

Las raciones ofrecidas en este trabajo contenían valores constantes de energía metabolizable lo que comprueba que la eficiencia en la utilización de lisina es independiente del consumo de energía por los cerdos, esto concuerda con lo citado por Ringel y Susenbeth (2009).

El peso al inicio de la etapa se considera razonable de acuerdo a lo estimado por la tabla de genética y las de nutrición Rostagno, NRC, Fedna.

Los genotipos modernos han aumentado la deposición de proteína más allá del límite del apetito de los animales, por lo cual el consumo de energía es limitante para la expresión del máximo potencial de deposición de carne magra (Donzele et al., 2005)

La energía típicamente constituye el 80% de las dietas de crecimiento y terminación. La densidad energética dietaria tiene impacto en la ganancia media diaria y la eficiencia alimenticia, por lo cual es muy importante conocer la respuesta de los cerdos a niveles de energía diferentes en cuanto a la ganancia de peso y la conversión alimenticia.

La adición de grasa a las dietas de cerdos en fase de crecimiento-terminación generalmente mejora la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia, y reduce la ingestión diaria de alimento, sin embargo aumenta la cantidad de grasa en la carcasa. Sobre

condiciones comerciales, De la Llata et al. (2001) determinaron el efecto de la adición de grasa en la dieta sobre desempeño y características de carcasa de cerdos y, a través de los niveles testados en los experimentos, concluyeron que alimentando los animales con fuentes de grasa de los 25 a los 95 kilogramos de peso vivo se puede maximizar el desempeño sobre el período de crecimiento-terminación, minimizando los efectos perjudiciales de la adición de grasa en la carcasa.

La selección genética para la obtención de animales mucho más magros propicia un aumento de los requerimientos de lisina del cerdo (Friesen y col. 1994). En el presente trabajo, el mayor aporte proteico y de lisina, parece haber tenido un efecto favorable en la ganancia diaria de peso e índice de conversión.

La dieta AA resultó ser la de mayor eficiencia, si bien tiene mayores costos, éstos se diluyen por la ventaja de lograr el peso a mercado antes que los lotes BB y testigo. Si bien hubo diferencias numéricas encontradas entre los grupos, los resultados no fueron significativos ya que la unidad de comparación fueron los lotes y no los animales.

Adicionalmente, se debe considerar la ventaja del menor consumo observado en los animales con la dieta AA los que llegaron a consumir un 14,7% y un 15,4% menos de alimento que las dietas testigo y BB, respectivamente.

La dieta BB, con los niveles más bajos de PB y lisina que la testigo pero con un incremento de la energía, no pareció ser suficiente, y es el grupo con menor ganancia diaria. Con la dieta AA, se logra un esperable aumento de peso al final del período de crecimiento, dado por los mayores niveles proteicos y de lisina.

El consumo es un aspecto importante de mencionar en esta etapa. La regulación del consumo de los animales por la energía varía con la edad. Como regla general los cerdos de menos de 50 kg, para la genética utilizada en producción de carne, no regulan muy bien su consumo por la energía, de esta forma es posible hacer dietas más densas sin que el animal disminuya el consumo en la misma proporción, lo cual hace que mejore el consumo de energía, incrementando la ganancia y la conversión sin disminuir el consumo (De La Llata et al., 2001). Por otro lado los animales de más de 50 kg regulan mucho mejor su consumo por la densidad energética de la dieta (De La Llata et al., 2001), siendo posible aumentar la densidad energética mejorando la conversión alimenticia debido a una menor ingesta de alimento.

El consumo de energía “ad libitum” en cerdos en crecimiento depende del animal (ganancia de peso, genotipo, sexo y estatus sanitario) y de factores ambientales (clima, sistema de alojamiento, densidad animal y las características de alimentación). Entre los efectos del alimento, la concentración de energía de la dieta juega un rol fundamental en la variación del consumo de ración. En la formulación la composición de las raciones para cerdos en crecimiento y terminación es manipulada para obtener: 1) nivel mínimo de energía; 2) relación mínima entre lisina y energía y 3) relación mínima entre aminoácidos y lisina (proteína ideal). Debido a gran contenido de energía bruta y su alta digestibilidad (>80%), el contenido de energía digestible (ED) de las grasas es muy elevado y el aceite es la solución más eficiente para aumentar la densidad de energía en raciones para cerdos. Otra manera de aumentar la densidad energética de las raciones es mediante el proceso de peletización (Skiba et al., 2002; Noblet y Champion, 2003).

Los resultados de consumo diario de ración coinciden con los valores reportados por Moreira et al. (2004), que observaron una reducción lineal en el consumo por efecto de los niveles crecientes de lisina.

Los resultados obtenidos no concuerdan con Kiefer et al. (2010) que determinaron que los tratamientos no influenciaron el consumo diario de ración de cerdos no castrados en fase de crecimiento, sin embargo verificaron mayor consumo de ración.

La industria muestra una tendencia en faenar animales más pesados sin disminuir el porcentaje de carne magra en las canales, por lo cual las estrategias nutricionales implementadas deberán controlar la deposición indeseada de grasa en los animales para mantener los mejores precios de comercialización (Moreira et al., 2007).

En el presente ensayo fue observada reducción en la conversión alimenticia cuando los animales consumieron raciones de alta energía comparados a cerdos que habían sido alimentados con raciones de media y baja energía. De la misma forma Donzele et al., (2010) observaron reducción lineal de la CA en función del aumento de los niveles de energía en la ración, por otro lado Moreira et al., (2007) no encontraron mejora en la conversión alimenticia.

El valor del requerimiento de lisina para máxima ganancia de peso estimado en este trabajo es mayor que las exigencias recomendadas por Rostagno et al. (2005) y NRC (1998) de 0,829 y 0,61 para cerdos en crecimiento de 50-70 y 50-80 kg de peso respectivamente. Del mismo modo, el requerimiento para cerdos en esta fase es mayor a la exigencia estimada por Moreira et al. (2004) de 0,75% de lisina total para cerdos machos castrados. El valor estimado en este trabajo, del requerimiento de lisina es menor de lo recomendado por Kiefer et al. (2010), para cerdos machos no castrados de alto potencial genético en fase de crecimiento,

que indicaron una exigencia mínima de 1,20% de lisina digestible en la ración para máximo desempeño.

El mayor costo por kg de alimento observado en las dietas de los lotes AA, se compensaría con el menor consumo y el mayor índice de conversión. El costo del alimento testigo se podría incrementar hasta un 20 %.

### **Conclusión.**

En la etapa de desarrollo, una dieta con mayores niveles de energía, proteína y lisina resultó ser favorable para lograr un incremento del 13% en el peso de los animales a la salida del período (grupo AA) sin embargo la dieta BB, con mayor nivel energético que la testigo fue la de peor performance. En el presente trabajo, el mayor aporte proteico, de lisina y energía presentó un efecto favorable en la ganancia diaria de peso e índice de conversión.

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES NUTRICIONALES SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE EN CERDOS**

#### **OBJETIVO**

Evaluación del efecto de distintos niveles nutricionales en fase de crecimiento y terminación y su relación con determinaciones de calidad de carne (pH, drip loss, color y textura).

#### **HIPÓTESIS**

1. Distintos niveles energéticos en dietas de crecimiento y terminación no ejercen efecto sobre parámetros de calidad de carne luego de la faena, como pH, drip loss, color y textura.
2. El suministro de dietas con diferente concentración de proteína bruta, lisina y energía, no ejerce influencia en los parámetros de calidad de carne luego de la faena.

#### **MATERIAL Y MÉTODOS**

##### **Alimentación y condiciones de alojamiento**

Para el presente estudio se utilizaron cerdos híbridos de línea comercial, los que fueron asignados a tres tratamientos de dietas diferentes, donde el nivel de EM fue similar, aunque se modificaron los niveles de proteína y de lisina. Así, los lotes de uno de los tratamientos recibieron menores aportes de PB y L en las dietas de desarrollo con respecto a las dietas

testigo (las utilizadas por el establecimiento) aunque iguales aportes en las dietas de terminación. Las diferentes dietas fueron:

- ✓ Lotes AA: Desarrollo con 3.300 kcal EM/kg; 18% PB y 1.1% L. Terminación con 3.250 kcal EM/kg; 18% PB y 1.1% L.
- ✓ Lote BB: Desarrollo con 3.230 kcal EM/kg; 15% PB y 0.7% L Terminación con 3.225 kcal EM/kg 15% PB y 0.7% L
- ✓ Lote testigo (T): Desarrollo con 3.220 kcal EM/kg; 17% PB y 1% L. Terminación con 3.210 kcal EM/kg; 15% PB y 0.7% L.

Los lotes fueron asignados al azar a cada tratamiento (AA; BB y T), se respetó uniformidad en peso y sexo y alternancia en los lugares del galpón lo cual hizo que tengamos lotes del lado norte y del lado sur para mitigar los efectos del clima. La medida de los corrales era de 4,6 \* 4,2, lo que representó unos 17 m<sup>2</sup> totales.

El ensayo se realizó desde la entrada al desarrollo (con 30 kg promedio y 70 días de edad) y hasta alcanzar el peso de salida (110 kg con 175 días de edad). Para luego ser llevados a un frigorífico a 20 km de la explotación y luego de un período de descanso ser faenados con los procedimientos habituales de una faena convencional aceptada por SENASA.

Los procedimientos aceptados por SENASA para la faena de cerdos incluye que luego de pasar por una zona de “ducha” el animal ingresa al cajón de noqueo donde será insensibilizado por efecto de la corriente eléctrica, por medio de pinzas. Luego, pasa a la zona de degüello, y es izado por los garrones para el escaldado. Luego pasa a la depiladora, el refinado, el flameado y el eviscerado. Todavía en la zona sucia, se corta en dos medias

reses, se toman las muestras para las pruebas de triquinosis y pasa a la zona limpia donde se pesan e inspeccionan las medias reses. Finalmente, son depositados en cámaras para su maduración con temperatura que van descendiendo hasta los 3 a 5°C (Figura 3).

