ITEA (1999). Vol. 95A N.° 1, 7-16

# TAMAÑO DE LOS ADIPOCITOS Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA LIPOGÉNICA EN TOROS DE LIDIA

**J.A. Mendizabal**
**A. Purroy**
**A. Arana**
**B. Soret**
**P. Eguinoa**

Departamento de Producción Agraria
Universidad Pública de Navarra
Campus de Arrosadía
31006 Pamplona
España

RESUMEN

Se ha estudiado en 21 toros bravos que fueron lidiados en Pamplona durante la Feria de San Fermín (1995) el tamaño de los adipocitos y la actividad de las enzimas lipogénicas Glicerol 3fosfato deshidrogenasa (G3PDH), Sintetasa de ácidos grasos (FAS), Glucosa 6fosfato deshidrogenasa (G6PDH) y NADP-Malato deshidrogenasa (EM) en los depósitos grasos omental (OM), pelvicorrenal (PR), subcutáneo (SC) e intermuscular (IM). Así mismo, se realizó la disección de la 10ª costilla de la media canal izquierda y la determinación de la cantidad de grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de dicha costilla, para conocer el estado de engrasamiento de sus canales. Los resultados obtenidos para el contenido en grasa de la 10ª costilla (19 p.100) y para la riqueza en grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de la misma (1 p.100) indican que el estado de engrasamiento del toro de Lidia fue medio-bajo. El mayor tamaño de los adipocitos correspondió al depósito PR, seguido del OM, SC e IM ($P<0,001$) y se correspondió, por lo general, con la actividad de la enzima G3PDH, que estima la síntesis total de triglicéridos en el interior de los adipocitos ($P<0,001$). Así mismo, dos de las enzimas que estiman el poder reductor necesario para la síntesis de ácidos grasos (G6PDH e ICDH) han mostrado el mismo comportamiento que esta última enzima ($P<0,001$). De la comparación de los resultados obtenidos con los de ganado vacuno existentes en la bibliografía, se desprende que en los toros de Lidia la actividad metabólica lipogénica fue inferior a la que presentan los terneros durante su periodo de cebo, aunque ello pondría en entredicho la idea generalizada de que los ganaderos someten a los toros a un régimen elevado de alimento concentrado en los meses que preceden a la lidia.

**Palabras clave:** Adipocitos, Enzimas lipogénicas, Toro de Lidia.

SUMMARY

ADIPOCYTE SIZE AND LIPOGENIC ENZYME ACTIVITY IN TORO DE LIDIA

Adipocyte size and the activity of lipogenic enzymes Glycerol 3-phosphate dehydrogenase (G3PDH), Fatty acid synthetase (FAS), Glucose 6-phosphate dehydrogenase (G6PDH) and NADP-Malate dehydrogenase (EM) in omental (OM), peri-

rrenal (PR), subcutaneous (SC) and intermuscular (IM) adipose depots were studied in 21 fighting bulls that were slaughtered in Pamplona in 1995. The 10th rib from the left half of the carcass was dissected and the amount of intramuscular fat in the *Longissimus dorsi* muscle was determined, estimating the carcass fatness. Results of amount of fat in the 10th rib (19 p.100) and amount of intramuscular chemical fat in *Longissimus dorsi* muscle (1 p.100) showed a medium-low carcass fattening in fighting bulls. Adipocytes from PR adipose depot were the biggest, followed by adipocytes from OM, SC and IM adipose depots ($P<0.001$). In general the activity of the enzyme G3PDH, which estimates triglyceride synthesis, followed the same pattern ($P<0.001$). Furthermore, the activities of the enzymes G6PDH and ICDH, which produce the NADPH needed for fatty acid synthesis, also showed a similar pattern to G3PDH ($P<0.001$). Data obtained in this study were compared with those found in literature referring to cattle, pointing out lower lipogenic activities in fighting bulls than in fattening steers. This observation would conflict with the generally accepted idea that farmers overfeed the bulls during the previous months to the fighting of the bulls.

