

EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN LAS CARCASAS DE CERDOS ALIMENTADOS CON SORGO TERMOPROCESADO DURANTE EL CRECIMIENTO Y LA TERMINACIÓN

EVALUATION OF FATTY ACIDS IN PIGS CARCASS, FED THERMO PROCESS SORGHUM DURING DE GROWTH AND FINISHING

BRAUN R.O.^{1*} & S.H. PATTACINI²

RESUMEN

El interés creciente por la calidad de la carne y de la grasa, ha traído implícita la necesidad de conocer el contenido y la composición de la grasa de la res porcina por probables impactos negativos sobre la salud humana. El mayor desafío es, la reducción del contenido de ácidos grasos saturados en la carne, principalmente del ácido palmítico, y el incremento de la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. El objetivo de este estudio fue determinar la composición en los distintos ácidos grasos de los tejidos de depósito de cerdos a los 90 kg de peso, expuestos a diferentes dietas compuestas por granos de sorgo sometido a distintos procesamientos en relación al grano de maíz molido, en muestras obtenidas in vivo, de grasa subcutánea mediante una biopsia. Estabilizadas las muestras obtenidas se utilizó una técnica de acoplamiento cromatógrafo de gases – espectrógrafo de masa (CG – EM) con el fin de identificar el ácido graso más abundante de la muestra y el porcentaje de abundancia relativa de otros ácidos grasos componentes de las muestras analizadas. A partir de la experiencia se pudo concluir que los cerdos alimentados con sorgo, independientemente de la forma de presentación del mismo, exponen reses con mayor presencia de ácidos monoinsaturados y poliinsaturados. Los alimentados con sorgo molido, aplastado y extruido presentaron ácido linolénico en sus carcasas. Las dietas compuestas por granos de sorgo tratados presentan carcasas con mejor calidad carnicera

PALABRAS CLAVE: grasa porcina, composición de ácidos grasos, sorgo termoprocésado.

ABSTRACT

The growing interest on meat and fat quality has brought the implicit need to know the content and composition of pig carcass fat, due to probable negative impacts on human health. The greatest challenges are the reduction of saturated fatty acids content in meat, mainly palmitic acid, and the increase of mono- and poli-insaturated fatty acids amount. The aim of this study was to determine the composition of fatty acids in depot tissues of pigs at 90 kg of liveweight, fed on different diets, containing sorghum grains processed in different ways, or ground corn. The samples were obtained in vivo from subcutaneous fat, by biopsy. Once the samples were stabilized, the most abundant fatty acid, and the percentage of relative abundance in each sample were determined by a gas chromatography - mass spectrometry (GC - MS) coupling technique. From this experience it could be concluded that the pigs fed on sorghum, independently from its presentation, show carcasses higher in mono- and poli-insaturated fatty acids. Those fed on ground and extruded sorghum had linolenic acid in their carcasses. The diets composed by thermo-processed sorghum showed higher meat quality carcasses.

KEY WORDS: pork fat, fatty acid composition, thermo-processed sorghum

1 Facultad de Agronomía UNLPam
* E-mail: Braun@agro.unlpam.edu.ar

2 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UNLPam

INTRODUCCIÓN

La alimentación es clave para el engrasamiento del cerdo el cual como otras especies monogástricas, incorpora los ácidos grasos aportados por la dieta en su tejido adiposo con pocas transformaciones. Por el contrario la composición de la grasa intramuscular es bastante constante y sólo estaría afectada por la dieta en los músculos con mucha grasa infiltrada (Morgan *et al.*, 1992). Esto obliga a tener un especial cuidado con las fuentes de grasa que se utilizan en el alimento.

El contenido lipídico del principal componente de la carne, el músculo, es muy variable aproximadamente del 1,5 al 13 %, y consta fundamentalmente de lípidos de depósito y estructurales. Si bien algunos lípidos neutros están presentes como acúmulos microscópicos en el interior de las células musculares, la mayoría se localizan en los adipocitos del tejido conectivo laxo que se encuentran entre los haces musculares principalmente en el perimio (Cobos *et al.*, 1993). Este depósito corresponde a la grasa intermuscular conocido también como veteado o marmorización (Allen & Foegeding, 1981; German, 1990). Además de los de depósito en las membranas celulares hay otro tipo de lípidos, los estructurales, entre los que se encuentran los fosfolípidos y el colesterol, esenciales para la función celular (Allen & Foegeding, 1981). Los cerdos contienen grasa de depósito localizada principalmente como capa subcutánea, aunque ésta también se encuentra presente entre los músculos como reserva intermuscular y en la cavidad corporal alrededor de los riñones, región pélvica y corazón (Cobos *et al.*, 1993). Los principales ácidos grasos saturados (AGS) de la carne porcina son de mayor a menor concentración palmítico (C 16:0), esteárico (C 18:0) y mirístico (C 14:0). El ácido oleico (C 18:1) es el monoinsaturado (AGMI) más abundante seguido del palmítoleico (C 16:1). Los ácidos linoleico (C 18:2), linoléico (C 18:3) y araquidónico (C 20:4) son los principales poliinsaturados (AGPI). Los AGS y AGMI son los mayoritarios en los triglicéridos de la grasa de la carne (Rhee, 1992). Es imprescindible la reducción del contenido de AGS en la carne principalmente del ácido palmítico y el incremento