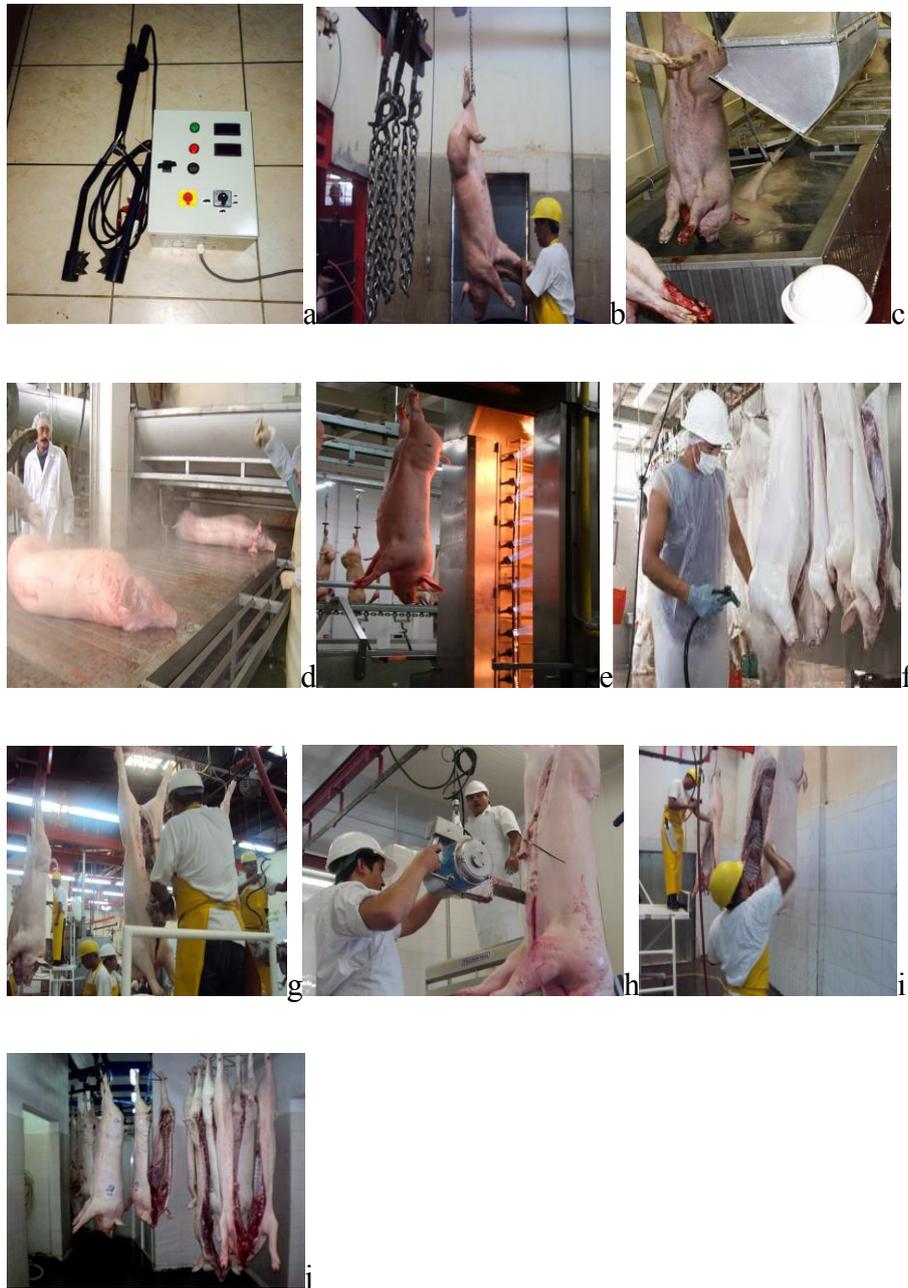


Figura 3. Faena. a) Pinza de insensibilización; b) Degüello; c) Escaldado; d) Depiladora y refinado; e) Flameado; f) Repasado; g) Eviscerado; h) Aserrado; i) Lavado; j) Sellado y traslado a cámara.



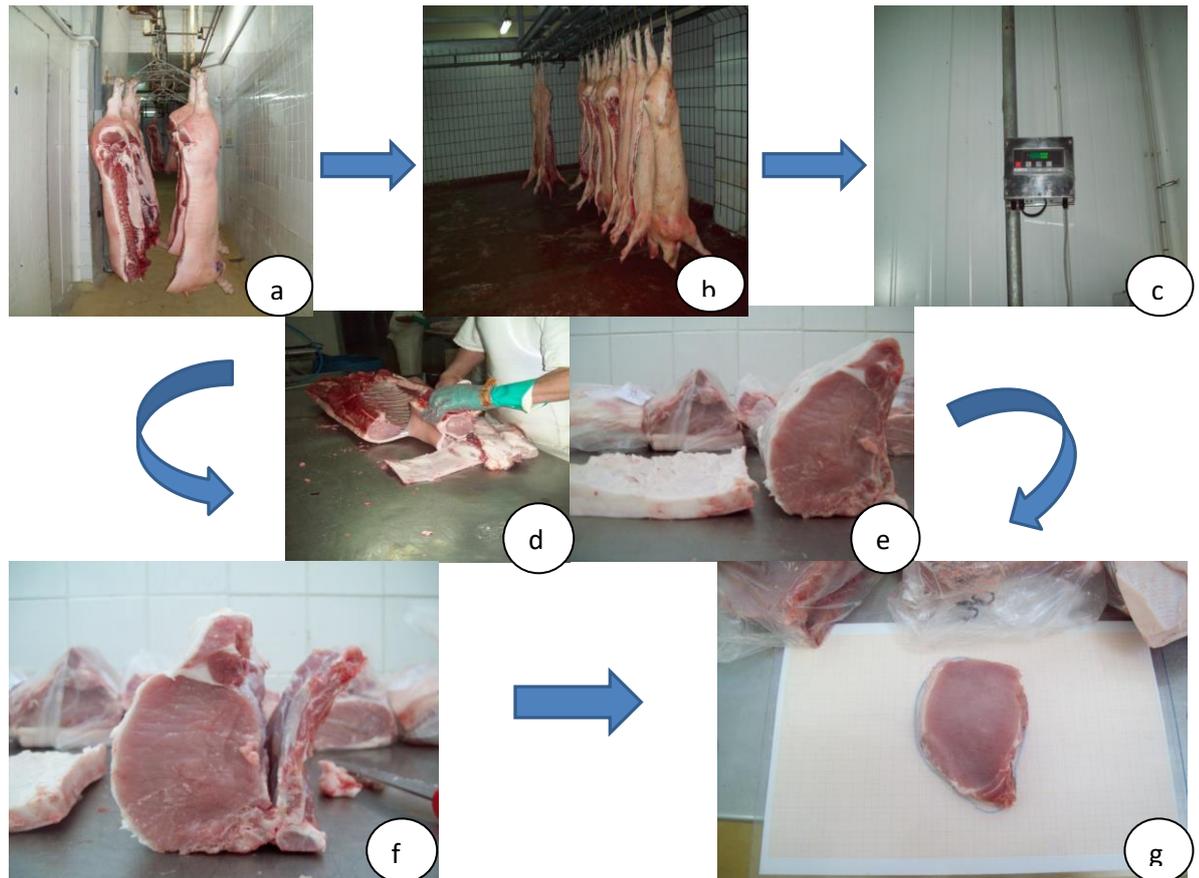


Figura 5. Desposte. a) Entrada a cámara; b) Cámara; c) Pesaje; d) Corte de trozo; e) Desposte de pieza (grasa); f) Desposte de pieza (Hueso); g) Medición del área de ojo de bife.

### **Drip loss. Capacidad de retención de agua. (CRA)**

Para llevar adelante la sección de calidad de carne se tomó parte de la carne del trozo original de entre 100 y 300 g, se lo envasó al vacío y se lo congeló, posteriormente (72 h) se lo descongeló, se tomó la temperatura y el pH con un medidor de temperatura y peachímetro para carne y embutidos, modelo Testo 205

Posterior a las 72 h postmortem, se determinó la cantidad de agua liberada tras el calentamiento de la carne sin aplicar fuerzas externas, siguiendo la metodología planteada por Nollet y Toldrá (2009) .Se utilizó una muestra por animal, de entre 50 y 120 g con un espesor

de 1,5 cm, que fue introducida en bolsa de polietileno y sometida a un baño de agua a 95°C. Se midió la temperatura interna de la carne con un termómetro de punzón, hasta alcanzar los 75°C, luego se enfrió durante 15 minutos en agua a 19°C. Finalmente la muestra se retiró de la bolsa, se secó ligeramente con papel filtro (sin presionar) y se pesó. El porcentaje de pérdida por cocción (PPC) se calculó con la ecuación  $PPC = (P_i - P_f) * 100$ , donde  $P_i$  es el peso inicial de la muestra y  $P_f$  el peso final de la muestra.

Para registrar los datos se utilizó una planilla donde se tomaron datos como: n° de garrón, peso de trozo con bolsa, temperatura, peso sin bolsa, pH, jugo, bolsa, peso CRA, peso cocido, carne y carne y jugo, diferencia post cocción, valor pérdida por cocción (Figura 6).

| Numero de garrón | Peso con bolsa Grs | T° | Peso Sin bolsa | P.H. | Jugo | Bolsa | Peso CRA Trozo grs | Peso Cocido Carne Y jugo | Diferencia post cocción | Valor pérdida por cocción % |
|------------------|--------------------|----|----------------|------|------|-------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|------------------|--------------------|----|----------------|------|------|-------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|

Figura 6. Planilla donde se tomaron datos como, n° de garrón, peso de trozo con bolsa, temperatura, peso sin bolsa, pH, jugo, bolsa, peso CRA, peso cocido, carne y carne y jugo, diferencia post cocción, valor pérdida por cocción.

### Color

Para las tomas de color se empleo la Metodología (AMSA, 1992) con un colorímetro Minolta CR-400, para medir color por reflexión, con software CR-S4W, marca Minolta.

- a. Se retiró toda la grasa exterior del músculo no infiltrada con la ayuda de un cuchillo.
- b. Se cortaron las muestras con un grosor de cuando menos 1,2 cm (idealmente se busca tener unos 2 cm de grosor).
- c. Luego de cortar la muestra, se expuso al oxígeno exterior, se dejó reposar la muestra por al menos 30 min para que se oxigene la mioglobina (blooming).

- d. Se seleccionó un área de medición donde no existía alta concentración de grasa intramuscular;
- e. Se realizó la medición con el equipo disponible, evitando cualquier presión que distorsione la dirección de las fibras musculares. El número de lecturas que se debió tomar de cada muestra estuvo en función de la variación que existía en la muestra, se buscó el área de color más representativa dentro de la muestra.
- f. Se tomaron tres diferentes mediciones sobre la muestra.
- g. Se registraron los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ; ó  $L$ ,  $a$  y  $b$  y el pH.