**Key words:** Adipocytes, Lipogenic enzyme activity, Fighting bulls.

## Introducción

El desarrollo de los adipocitos supone la acumulación de triglicéridos en su citoplasma, que se forman mediante la esterificación de ácidos grasos que proceden del plasma sanguíneo o de la síntesis de *novo* en el interior del adipocito. En este proceso intervienen diferentes enzimas lipogénicas como son la Glicerol 3fosfato deshidrogenasa (G3PDH), cuya actividad está estrechamente relacionada con la síntesis de triglicéridos (SHIDU *et al.*, 1973), la Sintetasa de ácidos grasos (FAS), implicada en la síntesis de ácidos grasos de *novo* a partir de acetato, y las enzimas NADP-Malato deshidrogenasa (EM), Glucosa 6fosfato deshidrogenasa (G6PDH) e Isocitrato deshidrogenasa (ICDH), que son tres de las enzimas responsables de la producción de NADPH requerido para la síntesis de *novo* de ácidos grasos.

El incremento de la adiposidad de los depósitos grasos en ganado vacuno se debe a dos fenómenos: la hipertrofia o aumento del tamaño de los adipocitos y la hiperplasia o aumento del número de los mismos (HOOD, 1982), habiéndose observado que tanto los fenómenos de hiperplasia e hipertrofia de los adipocitos, como la actividad de las enzimas lipogénicas, están influídos por el genotipo, el sexo, la edad, el tipo y nivel de alimentación, el depósito graso del animal, etc. (HOOD y ALLEN, 1975; VERNON 1986).

Se ha comenzado a estudiar recientemente el desarrollo y el metabolismo del tejido graso en terneros de razas autóctonas españolas de ganado vacuno de aptitud carne, y los primeros resultados muestran que las razas explotadas en zonas de dehesa tienen una mayor actividad metabólica lipogénica que las razas de carne explotadas en la Cornisa Cantábrica (MENDIZABAL *et al.*, 1998a).

En el presente trabajo se estudia el tamaño de los adipocitos y la actividad metabólica lipogénica en toros de Lidia que, aunque se explotan en zonas de dehesa, se someten durante el periodo previo a la lidia a una alimentación intensiva con concentrados.

## Material y métodos

### Animales

Se han estudiado 21 toros bravos de entre 4 y 5 años de edad, lidiados y muertos a estoque en la plaza de toros de Pamplona durante la Feria de San Fermín (1995). Los pesos vivos de los toros, así como los pesos y el rendimiento canal se muestran en el cuadro 1.

Inmediatamente después de la lidia y muerte de los animales se tomaron dos muestras de 0,5 y 5 g de grasa de los depósitos grasos omental (OM; zona media del epiplón mayor), pelvicorrenal (PR; zona cefálica del riñón izquierdo), subcutáneo (SC; región esternal) e intermuscular (IM; entre el esternón y los músculos pectorales), para realizar la determinación del tamaño de los adipocitos y de las actividades enzimáticas lipogénicas.

A las 24 horas *post-mortem*, se realizó el despiece de las canales y se extrajo la 10ª costilla para llevar a cabo la disección de la misma, ya que se considera que en ganado vacuno la composición tisular de esta pieza es representativa de la composición de la canal entera (GEAY y BERANGER, 1969). Así mismo, en el músculo *Longissimus dorsi* de esa misma costilla se determinó la cantidad de grasa intramuscular por el método Soxhlet (ISO-1433-1973).

### Tamaño de los adipocitos

El tamaño de los adipocitos se determinó a partir de las muestras de 0,5 g de grasa obtenidas de cada uno de los cuatro depósitos estudiados, una vez transportadas en tubos con solución tirode (0,15M NaCl; 6mM KCl; 2 mM $CaCl_2$; 6mM Glucosa; 2 mM $NaHCO_3$) pH 7,62 a 37°C hasta el laboratorio de Producción Animal de la Universidad Pública de Navarra (Pamplona), donde se procedió a la fijación de los adipocitos con tetróxido de osmio al 2 p.100 (HIRSCH y GALLIAN, 1968). Posteriormente, se realizaron preparaciones microscópicas de los adipocitos y con las imágenes obtenidas se midió para cada toro el diámetro medio de los adipocitos (180 adipocitos por muestra, aproximadamente) de