de la cantidad de AGMI y AGPI para beneficios de la salud humana (Cobos *et al.*, 1993). La reducción de los AGS se aconseja porque la presencia de colesterol y de éstos conjuntamente en las dietas humanas, elevan la concentración de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en el suero situación que está asociada con la presentación de enfermedades coronarias (Weiland *et al.*, 1980). Si los AGPI reemplazan a los AGS se reducen las LDL pero también decrecen las lipoproteínas de alta densidad (HDL), éstas últimas ligadas a beneficios en la salud. Sin embargo los AGMI disminuyen los niveles de LDL sin reducir los de HDL (Mattson & Grundy, 1985; Grundy, 1986). Se ha observado una relación inversa entre la concentración de HDL en sangre y la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Castelli *et al.*, 1977). Dentro de las grasas saturadas no todos los ácidos grasos son equivalentes ya que sólo los ácidos grasos C 12:0, C 14:0 y C 16:0 elevan el colesterol (Farreras & Rozman, 2004). Los ácidos grasos C 18:0 y de mayor longitud de cadena no contribuyen al aumento del colesterol sérico en las personas (Bonamone & Grundy, 1987). Sólo lo hace el palmítico como AGS además del colesterol, éste AGS es el que se encuentra en mayor proporción en la grasa porcina y el que debe ser reemplazo a través de la dieta con AGMI y AGPI (Braun & Cervellini, 2010).

La mayoría de los AGPI están agrupados principalmente en dos series. En la serie ω 6 el ácido linoleico es el más común y se encuentra en plantas y tejido animal y no puede ser sintetizado por los animales, es el principal AGPI del grupo de los ácidos grasos esenciales. Es el precursor en el organismo de todos los de la serie ω 6 por desaturación y elongación enzimática (German, 1990). El gama-linolénico es el primer intermediario que se forma. El dihomogama-linolénico es otro ácido de la serie ω 6 que se produce en condiciones de fermentación. El ácido araquidónico es el más importante de esta serie porque es el que se utiliza en la síntesis de los fosfolípidos para constituir la membrana celular y además es precursor de hormonas. Es conocido con el nombre de los componentes eicosanoicos incluyendo a las prostaglandinas. En la serie ω 3 está el ácido linoléico, también

a partir de él se originan AGPI de la serie ω 3 por desaturación y elongación enzimática en el metabolismo celular. El ácido estearidónico es precursor del eicosapentanoico (EPA). El EPA y el docosahexaenoico (DHA) también pertenecen a esta serie ω 3. El ácido linoleico es un ácido graso insaturado de 18 carbonos con dos dobles ligaduras en las posiciones 9 y 12, ambas en la configuración *cis*. Los conjugados del ácido linoleico (CLA) son una mezcla de isómeros cuyas dobles ligaduras cambiaron de lugar en la posición de los carbonos de la cadena (Delany *et al.*, 1999).

Actualmente se acepta una menor importancia al colesterol dietario que ingresa con la dieta respecto de los que aportan los AGS del tejido adiposo en sus efectos hipercolesterolémicos, en razón que hoy en día se controla en la dieta el aporte de los AGPI, adecuada relación ω 6/ ω 3, se evita el consumo de ácidos grasos *trans*, y si es posible se aumenta el aporte de antioxidantes naturales y de AGPI nutracéuticos como los isómeros CLA y DHA. Estudios relacionados a la calidad de la carne obtenida en sistemas porcinos al aire libre o semi-confinamiento han demostrando la influencia de la alimentación y del sistema de producción sobre el valor nutracéutico de la carne. De los mismos se concluyó que el engorde de cerdos al aire libre con disponibilidad de pasturas de calidad confiere atributos favorables a la salud humana en cuanto a la composición de la grasa intramuscular, tales como un mayor contenido de C18:3, CLA, EPA y AGMI así como una relación ω 6/ ω 3 más cercana a la recomendada por los profesionales de la nutrición (Basso *et al.*, 2006). Al contrario de lo que ocurre en los monogástricos los lípidos de ruminantes sufren un proceso de biohidrogenación en el rumen que convierte los ácidos linoleico (C18:2 ω 6) y linoléico (C18:3 ω 3) de granos y pastos en un ácido graso saturado pero afortunadamente no hipercolesterolémico, el ácido esteárico (C18:0).

Debido a la imposibilidad de los sistemas enzimáticos de los monogástricos de sintetizar ácido linoleico y linoléico, dependen exclusivamente del aporte externo (Cava *et al.*, 1999; Ziller, 1996). Es por tanto esperable una mayor concentración de ácido linoleico en los animales