#### **Medición de textura.**

La evaluación se efectuó con un equipo Warner-Brazler, donde se obtuvieron los valores de resistencia al corte (Newton), de una muestra de carne en forma de prisma o cilindro de 1 cm de diámetro. Se comprimió el alimento entre dos superficies planas hasta un 25% de su altura inicial (compresión del 75%), dos veces sucesivas, con el fin de imitar a la mandíbula humana. Se obtuvo una curva fuerza-tiempo de la que se pudo extraer siete parámetros diferentes, siendo los más interesantes en el caso de la carne y la grasa la dureza, la elasticidad y la masticabilidad. En ambos métodos se utilizó el texturómetro Instrom 3343, conectado a PC, con célula para WB.

El corte se realizó perpendicularmente a las fibras con la ayuda de dos cuchillas, una de ellas en forma triangular. Cuanto mayor es la fuerza más dura es la carne.

Hay muchos factores que deben considerarse para obtener la medida exacta. Los más importantes son uniformidad de la muestra analizada dirección de las fibras musculares, cantidad y distribución del tejido conectivo y tejido adiposo (grasa), temperatura de la muestra y la velocidad de la célula Warner – Bratzler. Para atenuar estos parámetros se aplicó

especial cuidado en la metodología descrita para la toma de muestras y se utilizó la célula Warner – Bratzler con una velocidad de ensayo de 50 a 100 mm/minuto. La sonda Warner-Bratzler puede tener diversas formas: rectangular, triangular, en forma de “V” invertida, entre otros.

El texturómetro es un instrumento que consta de una plataforma donde se deposita la muestra y de un brazo móvil al que se adaptan diversas sondas. El brazo con la sonda sube y baja a una velocidad constante. El instrumento va asociado a un ordenador, que es el que lo maneja y recoge los resultados del ensayo.

### **Procedimiento**

- a. El músculo utilizado para la determinación del esfuerzo al corte fue el *Longissimus dorsi*.
- b. De cada canal muestreada, se utilizó un trozo, libre de hueso, cortado en forma perpendicular a la dirección de las fibras musculares, y de aproximadamente 2.5 cm de espesor, al cual previamente se le removió la grasa subcutánea o de cobertura.
- c. Previo al análisis, las muestras debieron descongelarse a una temperatura entre 2 y 5 °C (en refrigeración).

### **Técnica para determinación de la textura**

- a. Se colocó el termómetro en el centro geométrico de las muestras.
- b. Se cocino la carne (independientemente del método de su selección) hasta una temperatura interna de 70 °C.
- c. Se enfriaron las muestras.
- d. Las muestras fueron cortadas en forma de prismas con dimensiones de 3 a 4 cm de largo x 1 cm de ancho x 1 cm alto, en forma paralela a la orientación longitudinal de las fibras

musculares, de modo que el corte de la cuchilla sea perpendicular a las fibras musculares (Figura 7, a;b;c;d)

e. Se introdujeron los parámetros en el software del equipo.

f. Se fijo la platina con la ayuda de los tornillos, de manera que no se mueva durante el ensayo (Figura 7, e)

g. Se colocó la cizalla Warner-Bratzler y se bajó poco a poco, ajustándola para evitar que roce con la platina y que dé errores. Una vez que estuvo ajusta se procedió con el ensayo (Figura 7, f)

h. Se procedió al ensayo con las muestras previamente preparadas (Figura 7, g)

i. Por cada tratamiento se analizaron seis a ocho repeticiones; se conservaron las muestras en refrigeración y protegidas de la desecación (bolsas de plástico) hasta que se llevó a cabo su análisis (Figura 7, h)

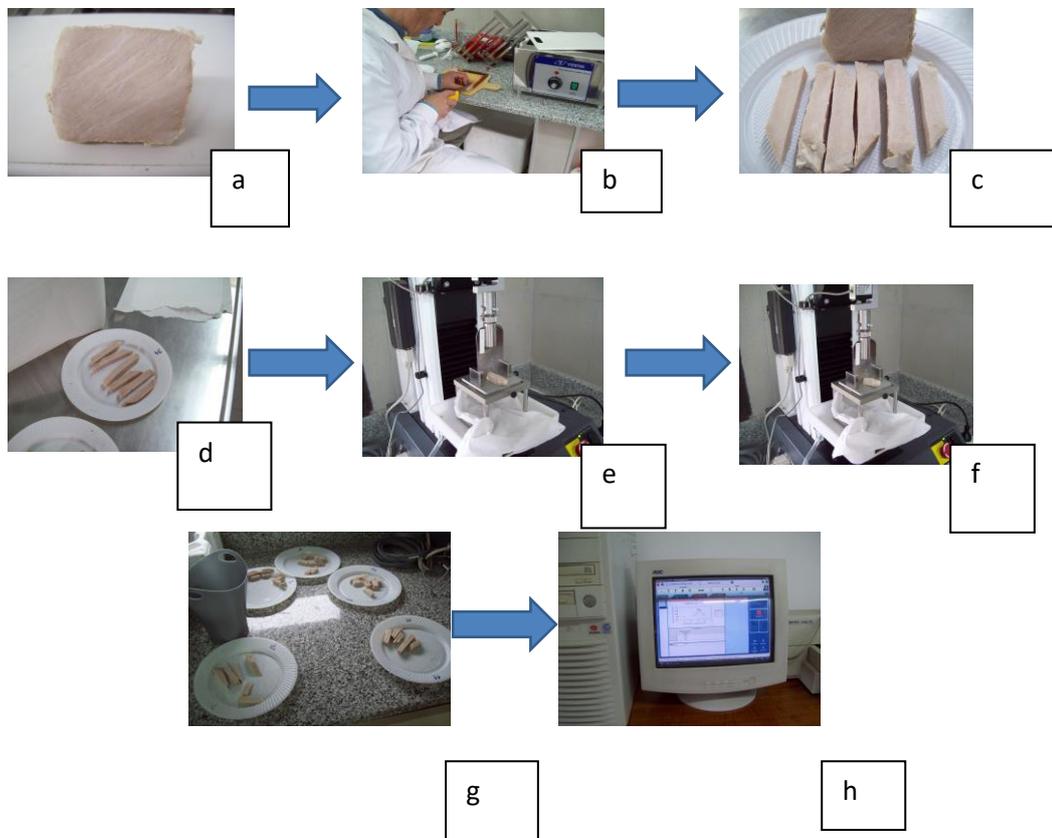


Figura 7. Preparado de muestras para corte. a) Corte luego de la cocción; b) Cortes en forma de prismas; c y d) Disposición de las fibras; e) Puesta a punto del equipo; f) Cizalla Warner-Bratzler; g) Muestras pasadas por la cizalla; h) Análisis y Resultados.

### **Análisis Estadístico.**

Para el análisis estadístico se utilizó estadística descriptiva, medidas de tendencia central. Se clasificaron las categorías por calidad de carne, PSE, DFD (mala calidad), RSE y PFN de baja calidad y RFN de calidad. Posterior a esta clasificación, en cada categoría se obtuvo el promedio y el error estándar (desvío estándar sobre raíz cuadrada de n)

## Resultados

Utilizando los parámetros registrados antes (adaptado de Kauffman et al., 1992; Toldrá y Flores, 1999 y Warris y Brown 1993), se analizaron las diferentes dietas para clasificar la calidad objetiva de la carne, pH, CRA, L \* valor y del esqueleo fuerza, según las cinco categorías establecidas. Medidas físicas de calidad de carne del músculo longissimus dorsi fueron grabados en tablas. (Tabla N ° 5 dieta de AA; Tabla 6, para dieta BB y Tabla 7 para la dieta T).

**Tabla 5:** Datos descriptivos de las mediciones de calidad de carne en el músculo longissimus dorsi de dieta AA

| Parámetros                        | AA            |      |           |      |            |      |
|-----------------------------------|---------------|------|-----------|------|------------|------|
|                                   | Total (n =19) |      | RSE (n=3) |      | PFN (n=16) |      |
|                                   | Media         | SE   | Media     | SE   | Media      | SE   |
| pH                                | 5.52          | 0.03 | 5.64      | 0.03 | 5.50       | 0.03 |
| CRA                               | 31.31         | 0.91 | 29.42     | 1.68 | 3.66       | 1.03 |
| L* value                          | 52.92         | 0.54 | 49.57     | 0.24 | 53.55      | 0.49 |
| Fuerzadecorte(N/cm <sup>2</sup> ) | 44.16         | 1.91 | 45.86     | 2.25 | 43.84      | 2.25 |

**Tabla 6:** Datos descriptivos de las mediciones de calidad de carne en el músculo longissimus dorsi de dieta BB

| Parametros                              | BB            |      |           |      |            |      |
|---|---------------|------|-----------|------|------------|------|
|   | Total (n =20) |      | PSE (n=4) |      | PFN (n=16) |      |
|   | Media         | SE   | Media     | SE   | Media      | SE   |
| pH                                      | 5.36          | 0.02 | 5.24      | 0.01 | 5.39       | 0.01 |
| CRA                                     | 23.93         | 0.70 | 25.64     | 0.65 | 2.51       | 0.67 |
| L* value                                | 54.65         | 0.73 | 54.47     | 1.79 | 54.67      | 1.14 |
| Fuerza de corte<br>(N/cm <sup>2</sup> ) | 41.42         | 1.91 | 44.14     | 4.95 | 38.56      | 2.03 |

**Tabla 7:** Datos descriptivos de las mediciones de calidad de carne en el músculo longissimus dorsi de dieta T

| Parametros                              | T            |      |           |      |           |      |           |    |
|---|--------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|----|
|   | Total (n =9) |      | PSE (n=6) |      | PFN (n=2) |      | RSE (n=1) |    |
|   | Media        | SE   | Media     | SE   | Media     | SE   | Media     | SE |
| pH                                      | 5.27         | 0.02 | 5.24      | 0.02 | 5.32      | 0    | 5.34      | 0  |
| CRA                                     | 24.43        | 1.04 | 23.62     | 1.58 | 2.30      | 0.58 | 27.54     | 0  |
| L* value                                | 52.27        | 0.88 | 52.49     | 1.15 | 53.85     | 1.27 | 47.82     | 0  |
| Fuerza de corte<br>(N/cm <sup>2</sup> ) | 44.94        | 3.07 | 46.08     | 5.12 | 43.81     | 2.77 | 40.4      | 0  |

La carne obtenida del tratamiento AA presentó un 15,79% RSE y 84,21 PFN, mientras que el tratamiento BB presentó 20% PSE, 80%PFN y no se observó RSE. El testigo presentó 11.11 % RSE, 22.22 PFN y 66.67 PSE.