CUADRO 1
PESOS VIVOS, PESO Y RENDIMIENTO DE LAS CANALES DE LOS TOROS
*TABLE 1*
*LIVE WEIGHT, CARCASS WEIGHT AND DRESSING PERCENTAGE OF FIGHTING BULLS*

| | Media | Mínimo | Máximo | Desviación Estándar |
|---|---|---|---|---|
| Peso vivo (kg) | 576 | 500 | 655 | 53,0 |
| Peso canal (kg) | 318 | 203 | 371 | 45,3 |
| Rendimiento canal (p.100) | 55 | 40 | 60 | 5,1 |

cada uno de los cuatro depósitos grasos estudiados, mediante un progama informático de Análisis de Imagen (Imagenia 2.0; BIOCOM, 1992).

### Actividades enzimáticas lipogénicas

La determinación de la actividad de las enzimas lipogénicas se realizó a partir de un extracto de las muestras de 5 g de grasa y de la cuantificación de la actividad enzimática por espectrofotometría. En primer lugar se obtuvieron los extractos enzimáticos a partir de 1 g de tejido graso y 4 ml de tampón STEG pH 7,4 (homogenizador Sorvall Omni-Mixer, 50.000 rpm durante 10 segundos, 3 veces). El extracto así obtenido se filtró (20 $\mu$m de diámetro de poro) y se centrifugó a continuación (6.000 rpm, 10 minutos). El sobrenadante resultante se separó y se volvió a filtrar (0,45 $\mu$m de diámetro de poro) y a centrifugar (14.000 rpm, 45 minutos). Posteriormente, en los extractos enzimáticos se determinó la actividad de las enzimas lipogénicas Glicerol 3fosfato deshidrogenasa, (G3PDH; EC 1.1.1.8) (WISSE y GREEM, 1979); Sintetasa de ácidos grasos, (FAS; EC 2.3.1.85) (HALESTRAP y DENTON, 1973); NADP-Malato deshidrogenasa, (EM; EC 1.1.1.40) (OCHOA, 1955), Glucosa 6fosfato deshidrogenasa (G6PDH; EC 1.1.149) (GLOCK y MCLEAN, 1953) e Isocitrato deshidrogenasa (ICDH; EC 1.1.1.50) (PLAUT, 1962). Para realizar la medida de la actividad de cada una de las enzimas estudiadas se procedió a determinar la variación de la absorbancia de las reacciones enzimáticas (a 37°C) con el tiempo.

### Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los datos referidos al diámetro de los adipocitos y a las actividades enzimáticas lipogénicas se realizó por medio de análisis de varianza utilizando el modelo siguiente:

$$y_{ij} = \mu + D_i + I_j + e_{ij}$$

donde:

$y_{ij}$= diámetro de los adipocitos, actividad enzimática.

$\mu$= media mínimo cuadrática.

$D_i$= efecto fijo debido al tipo de depósito graso (i=1 OM, i=2 PR, i=3 SC, i=4 IM).

$I_j$ = efecto al azar debido al individuo j. Se incluye dicho efecto en el modelo ya que en cada animal se hacen 4 determinaciones (una por depósito graso).

$e_{ij}$= efecto residual aleatorio.

Los contrastes entre depósitos grasos se realizaron utilizando el método de la mínima diferencia significativa (LSD) o prueba de Fisher.

## Resultados

En el cuadro 2 se muestran los resultados correspondientes a la disección de la 10ª costilla, tanto los referentes a los pesos de los tejidos graso, muscular y óseo, como la proporción relativa que supone cada uno de ellos con respecto al total de la costilla. Así mismo, se muestran los porcentajes de grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de esa misma costilla. En él se observa que el porcentaje de grasa en la costilla estudiada y la riqueza en grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de la misma fueron respectivamente del orden del 19 y del 1 p.100.