alimentados con dietas ricas en este ácido graso, tal y como se ha observado en experimentos llevados a cabo con distintas razas de cerdo blanco (Morgan, 1992). El peso de la composición lipídica de la dieta sobre el perfil lipídico de los animales varía según la etapa de crecimiento que se considere. En las primeras etapas de crecimiento del cerdo el 80% de los lípidos son sintetizados a partir de la glucosa de la dieta que es el principal precursor fisiológico de ácidos grasos (Henry, 1977). En épocas posteriores al crecimiento cuando el engrasamiento comienza a ser predominante el efecto de la dieta sobre el perfil lipídico es cada vez más notorio. A medida que aumenta el estado de engrasamiento se produce una disminución de los ácidos grasos saturados incrementándose los restantes, reflejando el perfil de ácidos grasos de la grasa del alimento. Dentro de las grasas saturadas los ácidos palmítico (hipercolesterolémico) y esteárico (no colesterolemico) son los que se encuentran en mayor proporción en el tejido adiposo y están correlacionados con la consistencia y el punto de fusión de la grasa (Wood, 1984). El punto de fusión de la grasa aumenta con la longitud de la cadena de los ácidos grasos. Igualmente éste es mayor en los ácidos grasos de naturaleza saturada que en los insaturados (Lehninger, 1981). De los ácidos grasos insaturados el ácido oleico no parece guardar correlación con el punto de fusión y la consistencia de la grasa. El ácido linoleico, otro ácido abundante en el tejido adiposo porcino presenta una correlación negativa con la consistencia de la grasa y el punto de fusión (López de Torre *et al.*, 2001). Los AGPI son sustratos de la oxidación lipídica. En sus dobles enlaces se fija oxígeno comenzando la reacción de oxidación. Por lo tanto cuanto más presencia de AGPI mayor susceptibilidad de la oxidación (deterioro del color y enranciamiento) en detrimento de la calidad (López-Bote, 1998) aunque una oxidación moderada contribuye a la aparición de compuestos volátiles responsables del aroma deseable de la carne (Rhee, 1992). Si se llega a producir una oxidación excesiva aparecerán olores anómalos y coloraciones amarillentas y pérdida del color (Girard, 1988).

Por su resistencia a sequía y altas temperaturas, el sorgo es el cereal de mayor importancia

en muchas partes del mundo. En nuestro país, el lugar que ocupa dentro de un sistema productivo radica en dos pilares fundamentales: la utilización de grano y forraje en la alimentación animal y como eslabón esencial de un sistema de rotaciones con el fin de mantener la productividad y estabilidad estructural del suelo (Giorda, 1991). Domaski (1992), indica que en la formulación de balanceados, el sorgo se ubica como un cereal de preferencia en la alimentación animal por su disponibilidad y bajo costo, incrementando su valor nutritivo cuando está debidamente procesado. El sorgo es un insumo importante en las dietas porcinas, constituye en la región semiárida pampeana entre el 70 y 75 % del total de la dieta, aportando especialmente nutrientes y energía a la ración diaria de los animales. Posee un total aproximado de 83 % de lípidos insaturados del total de los lípidos presentes en el grano, siendo el ácido linoleico el insaturado presente en mayor proporción (56 %) (Bonino *et al.*, 1977). La hidrólisis de los componentes del grano (almidones y aceites) mediante procesos de calor-presión, modifica la composición nutricional y pueden acumularse en las grasas porcinas lípidos de síntesis sustancialmente diferentes a las grasas originales provenientes de las dietas. Las materias primas disponibles para la alimentación animal pueden ser sometidas a diversos tratamientos tecnológicos con el fin de mejorar su valor nutricional, el objetivo es, inactivar o destruir eventuales factores antinutricionales y mejorar la digestibilidad y la disponibilidad de los diferentes constituyentes bioquímicos (Irazusta, 1992). Los estudios de alimentación con sorgo de mayor relevancia que ofrece la bibliografía, están circunscriptos al uso de sorgo molido o harina, y es muy escasa o nula la información sobre procesos tecnológicos adicionales a este ingrediente en la alimentación porcina, contrariamente a lo que ocurre con maíz. Los tratamientos tecnológicos de tipo térmico o hidrotérmico unidos a uno mecánico, que se le adicionan a las harinas para mejorar su valor nutritivo, consisten en la combinación de las acciones del agua presente en las materias primas o la eventualmente añadida, con el calor y las acciones mecánicas. El fin es, desorganizar las estructuras celulares y moleculares de las materias primas. El principal interés se centra en desor-

denar la estructura cristalina del almidón para alcanzar el estado de gelatinización del mismo (Kent, 1987; Irazusta, 1992; Serna Saldívar, 1998), formando dextrinas solubles y por tal, más digestibles que polímeros de alto peso molecular.

De Luca (1996) manifiesta que todas las modificaciones de la estructura del almidón hacen asumir que el termoprocesado de los cereales favorece el aumento de apetito dietario y la tolerancia, además de duplicar el poder de imbibición de estos con respecto al grano molido. En rumiantes, la modificación estructural provocada por el termoprocesado hace que las dextrinas escapen en gran medida a la degradación ruminal y que mayor cantidad de glucosa se encuentre a nivel intestinal para ser absorbida como tal, disminuyendo esto enormemente el costo energético. En los no rumiantes la mayor facilidad que ofrece el grano procesado al acceso de las enzimas digestivas para la obtención de glucosa, también reduce el costo energético del proceso digestivo, aumenta la cuota de glucosa liberada en el primer tramo del intestino, favoreciendo una absorción rápida y eficiente ante las pérdidas por fermentación (Irazusta, 1992).