(Figura 8).

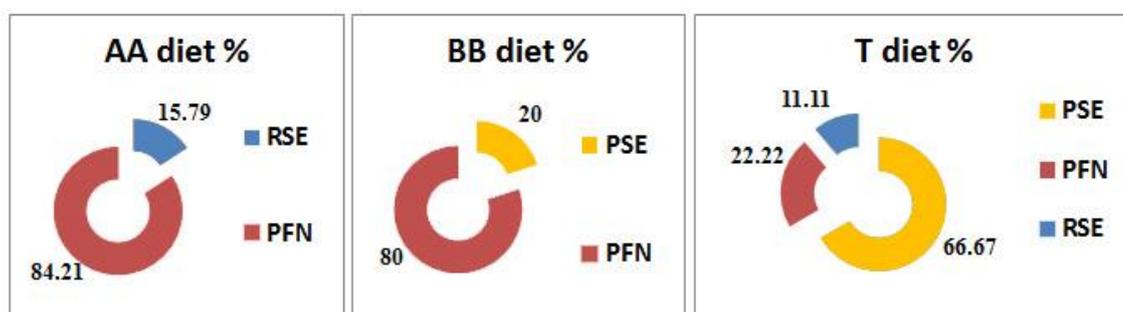


Figura N° 8. Mediciones de Calidad de carne en 3 dietas diferentes (AA, BB y T)

### Discusión

La mayor ingesta de proteína y lisina de la dieta de AA, tuvo un efecto protector sobre la calidad de bienestar y carne animal, con 16% de este ser RSE, mientras que carne PSE no observado. Mientras que las dietas BB (20%) y T (66%), presenta calidad pobre carne PSE, debido a razones genéticas y de alimentación. Además, se registraron en la dieta T 12% carne con RSE.

La velocidad y la magnitud de la caída del pH luego del sacrificio es quizás la causa más importante de la variación en la calidad de la carne de los cerdos. Se cree que el pH es una de las claves para comprender la glucólisis muscular post-mortem. Es muy importante examinar los cortes de carne para suprimir la ocurrencia de carnes anormales a través del análisis de asociación entre los factores asociados con las carnes SPE y DFD. Según lo propuesto por Lee et al. (2000), cuando la clasificación de PSE, RSE, RFN y DFD fue identificada de

manera precisa para todas las carcasas de cerdos, las variaciones de la calidad pueden ser eliminadas o minimizadas.

La capacidad de retención de agua y color está relacionada con los cambios de pH durante la transformación post mórtem del músculo. Las alteraciones de estos tres atributos bajo las formas de carne PSE (pálido, blando y exudativo) o DFD (oscuro, firme y seco) son muy importantes en la industria cárnica. Las condiciones de PSE, RSE y DFD resultan de las prácticas de heredabilidad y manipulación de animales, y pueden ser influenciadas por los procedimientos de crianza. Algunos informes indican una incidencia del 16% de la carne de PSE en los Estados Unidos (Cassens, 1999), 25% de los jamones PSE en España (Benlloch, 1999), o 6,5% y 12,5% de la carne PSE y DFD, respectivamente, en una encuesta de 5 mataderos en España (Gispert et al. 1999).

Si el valor de  $\text{pH} > 6,1$  en el pH final es una alta posibilidad de inducir porcinos DFD que se desprende de los consumidores, se supone que el valor de pH 5,7 a 6,1 es el apto ideal para los consumidores. En este estudio los valores de pH, CRA y  $L^*$  no son compatibles con DFD.

Se ha tomado en cuenta y aceptado que CRA es uno de los más importantes sistemas de calidad. WHC es responsable de la pérdida de peso en la carne cruda, cocinada y procesada, para el color en los productos de carne curados como el jamón, y puede influir en los rasgos de palatabilidad. La reclasificación de la carne de cerdo tradicionalmente normal en RFN y RSE por Kauffman et al., 1992; Warris & Brown 1993; Toldrá y Flores, 1999, su informe de sólo el 15% de carne considerada como "ideal" (RFN) y más del 50% de RSE son de gran interés para los profesionales que trabajan en la calidad de carne de los cerdos.

La diferencia en la exudación entre PSE y RSE puede ser explicada por la mayor tasa de disminución del pH post-mortem, en PSE por encima de la variación de color. La alta

incidencia de RSE reportada en la carne de cerdo de Estados Unidos (Cassens et al., 1992), confirmada en otros países, tendrá un impacto económico en las industrias pesadas.

El color y la apariencia son factores importantes en las decisiones de compra del consumidor. El progreso de la temperatura post mortem y la disminución del pH afectan el color de la carne porcina, independientemente de si se ha desencadenado por variaciones en el genotipo, las alteraciones inducidas por la alimentación, el estrés previo al sacrificio o el enfriamiento. En este estudio para establecer la clasificación de la calidad del cerdo, se tomaron en cuenta los valores  $L^*$  del color.

El color de los productos cárnicos también se ve afectado durante el período de almacenamiento. En este caso el cambio se debe a un proceso de cambios por oxidación durante el almacenamiento aeróbico. Los cambios en la forma química del pigmento muscular, la mioglobina, pueden convertirse en metamioglobina, un color marrón que no es atractivo para los consumidores. Al mismo tiempo, este proceso oxidativo también puede afectar a los fosfolípidos de la célula de membrana y disminuir su capacidad de retención de agua (Coma y Piquer, 1999). En este estudio, las muestras se conservaron de los cambios químicos, ya que inmediatamente después se recogieron y se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su tratamiento en el laboratorio.

El tipo de fibra muscular (no se cuantificaron en este trabajo) también juega un papel posible en la incidencia de la carne anormal. Los diferentes tipos de fibras musculares de tipo I (contracción lenta-roja-oxidativo-aeróbico) y tipo II (contracción rápida que puede subdividirse en IIa, IIb, IIc) presentan un comportamiento diferente en el metabolismo del glicógeno debido a la diferente composición de su sistema enzimático. La presencia de fibras de tipo I o tipo IIa (contracción rápida aeróbica con alto contenido de glucógeno y velocidad

de resíntesis rápida) son beneficiosas para una buena caída de pH y un color rojo óptimo de la carne.

Las fibras tipo IIb (contracción anaeróbica rápida, bajo contenido de glucógeno y resíntesis lenta) resultan en una falta de músculo glicógeno. El contenido relativo de cada tipo de fibras en los cerdos (tipo I: IIa: IIb - 8: 8: 84 en el músculo longissimus dorsi) en comparación con el ganado (50:40:10 en el mismo músculo) influye en una mayor incidencia de PSE y DFD en carne de cerdo (Barton-Grade, 1997).

El factor más común que conduce tanto al PSE como al DFD es el estrés ante-mortem. Exponer a los animales a un estrés agudo sólo para el sacrificio conduce a PSE. Una gran cantidad de exudados refleja la capacidad de retención de agua potable que se encuentra en las carnes de PSE.

Se han discutido varias modificaciones dietéticas "probadas y verdaderas", entre las que se incluyen la reducción de la alimentación, **la alimentación restringida, la nutrición con CP y las ventajas de la suplementación con vitamina E en la calidad de los piensos** (Apple et al., 2004). La lisina es un nutriente muy importante en la formulación de la dieta, ya que generalmente es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas, y el aminoácido al cual se definen todos los requerimientos de aminoácidos según la proteína ideal. Además de su función primordial como bloqueador de bloques de proteínas y péptidos, las funciones de la lisina como substrato para generación de numerosas moléculas no peptídicas, (Wu, 2013a). Cada uno de los metabolitos tiene una importancia bioquímica y fisiológica específica para los procesos de vida de los animales. La carbamina, sintetizada por la lisina y la metionina, a través de una combinación multi-aminoácidos, es un compuesto cuaternario de amonio que se requiere para el transporte de ácidos grasos de cadena larga de citoplasma para la oxidación  $\beta$ , un mecanismo principal para la producción de ATP en músculos, órganos y tejidos sensibles a

la insulina, tales como músculo esquelético, corazón, hígado y tejido adiposo (Steiber et al., 2004). Además de un papel en la normalización del colesterol sanguíneo y las concentraciones de triglicéridos, la carnitina presenta funciones fisiológicas adicionales en la protección de los organismos del estrés oxidativo, la oxidación de la sustrato en el tejido adiposo marrón, el mejoramiento del rendimiento cardíaco y la regulación de la partición de energía en el cuerpo.

La selección genética para la obtención de más animales magros conduce a un incremento en los requerimientos de los pigmentos. Los híbridos comerciales que fueron utilizados en este estudio, que fueron asignados a diferentes tratamientos dietarios. No se encontraron cerdos con carne RFN de calidad óptima o con características DFD no deseables.

La dieta AA, con la mayor proteína y lisina, se asoció con el efecto benéfico sobre la calidad, ya que no se encontró cerdo para producir carne con características de PSE desafortunadas, aunque las condiciones ambientales y de bienestar animal favorecían la representación del 16% de cerdos con carne de RSE y 84% con PNF.

Sin embargo, en la dieta dietas de baja densidad y en la lisina, el 20% de los cerdos con carne de PSE estaban presentes y en la dieta T, la carne de cerdo era 67% PSE.

### **Conclusión**

La alta incidencia de PSE, PFN y RSE porcina en este estudio significa que la producción de carne pálida, blanda y exudativa no puede ser solucionada por la industria del cerdo.

Estos estudios también establecen que la carne de cerdo RSE y PFN son tan exudativas y pálidas, respectivamente, como carne PSE, confirman su definición como formas más leves de carne de cerdo PSE.

Basándose en el análisis de este estudio, varias características mostraron valores diferentes dependiendo de los valores de pH post-mortem, contenido de humedad, capacidad de retención de agua, goteo, pérdida de cocción y fueron afectados por valores de pH inicial y final post-mortem.

Con base en los resultados actuales, se puede concluir que usando la misma genética y el mismo ambiente, las condiciones de alimentación afectarían la calidad de la carne de cerdo.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de este estudio, la suplementación con mayor proteína y lisina produce los efectos deseados en la calidad de la carne.

### **CAPITULO III**

## **ESTUDIO DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES NUTRICIONALES SOBRE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN HEMBRAS DE REPOSICIÓN**

### **OBJETIVO**

Estudio de distintos niveles nutricionales en fase de preparación en hembras porcinas púberes de reposición y su efecto en el rendimiento reproductivo y productivo medido a través de edad y peso al primer servicio, y tamaño y peso de la primera camada.