En el cuadro 3 figuran los resultados obtenidos para el diámetro de los adipoci-

CUADRO 2
RESULTADOS DE LA DISECCIÓN Y PORCENTAJE DE GRASA INTRAMUSCULAR (IM) DEL MÚSCULO *LONGISSIMUS DORSI (LD)* DE LA 10ª COSTILLA
*TABLE 2*
*RESULTS OF DISSECTION AND PERCENTAGE OF INTRAMUSCULAR FAT (IM) IN LONGISSIMUS DORSI (LD) OF THE 10TH RIB*

| | Media | Mínimo | Máximo | Desviación Estándar |
|---|---|---|---|---|
| Peso Costilla (g) | 1550 | 1334 | 1851 | 166,8 |
| Disección Costilla | | | | |
| Grasa (p.100) | 18,8 | 13,0 | 25,0 | 3,41 |
| Músculo (p.100) | 59,5 | 53,0 | 64,7 | 3,41 |
| Hueso (p.100) | 21,7 | 19,2 | 24,6 | 1,46 |
| Grasa IM del LD (p.100) | 1,01 | 0,54 | 2,1 | 0,53 |

tos y la actividad de las enzimas Glicerol 3fosfato deshidrogenasa (G3PDH), Sintetasa de ácidos grasos (FAS), NADP-Malato deshidrogenasa (EM), Glucosa 6fosfato deshidrogenasa (G6PDH) e Isocitrato deshidrogenasa (ICDH) de los depósitos grasos omental (OM), pelvicorrenal (PR), subcutáneo (SC) e intermuscular (IM). Se puede comprobar que los adipocitos de mayor tamaño correspondieron al depósito PR, seguido del OM, SC e IM ($P<0,001$). En cuanto a la actividad de la enzima G3PDH, estimadora de la síntesis total de triglicéridos en los adipocitos, fue así mismo el depósito PR el que presentó mayores valores, seguido del depósito OM, SC e IM (aunque el SC no difirió significativamente del OM, y el IM del SC). Con relación a la actividad de la enzima FAS, que estima la síntesis de ácidos grasos de *novo* en los adipocitos, cabe indicar que el depósito IM mostró valores inferiores a los observados en el resto de depósitos grasos ($P<0,001$). Por último, en lo que respecta a la actividad de las enzimas deshidrogenasas (EM, G6PDH, ICDH), que aportan el poder reductor en el proceso de síntesis de ácidos grasos de *novo* en los adipocitos, se observa que el comportamiento no fue el mismo en las tres enzimas estudiadas. Así, mientras que la EM no presentó diferencias significativas en su actividad entre los diferentes depósitos grasos, las enzimas G6PDH e ICDH presentaron un comportamiento muy parecido, ya que mostraron su mayor actividad en el depósito PR y la menor en el SC e IM, aunque en la ICDH el tejido SC tuvo la misma actividad que el OM.

## Discusión

Los resultados obtenidos a partir de la disección de la 10ª costilla (59 p.100 músculo, 19 p.100 grasa y 22 p.100 hueso; cuadro 2) vendrían a indicar que el estado de engrasamiento de los toros en el momento de la lidia es intermedio, ya que cuando se compara estos resultados con los obtenidos en terneros añojos de 7 razas autóctonas españolas (Avileña, Morucha, Re-

tinta, Parda, Pirenaica, Rubia Gallega y Asturiana) (ALBERTÍ *et al.*, datos no publicados) se comprueba que el porcentaje de grasa de la 10ª costilla osciló entre 11,5 p.100 (Asturiana, carácter semiculón) y 22,3 p.100 (Retinta). Por otra parte, el porcentaje de grasa intramuscular del *Longissimus dorsi* obtenido en los animales de la presente experiencia (1,01 p.100; cuadro 2) indica que el toro de Lidia presenta un contenido en grasa intramuscular o de infiltración bajo, ya que coincide con el valor inferior del rango de grasa intramuscular señalado por HONIKEL y HAMM (1994) (1-3 p.100). Sin embargo, los terneros del trabajo anterior (ALBERTÍ *et al.*, datos no publicados) mostraron valores muy elevados de grasa intramuscular para los terneros de las razas de dehesa cebados con alimentos concentrados (3,0; 3,4 y 4,0 p.100 respectivamente, para las razas Avileña, Retinta y Morucha, por lo que se confirma que el estado de engrasamiento del toro de Lidia es medio-bajo en el momento de la lidia. A la misma conclusión, se llegó en un trabajo anterior realizado también sobre toros de Lidia (MENDIZABAL *et al.*, 1998b), donde los valores obtenidos para la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* medida mediante ánalisis de imagen fue de 1,46 p.100. Estos hechos estarían en contradicción con la idea generalizada actualmente de que el ganado bravo se lidia con un peso y estado de engrasamiento excesivos, como consecuencia de la alimentación intensiva con concentrado que someten los ganaderos a los toros durante los meses previos a la lidia, con el fin de que los animales alcancen un peso vivo acorde con las exigencias de la mayoría de las plazas de toros.