Partiendo de la hipótesis que los cerdos alimentados con dietas compuestas con cereales tratados, mejoran la calidad grasa de la carcasa en relación con los alimentados con cereales no tratados, en este trabajo de investigación, se pretendió evaluar la composición lipídica de las carcasas en cerdos híbridos mediante la utilización del grano de maíz, sorgo molido, sorgo aplastado - laminado y sorgo extruido en húmedo, en dietas de crecimiento y engorde. Tales características se determinaron a través de la medición de la cantidad y calidad de ácidos grasos presentes en la grasa dorsal de cerdos de 90 kg de peso vivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación se llevó a cabo en la región semiárida pampeana (Latitud 36° 46' Sur; Longitud 64° 16' oeste; Altitud 210 msnm). Los cerdos experimentales fueron machos castrados y hembras F2. Luego de permanecer durante 32 días de lactancia, se ordenaron en cuatro grupos

de 4 cerdos con dos machos y dos hembras, que se dispusieron en las pistas de recría-terminación de piso de cemento y 75% de la superficie techada, provistas de comederos tolva y patio con bebederos, lugar donde culminaron el crecimiento y terminación. Cuando los cerdos arribaron a 30 kg de peso vivo, luego de un período de socialización de 30 días con sus compañeros de tratamiento, comenzaron a consumir las raciones de crecimiento hasta alcanzar 60 kg de peso vivo. De allí a 105 kg de peso vivo, momento en que finalizó el ensayo, se les suministró dietas de terminación. Las unidades se ordenaron en un diseño completamente aleatorizado. Se constituyeron cuatro tratamientos (dietas) (Tabla 1), con cuatro unidades experimentales (repeticiones) por tratamiento. Los tratamientos estuvieron caracterizados por: T1=

dieta testigo (D1) balanceada peleteada, constituida por maíz molido como ingrediente energético principal. T2= dieta (D2) balanceada peleteada, constituida por sorgo molido como ingrediente energético principal. T3= dieta (D3) balanceada peleteada, constituida por sorgo aplastado-laminado como ingrediente energético principal, y T4= dieta (D4) balanceada peleteada, constituida por sorgo extruido en húmedo como ingrediente energético principal. Las dietas fueron formuladas a partir de las necesidades nutritivas de los cerdos en las categorías en cuestión mediante las tablas del NRC (2001); compuestas por maíz molido, sorgo ciclo corto en tres condiciones de presentación: molido, aplastado-laminado y extruido; harina de carne, expeller de soja, afrechillo, sal común, bentonita, lisina sintética, metionina sintética, aceite vege-

Tabla 1: Constitución de las dietas experimentales.

Table 1: Experimental diets composition

INGREDIENTES (Kg)	T1 MAÍZ TESTIGO	T2 SORGO MOLIDO	T3 SORGO COPOS	T4 SORGO EXTR.
Maíz	74,61			
Sorgo molido		70,39		
Sorgo aplastado-laminado			70,39	
Sorgo extruido				70,39
Expeller de soja (41%)	13,5	15,5	15,5	15,5
Harina de carne (45 - 50 %)	2,5	3	3	3
Conchilla (CO ₃ Ca)	0,95	0,9	0,9	0,9
Premix vitamínico-mineral (a)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal común	0,25	0,25	0,25	0,25
Bentonita	0,18	0,18	0,18	0,18
Lisina sintética (99%)	0,04	0,05	0,05	0,05
Metionina sintética (98%)	0,07	0,08	0,08	0,08
Afrechillo	6,5	8	8	8
Aceite vegetal	0,8	1	1	1
Ceniza de hueso	0,35	0,4	0,4	0,4
TOTAL	100	100	100	100

(a) = Por cada 1000 g contiene: Vitamina A 4.000.000 UI, Vitamina D3 800.000 UI, Vitamina E 12.000 UI, Tiamina 824 mg, Riboflavina 2.000 mg, Piridoxina 1.200 mg, Ácido pantoténico 5.217 mg, Biotina 40 mg, Niacina 10.000 mg, Ácido fólico 320 mg, Cianocobalamina 10 mg, Menadiona 800 mg, Colina 60.000 mg, Iodo 400 mg, Selenio 28 mg, Cobre 38.000 mg, Manganeseo 24.000 mg, Hierro 30.000 mg, Carbonato de calcio 209600 mg, Excipiente: c.s.p. 1000 g.

tal, ceniza de hueso, núcleos vitamínico-minerales, conchilla y antiparasitarios. Se alimentaron *ad libitum* y la forma de presentación de las dietas durante toda la experiencia fue peleteada.

Los sorgos componentes de las dietas correspondieron a mezclas de híbridos comerciales de ciclo corto. El testigo (maíz) fue un híbrido ciclo corto comercial de uso frecuente de la región semiárida pampeana. En la Tabla 2 se observa la composición nutricional de los granos componentes de las dietas experimentales.