### **HIPOTESIS**

- a) La variación en los niveles energéticos en las dietas de hembras púberes no ejerce influencia en la eficiencia reproductiva de las hembras de reposición, medido a través de la edad y peso al primer servicio.
  
- b) El uso de dietas con distintos niveles de lisina y proteína a partir de las dietas de crecimiento, no influye en la eficiencia reproductiva y productiva de las hembras de reposición, medido a través de la edad, peso al primer servicio y del tamaño y peso de la primera camada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Alimentación y condiciones de alojamiento**

El estudio se realizó en una granja comercial, con genética definida Agroceres PIC, más precisamente sobre hembras camborough 23, ubicada en Concepción del Uruguay , provincia de Entre Ríos.

Al inicio de la experiencia, se confeccionaron tres grupos simultáneos, que recibieron distintos tratamientos. Cada uno de los grupos, estuvo conformado por un total de 90 animales de ambos sexos: machos castrados (CAP: capones) y hembras sin servicio (NUL: nulíparas de reposición).

Los animales entraron en la experiencia a partir de los 30 kg promedio hasta alcanzar los 110 kg de peso vivo aproximadamente, momento en el que el destino será la faena para los CAP o la preparación como hembra de reposición, para las NUL.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Lotes AA: animales que recibieron una dieta de desarrollo con 3.300 kcal de EM/kg; 18% de PB y 1.1% de lisina y una dieta en terminación con 3.250 kcal de EM/kg e iguales aportes de proteína y lisina que en el desarrollo (Anexo: tabla con fórmulas de las dietas).
2. Lote BB: animales que recibieron una dieta de desarrollo con 3.230 kcal de EM/kg; 15% de PB y 0.7% de lisina y una dieta en terminación con 3.225 kcal de EM/kg e iguales aportes de proteína y lisina que en el desarrollo (Anexo: tabla con fórmulas de las dietas).Anexar.

3. Lote testigo (T): animales que recibieron una dieta de desarrollo con 3.220 kcal de EM/kg; 17% de PB y 1% de lisina y una dieta en terminación con 3.210 kcal de EM/kg; 15% de PB y 0.7% de lisina.

Las hembras a los 150 días de edad se evaluaron fenotípicamente y de acuerdo a las características reproductivas propuestas por la granja (aplomos, pezones, vulva, tamaño, conformación, salud aparente) fueron llevadas desde los galpones de terminación donde se realizaba la prueba hasta un galpón exclusivo para cachorras y separadas en corrales de 9 m<sup>2</sup> lo que representa una superficie para cada hembra de 1 m<sup>2</sup>. Se distribuyeron en dos corrales de siete y uno de ocho hembras.

Originalmente eran 22 cerdas y murieron una del grupo AA y otra del grupo BB. Una vez en el galpón cada lote recibió su alimento correspondiente de forma discrecional y poseían un bebedero en forma de chupete para el suministro de agua.

Con respecto al retajeo (pasaje de un macho entero preferentemente adulto para estímulo y detección de hembras en celo) se comenzó a realizar a la semana de ingresadas al corral, para evitar registrar un celo por el simple estrés del traslado o la formación de un nuevo grupo y las peleas por determinar una nueva escala de jerarquía.

La semana posterior al arribo se las vacunó de acuerdo al plan sanitario de la granja, luego al registrar el primer celo fueron vacunadas con una vacuna reproductiva y una segunda dosis a los 15 días de la primera. En estos corrales permanecieron hasta una edad de alrededor de 200 días, donde se las pesó nuevamente, revisó y se enviaron a su estadía en jaula, para su acostumbramiento y para que se realice el flushing alimentario previo al servicio. El alimento flushing era superior tanto en aporte de energía como de proteína. (3.380 kcal de EM/kg; 20% de PB y 1 % de lisina) .

El Peso 1 fue determinado en las cerdas a los 150 días de edad, cuando se las seleccionó y fueron trasladadas desde el galpón de engorde al galpón destinado a las hembras de reposición. La GDP 1 se calculó desde los 70 a los 150 días de edad, es decir, desde el inicio de la experiencia hasta la selección y cambio de galpón. En cuanto al Peso 2, este fue determinado al pesar las cerdas a los 200 días de vida, es decir, cuando pasaban de estar alojadas en forma colectiva en corrales, a las jaulas de gestación y recibir el alimento flushing pre-servicio. La GDP 2 fue calculada entre los 150 y 200 días de vida.

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los estudios comparativos entre los grupos de hembras de reposición, se realizaron por el procedimiento PROC Mixed de SAS.

Para analizar el efecto de los niveles nutricionales entre los grupos, se consideró para el estudio comparativo el Peso 1, la ganancia media diaria de peso 1 (GDP1), el Peso 2 y la GDP 2.

Para el estudio comparativo de la eficiencia reproductiva de las hembras de reposición, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: la edad del 1° celo, es decir, del celo de pubertad; la edad al primer parto, el número de lechones nacidos vivos, el número de lechones nacidos muertos y el peso promedio de la primera camada

## RESULTADOS

Las cerdas que se utilizaron para la experiencia del capítulo tres fueron distribuidas al azar en tres lotes homogéneos de 23 animales cada uno. Desde los 70 días de vida hasta los 150 se mantuvieron en el galpón de engorde. Luego de una selección fenotípica, 22 animales de cada lote pasaron al galpón de preparación de las hembras de reposición. Asimismo, en todos los grupos, hubo una pérdida por muerte, quedando los grupos con un tamaño de 21 cerdas cada uno.

El nivel nutricional tuvo un efecto sobre el porcentaje de hembras que entraron en celo en cada grupo, siendo del 100% para las hembras del grupo con mayores aportes de proteína y lisina (grupo AA), del 90% para las del grupo control y sólo del 76% en el caso de las cerdas con menores niveles nutricionales (BB) (Tabla 8)

En el momento de la entrada al lugar de preparación donde fueron alojadas las hembras de reposición ya seleccionadas, las hembras del lote AA y del testigo tuvieron pesos y una ganancia media de peso superior y estadísticamente diferente ( $P < 0,05$ ) con respecto al grupo BB. El grupo con mejor GPD fue el AA, encontrando escasas diferencias en el peso entre los lotes AA y el T (Tabla 8).

La entrada a jaula (momento en que la hembra queda allí para recibir el alimento de flushing pre-servicio y la primera cubrición) fue para las hembras del grupo AA y el T a pesos similares, aunque las primeras lo hicieron 5 días posteriores que las control. Hasta la entrada a

jaula, los grupos AA y T tuvieron mayor GMD y con diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) con respecto al grupo BB. El peso a la entrada a la jaula, fue significativamente ( $P < 0,001$ ) menor en casi 10 kg comparado con las hembras de los otros 2 grupos (Tabla 8)

**Tabla 8.** Datos comparativos de los tres grupos. Datos productivos.

| Grupo | N inicial | Entrada a galpón de preparación |           |                  | Entrada a jaula |           |          |
|-------|-----------|---------------------------------|-----------|------------------|-----------------|-----------|----------|
|       |           | Edad(días)                      | Peso.(kg) | GDP. (g)         | Edad(días)      | Peso.(kg) | GMD. (g) |
| AA    | 21        | 155                             | 100a      | 665 <sup>a</sup> | 204             | 145c      | 713c     |
| BB    | 21        | 140                             | 88b       | 628b             | 198             | 136d      | 685d     |
| T     | 21        | 155                             | 102a      | 659 <sup>a</sup> | 199             | 143c      | 715c     |

a-b ( $P < 0,05$ ), c-d ( $P < 0,001$ ).

**Tabla 9.** Datos comparativos de los tres grupos. Datos reproductivos.

| Grupo | N inicial | Edad 1° celo.(días) | 1° parto       |               |          |
|-------|-----------|---------------------|----------------|---------------|----------|
|       |           |                     | Edad. (días)   | Nacidos vivos | Peso (g) |
| AA    | 21        | 175<br>(21/21)      | 335<br>(14/21) | 10            | 1555e    |
| BB    | 21        | 173<br>(16/21)      | 329<br>(12/21) | 10            | 1390f    |
| T     | 21        | 170<br>(19/21)      | 333<br>(11/21) | 11            | 1467g    |

e,f,g ( $P < 0,01$ ).

La edad al primer parto para los tres grupos no mostró diferencias significativas. Sin embargo, el número de cerdas que alcanzó el primer parto fue numéricamente distinto según los grupos. Es así como del grupo con mayores aportes proteicos y de lisina, 14 de las 21 cerdas llegaron al primer parto (66,7%), mientras que en los otros 2 grupos el porcentaje de

cerdas que pudo tener su 1° parto apenas superó el 50%: 52,4% para el grupo testigo (11/21) y 57,1% en el grupo de bajo aportes (BB, 16/21) (Tabla 9)

En relación a la eficiencia reproductiva en el primer parto, no hubo diferencias estadísticamente significativas cuando se comparó el tamaño de camada al nacimiento (número de lechones nacidos vivos), siendo casi similar en todos los grupos, a excepción del grupo testigo que superó en un lechón a lo observado en los grupos AA y BB (Tabla 8).

Sin embargo, el peso promedio de la primer camada fue mayor para las hembras del grupo AA (1555 g) seguido de las hembras testigo (1467 g) y por último las del grupo BB (1390 g), habiéndose encontrado que estas diferencias entre los 3 grupos son estadísticamente significativas ( $P < 0,01$ ) (Tabla 9).

## DISCUSIÓN

El nivel nutricional tuvo un efecto sobre el porcentaje de hembras que entraron en celo en cada grupo, siendo del 100 % para las hembras de los lotes con mayores aportes de proteína y lisina (grupo AA), del 90% para las del grupo control y sólo del 76% en el caso de las cerdas con menores niveles nutricionales (BB). Calderón Díaz et al (2015), reportan que en el sacrificio, hubo más cerdas prepúberes en los tratamientos de baja lisina en comparación con las cerdas jóvenes alimentadas con los tratamientos de alta lisina (33 frente a 16 cerdas, respectivamente;  $P < 0,05$ ). Sin embargo, Beltranena et al. (1991), postularon que la ganancia de peso diaria no debe ser mucho mayor que 600 g, entonces las ganancias excesivas en la

carne magra pueden promover el retraso de la pubertad y elevar los requisitos de tamaño corporal y de mantenimiento.