El mayor tamaño de los adipocitos de los depósitos grasos internos PR y OM (cuadro 3) estaría en consonancia con la idea de que las razas autóctonas poco mejoradas tienden a presentar un mayor desarrollo de los depósitos grasos internos (KEMPSTER, 1980-81). Además, el mayor tamaño mostrado por los adipocitos del depósito PR corroboraría los resultados de ROBELÍN (1981), que constató que el desarrollo de este depósito tiene lugar fundamentalmente por la hipertrofia de los adipocitos, siendo la hiperplasia un proceso anterior y menos intenso que en el resto de los depósitos.

La actividad de la enzima G3PDH, estimadora de la síntesis total de triglicéridos, se corresponde por lo general con el tamaño de los adipocitos de los depósitos estudiados (cuadro 3), lo cual se confirma con la relación entre el volumen de los adipocitos y la actividad de la enzima G3PDH para el conjunto de los animales: $r=0,55$ ($P<0,001$). Este paralelismo entre la síntesis total de triglicéridos y el tamaño de los adipocitos indicaría que en los animales de edad elevada el engrasamiento tiene lugar mayoritariamente por la hipertrofia de los adipocitos, ya que la hiperplasia se produce, fundamentalmente, en las primeras etapas de vida de los animales (VERNON, 1986).

Por otra parte, la síntesis total de triglicéridos (actividad de la enzima G3PDH) es la resultante de la esterificación de los ácidos grasos formados de *novo* (actividad de la enzima FAS) y de los ácidos grasos incorporados al adipocito desde el torrente circulatorio (actividad de la enzima lipoprotein lipasa (LPL, EC 3.1.1.34)). Debido a que no han existido diferencias en la actividad de la enzima FAS entre depósitos grasos (a excepción del IM, que fue el que menor actividad mostró) cabría esperar una diferente incorporación de ácidos grasos de origen sanguíneo en los diferentes depósitos grasos (actividad de la enzima LPL), siendo las diferencias en el mismo sentido

CUADRO 3

DIÁMETRO DE LOS ADIPOCITOS ($\mu$m) Y ACTIVIDAD (nM/MIN/$10^6$ADIP) DE LAS ENZIMAS GLICEROL 3FOSFATO DESHIDROGENASA (G3PDH), SINTETASA DE ÁCIDOS GRASOS (FAS), GLUCOSA 6FOSFATO DESHIDROGENASA (G6PDH), NADP-MALATO DESHIDROGENASA (EM) E ISOCITRATO DESHIDROGENASA (ICDH) EN LOS DEPÓSITOS OMENTAL (OM), PELVICORRENAL (PR), SUBCUTÁNEO (SC) E INTERMUSCULAR (IM)

*TABLE 3*

*ADIPOCYTE SIZE ($\mu$m) AND ACTIVITIES (nM/MIN/$10^6$ADIP) OF GLYCEROL 3-PHOSPHATE DEHYDROGENASE (G3PDH), FATTY ACID SYNTHETASE (FAS), GLUCOSE 6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE (G6PDH), NADP-MALATE DEHYDROGENASE (EM) AND ISOCITRATE DEHYDROGENASE (ICDH) IN OMENTAL (OM), PERIRRENAL (PR), SUBCUTANEOUS (SC) AND INTERMUSCULAR (IM) ADIPOSE DEPOTS*