En la etapa de terminación se obtuvieron sobre los cerdos experimentales muestras de grasa dorsal *in vivo* a la altura de la última costilla flotante y a 5 cm de la línea media a cada lado del animal a los 90 kg de peso. Este punto de medición denominado P2 coincide con el espacio entre la última y penúltima costilla. Constituye el valor medio del espesor de grasa dorsal subcutánea entre el sector dorsal, lumbar y caudal del animal y su composición en ácidos grasos posee una alta correlación con el resto de la grasa de la carcasa y en especial con el contenido de grasa intramuscular. Las biopsias se practicaron con bisturí y cánulas de 2 mm de diámetro, las muestras se conservaron a -20°C hasta el momento de analizarse. Posteriormente se realizó la extracción, purificación y estabilización de lípidos totales de todas las muestras experimentales según el método de Jordi Folch (Christie, 2003). Para el análisis cuantitativo de

los componentes de la muestra se utilizó una técnica de acoplamiento cromatógrafo de gases – espectrómetro de masa (CG – EM) con el fin de identificar el ácido graso más abundante de la muestra y el porcentaje de abundancia relativa de otros ácidos grasos componentes de las muestras analizadas (Roach *et al.*, 1998). La identificación de los picos en los cromatogramas se basó en los tiempos de retención y la clasificación se llevó a cabo con patrones estandarizados. Por último con el cálculo de la especificidad y/o reproductividad de los índices de retención (tiempo) y con los patrones de fragmentación obtenidos por la espectrometría de masa se establecieron las proporciones de ácidos grasos presentes en las muestras (Ryhage & Stenhagen, 1960). Los ésteres metilados de los ácidos grasos fueron analizados en un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5972 Series C acoplado a espectrómetro selectivo de masas y trampa de iones Hewlett Packard-5973 Inert MSD (Mass Selective Detector) equipado con un inyector automático (HP 7683 series inyector) utilizando tripentadecanoín (T4257, Sigma-Aldrich) como patrón interno, atento al método ISO 5509-1978.

De acuerdo con los resultados de la validación del método cromatográfico acoplado a espectrometría de masa fue posible trabajar con más de 20 ácidos grasos con patrones externos. Para la calibración del aparato como patrón de referencia fue utilizado el material de Sigma, Supelco

y Alltech que permitió identificar más de 20 ácidos grasos, todos ellos en su forma metilada. La cuantificación se realizó a partir de los factores respuesta obtenidos por regresión lineal de las áreas de los picos de los cromatogramas de los patrones, que fueron inyectados a tres concentraciones diferentes por duplicado. Los resultados se dieron en % de cada ácido graso sobre el total de ácidos grasos. En aquellos casos en los que no se dispuso de patrones de metil-ésteres para la cuantificación se tomó como

Tabla 2. Composición nutricional de los granos integrantes de las dietas experimentales

Table 2. Nutritional composition of grains making up experimental diets

Variable	T1	T2	T3	T4
PB %	9,05	7,29	7,11	7,19
EE %	10,93	9,62	9,81	10,32
Almidón %	49,12	47,12	45,83	44
Cenizas %	4,82	5,64	6,98	5,01
MS %	93,1	92,08	91,15	91,02

Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (FOSS – NIRS 5000) (Vázquez *et al.*, 2004).

factor respuesta el del isómero correspondiente.

Los resultados de abundancia relativa de los ácidos grasos se analizaron estadísticamente por ANOVA y las diferencias de medias por el Test de Tukey HSD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 aparece (la presencia) los valores mínimos y máximos para los ácidos grasos más relevantes de los grupos AGS, AGMI y AGPI; representados por el promedio, desviación estándar y significancia estadística de los ácidos grasos que aparecen en mayor cantidad obtenidos de la grasa dorsal de los animales de la experiencia. De los AGPI, los más interesantes para incorporar a las dietas humanas son C18:2, C18:3, AA (ácido araquidónico), EPA y DHA que contienen respectivamente 2, 3, 4, 5 y 6 dobles enlaces y el CLA con enlace cis 9 trans 11, todos presentes en la grasa dorsal de los animales experimentales de los cuatro tratamientos de la presente experiencia.

Los ácidos grasos saturados e insaturados sintetizados en el organismo de las unidades experimentales más comunes fueron: palmítico (C: 16), esteárico (C: 18) y araquidónico (C: 20:4), entre otros, tal cual lo menciona en sus investigaciones Cava *et al.* (1999). Pero se destaca en esta experiencia la menor presencia significativa de esteárico y araquidónico en los cerdos que consumieron dietas T3 y T4, en especial T4 que en cierta forma confirma lo señalado por Ziller, (1996) al mencionar que es muy baja la proporción de AA que se sintetiza en el tejido animal. Igualmente la mayor presencia de esteárico en T1 y T2 no implicaría menor calidad de carne porque este AGS no incrementaría el colesterol total en el suero sanguíneo de los humanos como lo menciona Ziller, (1996). Si bien el contenido del principal AGMI, el oleico, es significativamente inferior en las reses porcinas obtenidas con dietas con sorgos tratados la sumatoria de AGMI presenta porcentajes significativamente mayores en estas reses respecto de las de T1 y T2, destacando con este resultado entonces, que el metabolismo de los AGMI es muy activo, generando cambios sustanciales respecto a la dieta de origen en contraste con lo que menciona Cobos *et al.* (1993).

En esta experiencia los valores de C18:1 son mayores al 25 % sobre el total de AGMI que rondaron el 45 % en todos los tratamientos y fueron significativamente mayores los valores en los tratamientos con granos tratados respecto del sorgo y maíz crudo. Respuesta que beneficia a estas carnes por mejorar la salud en los consumidores.