En el presente trabajo, la diferencia en los aportes en relación a la proteína y lisina, no parecen haber tenido un efecto en la edad a la pubertad, ya que los valores no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, en el grupo con mayores aportes nutricionales se observó una mayor concentración de las edades al celo de pubertad ( $175 \pm 12,48$  días, media $\pm$ DE, Coef de variación 6,8 %) frente a los grupos de bajos aportes (BB,  $173 \pm 75,89$  días, media $\pm$ DE, cof de variación 43%) y el grupo testigo (T,  $170 \pm 52,10$  días, media $\pm$ DE, cof de variación 30%). La edad a la pubertad hallada en este trabajo es inferior para todos los grupos de los reportado en otros trabajos (Calderón Díaz et al., 2015) quienes reportan una edad promedio a la pubertad de 193 días de edad, no encontrando un efecto según el aporte de lisina en las dietas de desarrollo y terminación. Las dietas con diferentes aportes de energía o suministro a voluntad o restringido parecen no tener un efecto significativo en la edad a la pubertad, según lo reportado por Klindt et al. (1999). Patterson et al., (2002) no encontraron efecto de distintos aportes en las dietas sobre la edad a la pubertad, aunque las cerdas de este trabajo tuvieron su pubertad a edad más temprana: 157,3 vs 157,6 días, con dietas para maximizar o minimizar el depósito de tejido magro, respectivamente.

Los grupos con mayores ganancias de peso entre los 70 y 150 días (665 g/día y 659 g/día, para los grupos AA y T, respectivamente) también tuvieron mayores ganancias medias de peso diarias entre los 150 y 200 días (713 g/día y 715 g/días, para AA y T, respectivamente) siempre superiores al grupo BB y con diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,001$ ). Sin embargo, Murgas et al. (1995) observaron que con un aumento de la ganancia diaria, y mayor consumo de energía, probablemente asociado con una

mayor deposición de tejido adiposo se reduce la edad en la pubertad. Aparentemente, hay una cierta necesidad de cerdas jóvenes en acumular un umbral de grasa para desencadenar la pubertad (Beltranena et al., 1991). Al evaluar la ganancia diaria de peso entre los 11 a 14 días previos al estro de cubrición, Ashworth (1991) encontró una relación lineal y positiva entre la tasa de ovulación y el aumento de peso, al parecer proporcionada por los diferentes niveles de consumo y maximizado por la alimentación ad libitum.

Otros autores, como Gonçalves dos Santos (2005) no encontraron, que los niveles de lisina y dietas tuvieran un efecto sobre la inseminación en nulíparas, de la misma manera la interacción entre en el peso, la edad y el espesor de la grasa dorsal.

La edad al primer parto para los tres grupos no mostró diferencias significativas, ni tampoco el tamaño de la primer camada (número de lechones nacidos vivos). Se debe prestar atención al peso de la primera cubrición ya que esta variable influye positivamente en el número de cuerpos lúteos. Además, es necesario proporcionar a los animales raciones con alta energía, con el objetivo no sólo de aumentar de la producción de cuerpos lúteos, sino también de embriones totales y viables. El uso de dietas con bajo contenido de proteína cruda (13%) puede ser factible de usar (Gonçalves dos Santos, 2005).

## CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos, puede concluirse que los mayores aportes proteicos y de lisina en fase de crecimiento y de terminación en hembras de reposición tiene efectos sobre la eficiencia reproductiva, sobretodo en el porcentaje de hembras que alcanzan la pubertad (hasta los 200 días de vida) y las ganancias media de peso, que en el caso de las hembras en este experimento, fueron mayores al momento del traslado al galpón de preparación como así también a la entrada a la jaula. En todos los casos, la menor eficiencia fue observada en el grupo de cerdas con menores aportes nutricionales.

Sin embargo, el efecto nutricional no pareció tener influencia sobre la edad a la pubertad, lo que puede concluirse en base a los resultados obtenidos para el presente trabajo de tesis, concordantes con otros autores.

En relación a la eficiencia al primer parto de las hembras de reposición, en base a los datos obtenidos, puede concluirse que los mayores aportes de proteína y lisina en fases de crecimiento y terminación, ejercieron un efecto sobre el porcentaje de cerdas que llegan al primer parto y no así sobre la edad de la primera parición. Con respecto a los datos de la primera camada al nacimiento, las diferencias fueron halladas en el peso de las camadas y no así en el tamaño (prolificidad), siendo las hembras del grupo con menores aportes nutricionales las que mostraron los menores pesos promedio de los lechones en el momento del parto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Adeola, O. y Ball, R.O. Hypothalamic neurotransmitter concentrations and meat quality in stressed pigs offered excess dietary tryptophan and tyrosine J. Anim. Sci. 1992; 70: 1888-1894.
2. Aherne FX, Kirkwood RN. Nutrition and sow prolificacy. . J Reprod Fertil Suppl. 1985; 33: 169 - 83.
3. Ahn, D.U., Patience, J.F., Fortin, A. y Mccurdy, A. The influence of pre-slaughter or reloading of acid base on post-mortem changes in longissimus dorsi muscle of pork. Meat Science 1992; 32: 65-79.
4. Ajinomoto Biolatina. Requerimiento de Lisina Utilizando el Concepto de Proteína Ideal para Cerdas desde los 60 a los 95 kg, seleccionadas para Deposición de Carne Magra en la Canal. 2005
5. Alberti P, Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Olleta JL, Negueruela I. Medición del color. En: Cañeque V, Sañudo C editores. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. 2005. Monografías INIA: Serie ganadera N° 3. pp. 216-225.
6. Allee, G.L. Impact of nutrition on meat quality. PORK Academy- NPPC. 1997: 25-35.
7. AMSA. Guidelines for meat color evaluation American Meat Science. Chicago IL: Association National Live Stock and Meat Board. 1992.
8. AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Savoy IL American Meat Science Association. 1995.
9. Ashworth, CJ. Efecto del pre-apareamiento estado nutricional y la suplementación de progesterona después del apareamiento en la supervivencia del embrión y el crecimiento

- producto de la concepción en las hembras. *Reproducción Animal Ciencia*. 1991, 26:311-321.
10. Babol J, Squires EJ, Lundstrom K Relación entre el metabolismo de androstenona y escatol en cerdos machos intactos. *J AnimSci*1999; 77 : 84-92
  11. Bailey, C, Lawson, J. Carcass and empty composition of Hereford and Angus bulls from lines selected for rapid growth on high energy or low- energy diets. *Journal of Animal Science*, 1989; 69, 583-594.
  12. Ball, R.O. *Ontario Swine Research Review* 1988; 5: 77-78.
  13. Ball, R.O. Lawon, S.L. Ore, *Ontario Swine Research Review*. 1988; 5: 79-80.
  14. Banni S, Angioni E, Contini M, Carta G, et al. Conjugated linoleic acid and oxidative stress. *JAOCS*.1998;75:261-267
  15. Barton Grade, P. En: *Manipulating Pig Production VI*. Ed. P.D. Cranwell. Australasian Pig Sci. Assoc. 1997: 100-123.
  16. Basso L; Picallo A, Coste B; Peryera AM; Cossu ME. Evaluación sensorial de la carne porcina: sistemas de producción y castración inmunológica. *Veterinaria cuyana*, 2009; año 4, N° 1 y 2: 92-98
  17. Batterham y col,. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention *Br. J. Nutr.*1990; 64: 81-94.
  18. Beitz, D.D., Sparks, J.C., Wiegand, B.R., Parrish, F.C., Ewan, R.C., Horst, R.L. y Trenkle, A.H. *Pork Quality Summit*. Ed. NPPC. 1998: 137-140.
  19. Bejerholm, C. y Barton-Grade, P.A. *Proc. 32nd European Meeting of Meat Research Workers*. 1986: 389-391.

20. Beltranena, E.;Aherne, FX; FoxcroftGR.Effects of pre and post-pubertal feeding on first and second estrus production traits in young sows .Journal of Animal Science,. 1991. V.69, p.: 886-893, 1991.Journal of Animal Science. 1991. 69: 886-893, 1991.
21. Benlloch, A. New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. Ed. F. Toldrá y D.J. Troy . Fundación Vaquero, Spain. 1999: 185-200
22. Bidner, B.S., Ellis, M., Miller, K.D., Hemann, M., Campion, D. y Mckeith F.K. J. Anim. Sci. 1999;77 (Suppl.1): 49.
23. Bidner, B.S., Ellis, M., Witte, D.P., England, M., Campion, D. y Mckeith, F.K. J. Anim. Sci. 1999;77 (Suppl.1): 49.
24. Bikker P,Verstegen MW,Bosch MW.Aminoacid composition of growing pigs in affected by protein and energy intake. J. Nutr. 1994; 124: 1961-1969.
25. Boles, J.A., Patience, J.F., Schaefer, A.L. y Aalhus, J.L. (1994) Meat Science 37: 181-194.
26. Boles, J.A., Shand, P.J., Patience, J.F., Mccurdy, A.R. y Schaefer, A.L. (1993) J. Food Sci. 58: 1254-1257.
27. Bonneau M,Denmat M,Vaudelet C,Veloso-NunesJR,MortensenAB,Mortensen HP.Contribution of fat androstenone and skatole to boar taint I. Sensory attributes of fat and pork meat.Livestock Production Science, 1992; 32,63–80.
28. Bonneau M,Kempster AJ,ClausR ,Claudi-Magnussen C,DiestreA,Tornberg E,Walstra P,ChevillonP,Weiler U,Cook GL.An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: I. Presentation of the programme and measurement of boar taint compounds with different analytical procedures.Meat Science2000;54,251–259.

29. Braun, R.O.; Pattacini, S.H.; Scoles, G.E.; Cervellini J.E. Productividad y calidad de grasa corporal en cerdos, alimentados con cereales crudos y extruidos. 2007; 56;215: 299-308.
30. Bratzler LJ. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. [www.meatscience.org](http://www.meatscience.org)
31. Brewer SJ, Wilson JE, McKeith F. The effect of pig genetics and palatability, colorant physical characteristics of fresh loin chops. *Meat Sci* 2002; 61: 249-256.
32. Buttler-Hogg, B., Prescott, J., Lowman, B. A note on the effect of early weaning on performance and carcass characteristics in Angus cross and Charolais cross steer. *Animal Production*, 1981;33, 211-214.
33. CalderónDíaz J. A.,Vallet J. L., Lents C. A., Nonneman D. J., Miles J. R.,Wright E. C., Rempel L. A., Cushman R. A., Freking B. A., Rohrer G. A., Phillips C., DeDecker A., Foxcroft G., and Stalder K.. Age at puberty, ovulation rate, and uterine length of developing gilts fed two lysine and three metabolizable energy concentrations from 100 to 260 d of age1*Anim. Sci.* 2015.93:3521–3527
34. Caputi, B.; Costa. A. C.; Nogueira, E. T. Nutrição responsável: contribuindo com o meio ambiente ñ Estratégias para reduzir a excreção e perda de nutrientes em aves e suínos. Toledo: GFM, 2011. 112p.
35. Carballo, J.A., Cabrero, M., Monserrat, L., Sánchez, L., Sueiro, R. Producción de Ternero Rubio Gallego acogible a las primas de la PAC en: Rebaños de vacas nodrizas. II. Determinación objetiva de las características de la canal. *ITEA*.1995;18, 757-759.
36. Carrión y Medel. Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. XVII Curso de especialización Fedna interacción nutrición reproducción en ganado porcino. 2001.
37. Cassens, R.G New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. Ed. F. Toldrá y D.J. Troy. Fundación Vaquero, Spain. . 1999: 1-8.