| | OM | | PR | | SC | | IM | | Signif.* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Media | e.s. | Media | e.s. | Media | e.s | Media | e.s. | |
| Diám. Adip. | $107,2^{b}$ | 5,71 | $125,5^{a}$ | 3,65 | $74,0^{c}$ | 4,56 | $59,2^{d}$ | 2,94 | *** |
| G3PDH | $307,1^{b}$ | 48,94 | $678,1^{a}$ | 93,16 | $171,7^{bc}$ | 42,52 | $126,8^{c}$ | 18,31 | *** |
| FAS | $75,3^{a}$ | 10,76 | $87,8^{a}$ | 12,34 | $60,5^{a}$ | 13,47 | $20,1^{b}$ | 2,83 | *** |
| EM | 82,2 | 22,35 | 47,3 | 5,32 | 52,1 | 14,32 | 37,7 | 7,67 | NS |
| G6PDH | $487,1^{b}$ | 65,41 | $786,5^{a}$ | 95,56 | $164,6^{c}$ | 39,34 | $146,9^{c}$ | 21,83 | *** |
| ICDH | $397,6^{b}$ | 58,33 | $651,2^{a}$ | 81,95 | $243,9^{ac}$ | 82,94 | $86,7^{c}$ | 15,87 | *** |

*Comparaciones entre depósitos grasos: letras diferentes, P≤0,05; letras iguales o ausencia de letras, P>0,05; ***, P≤0,001 ; NS, P>0,05).

que las observadas para la enzima G3PDH. En estudios posteriores debería determinarse la actividad de la enzima LPL con el fin de confirmar esta hipótesis.

Por último, los resultados relativos a las tres enzimas deshidrogenasas, que aportan el poder reductor (NADPH) requerido para la síntesis de ácidos grasos de *novo*, indican que fueron las enzimas G6PDH y la ICDH las más activas en dicho proceso y, además, presentaron diferencias de actividad entre depósitos en la misma dirección que las observadas para el tamaño de los adipocitos y la síntesis total de triglicéridos. Esto estaría de acuerdo con los resultados de VERNON (1981), quien observó que en bovinos con rumen funcional las enzimas G6PDH e ICDH son las que se activan al aumentar la lipogénesis, a diferencia de lo que sucede en monogástricos (y en prerrumiantes) en los que la enzima EM incrementa su actividad al activarse la síntesis de *novo*.

Cuando se comparan los resultados en el toro de Lidia con los de otras razas de ganado vacuno, se observa que los trabajos sobre el desarrollo y el metabolismo del tejido graso se han realizado por lo general con animales en crecimiento o con hembras adultas, y no con machos adultos como es el caso del toro de Lidia. En la figura 1 se representan, junto con los resultados obtenidos para el tamaño de los adipocitos en el