Todos los ácidos grasos se han observado y calculado en la grasa dorsal de los cerdos sometidos a las dietas experimentales, siendo menor la cantidad de AGS en los que consumieron las dietas T3 y T4 respecto de T1 y T2 pero no significativas las diferencias. La composición de la grasa intramuscular también es bastante constante y sólo estaría afectada por la dieta en músculos con mucha grasa infiltrada, es decir cerdos con poca mejora genética en magro. Los valores AGPI y AGMI de los tratamientos experimentales corresponden a los citados por la bibliografía pero con una distribución diferente. Los tratamientos con sorgo incrementaron significativamente la presencia de AGMI en T3 y T4 y, mejoraron significativamente la relación $\omega 6 / \omega 3$ principalmente en T4 respecto de los demás, sin diferencias significativas entre T2, T3 y T4 respecto al testigo T1. Esta distribución coincide con lo señalado por Cava *et al.* (1999) que expresa que la composición de ácidos grasos de algunos productos de origen animal varía con diversos factores entre ellos el tipo de dieta. En esta experiencia se observa menores valores de ácido oleico en la grasa de los cerdos alimentados con maíz respecto a los tratamientos con sorgo. Según Basso *et al.* (2006) para este ácido se encuentran valores claramente superiores al 45 % solamente cuando parte de la dieta corresponde a hierbas provenientes del tapiz del piquete de alojamiento. La presencia de ácido linoleico fue significativamente mayor en las grasas de las reses porcinas provenientes de cerdos alimentados con cereales crudos (T1 y T2), en tanto la respuesta fue inversa cuando se trató de ácido linolénico. Este resultado es importante destacarlo en razón que al consumir carnes porcinas, es substancial la presencia de estos dos precursores de los ácidos grasos $\omega 6$ (AA) a partir del linoleico y $\omega 3$ (EPA) del linolénico. Estos ácidos grasos aportan un alto grado de fluidez a

Tabla 3: Porcentaje de los metil ésteres de ácidos grasos de la grasa dorsal de los cerdos \pm 1 Error estándar
Table 3: Percentage of the methyl esters of fatty acids of the fat of pigs \pm 1 Standard Error

Ácidos grasos	T1	T2	T3	T4	ANOVA
C14:0 - Mirístico	2,68 (0,18)	2,70 (0,17)	2,31 (0,16)	2,38 (0,18)	NS
C16:0 - Palmítico	25,13 (0,69)	25,76 (0,67)	24,89 (0,71)	25,42 (0,63)	NS
C16:1 - Palmitoleico	2,62 (0,17)	2,82 (0,17)	2,41 (0,23)	2,35 (0,13)	NS
C18:0 - Estearico	18,90 (0,59) <i>a</i>	17,63 (0,61) <i>b</i>	17,19 (0,56) <i>b</i>	16,10 (0,70) <i>c</i>	P<0,10
C18:1 ω -9 - Oleico	28,72 (0,85) <i>a</i>	27,95(0,74) <i>ab</i>	27,69(0,83) <i>bc</i>	26,09 (0,92) <i>c</i>	P<0,10
C18:2 ω -6 - Linoleico	13,11 (1,12) <i>a</i>	11,23 (0,98) <i>b</i>	9,36 (1,03) <i>c</i>	8,96 (1,02) <i>c</i>	P<0,10
C18:3 ω -6 -	4,50 (0,20) <i>a</i>	4,18 (0,23) <i>a</i>	3,76 (0,19) <i>ab</i>	3,18 (0,269) <i>b</i>	p<0,05
C20:4 ω -6. Araquid	3,00 (0,19) <i>a</i>	2,54 (0,22) <i>a</i>	2,08 (0,12) <i>b</i>	1,76 (0,13) <i>b</i>	P<0,05
C18:3 ω -3 - Linol	0,43 (0,014) <i>a</i>	0,54 (0,015) <i>b</i>	0,53 (0,011) <i>b</i>	0,57 (0,017) <i>b</i>	P<0,01
C20: 5 ω -3 EPA	0,04 (0,002) <i>a</i>	0,07 (0,005) <i>b</i>	0,09 (0,003) <i>c</i>	0,10 (0,008) <i>c</i>	P<0,05
C22: 6 ω -3 DHA	0,01 (0,001) <i>a</i>	0,03 (0,002) <i>b</i>	0,03 (0,001) <i>b</i>	0,04 (0,003) <i>b</i>	P<0,05
C18:2 - 2 ω -6 (9cis - 1trans) CLA	0,61(0,019)	0,63 (0,018)	0,59 (0,014)	0,65 (0,023)	NS
AGS	38,68 (1,12)	37,65 (1,06)	36,61 (1,00)	36,45(1,13)	NS
AGMi	46,39 (1,03) <i>a</i>	46,98 /0,87) <i>a</i>	47,75 (0,88) <i>b</i>	48,35 (0,37) <i>b</i>	P<0,01
AGPi	10,93 (0,41) <i>a</i>	12,37 (0,46) <i>b</i>	11,64(0,45) <i>ab</i>	12,20 (0,31) <i>b</i>	P<0,05
AGPi/AGS	0,28 (0,04) <i>a</i>	0,33 (0,02) <i>b</i>	0,32 (0,05) <i>b</i>	0,33 (0,01) <i>b</i>	P<0,05
ω -6	20,91 (1,34) <i>a</i>	18,25 (1,01) <i>b</i>	15,50 (1,16) <i>c</i>	14,2 (1,07) <i>c</i>	P<0,05
ω -3	0,78 (0,13) <i>a</i>	0,94 (0,11) <i>b</i>	0,97(0,09) <i>b</i>	0,96 (0,14) <i>b</i>	P<0,01
ω -6/ ω -3	26,81(3,92) <i>a</i>	19,41(2,98) <i>b</i>	15,98(3,01) <i>c</i>	14,79(3,22) <i>c</i>	P<0,01

Medias con igual letra en la fila no difieren significativamente según test de Tukey HSD (p<0,10; p<0,05; p<0,01)

las membranas celulares permitiendo el movimiento de proteínas en su superficie y dentro de la bicapa lipídica dando mayor capacidad de retención de agua, terneza y jugosidad a la carne fresca. Los AGPI de la serie ω 6 (ácido linoleico) se incrementaron en todos los tratamientos respecto a los valores que señala la bibliografía, en especial en T1, debido al consumo de granos que forman parte de un 70 % de la dieta. Es por ello que parte los AGPI de la serie ω 3 prácticamente desaparecen de la grasa de estos animales. Estas deficiencias son trasladadas a los consumidores de estos productos provocando un déficit de ω 3 y un exceso de ácidos grasos ω 6 mediante la alimentación; con las consecuencias a largo plazo expresadas en las patologías cardiovasculares de nuestro tiempo. Los animales silvestres que todavía viven en su medio natural presentan concentraciones de AA y EPA - DHA en una proporción similar entre ambos y esa relación se podría trasladar al hombre si esta fuera su principal fuente de alimentación como ocurría cuando el humano apareció sobre la tierra. Hoy luego de la industrialización y como consecuencia de dietas concentradas en granos, la agrupación de estos dos ácidos grasos cambia en las células de la carne de los animales aumentando la relación a 20 veces o más de AA que EPA - DHA. En la presente investigación tanto el sorgo crudo como los sorgos tratados hidrotérmicamente, expusieron reses con relación ω 6 / ω 3 menor a esta cifra y significativamente menor a la dieta con maíz como ingrediente energético principal. En la experiencia el contenido de DHA fue significativamente mayor en los tratamientos con sorgo respecto del testigo, en tanto la diferencia es más notable significativamente en el contenido de EPA en los tratamientos con sorgos tratados hidrotérmicamente. Como lo señalan Castelli *et al.* (1977) es importante desde el punto de vista de la calidad nutraceútica de la carne porcina, que en ocasiones, cuando los valores son demasiados bajos, inferiores a 0,01 mg de EPA por cada 100 g de grasa dorsal es imprescindible mejorar las dietas con aceite de pescado, situación que incrementa sensiblemente el costo de las mismas. Aspecto que no ocurriría con las dietas experimentales compuestas con sorgo. En la experiencia la presencia del isómero conjugado CLA en las grasas porcinas no tuvo

diferencias significativas entre tratamientos.

La elevada relación ω 6 / ω 3 en la prueba se debe en gran medida a la proporción de granos de maíz y sorgo que constituyen las dietas. No obstante son muy apreciables las cantidades elevadas de ω 6 en la grasa dorsal de los animales con dietas de maíz y sorgo molido. Como lo expresa Basso *et al.* (2006) alrededor del 48% de la grasa porcina contiene ácidos grasos monoinsaturados del tipo ácido oleico. En la presente experiencia la D4 expuso significativamente este valor respecto al resto de los tratamientos. La ingesta de este tipo de grasa contribuye a reducir los niveles de colesterol total en sangre a expensas del colesterol LDL y a aumentar los niveles del colesterol HDL de acuerdo a las investigaciones de Farreras & Rozman, (2004). Lo cierto es que los ácidos grasos saturados, los que consumidos en exceso resultan perjudiciales para el corazón, representan en este estudio un porcentaje inferior con respecto a otras carnes. Se puede inferir que los cerdos que consumieron las dietas de los T3 y T4 al peso de faena reflejaron quizás la composición de ácidos grasos del alimento, ácidos que fueron en cierta forma modificados por el calor y la presión ejercida sobre los granos en la elaboración de la dieta.

CONCLUSIONES

La industrialización en la fabricación de alimentos balanceados que implique hidrólisis de almidones en los granos, previo a la inclusión de las dietas, acarrea como consecuencia el incremento de carnes con relaciones ω 6 / ω 3 menores (14:1) respecto a dietas construidas con maíz molido (> 20:1). Lo más trascendente de esta investigación se refiere a la utilización de sorgo porque tanto el crudo como el tratado hidrotérmicamente expusieron reses con relación ω 6 / ω 3 menor a 20 por tal son dietas significativamente superiores a la dieta con maíz para metabolizar productos cárnicos más sanos y saludables para la humanidad. También las reses porcinas obtenidas a partir de dietas constituidas con sorgos tratados exhiben grasas de mejor calidad para la salud, debido a la menor presencia de AGS. Esto posibilita aumentar la plasticidad de las membranas celulares y disminuir riesgos cardíacos.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen C.E. & E.A. Foegeding. 1981. Some lipid characteristics and interactions in muscle foods. A review. *Food Tech.* 35: 253-257.
- Basso L., A. Picallo, B. Coste, A.M Pereyra & M.E. Cossu. 2006. Evaluación sensorial de carne porcina: sistemas de producción y castración inmunológica. V Curso de Producción de la carne porcina y alimentación humana. *Vet. Cuyana*. pp. 92-96.
- Bonamone A. & S.M. Grundy. 1987. Stearic acid does not raise serum cholesterol. *Clin. Res.* 35: 365-369.
- Bonino M.F., O. Sceglio & M.H. Schiang. 1977. Valor nutritivo de sorgo antipájaro para pollas en crecimiento. *Prod. Anim.* 5: 195-198.
- Braun R.O. & J.E. Cervellini. 2010. Producción Porcina. Facultad de Agronomía. UNLPam. (Eds). La Pampa, Argentina. 276 p.
- Castelli W.P., J.T. Doyle, T. Gordon, C.G. Hames, M.C. Hjortland, S.B. Hulley, A. Kagan & W.J. Zukel. 1977. HDL cholesterol and other lipids in coronary heart disease. The cooperative lipoprotein phenotyping study. *Circulation* 55: 767-772.
- Cava R., A.I. Andrés, J. Ruiz, J.F. Tejada & J. Ventanas. 1999. Influencia de la alimentación sobre el perfil de ácidos grasos. *En: Jornadas sobre Cerdo Ibérico y sus productos*. Ed. Estación Tecnológica de la Carne de Castilla y León. Salamanca-Guijuelo. pp. 126-134.
- Christie W.W. 2003. Lipid Analysis; Isolation, separation, identification and structural analysis of lipids. 3rd Edition. Oily Press, Bridgwater. 121 p.
- Cobos A.L. de la Hoz, M.I. Cambero & J.A. Ordóñez. 1993. Revisión: Influencia de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Alimentos* 34: 35-51.
- Delany J.P., F.B. Lohm, A.A. Truett, J.A. Scimeca & D.B. West. 1999. Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Comp. Physiol.* 45: 1172-1179.
- De Luca L.J. 1996. Informe INTA Balcarce para la empresa Cereal Copos S.A. Chivilcoy. Buenos Aires, Argentina. 25 p.
- Domaski C. 1992. El tanino en el sorgo. Sociedad Rural de Córdoba. 1: 10-11.
- Farreras V. & C. Rozman. 2004. Medicina interna. Ed. Gea. 15° Edición. pp. 1358.
- German J.B. 1990. Muscle lipids. *J. Muscle Food* 1: 339-361.
- Giorda L.M. 1991. Informe Subprograma Nacional de Sorgo. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 1: 34-39.
- Girard J.P. 1988. La déshydratation. *In: Technologie de la viande et des produits carnés*, Tec & Doc Lavoisier (J.P. Girard Ed.). Paris, France. pp. 83- 115.
- Grundy S.M. 1986. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. *New Eng. J. Med.* 314: 745-748.
- Henry Y. 1977. Développement morphologique et métabolique du tissu adipeux chez le porc: influence de la selection, de l'alimentation et du mode d'élevage. *Annals of Biol. Bioch. Biophysic.* 17: 923-952.
- Irazusta A. 1992. Uso de tecnología de extrusión y expansión en cereales y subproductos proteicos y su utilización en dietas para lechones. Actas del 2° Congreso Nacional de Producción Porcina. Rosario, Argentina. 16 p.
- Kent N.L. 1987. Tecnología de los Cereales. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 362 p.
- Lehninger A.L. 1981. Bioquímica. 2ª Edición. Omega. Barcelona, España. 806 p.
- López-Bote C. 1998. Prediction of the feeding background of Iberian pigs using the fatty acid profile of subcutaneous,

- muscle and hepatic fat. *Meat Sci.* 49: 155-163.
- López de Torre, G.B.M. Carballo & A. Madrid. 2001. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. 1ª ed. AMV ediciones. Mundi Prensa. Madrid, España. 212 p.
- Mattson F.H & S.M. Grundy. 1985. Comparison of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *J. Lipids. Res.* 26: 194-202.
- Morgan C.A. 1992. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *J. Sci. Food Agric.* 22: 5142-5192.
- Morgan C., R. Noble, M. Cocchi & R. McCartney. 1992. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *J. Sci. Food Agric.* 58: 357-368.
- National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirement of swine. Ed. National Academy of Sciences. Washington D.C., USA. 68 p.
- Rhee K.S. 1992. Fatty acids in meats and meat products. *Meat Sci.* 23: 293-301.
- Roach J.A.G., M.P. Yurawecz, M.M. Mos-soba & K. Eulitz. 1998. Gas chromatography mass spectrometry of lipids. In: Spectral Properties of Lipids. pp. 191-234.
- Ryhage R.M. & E. Stenhagen. 1960. Mass Spectrometry in lipid research. *J. Lipid Res.* 1: 361-390.
- Serna Saldivar S.O. 1998. Manual de prácticas de laboratorio de industrialización de cereales. ITESM. Departamento de tecnología de alimentos. Monterrey, N.L. México. 242 p.
- Vázquez D.R., B. Abadía & L.C Arreaza. 2004. Aplicación de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano de maíz. *Rev. Corpoica.* 5:1.
- Weiland H.D. Seidel, V. Wiegand & H. Kreuzer. 1980. Serum lipoproteins and coronary artery disease. Comparison of the lipoprotein profile with the results of coronary angiography. *Atherosclerosis* 36: 269-280.
- Wood J.D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In: Fat in animal nutrition. Ed. J. Wisemann. London: Butterworths. pp. 407-435.
- Ziller S. 1996. Grasas y aceites alimentarios. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 71 p.