38. Channon, H.A., Payne, A.M., Warner, R.D. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science*. 2000;56, 291–299.
39. CIE. 15. Technical report, colorimetry. Commission Internationale de L'Eclairage. 2004.
40. Claus, R., Weiler, U. y Herzog, A. Aspectos fisiológicos de la androstenona y la formación de escatol en el macho-Revisión con datos experimentales. *Meat Science* 1994; 38: 86-98.
41. Cliplef, R.L., McKay, R.M. Carcass quality characteristics of swine selected for reduced backfat thickness and increased growth rate. *Can. J. Anim. Sci.* 1993; 73: 483-494.
42. Coma, J., Piquer, J. Calidad de la carne en porcino efecto de la nutrición. XV Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. . (1999).
43. Cosgrove, J.R, Foxcroft G.R. Nutrition and reproduction in the pig: Ovarian aetiology. *Animal Reproduction Science*. 1996, 42 (1): 131-141
44. De La Llata, M. et al. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Anim. Sci.*, 2001; 79, p. 2643-2650.
45. De Smet, S.M., Pauwels, H., De Bie, S. Demeyer, D.I., Callewier, J. y Eeckhout, WJ. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of belgian slaughter pigs. *Anim. Sci.* 1995;74: 1854-1863.
46. Den Hartog Van Kempen. Relación entre nutrición y fertilidad en cerdos. *Neth. J. Agric. Sci.* 1980; 28: 211-221
47. Devol, D.L., Mckeith, F.K., Bechtel, P.J., Novakofski, J., Shanks, R.D. y Carr, T.R. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 1988; 66 (2): 385-395.

48. Devries, A.G., Faucitano, L., Sosnicki, A. y Plastow, G.S. New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. Ed. F. Toldrá y D.J. Troy. Fundación Vaquero.1999: 73- 89.
49. Devries, A.G., Sosnicki, A., Plastow, G. S. Aplicación de nuevas tecnologías para la selección de carne de cerdo de calidad. Anaporc,2000; 202,19-24.
50. Diestre, A. La producción porcina en el siglo XXI. Ed: PIC. pp: 77-92 D'Souza, D.N., Warner, R.D., Dunshea, F.R. y Leury, B.J. (1999) Meat. Sci. 1998;51: 221-225.
51. Dios, A.L., Monserrat, B., Sánchez, J., Carballo, A., Sánchez, L. Acabado a diez meses de terneros Rubio Gallegos y Rubio Gallegos por Holstein. II.Calidad de la canal. ITEA,1997;18, 736-738.
52. DokmanovicM, Baltic M Z, Duric J, Ivanovic J,\* Popovic, L <sup>1</sup> Todorovic M, Markovic R, Pantic S. Correlations among Stress Parameters, Meat and Carcass Quality Parameters in Pigs. J Anim Sci. 2015;3: 435–441.
53. Donzele Juarez. Niveles de energía metabolizable y relación lisina digestible por caloría en alimentos para cerdos machos castrados en terminación. 2010. Informe de investigación 45. [www.lysine.com](http://www.lysine.com).1/10/16
54. Dourmad, J.Y., Etienne, M., Prunier, ANoblet, J. .El efecto de la ingesta energética y proteica de cerdas en su longevidad. Revisión, Ciencias de la producciónGanadera,1994;40,87-97.
55. D'Souza, D.N., Warner, R.D., Leury, B.J. y Dunshea, F.R. J.The Effect of Dietary Magnesim Aspartate Supplementation on Pork Quality. Anim. Sci. 1998; 76: 104-109.
56. Eggert, J.M., Stahl, C.A., Latour, M.A., Richert, B.T. y Schinckel, A.P. J.Factors of significance for pork quality.Anim. Sci. 1999;77 (Suppl. 1): 169.

57. Eguinoa P., Labairu J., Granada A., Oficialdegui M., Flamarique F. Calidad de la canal porcina. Efecto de la genética paterna. *Revista Navarra Agraria*, 2006; p 61.
58. Eichinger, H.M. Proc. 38th International Congress of Meat Science and Technology. 1992:117-120.
59. Eikelenboom, G., Bolink, A.H. y Sybesma, W. Acid Base Status of Stress Susceptible Pigs Affects Sensory Quality of Loin Roasts. *Meat Sci.* 1991; 29: 25-30.
60. Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A. H., and Vander Wal, P.G. The Eating Quality of Pork - The influence of intramuscular fat. *Fleischwirtschaft.* 1996; 3, 18-20.
61. Ender, K., Kuhn, G. y Nurnberg, K. 12th Biotechnology in the feed industry. 1996 : 275-279.
62. Enright, K.L., Anderson, B.K., Ellis, M., Mckeith, F.K., Berger, L.L. y Baker, D. J. *Anim. Sci.* 1998; 76 (Suppl. 1): 149.
63. Ertbjerg, P., Henckel, P., Karlsson, A., Larsen, L. y Moller, A.J. *J. Anim. Sci.* 1999; 77: 2428- 2436.
64. Fernandez X, Meunier-Salaün MC, Ecolan P and Mormede P. Interactive effect of food deprivation and agonistic behavior on blood parameters and muscle glycogen in pigs. *Physiology & Behavior.* 1995; 58, 337-345.
65. Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J. y Lebret, B. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimuslumborum. *Meat Science.* 1999; 53: 59-65.
66. Fernandez, X. y Tornberg, E. J. A review of the causes of variation in muscle glycogen content and ultimate pH in pigs. *Muscle Foods.* 1991; 2: 209-235.

67. Flores C -Rondón, Leal M -Ramírez, Rodas A -González, Aranguren J -Méndez, Román R -Bravo y Ruiz J -Ramírez .Effect of Sexual Condition and Slaughter Weight on Pig Carcass Characteristics and Meat Quality.
68. Font-i-Furnols, M., N. Tous, E. Esteve-Garcia and M. Gispert Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. *Meat Science* 2012. 91(4): 448-453.
69. Friesen KG,Nelssen JL,Goodband RD,Tokach MD,Unruh JA,Kropf DH,Kerr BJ.Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms.*J AnimSci*.1994;72(7):1761-70
70. García-Cachan, M.D. Estudio de la calidad de la canal y de la carne de los cerdos producidos en Castilla y León. Tesis Doctoral, Universidad de León.1992.
71. García-Macías, J.A., Gispert, M., Oliver, M.A., Diestre, A., Alonso, P., Muñoz-Luna, A., Siggens, K., Cuthbertheavens, D. The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. *Anim. Sci*.1996. 63: 487-496.
72. Gardner ,G.A. y Cooper, T.J.R. Proc. of 25th European Meat WorkersBudapest, Hungria.1979: 5-8.
73. Gispert, M. y Diestre, A. Factores que afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino IRTA,1999. Jornada técnica.
74. Gispert M, Faucitano L, Oliver MA, Guardia MD, Coll C, Siggens K, Harvey K, Diestre A. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs.*Meat Sci*.2000;55:97–106.

75. Gonçalves dos Santos JM ; Moreira I ; Martins EN .Necesidades de lisina y energía metabolizable para cerdas jóvenes de cría. Journal of Animal Science. 2005; 806-9290. R. Bras. Zootec. vol.34 no.6 .
76. Gorrachategui, M.Sistemas de aseguramiento de la calidad y legislación en la industria de piensos compuestos XIV Curso de especialización FEDNA. 1998: 15-35.
77. Grandin T. Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter.J Am Vet Med Assoc.1994; 204(3):372-7.
78. Hamm, R. In Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing, eds. T. Hoyem& O. Kvale. Appl. Sci. Publ.,1977;. 101.
79. Henry, Y., Seve, B., Mounier, A. y Ganier, P. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. J. Anim. Sci. 1995; 74: 2700-2710.
80. Hermesch, S. Manipulating Pig Production VI. Ed. P.D. Cromwell. Australasian Pig Sci. Assoc. 1997: 82-90.
81. Huff-Ionergan, E.Postmortem Mechanisms of meat tenderization. Meat Science and Muscle Biology Symposium. ASAS Meeting.1999.
82. Hunter Lab. Principios básicos de medida y percepción de color. Información técnica. 2001, 13, 2.
83. Hurtado - NeryV L., da Trinda de Ribeiro Nobre - SoaresR, Sant'Anna - LyraM.Efecto de los niveles de lisina digestible sobre el rendimiento de cerdos en crecimiento de 45 a 70 kg de peso alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz. 2000; 16, 1, 39-45.

84. Jensen, M.T., Cox, R. P. y Jensen B.B. Microbial production of skatole in the hind gut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in backfat. *Animal Science*.1995;61: 293-304.
85. Jones, S.D.M., Tong A.K.W., Campbell C. y Dyck, R. The effects of fat thickness and degree of marbling on pork colour and structure.*J. Anim. Sci.* 1994;74: 155-157.
86. Karlson, A.H., Klont, R.E., Fernandez, X. (1999). Skeletal muscle fibres as factor for pork quality. In quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition. Proceedings of the joint session of the EAAP. 1999 ;246.Publication N° 100.
87. Kauffman, R.G., Cassens, R.G., Scherer, A. y Meeker, D.L. Variations in pork quality. 1992. *Bulletin, Des Moines, IA*.
88. Kauffman, R.G., Vanlaack, R.L.J.M., Russell, R.L., Pospiech, E., Cornelius, C.A., Suckow, C.E. y Greaser, M.L. Can pale, soft, exudative pork be prevented by postmortem sodium bicarbonate injection? *J. Anim. Sci.* 1998;76: 3010-3015.
89. Kempster, A.J., Wood, J.D. A national Programme on factors affecting pigmeat quality.1987.
90. Kiefer C, Donzele JL, Oliveira RFM. Digestible lysine for pigs not castrated of high genetic potential in growth phase. *Ciência Rural*, 2010; 40(7): 1630-1635
91. Kietzmann M., Jablonski H., On the blocking of stress by magnesium-aspartate hydrochloride in the pig. *Prakt. Tierarzt.* 1985; 66, 328-335
92. Kirkwood RN, Aherne FX. La ingesta de energía, la composición corporal y el rendimiento reproductivo de la cerda. *J Anim Sci.*1985; 60 (6): 1518-1529.