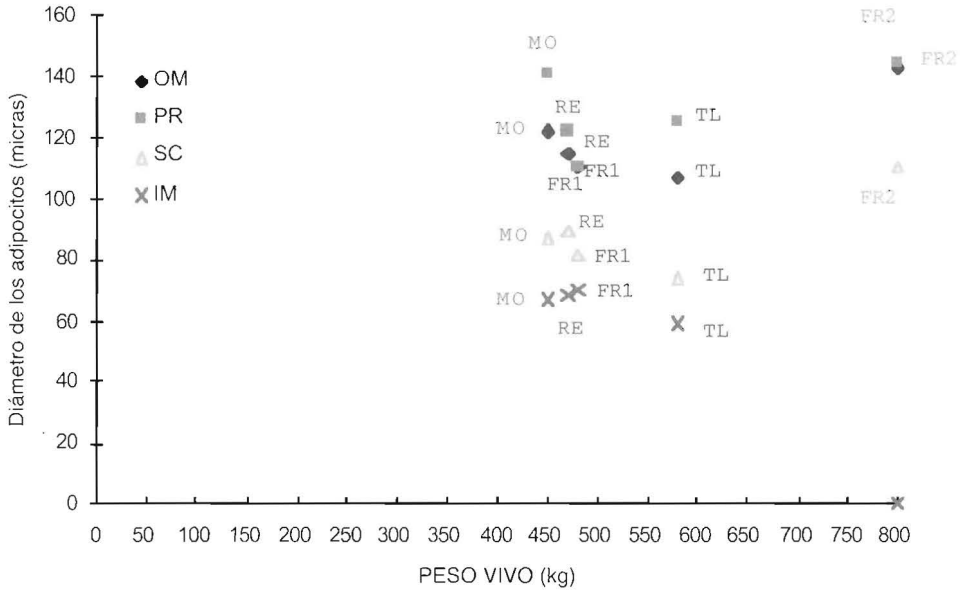



Figura 1. Diámetro de los adipocitos de los depósitos grasos Omental (♦), Pelvicorrenal (■), Subcutáneo (Δ) e Intermuscular (x) de los toros de Lidia (TL) de 4-5 años de edad, de terneros de 12-13 meses de las razas Morucha (MO) y Retinta (RE) (MENDIZABAL *et al.*, 1998a) y de terneros de raza Frisona de 14 meses (FR1) (EGUINOA *et al.*, 1996) y 24 meses de edad (FR2) (ROBELIN, 1986).

*Figure 1. Diameter of adipocytes from Omental (♦), Perirrenal (■), Subcutaneous (Δ) and Intermuscular (x) adipose tissues of 4-5 years old fighting bulls (TL), 12-13 months old steers of Morucha (MO) and Retinta (RE) breeds (MENDIZABAL et al., 1998a) and 14 months old (FR1) (EGUINOA et al., 1996) and 24 months old (FR2) (ROBELIN, 1986) Friesian steers.*

presente trabajo, algunos de los resultados obtenidos en trabajos realizados con terneros en diferentes estados de desarrollo. En ella se observa que animales frisones machos sacrificados con 2 años de edad y 800 kg de PV (ROBELIN, 1986), presentaron un diámetro medio de los adipocitos de los depósitos OM, PR y SC de 143, 144 y 110 $\mu$m respectivamente, frente a 107, 125 y 74 $\mu$m que mostraron los toros de Lidia (cuadro 2), de lo que se deduce que el tamaño de los adipocitos de los animales adultos de raza Frisona será claramente mayor que el de la raza de Lidia. En terneros de raza Frisona, con 14 meses de edad y 480 kg de PV al sacrificio, EGUINOA *et al.* (1996) obtuvieron en los depósitos OM, SC e IM adipocitos ligeramente mayores que los de los toros de la presente experiencia (110, 82, 70 vs 107, 74, 59 $\mu$m, respectivamente), mientras que para el depósito PR fueron menores (110 vs 125 $\mu$m), lo que vuelve a confirmar que en el depósito PR la deposición de grasa conforme aumenta la edad del animal tiene lugar fundamentalmente a través de la hipertrofia de los

adipocitos. Con respecto a razas autóctonas españolas como la Morucha y la Retinta, que también se asientan en zonas adehesadas como el toro de Lidia, los resultados obtenidos en terneros añojos de cebo de estas dos razas sacrificados con 470 kg de PV (MENDIZABAL *et al.*, 1998a) indican que el tamaño de los adipocitos de los diferentes depósitos grasos guardan el mismo orden que en el toro de Lidia (PR>OM>SC>IM), si bien el diámetro de los adipocitos de los terneros de raza Morucha y Retinta fue algo mayor que el de los toros de Lidia (gráfico 1). Así mismo, la actividad de las enzimas lipogénicas fue también mayor en los terneros de razas Morucha y Retinta (463, 61, 156, 1004, 425 y 444, 70, 115, 733, 365 nM/min/$10^6$ adipocitos para la actividad media de los 4 depósitos grasos de las enzimas G3PDH, FAS, EM, G6PDH e ICDH de los terneros moruchos y retintos, respectivamente) que en los toros de Lidia (321, 61, 55, 396 y 345 nM/min/$10^6$ adipocitos).

En definitiva, todo lo señalado anteriormente indica que la actividad metabólica lipogénica que presentan los toros de Lidia sería inferior a la que presentan los terneros durante su periodo de cebo, aunque ello pondría en entredicho la idea generalizada de que los ganaderos someten a los toros a un régimen elevado de alimento concentrado en los meses que preceden a la lidia con el fin de que los toros alcancen el peso exigido en la mayoría de las plazas.

## Bibliografía


BIOCOM, 1992. Photometric Image Analysis System. Les Ulis Cedex, France. 219.

EGUINOA P., MENDIZABAL J.A., SORET B., HORCADA A., ARANA A., PURROY A., 1996. Taille des adipocytes et activité enzimatique lipogènique des veaux mâles des races Frisone et Pirenaica. 3èmes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. París.

GEAY Y., BERANGER C., 1969. Estimation de la composition de la carcasse des jeunes bovins à partir de la composition d'un mourceau monocostal au nivel de la 11ème côte. Ann. Zootech., (18), 65-75.

GLOCK G.E., MCLEAN P., 1953. Further studies on the properties and assay of glucose 6-phosphate dehydrogenase and 6-phosphogluconate dehydrogenase of rat liver. Biochem. J., (55), 400-408.

HALESTRAP A.P., DENTON R.M., 1973. Insulin and the regulation of adipose tissue Acetyl CoenzymeA Carboxilase. Biochem. J., (105), 529-536.

HIRCH J., GALLIAN E., 1968. Methods for the determination of adipose cell size in man and animals. J. Lip. Res., (9), 110-119.

HONIKEL K.O., HAMM R., 1994. Measurement of water-holding capacity and juiciness. En: "Quality attributes and their measurement in meat, poultry, and fish products. Advances in meat research series, vol. 9" Ed. Pearson A.M. y Dutson T.R. Capítulo 5. 125. Blackie Academic & Professional. London.

HOOD R.L., 1982. Relationships among growth, adipose cell size, and lipid metabolism in ruminant adipose tissue. Federation Proc., (41), 2555-2561.

HOOD R.L., ALLEN C.E., 1975. Bovine lipogenesis: effects of anatomical location, breed and adipose cell size. Int. J. Biochem., (6), 121-131.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION, 1973. Determination of total fat content. ISO 1433-1973. En: International standards for meat and meats products. International Organization for Standarization, Geneva.

KEMPSTER A.J., 1980-81. Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. Meat Science, (5), 83-98.

MENDIZABAL J.A., ALBERTI P., EGUINOA P., ARANA A., SORET B., PURROY A., 1998a. Adipocyte size and lipogenic enzyme activities in different adipose tissue depots in steers of local Spanish breeds. Animal Science.

MENDIZABAL J.A., PURROY A., BERIAIN M.J., LIZASO G., INSAUSTI K., 1998b. Medida del grado de veteado de la carne mediante Análisis de Imagen.

Caso de la carne de toro de Lidia. ITEA 94A (1), 43-48.

OCHOA S., 1955. Malic enzyme. Methods in Enzymology, (1), 739-748.

PLAUT G.W.E., 1962. Methods in Enzymology 5: 645. Colowick S.P. and Kaplan N.O. (Ed.) Academic Press, New York.

ROBELIN J., 1981. Cellularity of bovine adipose tissues: developmental changes from 15 to 65 percent mature weight. J. Lip. Res., (22), 452-457.

ROBELIN J., 1986. Growth of adipose tissues in cattle; partitioning between depots, chemical composition and cellularity. A review. Livestock Production Science, (14), 349-364.

SHIDU K.S., EMERY R.S.,PARR A.F., MERKEL R.A., 1973. Glyceride syntesis in ovine adipose homogenates. J. Anim. Sci., (37), 271-272.

VERNON R.G., 1981. Lipid metabolism in the adipose tissue of ruminants animals. En: Lipid metabolism in ruminant animals. Christie W.W. (Ed.). Pergamon Press, Oxford.

VERNON R.G., 1986. The growth and metabolism of adipocytes, 67-83. En: Control and Manipulation of Animal Growth. P.J. Buttery, N.B. Haynes and D.B. Lindsay (Eds.). Butterworths, London.

WISSE L.S., GREEN H., 1979. Participation of one isozyme of cytosolic glycerophosphate dehydrogenase in the adipose conversion or 3T3 cells. J. Biol. Chem., (254), 273-275.

(Aceptado para publicación el 24 de septiembre de 1998)