93. - Klindt J, Yen JT, Christenson RK. Effect of prepubertal feeding regimen on reproductive development of gilts. *J. Anim. Sci*, 1999, 77: 1968-1976
94. Klont, R.E., Eikelenboom, G., Brocks, L. Muscle fibre type and meat quality. 44th International Congress and Meat Science Technology. (1998).
95. Koch, R., Dikeman, M., Allen, D., Campion, D. Characterization of biological types of cattle. III. Cattle composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science*, 1976;43, 48-62.
96. Kocwin-Podsiadla, M., Kuril, J. The effect of interaction between genotypes at loci CAST, RYR1 and RN on pig carcass quality and pork traits – a review. Presented at the conference Effect of genetic and non-genetic factors on carcass and meat quality of pigs. Siedlce, Poland. 2003
97. Kremer, B.T., Stahly, T.S. y Sebranek, J.G. Effect of dietary sodium oxalate on meat quality of pork. *Proceedings of the Midwestern Section of the American Society of Animal Science Iowa State Swine Report* 1998 ;25-29
98. Kremer, B.T., Stahly, T.S. y Sebranek, J.G. . Effect of dietary sodium oxalate on meat quality of pork. *Proceedings of the Midwestern Section of the American Society of Animal Science Iowa State Swine Report* 1998;30-34
99. Kremer, B.T., Stahly, T.S. y Ewan, R.CJ. The effect of dietary vitamin C on meat quality of pork *Anim. Sci.* 1999; 77 (Suppl. 1): 46.
100. Longland, A.C., Wood, J.D., Enser, M., Carruthers, J.C. y Keal, H.D. Effects of growing pig diets containing 0, 150,300 and 450 g molassed sugar-beet feed per kg on carcass and eating quality. (1991) *Anim. Prod.*, 52: 559- 560.

101. Madsen, A.R., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. y Barton, P. National Institute of Animal Science, [Entire male pigs fed restrictively or ad libitum with increasing amounts of soy beans] 1990; Report 673
102. Martin, T. G., Alenda, R., Cabrero, M. Carcass characteristics of RubiaGallega and Asturiana cattle at 10 to 18 months of age. *Journal of Animal Science*, 1992; 109, 385–393.
103. Mccauley, I., Dunshea, F.R., SALI, L., Salvatore, L. y Hennesst, D. (1997) En: *Manipulating Pig Production VI*. Ed. Cranwell, P.D. pp: 130. Australasian Pig Sci. Assoc. MLC (1989) Stotfold Pig Development Unit.: First Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK MLC (1992) Stotfold Pig Development Unit.: Second Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK. MLC (1998) Phase-feeding: Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK.
104. Moelich, E.I., Hoffman, L.C., Conradie, P.J. Sensory and functional meat quality characteristics of pork derived from three halothane genotypes. *Meat Science*, 2003; 63, 333 – 338.
105. Mordenti, A, Marchetti, M. Use of Vitamins for Nonconventional Purpose. *Proceedings of the 14th IPVS Congress*, 1996; 39–44.
106. Moreira I, Kutschenko M, Furlan AC, Murakami AE, Martins EN, Scapinello C. Exigência de lisina para suínosem crescimento e terminação, alimentados com rações de baixoteor de proteína, formuladas de acordo com o conceito de proteína ideal. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2004; 26(4): 537-542
107. Moreira I, Voorsluys T, Mansano M R, Paiano D, Furlan A C e Alves da Silva M A. Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminación sobre o desempenho característica de carcaça e poluição ambiental *Acta Sci. Anim* 2007 29, 2, 179-185,

108. Morel P. C. H.\*, Camden B. J., Purchas R. W. and Janz J. A. M. Evaluation of Three Pork Quality Prediction Tools Across a 48 Hours Postmortem *J. Anim. Sci.* 2006;19, 2: 266-272
109. Mourot, J., A. Aumaitre, and P. Wallet. Effect of a dietary supplement of vitamin C on growth and pig meat quality. 1990. *Proc. Ascorbic Acid in Domestic Animals. 2<sup>nd</sup> Symposium.* KartauseIttingen, Switzerland.
110. Mourot, J., Aumaitre, A., Mounier, A. Peiniau, P. y François, A.G. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters(1994) *Livestock Prod. Sci.* 38:237-244.
111. Ngapo, T. M., J. F. Martin and E. Dransfield “International preferences for pork appearance: II. Factors influencing consumer choice.” *Food Quality and Preference* 2007;18(1): 139-151
112. Noblet, J .; Champion, M. Efecto de la granulación y el peso corporal en la digestibilidad de la energía y la grasa de dos granos en los cerdos.*J. Anim.Sci.* 2003; 81,1, 140.
113. Nollet, L. and Toldrá, F. *Handbook of muscle foods analysis.* Boca Raton. 2009, 967
114. NPB. Pork composition and quality assessment procedures. National Pork Procedures Council, Des. Moines ID. 2000.
115. NRC – Nutrient Requirements of Swine. 1998.
116. Nuernberg K., Dannenberger D., Nuernberg G., Ender K., Voigt J., Scollan ND., Wood JD., Nute GR., & Richardson RI. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livest Prod Sci.* 2005;94:137–147

117. Odriozola J.G. Mercado del NEA: comportamiento de compra y consumo de productos y subproductos porcinos. Memoria del IV Curso: Situación actual de la Producción y Consumo de Cerdo, Bolsa de Cereales, Ciudad de Buenos Aires. 2008. 47-60.
118. Offer, G. and Knight, P. The structural basis of water-holding in meat. *Meat Science* 1988; 63-171.
119. Ordóñez J.A., Cambero M.I., Fernández L., García M.L., García de Fernando G., de La Hoz L. y Selgas M.D. Cambios postmortem del músculo. En: *Tecnología de los alimentos*. Vol. II. Alimentos de origen animal. 1998; 170-184.
120. Osorio Chavez. Efecto de un sistema de alimentación basado en dietas formuladas a proteína ideal para la finalización de cerdos a nivel comercial en la zona centro de Veracruz. Tesis doctoral, Universidad Veracruzana, 2007.
121. Otten, W., Berrer, A., Hartmann, S., Bergerhoff, T y Eichinger, H.M. of magnesium fumarate supplementation on meat quality of pigs. *Proc. 38th International Congress of Meat Science and Technology*. 1992; pp. 117-120,.
122. Patterson JL, Ball RO, Willis HJ, Aherne FX, Foxcroft GR. The effect of lean growth rate on puberty attainment in gilts. *J. Anim. Sci*, 2002, 80: 1299-1310
123. Plastow, G.S., Carrión, D., Gil, M., García-Regueiro, J.A., Font I., Furnols, M., Gispert, M., Olive, M.A., Velarde, A., Guàrdia, M.D. Quality pork genes and meat production. *Meat Science*, 2006; 70, 409-421.
124. Prunier , H. Quesnel. Influencias nutricionales en el control hormonal de la reproducción en cerdos hembra. *Estación de Investigaciones Porcinos*. Francia. 1999. *Ganadería Ciencia Producción* 63 (1): 1-16 .

125. Rehfeldt, C., Tuchscherer, A., Hartung, M., Kuhn, G. A second look at influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. *Meat Science*,2008;78, 170-175.
126. Ringel, J.; Susenbeth, A. Lysine requirement for maintenance in growing pigs. *Livestock Science* ,2009.120, 144-150.
127. Rock, A.J., Ellis, M., Whittemore, C.T., Philips, P. Relationships between whole-body chemical compositions, physically dissected carcass parts and backfat measurements in pigs. *Anim. Prod.* 1987;44: 263-273.
128. Rojas, A., Contreras, C., Meneses, R. Rendimiento de canal en cabritos híbridos Cashmere (One line). 2006. [http://www.inia.cl/intihuasi/index\\_archivos/rendimiento.pdf](http://www.inia.cl/intihuasi/index_archivos/rendimiento.pdf)
129. Ruíz J y López-Bote C .Alimentación y calidad sensorial en cerdos destinados a la obtención de productos cárnicos de calidad diferenciada. XXI Curso de especialización FEDNA. 2005.
130. Shackelford SD, Wheeler TL &Koochmarai M Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from Bosindicus and Bostaurus cattle. *Journal of Animal Science*,1995; 73(11): 3333–3340
131. Sindirações 2006. Guia de Aditivos ã Ácidos orgânicos, aminoácidos, enzimas, microminerais, vitaminas. Sindicato nacional da indústria da alimentação animal - sindirações. [2006]. <http://www.sindiracoes.org.br>. Consultada.3/10/15
132. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos - Composição de alimentos e exigênciasnutricionais / Editor : Horacio. 2005. Santiago Rostagno. – 2.ed
133. Tarrant, P.V., Eikelenboom, G. and Monin, G. MartinusNijoff. Evaluation and control of meat quality in pigs. Seminar in the CEC Agricultural Research Programme, 1985; 359

134. Tokach, M.; Derouchey, J.; Dritz, S.; Goodband, B.; Nelssen, J. Amino acids requirements of growing pigs. III International Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine, 2011. 195-218.
135. Vetifarma. Manual Técnico 2005.
136. Vieites, C.; Basso, L.; Basso, C.; de Caro, A.; Cruchaga, R.; Fernández, E.; Campagna, D. y D. Somenzini. "Producción Porcina. Estrategias para una actividad sustentable". Editorial Hemisferio Sur. . 1997;506 pp.
137. Watford M.; Kutschenko M.; Nogueira E.T. Optimal dietary glutamine for growth and development. Revista Brasileira de Zootecnia 2011;40, 384-390.
138. Willis H. JZak L. JFoxcroftG. R. Duración de la lactancia, estado endocrino y metabólico, y fertilidad de cerdas primíparas. Journal of animal Science .American Society of Animal Science 2003; 81, 8,2088-2102.
139. Wood DJ, Nute GR, Whittington FM, Kay RM, Perrot JG. Effects of molassed sugar-beet feed on pigmeat quality. Anim Prod. 1994;58:471-472.
140. Yamamoto, M., Fonseca, F., Aparecida, S., Luenco, F. Composición tisular de lomo de corderos recibiendo dietas conteniendo aceites vegetales. . 2007 Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina.