

# DIFERENCIACIÓN DE LAS CARNES BOVINAS Y OVINAS DEL URUGUAY A PARTIR DE SUS PROPIEDADES NUTRICIONALES Y LA CONSERVACIÓN DEL PRODUCTO

G. Brito, S. Luzardo, F. Montossi, R. San Julián, C. Silveira, M del Campo, X. Lagomarsino

## Introducción

El enfoque de calidad en carnes y productos cárnicos que más comúnmente se aplica es el relacionado a los requerimientos que el consumidor presenta ante la demanda de un alimento. Es decir, considerando las características por las cuales optarán por la compra de un determinado producto: caracteres de conveniencia (presentación y conservación del mismo), sensoriales, nutricionales e inocuidad, entre los principales. Estas demandas se incrementan y varían en escala de ponderación, constituyendo un sistema complejo.

La competencia que existe entre alimentos así como las tendencias de la sociedad influye en la demanda de los mismos. En los países desarrollados los consumidores buscan alimentos que además de contemplar las variables ya enumeradas, posean especificaciones en aspectos dietéticos, de trazabilidad, de ética de producción (bienestar animal) y de impacto ambiental. A esto se le anexa la estructura de la sociedad (núcleo familiar, fuerza laboral de ambos sexos, urbanización) la cual pautará formas de comercialización.

De lo expresado se desprende la importancia de generar información sobre estos atributos, composición y presentación de los productos cárnicos, para nuestras condiciones productivas, para instrumentar políticas de promoción de las carnes rojas y ser más competitivos en el mercado.

Los aspectos sensoriales y dietéticos están entre los prioritarios. Ellos comprenden atributos como la terneza, el color, el sabor, el aroma, el contenido de ácidos grasos y su composición en la grasa intramuscular y la presencia de antioxidantes (vitamina E). La mayoría de estas características están afectadas por la dieta animal, ya que según el tipo de alimento suministrado serán los niveles obtenidos de las distintas variables.

Al momento de la compra la apreciación visual (color de la carne y de la grasa) y el olor de la carne son los primeros aspectos considerados por el consumidor. En cambio, la repetición de compra por parte del consumidor depende del grado de aceptación relacionado a la palatabilidad. Aunque los consumidores consideran al sabor, jugosidad y terneza en su evaluación de la palatabilidad, la terneza ha sido identificada como la característica más importante en la satisfacción de los consumidores de la carne vacuna.

Las recomendaciones alimenticias aconsejan ingerir una amplia variedad de alimentos, pero a pesar de ésta, el consumo de carnes rojas ha sido tema de discusión principalmente debido al contenido de colesterol y ácidos grasos saturados y su efecto en la salud humana (obesidad y afecciones cardíacas). En las décadas de los 80 y 90 se implementó a nivel mundial una agresiva campaña de descrédito al consumo de productos de origen animal, en particular el de las carnes rojas. En el 2<sup>do</sup> Congreso de Producción y Comercialización de Carne ("del Campo al Plato", Montevideo, 2002), en su Taller Consumo de Carnes Rojas y Salud Humana, contando con una participación multidisciplinaria (cardiólogos, nutricionistas, ingenieros químicos, médicos veterinarios e ingenieros agrónomos) se concluía que:

- a) desde el punto de vista del consumidor o paciente, existe muy poca y mala información y que la misma carece de respaldo científico
- b) desde punto de vista de la información disponible en Uruguay, la misma es inadecuada en valores y conceptos e insuficiente, faltando elementos técnicos-científicos de decisión.

En la ciencia de la nutrición, la relación entre el consumo en cantidad y tipo de grasas y la salud humana ha sido considerada en los últimos años temática de investigación. La secuencia de investigación consistió en estudios sobre los efectos del consumo de grasas en general, pasando posteriormente por el consumo según tipo de grasas (insaturadas y saturadas) y según ciertos ácidos grasos en particular (los ácidos láurico, mirístico y palmítico aumentarían los niveles de colesterol en suero, no así el esteárico) Una cantidad adecuada de grasa es necesaria para la salud del ser humano, cubriendo sus demandas energéticas, aportando de ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico entre otros) y promoviendo el transporte y absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E, K). El Departamento de Salud del Reino Unido (1994) recomienda que el consumo de grasas debiera ser reducido a un 30% del consumo total de energía, donde el consumo de ácidos grasos saturados debía ser un 10% del consumo energético.

Al mismo tiempo se establece una relación de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) a saturados (AGS) por encima de 0.4. Dado que las carnes rojas poseen naturalmente una relación AGP/AGS cercana a 0.1, se han buscado alternativas para mejorar esta relación durante el proceso de producción. De ahí surge fundamentalmente la comparación de las fuentes de alimentación, pasturas versus granos, comprobándose las ventajas en la composición de ácidos grasos que presentan los sistemas pastoriles, como el nuestro, frente a los sistemas que utilizan dietas mayoritariamente a grano. La alimentación a grano aumenta el contenido de los ácidos grasos monoinsaturados, mientras que los animales terminados a pasturas contienen un mayor porcentaje de poliinsaturados.

Más recientemente, los nutricionistas han focalizado los estudios en el tipo de poliinsaturados presentes y en el balance entre los poliinsaturados omega 3 ( $n3$ ), y omega 6 ( $n6$ ). Esta relación  $n6/n3$  es un indicador del factor riesgo en enfermedades cancerígenas y cardíacas. La recomendación es de una relación menor a 4. Al igual que en la relación anterior (AGP/AGS), aquella es posible de mejorar con el tipo de alimentación. Las carnes constituyen una fuente de suministro de ácidos grasos omega 3 y la relación  $n6/n3$  es particularmente beneficiosa en carnes rojas cuando éstas provienen de animales alimentados en pasturas, las cuales contienen altos niveles de ácido linolénico.

Otros beneficios del sistema de alimentación pastoril sobre la carne producida, radican en un mayor contenido de ácido conjugado linoleico (CLA), sobre el cual se han reportado una serie de beneficios nutricionales, siendo el de mayor consideración su efecto anticancerígeno y de vitamina E, antioxidante de comprobado efecto en el sistema inmunológico.

## Antecedentes

### *Composición de ácidos grasos en carnes rojas*

Los lípidos en las dos especies de rumiantes consideradas en este trabajo, vacunos y ovinos, están compuestos por más de 20 ácidos grasos individuales, sin embargo solo cuatro de ellos contribuyen con el 87 % del contenido total de ácidos grasos. Estos ácidos son: oleico (C18:1; 41%), palmítico (C16:0; 27%), esteárico (C18:0; 15%) y linoleico (C18:2; 4%). Esta composición de ácidos grasos se traduce en un promedio de 44% de ácidos grasos saturados (AGS), 5% de impares de cadena ramificada (AGIR), 45% de monoinsaturados (AGM) y 5% de poliinsaturados

(AGP) en vacunos para sistemas de alimentación intensivos, engordes a corral (Duckett et al, 1993). Se ha demostrado que las dietas que contienen alta proporción de AGM son tan efectivas como los AGP en bajar los niveles de colesterol séricos en humanos. Los ácidos mirístico y palmítico son AGS y se consideran hipercolesterolémicos, es decir elevan los niveles de colesterol (Keys, 1970). El ácido esteárico es un AGS y sin embargo, las dietas ricas en este ácido han mostrado que disminuyen el colesterol comparado con otros AGS (Denke and Grundy, 1991). El ácido esteárico de la dieta se puede convertir en ácido oleico en el tejido adiposo humano, lo que explicaría su efecto diferente sobre el colesterol sérico, comparado con otras grasas saturadas (Bonanome and Grundy, 1988). Se han realizado varios estudios para comparar dietas conteniendo carne vacuna con otras conteniendo aceites insaturados (Reiser et al., 1985), proteínas vegetales o carnes blancas (Davidson et al., 1999)

#### *Acido Linoleico Conjugado (CLA)*

Los lípidos de los rumiantes también contienen ácidos grasos únicos debido a la biohidrogenación ruminal de lípidos de la dieta. Uno de estos productos es el ácido linoleico conjugado (CLA) que es un término colectivo usado para describir uno o más isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico (ácido cis-9, cis-12 octadecadienoico). El CLA ha sido reconocido como un anticarcinogénico en trabajos de investigación sobre posibles compuestos causantes de esta enfermedad, generados durante la cocción de la hamburguesa. En los estudios de formación de tumores mamarios todos los isómeros de CLA fueron incorporados a triglicéridos titulares pero sólo el isómero cis-9 trans-11 fue incorporado a fosfolípidos de la membrana y se asume que es el isómero biológicamente activo. El CLA se produce en animales rumiantes como el primer producto intermedio en la biohidrogenación del ácido linoleico de la dieta por las bacterias del rumen. El segundo producto intermedio formado en la biohidrogenación del ciclo del ácido linoleico son los ácidos trans octadecenoicos (como el ácido trans-11 vaccénico) que resultan de la biohidrogenación de un enlace doble en el CLA.

La completa biohidrogenación del ácido linoleico resulta en el ácido esteárico (C18:0). El ácido trans 11 vaccénico puede convertirse en cis-9, trans-11 CLA por la delta-9 desaturasa que está presente en los microsomas del hígado de la rata y en tejidos humanos (Jiang et al., 1999). El tejido adiposo bovino contiene delta-9 desaturasa y puede convertir ácido esteárico a ácido oleico. Chin et al. (1992) reportaron niveles de CLA en carne bovina molida a niveles de 3.8 a 4.3 mg/g de lípido y que un 84% era el isómero cis-9 trans-11 de CLA.

#### *Ácidos grasos Omega 3*

Las poblaciones con mayores niveles de consumo de ácido  $\alpha$ -linolénico que es un ácido graso n3, tienen los niveles más bajos de incidencia de enfermedades cardio-vasculares-coronarias. Los ácidos grasos omega-3 (reducen la reunión de plaquetas lo cual disminuye el riesgo de infarto y enfermedades cardiovasculares. En los modelos experimentales de carcinogénesis en animales y células, los niveles óptimos de ácidos grasos omega-3 (relación <2:1 de n6:n3) pueden ser útiles como agentes inhibidores en algunos tumores de colon, pulmón, mama, páncreas y próstata. Por el contrario, en estudios con animales, la proliferación de tumores fue aumentada por el ácido linoleico en la dieta, que es un ácido graso omega-6 (Cave et al., 1991). Estos estudios sugieren que balanceando la relación de ácidos grasos n6:n3 en la dieta humana se puede aumentar la prevención contra este tipo de enfermedades

#### *Efectos nutricionales en la composición de ácidos grasos del animal*

El potencial de alterar la composición de ácidos grasos de la carne roja para aumentar el contenido de ácidos grasos insaturados y de CLA para beneficio de la salud humana sería

ventajoso para todos los integrantes de la cadena cárnica. Sin embargo, la mayoría de los trabajos de investigación que evalúan el efecto de la nutrición y sistemas de manejo en los lípidos han mostrado solamente bajos a moderados cambios en la composición. La mayor limitante en la capacidad de alterar la composición lipídica de la carne roja es manipular la biohidrogenación ruminal de tal manera que los AGI y ciertos productos intermedios de la biohidrogenación (CLA) escaparán el rumen para su absorción y deposición. La biohidrogenación de AGI de 18 carbonos de la dieta de novillos engordados a corral a base de concentrados fue de aproximadamente 64 a 72%. El porcentaje de AGI de la dieta que se biohidrogenizaron en el rumen aumentó a medida que se incrementó el grado de insaturación. Los porcentajes de biohidrogenación fueron mayores para el ácido linolénico (C18:3, 91%) intermedios para el ácido linoleico (C18:2, 80%) y menores para el ácido oleico (C18:1, 70%). Estos niveles de biohidrogenación para los ácidos grasos individuales de 18 carbonos indican que los aceites ricos en ácido oleico tienen el mayor potencial de alterar la composición tisular debido a sus menores niveles de biohidrogenación.

En una comparación de tipo de dietas, alimentación a pasto frente al uso de concentrados, en los EEUU, se registró que las dietas energéticas, a base de granos, resultó en mayores porcentajes de grasa intramuscular en el músculo *longissimus dorsi*, de grasa subcutánea en la res y de una mejor tipificación en cuanto a calidad según el sistema de clasificación y tipificación americano de USDA (USDA, 1997). A medida que aumentó el contenido total de lípidos en el músculo, se notó un incremento proporcional en el contenido de triglicéridos. El contenido de fosfolípidos disminuyó y estuvo inversamente relacionado con el contenido de grasa. Estos cambios en el tipo de lípido resultaron en diferencias en la composición de ácidos grasos. La alimentación a granos aumenta el contenido de los ácidos oleico y AGM en los lípidos (Mandell et al., 1997). Los tejidos adiposos de los animales terminados a pasturas tienen mayores concentraciones de AGS y AGP debido a mayores porcentajes de ácido esteárico, linoleico y linolénico.

El tejido muscular de los animales terminados a pasturas contiene mayor porcentaje de ácidos grasos omega-3 mientras que los músculos de los animales terminados a base de concentrados contienen mayor porcentaje de ácidos grasos omega-6 (Enser et al, 1998). Estas diferencias en la composición de ácidos grasos de los tejidos entre animales terminados a pasturas o a base de granos resultan de la composición de ácidos grasos de la dieta. Los granos contienen más del 50% del total de ácidos grasos como ácido linoleico (*n6*) mientras que los forrajes lo presentan en la forma de ácido linolénico (*n3*). Estas diferencias representan una vida útil menor en exposición en vitrina como también sabores más intensos, característicos de las carnes provenientes de animales alimentados a pasturas (Mandell et al., 1997).

Los avances en el mejoramiento genético y la biotecnología han permitido desarrollar híbridos en maíz conteniendo 7 a 8% de lípidos, el doble de lo que presenta el maíz común. Diferentes estudios han demostrado que el suministro de este híbrido de maíz en dietas de terminación para novillos permitieron aumentar la biohidrogenación de ácidos grasos insaturados (AGI) de 18 C (Duckett et al., 2002) e incrementar los porcentajes de ácido linoleico (C18:2) de ácido araquidónico (C20:4) y el total de AGP en los tejidos (Andrae et al., 2001). Dado que el linoleato no es sintetizado en el organismo, la presencia mayor de ácido linoleico observada se explica por una mayor absorción y deposición de éste en los tejidos cuando la dieta poseía maíz con alto contenido de aceite.

Otra alternativa estudiada recientemente es el uso de aceites insaturados (aceite de maíz) en dietas a base de concentrados. En la misma se encontró que los niveles de ácido linoleico aumentaban a nivel de los tejidos pero contrario a lo esperado, no se observaron modificaciones en los niveles de CLA en los tejidos con la utilización de este tipo de aceites.

## *Efectos de la dieta en el contenido de vitamina E*

La vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol) es el antioxidante lípido soluble que se encuentra en mayor proporción en los tejidos del animal, proviniendo esencialmente de la dieta que estos consumen. Las pasturas presentan generalmente un alto contenido de vitamina E mientras que en las dietas ricas en granos los niveles de este antioxidante son bajos. La suplementación de animales engordados a grano con vitamina E incrementará la deposición de  $\alpha$ -tocoferol en el músculo y la grasa aportando un beneficio en la vida útil de ese producto cárnico dado la reducción en la oxidación lipídica como la estabilidad en el color (reduce la oxidación de la mioglobina) a nivel de esos tejidos. Los beneficios económicos para la industria cárnica parecerían claros si se lograra extender la vida útil del corte cárnico por 1 a 3 días.

El período de conservación del corte de carne dependerá del nivel y duración al cual los animales son sometidos, del músculo seleccionado para su análisis como también del período de maduración.

Los trabajos de investigación reportan que para alcanzar un efecto significativo en la vida útil de la carne, los niveles de  $\alpha$ -tocoferol en músculo deben ser cercanos a 3.0-3.5 mg /kg (Faustman et al., 1989; Arnold et al., 1993). Niveles de 500-1000 UI /animal/día de vitamina E durante 90-100 días anteriores a la faena son eficaces para mejorar la carne destinada tanto al mercado interno como al externo en animales alimentados a grano (Stubbs et al., 2002). Se ha demostrado que se logra una extensión de la vida útil de la carne en un período de 3 a 5 días para cortes de *longissimus dorsi* envasados al vacío con diferentes períodos de maduración (0, 14, 28 y 56 días)

## Trabajos de Investigación de INIA en el área

Los sistemas de producción de carne en el Uruguay se realizan casi exclusivamente en base a pasturas. Sin embargo existe un interés creciente en ciertos grupos de productores de implementar sistemas intensivos de producción de carne. Estos sistemas de producción intensiva, sin embargo, difieren de los típicos *feedlot* de los Estados Unidos en los que la dieta de los animales es a base de granos. En nuestros sistemas de producción de carne intensiva, las raciones son formuladas con un 50% de silo de maíz y un 50% de grano.

Las recomendaciones que promueven el consumo de menos grasa saturada en la dieta humana han llevado a un creciente interés en la producción de carne que contenga una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados y con un aumento en la concentración de los ácidos grasos *n3*, ambos deseables desde el punto de vista de la salud humana. Sin embargo, esta composición de grasas afectaría la estabilidad oxidativa en la carne, la oxidación de los lípidos y pigmentos del músculo son los principales problemas que causan el deterioro de la calidad de la carne. De esta manera, el uso de antioxidantes es necesario de manera de prevenir el riesgo del daño oxidativo (Jakobsen, 1999).

Los trabajos llevados a cabo en esta temática se realizaron en el rubro Vacuno y Ovino.

## TRABAJOS REALIZADOS EN VACUNOS

Los estudios en vacunos tuvieron como objetivo estudiar la terneza, como variable definitoria de la repetitividad de la compra de un producto cárnico, el contenido de grasa intramuscular y su

perfil de ácidos grasos, la presencia de vitamina E en carne y su efecto en la oxidación lipídica y conservación del producto. Las principales características de los productos analizados fueron:

- 1) Animales de la raza Hereford procedentes de dos tipos de productos: novillos de dos y de tres años de edad al sacrificio, en régimen de pastoreo exclusivo sobre pastos naturales y mejorados. Los animales se sacrificaron con un peso vivo promedio de 428,5 y 519,0 kg para los animales de dos y tres años, respectivamente.
- 2) Novillos Hereford, de dos años de edad terminados en pasturas y a corral. La ración del engorde a corral consistió en un 50 % silo de maíz, 28 % afrechillo de trigo, 18 % de maíz y 4 % de suplemento. La mitad de los novillos terminados con concentrado fueron suplementados con 1000 U.I. de vitamina E por animal y por día durante 100 días
- 3) Novillos Hereford de dos años de edad fueron repartidos al azar en cuatro lotes que recibieron las siguientes raciones: pastoreo sin concentrado (T1), pastoreo + concentrado 0.6% del peso vivo (T2), pastoreo + concentrado 1.2% del peso vivo (T3) y concentrado sin pastoreo en cebadero (T4).
- 4) Novillos Hereford, entre 20 y 24 meses de edad, fueron seleccionados en diferentes tratamientos: T1) 120 días de engorde en pasturas + suplemento, T2) 80 días de pasturas + suplemento y 40 días de encierre, T3) 40 días en pastura + suplemento y 80 días de encierre y T4) 120 días de encierre. La pastura fue una mezcla de avena + raigrás, con una oferta de forraje de 5% del PV. La suplementación se realizó con grano de sorgo al 1% PV. La dieta del encierre estuvo basada en silo de sorgo (40%) y concentrado (60%).
- 5) Manejos nutricionales contrastantes, inmediato al destete y en la etapa final de terminación, generando cuatro combinaciones de engorde a corral y pastura: 1) Pastura – Pastura; 2) Pastura – Corral; 3) Corral – Pastura; 4) Corral – Corral.

## Resultados

### Características de la canal

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de peso de canal caliente y espesor de grasa obtenidos en los trabajos realizados.

### Composición de ácidos grasos intramusculares

En el primer estudio, la carne uruguaya se comparó con otras procedentes de la Unión Europea (alemana, británica y española). Nuestra carne, como fiel reflejo de alimentación extensiva en base a pasto, presentó los mayores porcentajes de los ácidos grasos *n*3 y de su precursor, el ácido  $\alpha$ -linolénico, siendo mayores los porcentajes en los animales de 2 años que en los de 3 años, ya que la edad tiende a saturar la grasa (Cuadro 2, Figura 1). En este sentido, la carne uruguaya tiene una clara ventaja en su composición en ácidos *n*6/*n*3, con un valor promedio de 1.42, casi dos veces inferior al valor dado por la carne británica, algo más de 5 veces inferior a los valores de la carne alemana y 10 veces menor a los de la carne española, destacando igualmente por sus % más elevados valores en CLA. La carne española, a pesar de su desfavorable proporción de *n*6/*n*3, destaca por elevada instauración (Figura 2). El contenido de vitamina E es significativamente mayor en la carne uruguaya, tanto en novillos de 2 años como de 3 años, comparándola con la de la Unión Europea (Cuadro 7).

Cuando se compararon las diferentes dietas y se evaluó su efecto en el contenido de grasa intramuscular y el perfil de ácidos grasos de la misma, se observó que la suplementación con vitamina E no tuvo efectos ( $P > 0.05$ ) sobre dichas variables.

En los trabajos estudiados se observa que el contenido total de lípidos es mayor para los animales alimentados con concentrados que para los animales alimentados con pasturas (Cuadros 3, 4, 5, y 6).

En el trabajo de Realini et al. (2003) el contenido de ácidos grasos en los provenientes de concentrado fue dos veces mayor ( $P < 0.01$ ) que para los de pasturas (3.18 vs. 1.68 %, respectivamente, Cuadro 3). Estos resultados son similares a los valores medios de contenido graso reportados por Yang et al. (2002) para el músculo *longissimus dorsi* de animales alimentados con concentrado y con pasturas (3.63 vs. 1.71 %, respectivamente). En el tercer estudio (Cuadro 4), la dieta tuvo un efecto significativo en la proporción de grasa intramuscular, siendo ésta superior en los novillos alimentados únicamente con concentrado en relación a los otros tratamientos ( $T1=T2=T3<T4$ ). El mismo efecto de los sistemas alimentación fue observado en los trabajos de Brito et al. (2009) y Brito et al. (2010), pero los valores de grasa total fueron mayores a los reportados en los trabajos antes mencionados (Cuadro 4 y 5).

Los ácidos grasos principales encontrados en la grasa intramuscular de los animales en los diferentes sistemas de alimentación fueron oleico (18:1), palmítico (16:0) y esteárico (18:0), en proporciones de 71 % a 84 % en los sistemas pastoriles y de 77% a 87 % del total de ácidos grasos en los sistemas más intensivos (Cuadro 3, 4, 5, y 6).

Los porcentajes de mirístico (14:0), miristoleico (14:1), palmítico (16:0), palmitoleico (16:1) y oleico (18:1) fueron mayores en la grasa intramuscular de los animales terminados a base de concentrado que en los animales terminados con pasturas (Realini et al., 2003). En todos los estudios se observa que la proporción de ácido oleico, aumentó a medida que lo hace la proporción de concentrado en la dieta ofrecida. El mayor contenido de oleico en estos sistemas de alimentación estaría relacionado con el mayor engrasamiento de los animales. Trabajos

previos observaron una correlación positiva entre el contenido de oleico y la proporción de concentrado en la dieta (Cuvelier et al., 2006). Los animales terminados en base a pasturas presentaron mayores concentraciones de ácido linolénico (18:2) que los terminados a mayores concentraciones de concentrados (Cuadro 3, 4, 5, y 6). En el trabajo de Realini et al. (2003) y de Alvarez et al. (2007) se observó que los animales terminados con pastura tuvieron mayores concentraciones de los ácidos: esteárico (18:0), linoleico, linolénico (18:3), araquidónico (20:4), eicosapentaenoico (20:5, EPA), y docosapentaenoico (22:5, DPA) que los animales alimentados con concentrado, (Cuadro 3 y 4). Los tratamientos no alteraron ( $P > 0.05$ ) las concentraciones del ácido docosahexaenoico (22:6, DHA). De manera similar, otros autores (Brown et al., 1979; Melton et al., 1982) han obtenido mayores concentraciones del ácido esteárico, linolénico y araquidónico en los animales alimentados con pasturas en comparación con los animales alimentados con concentrado.

Investigaciones mostraron que la inclusión de pastura en la dieta incrementa la concentración de CLA en la grasa intramuscular. En todos los estudios presentados en el actual informe, se observa mayores concentraciones de CLA en animales con alimentaciones en base a pastura que en base a concentrados (Cuadro 3, 4 y 6), a excepción del estudio de Brito et al. (2009) donde no se encontraron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 5). Rule et al., (2002) obtuvieron valores de 4.1 y 2.6 mg CLA c-9 t-11/g lípidos en el mismo músculo para vacas alimentadas con pasturas y novillos alimentados con concentrados.

En estos estudios no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en las proporciones de ácidos grasos saturados (AGS) en los animales alimentados exclusivamente sobre pasturas con los animales terminados en base a concentrados, sin embargo se observaron menores concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y mayores de poliinsaturados (AGP) (Cuadro 3, 4, 5 y 6). Las proporciones de AGP/AGS resultaron por debajo de lo recomendado, siendo de 0.2, 0.4, 0.11 y 0.18 para los animales alimentados en pasturas en los y de 0.1, 0.3, 0.12, y 0.14 para los alimentados en pasturas en los trabajos de Realini et al. (2003) (Cuadro 3), Alvarez et al. (2007) (Cuadro 4), Brito et al (2009) (Cuadro 5) y Brito et al. (2010) (Cuadro 6), respectivamente. Duckett et al. (1993) reportaron proporciones AGP/AGS mas altas para el músculo de los animales en pastoreo (0.26 vs 0.07). Esta relación AGP:AGS disminuyó a medida que aumentó el contenido de concentrado en la dieta no alcanzando en ninguno de los casos el mínimo recomendado por *Department of Health* (1994) de 0,45.

En general, la proporción de AGP, disminuyó a medida que aumentó el concentrado en la dieta. Esta disminución de AGP se correspondió con una disminución de ambas series ( $n_3$  y  $n_6$ ) de ácidos grasos.

La grasa intramuscular de los animales alimentados con pasturas presentaron una proporción de ácidos grasos  $n_6/n_3$  más favorable que los animales alimentados con concentrado (Cuadro 3, 4, 5 y 6). según las recomendaciones del Departamento de Salud del Reino Unido (1994), que indican un valor menor a 4 en la dieta humana. en Estas diferencias son una consecuencia de la composición de ácidos grasos de la dieta de los animales, siendo el ácido  $\alpha$ -linolénico (18:3, precursor de la serie  $n-3$ ) el ácido graso que predomina en los lípidos de las pasturas y el ácido linoleico (18:2, precursor de la serie  $n-6$  series) el predominante en los granos (Marmer et al., 1984). French et al. (2000) hallaron proporciones de 2.33 y 4.15% para novillos alimentados con pasturas y con concentrado, respectivamente.

Los resultados obtenidos en estos proyectos referentes a la composición de ácidos grasos (perfil de los mismos y CLA), muestran una significativa concordancia al observarse la información procedente de los animales alimentados en pasturas como al compararse con la reportada internacionalmente.



### *Concentraciones de $\alpha$ -tocoferol en músculo*

La vitamina E, o  $\alpha$ -tocoferol, es un antioxidante natural de un claro interés para la conservación del producto, evitando la aparición de colores pardos de aspecto desagradable, y actuando en la defensa contra el envejecimiento en la especie humana. En el Cuadro 7, se presentan los resultados del contenido en vitamina E, determinados en el proyecto de comparación con los distintos orígenes europeos de carne. Los resultados están claramente asociados al consumo de forrajes. Los animales uruguayos presentaron los valores más altos de esta vitamina, 3,91 mg/kg de músculo de promedio, seguidos de la carne británica y muy alejados de los valores de la carne española y alemana (0,75 y 0,72 mg/kg, respectivamente).

Las concentraciones de  $\alpha$ -tocoferol en el músculo longissimus para los animales del experimento de Realini et al. (2003) de evaluación de dietas, resultaron mayores ( $P < 0.01$ ) en aquellos alimentados en base a pasturas y concentrado suplementados con vitamina E (3.91 y 3.74  $\mu\text{g/g}$ ,  $P > 0.05$ , respectivamente), en comparación con los valores para los animales alimentados sólo con concentrado (2.92  $\mu\text{g/g}$ ) (Figura 3). Los dos primeros valores mencionados estarían por encima del umbral para lograr un impacto significativo en la reducción de la oxidación de lípidos y pigmentos de la carne. Los resultados de suplementación con 1000 UI /animal/día de vitamina E durante 100 días anteriores a la faena concuerdan con los reportes internacionales (Stubbs et al., 2002). Con el aumento del nivel de concentrado en la dieta (Alvarez et al., 2007), los valores alcanzados de  $\alpha$ -tocoferol fueron de: 4.1; 4.1; 3.96 y 2.89  $\mu\text{g/g}$  para T1, T2, T3 y T4 respectivamente. La grasa de los animales que fueron terminados en un sistema netamente pastoril, alcanzó niveles de deposición de vitamina E que cumplen con el mínimo necesario (3,5 mg/kg de carne) (Arnold et al., 1993), para una buena conservación. Sin embargo, los animales alimentados únicamente con concentrados no alcanzaron este mínimo, aunque estuvieron próximos al valor de recomendación.

Los niveles de  $\alpha$ -tocoferol en las pasturas frescas pueden, en teoría, resultar en una saturación del músculo con  $\alpha$ -tocoferol, debido a que las pasturas verdes serían una buena fuente de  $\alpha$ -tocoferol cuando la calidad de las pasturas permite la asimilación de altos niveles de  $\alpha$ -tocoferol (Faustman et al. 1998; Yang et al. 2002)

### *Conservación y vida útil de la carne*

De la información presentada en el punto anterior referente al segundo estudio (efecto nutricional) se esperaría una mayor oxidación lipídica debido al mayor contenido de AGP en la grasa intramuscular de los bifes de *longissimus dorsi* de los animales alimentados con pasturas en comparación con aquellos engordados a grano. Sin embargo, el contenido de  $\alpha$ -tocoferol encontrado en el *longissimus dorsi* de los animales provenientes de pasturas fue mayor que la concentración crítica propuesta para mejorar la vida útil de la carne, lo cual llevó a una mayor ( $P < 0.05$ ) estabilidad lipídica en estos bifes que en los de los animales alimentados con concentrado y no suplementados con vitamina E.

En esta experiencia se determinó grado de oxidación lipídica (procedimiento TBARS, Jo y Ahn, 1998) y estabilidad de color en los bifes luego de 0, 5, 13, y 21 días de conservación

### *Oxidación lipídica*

Los bifes de los animales alimentados con pasturas presentaron menores ( $P < 0.01$ ) valores iniciales de oxidación lipídica que los bifes de los animales alimentados en base a concentrados para diferentes intervalos de tiempo en un almacenamiento de 21 días en refrigerador iluminado a 2°C (Figura 4). Al aumentar el tiempo de almacenamiento de la carne, la oxidación lipídica demostró ser menor ( $P < 0.05$ ) para los bifes de los animales alimentados con pasturas y con concentrado más vitamina E que para los animales alimentados sólo con concentrado. Este resultado se contradice con lo obtenido por Yang et al. (2002) quién encontró que la alimentación de los animales a base de pasturas aumentó la oxidación lipídica de la carne bovina madurada en comparación con la carne de bovinos alimentados en base a grano y suplementados con vitamina E, a pesar de presentar valores similares de concentraciones de  $\alpha$ -tocoferol en el músculo. Los resultados para los animales alimentados en base a concentrados son consistentes con resultados de estudios anteriores que han mostrado que la suplementación con vitamina E de animales alimentados en corral mejora la estabilidad lipídica de la carne durante su conservación en los puntos de venta al público (Houben et al., 2000; Roeber et al., 2001; Stubbs et al., 2002).

### *Color instrumental de los bifes de longissimus*

Los bifes de los animales alimentados con pasturas obtuvieron mayores ( $P < 0.05$ ) valores de  $L^*$  que los bifes provenientes de los animales alimentados con concentrado durante 21 días de conservación a 2°C. Los bifes de los animales alimentados con pasturas presentaron un color rojo más intenso ( $P < 0.05$ ) y más amarillo ( $P < 0.05$ ) que los bifes de los animales a corral luego de 5 días de conservación, independientemente de la suplementación con vitamina. La suplementación con vitamina E de los animales a corral no presentó efectos ( $P > 0.05$ ) sobre los valores  $L^*$ ,  $a^*$ , o  $b^*$  de la carne magra.

Eikelenboom et al. (2000) sugirieron que las concentraciones de  $\alpha$ -tocoferol entre 2.1 y 4.4  $\mu\text{g/g}$  en el músculo de los animales sin suplementación podrían reducir la respuesta del músculo longissimus dorsi al tratamiento con vitamina E. Los resultados del presente estudio mostraron que los valores de  $\alpha$ -tocoferol en el músculo *longissimus dorsi* de los animales alimentados con concentrado y sin suplementación (2.92  $\mu\text{g/g}$ ) estaban dentro de este rango de concentración. La reducción del  $\alpha$ -tocoferol en el músculo que se experimenta en el engorde a corral sería más lenta para dietas que incorporan fibra en comparación con una ración basada solamente en granos.

Cuadro 1. Composición en ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* en vacunos (% respecto al total de ácidos grasos identificados).

| PCC    | EGS  | Características de la población                               | Fuente                                                |
|--------|------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 224.8* | -    | Novillos de 2 años a pastoreo Uruguayos                       | AECI I                                                |
| 282.0* | -    | Novillos de 3 años a pastoreo Uruguayos                       |                                                       |
| 382.4* | -    | Alemanes                                                      |                                                       |
| 229.0* | -    | Espanoles                                                     |                                                       |
| 313.3* | -    | Británicos                                                    |                                                       |
| 225.6  | 3.8  | Novillos de 2 años terminados en pasturas                     | Realini et al. (2003)                                 |
| 240.1  | 6.1  | Novillos de 2 años terminados con concentrado                 |                                                       |
| 264.2  | -    | Novillos terminados en pasturas                               | Brito et al. (2007)                                   |
| 271.2  | -    | Novillos terminados a pasto con concentrado al 0.6 % PV       |                                                       |
| 271.6  | -    | Novillos terminados a pasto con concentrado al 1.2 % PV       |                                                       |
| 264.6  | -    | Novillos de terminados con concentrado                        |                                                       |
| 265.7  | 9.6  | Novillos terminados en 120 días de pasturas                   | Facultad Agronomía, Sociedad Rural de Río Negro, INIA |
| 263.1  | 9.4  | Novillos terminados en 80 días de pasturas y 40 días a corral |                                                       |
| 271.0  | 10.1 | Novillos terminados en 40 días de pasturas y 80 días a corral |                                                       |
| 272.3  | 9.8  | Novillos terminados en 120 días a corral                      |                                                       |
| 252.3  | 6.4  | Recría y terminación a pastura                                | INIA La Estanzuela                                    |
| 247.8  | 6.2  | Recría a corral y terminación a pastura                       |                                                       |
| 254.0  | 8.2  | Recría a pastura y terminación a corral                       |                                                       |
| 260.1  | 8.7  | Recría y engorde a corral                                     |                                                       |

PCC: Peso de canal caliente, EGS: Espesor de grasa subcutánea, \* Peso de canal enfriada

Cuadro 2. Composición en ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* en vacunos (% respecto al total de ácidos grasos identificados).

| BOVINO                              | Alemania |    | España |   | Reino Unido |    | Uruguay<br>2 años |   | Uruguay<br>3 años |    |
|-------------------------------------|----------|----|--------|---|-------------|----|-------------------|---|-------------------|----|
| Grasa intramuscular %               | 2,95     | a  | 1,67   | c | 2,92        | a  | 1,74              | c | 2,35              | b  |
| C14:0 (mirístico)                   | 2,79     | a  | 2,32   | b | 2,64        | a  | 2,01              | c | 2,19              | bc |
| C16:0 (palmítico)                   | 26,53    | ab | 22,57  | d | 27,29       | a  | 24,22             | c | 25,24             | bc |
| C18:0 (esteárico)                   | 15,02    | ab | 14,47  | b | 15,00       | ab | 16,26             | a | 15,20             | ab |
| C18:1 (oleico)                      | 41,96    | a  | 37,67  | b | 41,26       | a  | 38,30             | b | 40,72             | a  |
| C18:2 (linoleico)                   | 4,76     | b  | 12,22  | a | 3,34        | b  | 4,68              | b | 3,77              | b  |
| C18:3 ( $\alpha$ -linolénico)       | 0,47     | d  | 0,45   | d | 0,88        | c  | 2,13              | a | 1,70              | b  |
| CLA                                 | 0,33     | b  | 0,23   | c | 0,34        | b  | 0,57              | a | 0,54              | a  |
| C20:3 <sub>n-3</sub>                | 0,25     | d  | 0,70   | a | 0,34        | cd | 0,58              | b | 0,41              | c  |
| C20:4 <sub>n-6</sub> (Araquidónico) | 1,25     | c  | 3,11   | a | 1,16        | c  | 2,10              | b | 1,54              | c  |
| C20:5 <sub>n-3</sub> (EPA)          | 0,14     | d  | 0,16   | d | 0,43        | c  | 1,30              | a | 0,84              | b  |
| C22:5 <sub>n-3</sub> (DPA)          | 0,29     | d  | 0,45   | d | 0,71        | c  | 1,73              | a | 1,19              | b  |
| C22:6 <sub>n-3</sub> (DHA)          | 0,04     | c  | 0,04   | c | 0,07        | c  | 0,17              | a | 0,12              | b  |

a,b,c,d: diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de producto (P<0.05).

Cuadro 3. Composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular de animales alimentados con pasturas y con concentrado (Realini et al., 2003)

| Acidos grasos, %              | Pasto                      | Concentrado                |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Lípidos totales               | 1.68 <sup>a</sup> ± 0.245  | 3.18 <sup>b</sup> ± 0.173  |
| 14:0, <i>mirístico</i>        | 1.64 <sup>a</sup> ± 0.104  | 2.17 <sup>b</sup> ± 0.073  |
| 14:1, <i>miristoleico</i>     | 0.23 <sup>a</sup> ± 0.025  | 0.41 <sup>b</sup> ± 0.017  |
| 16:0, <i>palmítico</i>        | 21.61 <sup>a</sup> ± 0.530 | 24.26 <sup>b</sup> ± 0.375 |
| 16:1, <i>palmitoleico</i>     | 2.50 <sup>a</sup> ± 0.140  | 3.38 <sup>b</sup> ± 0.099  |
| 18:0, <i>esteárico</i>        | 17.74 <sup>a</sup> ± 0.507 | 15.77 <sup>b</sup> ± 0.358 |
| 18:1, <i>n-9 oleico</i>       | 31.54 <sup>a</sup> ± 0.771 | 37.28 <sup>b</sup> ± 0.545 |
| 18:2, <i>n-6 linoleico</i>    | 3.29 <sup>c</sup> ± 0.217  | 2.84 <sup>d</sup> ± 0.154  |
| 18:3, <i>n-3 linolénico</i>   | 1.34 <sup>a</sup> ± 0.055  | 0.35 <sup>b</sup> ± 0.039  |
| CLA* c9t11                    | 0.41 <sup>a</sup> ± 0.023  | 0.23 <sup>b</sup> ± 0.016  |
| CLA total**                   | 0.53 <sup>a</sup> ± 0.031  | 0.25 <sup>b</sup> ± 0.022  |
| 20:4, <i>n-6 araquidónico</i> | 1.28 <sup>a</sup> ± 0.097  | 0.95 <sup>b</sup> ± 0.069  |
| 20:5, <i>n-3 EPA*</i>         | 0.69 <sup>a</sup> ± 0.053  | 0.30 <sup>b</sup> ± 0.037  |
| 22:5, <i>n-3 DPA*</i>         | 1.04 <sup>a</sup> ± 0.070  | 0.56 <sup>b</sup> ± 0.047  |
| 22:6, <i>n-3 DHA*</i>         | 0.09 ± 0.016               | 0.09 ± 0.012               |
| No identificados              | 16.49 <sup>a</sup> ± 0.603 | 11.41 <sup>b</sup> ± 0.426 |
| AGS                           | 49.1                       | 47.6                       |
| AGM                           | 41.0 <sup>b</sup>          | 46.4 <sup>a</sup>          |
| AGP                           | 10.0 <sup>a</sup>          | 6.0 <sup>b</sup>           |
| Relación AGP/AGS              | 0.20 <sup>a</sup> ± 0.013  | 0.13 <sup>b</sup> ± 0.009  |
| Relación <i>n-6:n-3</i>       | 1.44 <sup>a</sup> ± 0.109  | 3.00 <sup>b</sup> ± 0.077  |

a, b Medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren P < 0.01, c, d Medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren P < 0.01, \*CLA: ácido linoleico conjugado. EPA: ácido eicosapentaenoico, DPA: ácido docosapentaenoico, DHA: ácido docosahexaenoico, \*\*CLA total incluye: c9t11, t10c12, t9t11, y otros isómeros imposibles de identificar específicamente.

Cuadro 4. Proporción de grasa intramuscular y ácidos grasos de la carne de bovinos alimentados con niveles diferentes de concentrado (Alvarez et al., 2007)

|                              | T1<br>Pastoreo      | T2<br>Pastoreo +<br>Concentrado 0.6% | T3<br>Pastoreo +<br>Concentrado 1.2% | T4<br>Concentrado  |
|------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Grasa intramuscular          | 2,06 <sup>a</sup>   | 2,16 <sup>a</sup>                    | 2,30 <sup>a</sup>                    | 2,99 <sup>b</sup>  |
| C12:0 (Laúrico)              | 0,06 <sup>b</sup>   | 0,06 <sup>ab</sup>                   | 0,05 <sup>a</sup>                    | 0,07 <sup>b</sup>  |
| C14:0 (Mirístico)            | 2,10 <sup>a</sup>   | 2,48 <sup>b</sup>                    | 2,13 <sup>a</sup>                    | 2,52 <sup>b</sup>  |
| C15:0<br>(Pentadecanoico)    | 0,44 <sup>b</sup>   | 0,31 <sup>a</sup>                    | 0,30 <sup>a</sup>                    | 0,38 <sup>b</sup>  |
| C16:0 (Palmítico)            | 25,94 <sup>a</sup>  | 28,43 <sup>b</sup>                   | 26,28 <sup>a</sup>                   | 26,63 <sup>a</sup> |
| C17:0 (Margárico)            | 1,05 <sup>b</sup>   | 0,83 <sup>a</sup>                    | 0,86 <sup>a</sup>                    | 1,13 <sup>b</sup>  |
| C18:0 (Estearico)            | 14,97 <sup>bc</sup> | 13,54 <sup>a</sup>                   | 15,42 <sup>c</sup>                   | 14,27 <sup>b</sup> |
| C20:0 (Aráquico)             | 0,16                | 0,11                                 | 0,11                                 | 0,16               |
| C14:1 (Miristoleico)         | 0,27 <sup>a</sup>   | 0,40 <sup>b</sup>                    | 0,31 <sup>a</sup>                    | 0,45 <sup>b</sup>  |
| C16:1 (Palmitoleico)         | 2,63                | 2,71                                 | 2,76                                 | 2,92               |
| C17:1<br>(Heptadecenoico)    | 0,77 <sup>cb</sup>  | 0,59 <sup>a</sup>                    | 0,70 <sup>b</sup>                    | 0,88 <sup>c</sup>  |
| C18:1 (Oleico)               | 33,90 <sup>a</sup>  | 34,68 <sup>a</sup>                   | 37,18 <sup>b</sup>                   | 37,91 <sup>b</sup> |
| C18:2n6 (Linoleico)          | 7,54 <sup>b</sup>   | 7,18 <sup>ab</sup>                   | 6,30 <sup>a</sup>                    | 6,45 <sup>a</sup>  |
| CLA (Linoleico<br>conjugado) | 0,44 <sup>b</sup>   | 0,33 <sup>a</sup>                    | 0,36 <sup>a</sup>                    | 0,31 <sup>a</sup>  |
| C18:3n3 (Linolénico)         | 2,59 <sup>c</sup>   | 1,15 <sup>ab</sup>                   | 1,27 <sup>b</sup>                    | 0,83 <sup>a</sup>  |
| C20:3n6 (ETA)                | 0,89 <sup>b</sup>   | 0,97 <sup>b</sup>                    | 0,80 <sup>ab</sup>                   | 0,69 <sup>a</sup>  |
| C20:4n6<br>(Araquidónico)    | 2,87 <sup>b</sup>   | 2,91 <sup>b</sup>                    | 2,32 <sup>a</sup>                    | 2,15 <sup>a</sup>  |
| C20:5n3 (EPA)                | 1,34 <sup>b</sup>   | 1,15 <sup>b</sup>                    | 0,98 <sup>a</sup>                    | 0,77 <sup>a</sup>  |
| C22:5n3 (DPA)                | 1,84 <sup>b</sup>   | 1,98 <sup>b</sup>                    | 1,64 <sup>b</sup>                    | 1,32 <sup>a</sup>  |
| C22:6n3 (DHA)                | 0,19                | 0,20                                 | 0,20                                 | 0,17               |
| AGS                          | 45.05               | 45.76                                | 45.15                                | 45.16              |
| AGM                          | 37.59               | 38.38                                | 40.97                                | 42.16              |
| AGP                          | 17.33               | 15.85                                | 13.88                                | 12.68              |
| AGP/AGS                      | 0.39                | 0.35                                 | 0.31                                 | 0.28               |
| n6/n3                        | 1.9                 | 2.51                                 | 2.39                                 | 3.08               |

a, b, c Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las medias;

**Cuadro 5.** Proporción de grasa intramuscular y composición en ácidos grasos de la carne de bovinos alimentados con diferentes días a corral (Brito et al., 2009)

| Días a corral           | 0                  | 40                 | 80                 | 120                |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Grasas totales          | 4.37 <sup>ab</sup> | 4.01 <sup>b</sup>  | 4.26 <sup>ab</sup> | 5.13 <sup>a</sup>  |
| C14:0 (Mirístico)       | 2.88 <sup>ab</sup> | 3.12 <sup>a</sup>  | 2.51 <sup>c</sup>  | 2.57 <sup>bc</sup> |
| C16:0 (Palmitico)       | 28.06              | 29.07              | 28.20              | 28.43              |
| C18:0 (Estearico)       | 13.88              | 13.33              | 13.78              | 14.14              |
| C14:1 (Miristoleico)    | 0.36               | 0.34               | 0.36               | 0.34               |
| C16:1 (Palmitoleico)    | 3.8 <sup>b</sup>   | 3.8 <sup>b</sup>   | 4.4 <sup>a</sup>   | 4.2 <sup>ab</sup>  |
| C18:1 (Oleico)          | 40.1 <sup>b</sup>  | 39.9 <sup>b</sup>  | 41.9 <sup>ab</sup> | 43.9 <sup>a</sup>  |
| Linoleico (18:2 n6)     | 2.9 <sup>b</sup>   | 3.5 <sup>a</sup>   | 2.9 <sup>b</sup>   | 2.8 <sup>b</sup>   |
| Linolénico (18:3 n6)    | 0.15               | 0.17               | 0.17               | 0.21               |
| Linolénico (g18:3 n3)   | 0.57 <sup>a</sup>  | 0.53 <sup>a</sup>  | 0.30 <sup>b</sup>  | 0.29 <sup>b</sup>  |
| (20:2 n9)               | 0.07               | 0.08               | 0.08               | 0.07               |
| (20:3 n3)               | 0.21               | 0.26               | 0.22               | 0.21               |
| (20:3 n6)               | 0.03               | 0.03               | 0.03               | 0.03               |
| Araquidónico (20:4 n6)  | 0.77               | 0.89               | 0.75               | 0.67               |
| EPA (20:5 n3)           | 0.08 <sup>c</sup>  | 0.10 <sup>bc</sup> | 0.20 <sup>a</sup>  | 0.15 <sup>ab</sup> |
| Clupanodónico (22:5 n3) | 0.28               | 0.32               | 0.27               | 0.24               |
| CLA                     | 0.38               | 0.39               | 0.39               | 0.39               |
| AGS                     | 45.15              | 44.49              | 45.52              | 44.83              |
| AGM                     | 44.70 <sup>b</sup> | 43.59 <sup>b</sup> | 46.71 <sup>a</sup> | 48.46 <sup>a</sup> |
| AGP                     | 5.47 <sup>ab</sup> | 6.08 <sup>a</sup>  | 5.26 <sup>b</sup>  | 5.02 <sup>b</sup>  |
| AGP/AGS                 | 0.11               | 0.13               | 0.11               | 0.12               |
| n6/n3                   | 3.45 <sup>b</sup>  | 3.94 <sup>ab</sup> | 3.93 <sup>ab</sup> | 4.32 <sup>a</sup>  |

Letras diferentes en la misma fila, difieren significativamente (P<0.01)

**Cuadro 6.** Proporción de grasa intramuscular y composición en ácidos grasos de la carne de bovinos alimentados con diferentes días a corral (Brito et al., 2010)

| Ácidos grasos %       | T1                 | T2                | T3                 | T4                 |
|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Grasa Intramuscular   | 2.8 <sup>c</sup>   | 3.0 <sup>c</sup>  | 4.5 <sup>a</sup>   | 3.6 <sup>b</sup>   |
| C14:0 (Mirístico)     | 2.36               | 2.54              | 2.32               | 2.34               |
| C16:0 (Palmitico)     | 26.8 <sup>ab</sup> | 27.4 <sup>a</sup> | 26.0 <sup>b</sup>  | 26.5 <sup>ab</sup> |
| C18:0 (Estearico)     | 16.3               | 17.1              | 15.8               | 16.1               |
| C14:1 (Miristoleico)  | 0.46 <sup>a</sup>  | 0.47 <sup>a</sup> | 0.33 <sup>b</sup>  | 0.34 <sup>b</sup>  |
| C16:1 (Palmitoleico)  | 3.91 <sup>a</sup>  | 3.45 <sup>b</sup> | 3.62 <sup>ab</sup> | 3.36 <sup>b</sup>  |
| C18:1 (Oleico)        | 41.4 <sup>b</sup>  | 40.2 <sup>b</sup> | 45.2 <sup>a</sup>  | 44.7 <sup>a</sup>  |
| 18:2 n-6 Linoleico    | 3.29               | 3.54              | 3.74               | 3.76               |
| 18:3 n-6 Linolénico   | 0.18               | 0.16              | 0.18               | 0.19               |
| 18:3 n-3 Linolénico   | 1.44 <sup>a</sup>  | 1.32 <sup>a</sup> | 0.38 <sup>b</sup>  | 0.37 <sup>b</sup>  |
| 20:3 n-3              | 0.30               | 0.28              | 0.25               | 0.27               |
| 20:4 n-6 Araquidónico | 1.09 <sup>ab</sup> | 1.36 <sup>a</sup> | 0.98 <sup>b</sup>  | 1.09 <sup>ab</sup> |
| 20:5 n-3 EPA*         | 0.67 <sup>a</sup>  | 0.52 <sup>b</sup> | 0.28 <sup>c</sup>  | 0.22 <sup>c</sup>  |
| 22:5 n-3 DPA*         | 0.69 <sup>a</sup>  | 0.64 <sup>a</sup> | 0.44 <sup>b</sup>  | 0.35 <sup>b</sup>  |
| CLA                   | 0.59 <sup>a</sup>  | 0.47 <sup>b</sup> | 0.27 <sup>c</sup>  | 0.28 <sup>c</sup>  |
| AGS                   | 45.5 <sup>ab</sup> | 47.1 <sup>a</sup> | 44.1 <sup>b</sup>  | 44.9 <sup>b</sup>  |
| AGM                   | 45.8 <sup>b</sup>  | 44.1 <sup>b</sup> | 49.1 <sup>a</sup>  | 48.4 <sup>a</sup>  |
| AGP                   | 8.0 <sup>a</sup>   | 8.1 <sup>a</sup>  | 6.4 <sup>b</sup>   | 6.3 <sup>b</sup>   |
| AGP/AGS               | 0.18 <sup>a</sup>  | 0.17 <sup>a</sup> | 0.15 <sup>ab</sup> | 0.14 <sup>b</sup>  |
| n6/n3                 | 1.4 <sup>d</sup>   | 1.8 <sup>c</sup>  | 3.5 <sup>b</sup>   | 4.1 <sup>a</sup>   |

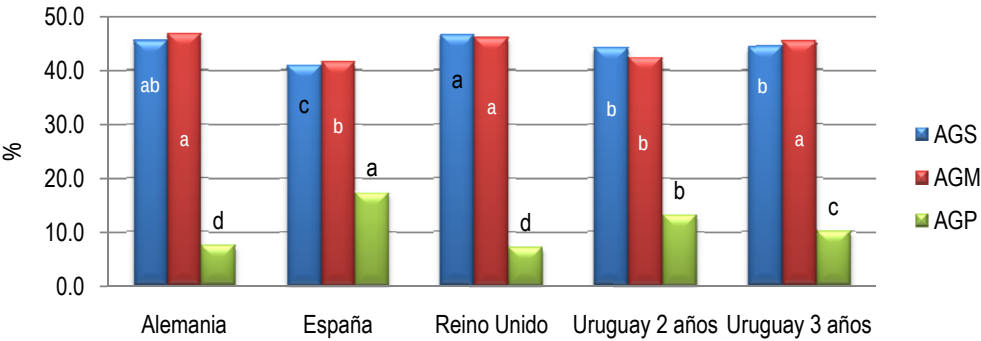
a,b,c: medias con diferente letra e la misma fila difieren significativamente (P < 0.05), \* CLA: acido linoleico conjugado; EPA: acido eicosapentaenoico; DPA: acido docosapentaenoico.

Cuadro 7. Contenido de vitamina E del músculo longissimus en vacunos (mg/kg de músculo).

|        | Alemania          | España            | Reino Unido       | Uruguay 2 años    | Uruguay 3 años    |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| BOVINO | 0,72 <sup>d</sup> | 0,75 <sup>d</sup> | 2,36 <sup>c</sup> | 3,75 <sup>a</sup> | 4,07 <sup>a</sup> |

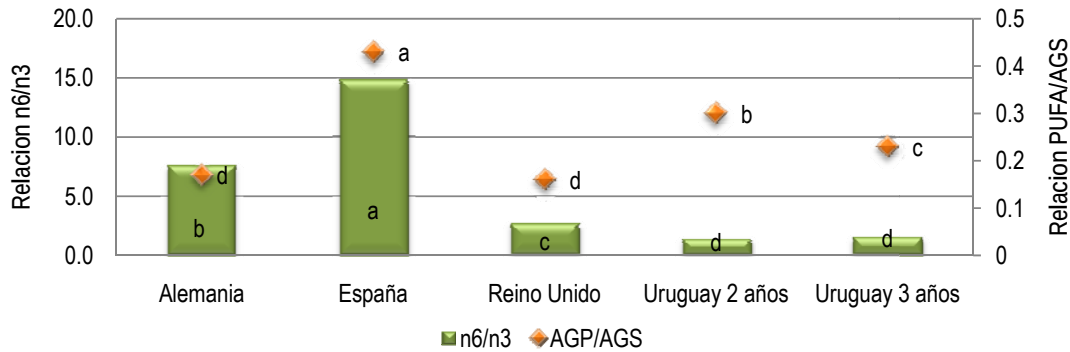
<sup>a,b,c</sup>: diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de producto (P<0.05).

Figura 1. Composición en ácidos grasos saturados, monoinsaturados (AGM) y Poliinsaturados (AGP) del músculo *longissimus* en ganado bovino



- letras diferentes en un mismo color difieren estadísticamente P<0.001

Figura 2. Relación AGP / AGS y n6/n3



- letras diferentes en un mismo color difieren estadísticamente P<0.001

Figura 3. Concentraciones de  $\alpha$ -tocoferol en músculo para las distintas dietas

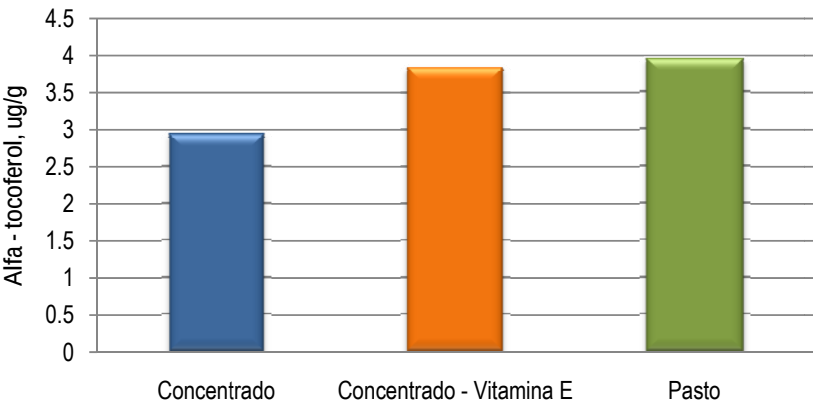
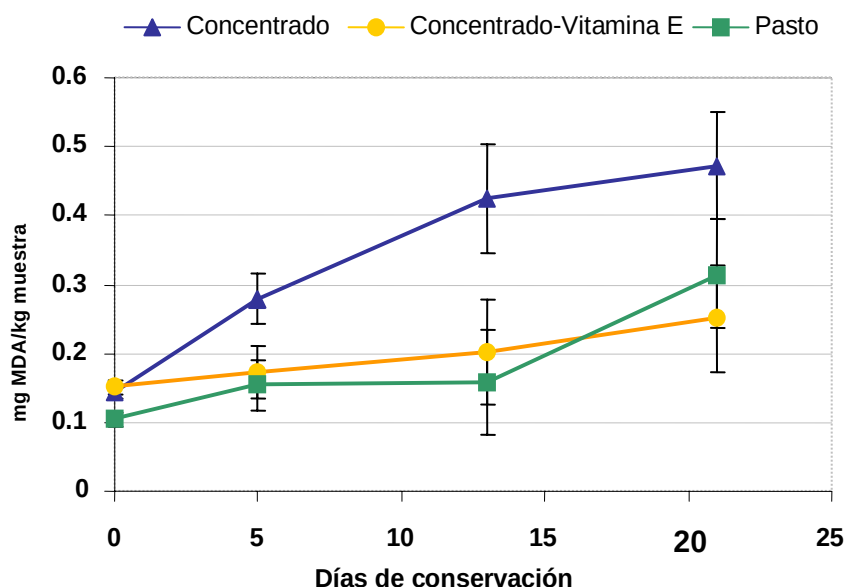


Figura 4. Niveles de oxidación lipídica (TBARS, mg malonaldehído/kg) en bifes durante su conservación a 2°C para los distintos tratamientos



## TRABAJOS REALIZADOS EN OVINOS

Los estudios en ovinos tuvieron como objetivo evaluar el efecto de diferentes sistemas de alimentación sobre la calidad de la canal y la carne, con especial énfasis en el perfil de ácidos grasos.

Las características principales de los estudios fueron:

1. Efecto de la relación concentrado:voluminoso en el contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos en la carne de corderos pesados corriedale: Corderos Corriedale (48) de 10 meses de edad con un peso vivo al inicio de  $26 \text{ kg} \pm 2.2 \text{ kg}$ . La duración del experimento fue de 115 días (8 de junio al 1° de octubre). Fueron realizados 4 tratamientos: T1: 20% concentrado-80% fardo, T2: 40% concentrado - 60% fardo, T3: 60% concentrado - 40% fardo, T4: 80% concentrado - 20% fardo. El concentrado consistió en una mezcla molida de maíz (75%) y expeller de soja (25%), siendo su valor nutritivo promedio de: 14.4% PB, 6.0% FDA y 12.2% FDN. El voluminoso consistió en fardo de alfalfa con una valor nutritivo promedio: 16% PB, 40.4% FDA y 49.4% FDN. Los animales tuvieron un período de acostumbamiento previo de 15 días. El alimento fue ofrecido a los animales a razón del 3.5% del PV.
2. Efecto de diferentes sistemas de alimentación con niveles crecientes de suplementación en la performance animal, calidad de la canal y la carne de corderos corriedale: Corderos Corriedale (120) de 10 meses de edad con un peso vivo al inicio de  $28.2 \text{ kg} \pm 0.8 \text{ kg}$ . La duración del experimento fue de 125 días (20 de julio al 22 de noviembre) en T1 y T2 y de 85 días (20 de julio al 13 de octubre) para T3 y T4. Fueron realizados 4 tratamientos: T1: nivel de oferta de forraje de 6 % del peso vivo sin suplementación, T2: nivel de oferta de forraje de 6% de peso vivo más 0.6 % del peso vivo de suplementación, T3: nivel de oferta de forraje de 6% de peso vivo más 1.2 % del peso vivo de suplementación, T4: confinamiento (80 % de



ración + 20% de fardo de alfalfa, *ad libitum*). El concentrado consistió en una mezcla molida de maíz (72%) y expeller de soja (28%), siendo su valor nutritivo promedio de: 18.5 % PB, 7.3 % FDA y 26.6 % FDN. Los animales tuvieron un período de acostumbramiento previo de 14 días.

3. Efecto de diferentes sistemas de alimentación con niveles crecientes de suplementación en la performance animal, calidad de la canal y la carne de corderos cruza Corriedale \* Merino Dohne: Corderos (128) de 10 meses de edad con un peso vivo al inicio de  $29.1 \text{ kg} \pm 2.58 \text{ kg}$ . La duración del experimento fue de 98 días (7 de agosto al 13 de noviembre). Fueron realizados 4 tratamientos: T1: nivel de oferta de forraje de 6 % del peso vivo sin suplementación, T2: nivel de oferta de forraje de 6% de peso vivo más 0.6 % del peso vivo de suplementación, T3: nivel de oferta de forraje de 6% de peso vivo más 1.2 % del peso vivo de suplementación, T4: confinamiento (80 % de ración + 20% de fardo de alfalfa, *ad libitum*). El concentrado consistió en una mezcla molida de maíz (72%) y expeller de soja (28%), todo molido. Los animales tuvieron un período de acostumbramiento previo de 14 días.
4. Efecto de la suplementación sobre la performance animal, calidad de la canal y la carne y valor nutricional de la carne de corderos Corriedale y sus cruza Merino Dohne, pastoreando una pastura de *Trifolium pratense* bajo riego: Corderos (48) de 5 meses de edad con un peso vivo al inicio de  $24.6 \text{ kg} \pm 2.1 \text{ kg}$ . La duración del experimento fue de 127 días (2 de febrero al 9 de junio). Fueron realizados 2 tratamientos: T1: base forrajera trébol rojo, sin suplementación, T2: base forrajera trébol rojo, con 1% del peso vivo de suplementación. El concentrado consistió en grano de maíz molido. El sistema de pastoreo fue rotativo (7 días de ocupación y 14 días de descanso). Los animales tuvieron un período de acostumbramiento previo de 7 días.

## Resultados

### Características del animal in vivo

En todos los estudios los animales comenzaron con un peso vivo similar entre tratamientos, sin existir diferencias significativas entre ellos ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre tratamientos en los pesos finales, aumentando las ganancias de peso a medida que la proporción de concentrado en la dieta era mayor ( $P < 0.01$ ) (Cuadro 1, 2, 3, 4).

### Contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos

En el primer y cuarto estudio, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de grasa intramuscular entre los tratamientos (Cuadro 5 y 8). En el tercer y cuarto ensayo, se observó que el contenido de grasa intramuscular fue afectado por el sistema de alimentación, siendo mayor cuando la proporción de concentrado en la dieta aumenta (Cuadro 6 y 7). Este mayor contenido de grasa estaría relacionado con la mayor energía consumida en su dieta, a base de concentrado, y al menor ejercicio realizado por los mismos durante la estabulación y la suplementación a pastoreo.

En el primer estudio se observó efecto en el ácido esteárico (AGS), oleico (AGMI), linolénico (AGPI) y en los ácidos grasos trans totales a medida que aumenta el voluminoso. El ácido esteárico mostró una diferencia muy significativa a favor de los animales en los cuales la fibra representó un 60 % o más del total de la dieta ofrecida. El ácido linolénico, presentó una diferencia significativa a favor de los animales del T1, mientras que el resto de los tratamientos

no difirieron entre sí. No se encontraron diferencias en el contenido total de ácidos grasos saturados (AGS) ni Poliinsaturados (AGP) entre los tratamientos. Las relaciones AGPI/AGS y n6/n3 no se vieron afectadas por el sistema de alimentación (Cuadro 5).

En el segundo estudio, la proporción de ácidos grasos saturados (AGS) disminuyó a medida que aumentó el concentrado en la dieta: T1 (48.6%) > T4 (46.2%), pero las diferencias no fueron significativas. Esta disminución se debió principalmente a que los corderos de T4 presentaron el contenido más bajo de ácido esteárico (16.9%). Los valores de AGS de los otros tratamientos con concentrado (T2 y T3), resultaron intermedios pero no difirieron de los extremos. La proporción de ácidos grasos monoinsaturados (AGM), al contrario que la de AGS, aumentó a medida que lo hizo el concentrado en la dieta: T1 (36.7%) < T4 (42.1%). El ácido graso más representativo de este grupo es el ácido oleico, cuyo contenido varió entre 34.9% y 39.9% en los tratamientos extremos. La proporción de ácidos grasos poliinsaturados (AGP), disminuyó a medida que aumentó el concentrado en la dieta: T1 (14.7%) > T4 (11.7%). El mayor contenido de AGP del T1 es debido fundamentalmente al ácido linolénico que alcanza su máximo valor (2.46%), así como sus derivados, los ácidos grasos EPA y DHA, que también alcanzan sus máximos valores (1.57% y 0.37%, respectivamente) respecto a los otros tratamientos suplementados. Todos estos ácidos grasos mencionados disminuyeron paulatinamente al aumentar el concentrado. El mayor contenido de ácido linolénico y sus derivados estaría ligado a su mayor contenido en el forraje. El contenido de ácido linoleico conjugado (CLA), fue mayor en la carne de los corderos en pastoreo sin concentrado (T1). Aunque el contenido en este ácido graso es mayor en las pasturas que en el concentrado, las diferencias entre los tratamientos extremos (T1 y T4) se atenuaron debido a la capacidad que tiene los rumiantes de producirlo en el rumen aunque no sea aportado por el alimento. A pesar de las diferencias encontradas en la composición en ácidos grasos de los diferentes tratamientos, la relación AGP/AGS se mantuvo sin diferencias significativas aunque tendió a reducirse a medida que aumentó el concentrado en la dieta. La relación n6/n3 fue inferior a 4 en todos los animales que pastorearon, con (T2 y T3) o sin suplementación de concentrado (T1), mientras que fue superior en los animales estabulados del T4 (Cuadro 6).

En el tercer estudio, Los ácidos grasos palmítico y oleico se comportaron de igual manera, presentado el tratamiento 4 niveles significativamente mayores que los tratamientos 1, 2 y 3, siendo éstos iguales estadísticamente entre sí. En el caso del ácido esteárico, el comportamiento fue inverso, en donde el tratamiento en confinamiento presentó los valores significativamente menores, en comparación con los tratamientos 1, 2 y 3. La proporción de AGM fue mayor en el tratamiento 4 (confinamiento) en comparación con los otros tres tratamientos. En cuanto a los AGP, su proporción disminuyó a medida que aumentó el concentrado en la dieta: T1 igual a T2 y éstos mayores a T3 y T4. El mayor contenido de AGP de los tratamientos 1 y 2 estaría asociado fundamentalmente a una mayor proporción del ácido linolénico y de sus derivados, los ácidos grasos EPA y DHA. Todos estos ácidos grasos mencionados disminuyeron a medida que aumentó el concentrado. Los ácidos grasos de cadena larga (EPA y DHA) son los que presentan un efecto más positivo para la salud humana. El mayor contenido en ácido linolénico y sus derivados estaría ligado a su mayor contenido en el forraje. El contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) fue mayor en la carne de los corderos en pastoreo sin suplementación (T1). Aunque el contenido en este ácido es mayor en las pasturas que en los granos, las diferencias entre los tratamientos extremos (T1 y T4) se atenuaron debido a la capacidad que tienen los rumiantes de producirlo en el rumen, aunque no sea aportado a partir del alimento. La relación AGP/AGS presento diferencias significativas entre tratamientos, siendo el T4 el que presento valores más bajos y el T1 los más altos. La relación n6/n3 fue inferior a 4 en todos los tratamientos en los cuales los animales pastorearon, con (T2 y T3) o sin suplemento (T1), mientras que fue superior en los animales estabulados del tratamiento 4 (Cuadro 7).

En el cuarto estudio, el sistema de alimentación no causo diferencias en el contenido total de ácidos grasos saturados (AGS), pero se observaron diferencias en la proporción del ácido esteárico y araquidónico a favor de la alimentación sin suplementación. El contenido de AGM fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en los animales suplementados y el contenido de AGP fue mayor ( $P < 0.01$ ) en los alimentados en base a pasturas. Las relaciones de AGP/AGS y n6/n3 fueron bajas en ambos tratamientos, cumpliendo con los requerimientos para la salud humana (Cuadro 8).

**Cuadro 1.** Peso vivo inicial, final, ganancia de peso vivo y espesor de tejido subcutáneo medido en el punto GR, según tratamiento (Estudio 1).

| Variable               | Tratamientos |        |        |        | P  |
|------------------------|--------------|--------|--------|--------|----|
|                        | 1            | 2      | 3      | 4      |    |
| PV lleno inicial (kg.) | 26.8         | 25.8   | 26.8   | 26.3   | ns |
| PV lleno final (kg.)   | 37.4 c       | 41.5 b | 44.4 a | 38.6 c | ** |
| Ganancia de PV (g/a/d) | 96 c         | 135 b  | 158 a  | 108 c  | ** |
| Punto GR (mm)          | 5.4 b        | 6.9 ab | 7.5 ab | 9.6 a  | t  |

ns: no significativo ( $P > 0.05$ ), t:  $P < 0.1$ , \*:  $P < 0.05$  y \*\*:  $P < 0.01$ .

a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes sí ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 2.** Peso vivo inicial, final, ganancia de peso vivo y espesor de tejido subcutáneo medido en el punto GR, según tratamiento (Estudio 2)

| Variable                | Tratamientos |         |         |         | P  |
|-------------------------|--------------|---------|---------|---------|----|
|                         | 1            | 2       | 3       | 4       |    |
| PV lleno inicial (kg.)  | 28.2         | 28.2    | 28.2    | 28.3    | ns |
| PV lleno 84 días (kg.)  | 37.8 d       | 39.6 c  | 41.9 b  | 44.5 a  | ** |
| PV lleno 124 días (kg.) | 39.4 b       | 43.4 a  | -       | -       | ** |
| Ganancia de PV (g/a/d)  | 91.0 d       | 123.8 c | 173.2 b | 202.7 a | ** |
| Punto GR (mm)           | 5.2 b        | 6.0 b   | 5.1 b   | 9.3 a   | ** |

ns: no significativo ( $P > 0.05$ ), \*:  $P < 0.05$  y \*\*:  $P < 0.01$ .

a, b, c y d: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes sí ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 3.** Peso vivo inicial, final, ganancia de peso vivo y espesor de tejido subcutáneo medido en el punto GR, según tratamiento (Estudio 3)

| Variable               | Tratamientos |        |        |        | P  |
|------------------------|--------------|--------|--------|--------|----|
|                        | 1            | 2      | 3      | 4      |    |
| PV vacío inicial (kg.) | 27.4         | 27.4   | 27.4   | 27.4   | ns |
| PV vacío final (kg.)   | 36.9 c       | 36.9 c | 39.4 b | 43.3 a | ** |
| Ganancia de PV (g/a/d) | 98 c         | 99 c   | 124 b  | 164 a  | ** |
| Punto GR (mm)          | 2.8 c        | 4.3 bc | 5.5 b  | 12.5 a | ** |

ns: no significativo ( $P > 0.05$ ), \*:  $P < 0.05$  y \*\*:  $P < 0.01$ .

a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes sí ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 4.** Peso vivo inicial, final, ganancia de peso vivo y espesor de tejido subcutáneo medido en el punto GR, según tratamiento (Estudio 4)

| Variable               | Tratamientos |        | P  |
|------------------------|--------------|--------|----|
|                        | 1            | 2      |    |
| PV vacío inicial (kg.) | 22.9         | 23.0   | ns |
| PV vacío final (kg.)   | 35.7 b       | 40.2 a | ** |
| Ganancia de PV (g/a/d) | 101 b        | 136 a  | ** |
| Punto GR (mm)          | 3.5 b        | 8.4 a  | ** |

ns: no significativo ( $P>0.05$ ), \*:  $P<0.05$  y \*\*:  $P<0.01$ .

a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes sí ( $P<0.05$ ).

**Cuadro 5.** Porcentaje de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos en el músculo *Longissimus lumborum* (% respecto al total de ácidos grasos identificados) según tratamiento (Estudio 1).

| Variable                         | Tratamientos |         |         |         | P  |
|----------------------------------|--------------|---------|---------|---------|----|
|                                  | 1            | 2       | 3       | 4       |    |
| Grasa intramuscular (%)          | 4.3          | 4.5     | 4.7     | 4.7     | ns |
| Palmitico (C16:0)                | 21.3         | 21.1    | 21.8    | 21.1    | ns |
| Esteárico (C18:0)                | 18.2 a       | 18.0 a  | 16.3 b  | 16.1 b  | ** |
| Oleico (C18:1 trans)             | 2.2 b        | 2.5 b   | 3.2 a   | 2.7 ab  | *  |
| Oleico (C18:1 cis)               | 36.4 b       | 39.1 a  | 38.9 ab | 40.6 a  | *  |
| Linoleico (C18:2 cis)            | 4.95         | 4.58    | 4.82    | 4.37    | ns |
| Linoleico (C18:2 trans)          | 1.19         | 1.21    | 1.33    | 1.42    | ns |
| Linoleico conjugado (CLA)        | 0.45         | 0.39    | 0.34    | 0.51    | ns |
| Linolénico <sub>n6</sub> (C18:3) | 1.02 a       | 0.59 b  | 0.60 b  | 0.54 b  | *  |
| Linolénico <sub>n3</sub> (C18:3) | 0.53         | 0.58    | 0.55    | 0.53    | ns |
| EPA (C20:5)                      | 1.66         | 1.73    | 1.76    | 1.56    | ns |
| DHA (C22:6)                      | 0.57         | 0.51    | 0.45    | 0.37    | ns |
| AGS                              | 44.4         | 43.6    | 428.8   | 42.2    | ns |
| AGMI                             | 40.7 b       | 43.6 ab | 44.3 a  | 45.3 a  | *  |
| AGPI                             | 11.3         | 10.2    | 10.5    | 9.9     | ns |
| AG trans                         | 3.43 c       | 3.78 bc | 4.53 a  | 4.18 ab | ** |
| AGPI/AGS                         | 0.25         | 0.23    | 0.25    | 0.24    | ns |
| relación n6/n3                   | 2.23         | 2.21    | 2.12    | 2.11    | ns |

ns: no significativo ( $P>0.05$ ), \*:  $P<0.05$  y \*\*:  $P<0.01$ .

a, b, c: medias con letras diferentes entre columnas son significativamente diferentes sí ( $P<0.05$ ).

Cuadro 6. Contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular, según tratamiento (Estudio 2)

|                                    | Tratamientos |         |         |         | P  |
|------------------------------------|--------------|---------|---------|---------|----|
|                                    | 1            | 2       | 3       | 4       |    |
| Grasa Intramuscular (g/100g)       | 3.62 a       | 4.34 ab | 4.45 b  | 5.96 c  | ** |
| Ácidos Grasos (g/100 AG)           |              |         |         |         |    |
| C12:0 (laúrico)                    | 0.14         | 0.12    | 0.13    | 0.13    | ns |
| C14:0 (mirístico)                  | 2.32 b       | 2.10 a  | 2.10 a  | 2.30 b  | *  |
| C15:0 (pentadecanoico)             | 0.49 c       | 0.36 ab | 0.40 b  | 0.32 a  |    |
| C16:0 (palmitico)                  | 23.43 a      | 24.67 b | 22.77 a | 25.22 c | ** |
| C17:0 (margárico)                  | 1.33 c       | 1.12 ab | 1.20 b  | 1.10 a  | ** |
| C18:0 (esteárico)                  | 20.69 b      | 19.39 b | 20.31 b | 16.99 a | ** |
| C20:0 (aráquico)                   | 0.21 b       | 0.14 a  | 0.19 b  | 0.11 a  | ** |
| C14:1 (miristoleico)               | 0.06 ab      | 0.06 ab | 0.05 a  | 0.09 b  | ** |
| C16:1 (palmitoleico)               | 1.16 ab      | 0.93 a  | 1.31 b  | 1.55 c  | ** |
| C17:1 (heptadecenoico)             | 0.56 ab      | 0.50 a  | 0.60 b  | 0.53 a  | ** |
| C18:1 (oleico)                     | 34.90 a      | 37.64 b | 37.97 b | 39.93 c | ** |
| C18:2 <sub>n6</sub> (linoleico)    | 5.38 a       | 5.49 a  | 5.85 ab | 6.36 b  | *  |
| CLA                                | 0.99 c       | 0.81 b  | 0.95 c  | 0.70 a  | ** |
| C18:3 <sub>n3</sub> (linolénico)   | 2.46 c       | 1.61 b  | 1.72 b  | 0.77 a  | ** |
| C20:3 <sub>n6</sub> (ETA)          | 0.27         | 0.28    | 0.24    | 0.24    | ns |
| C20:4 <sub>n6</sub> (araquidónico) | 2.24         | 2.40    | 2.02    | 2.33    | ns |
| C20:5 <sub>n3</sub> (EPA)          | 1.57 d       | 1.20 c  | 0.92 b  | 0.44 a  | ** |
| C22:5 <sub>n3</sub> (DPA)          | 1.39 c       | 1.25 c  | 1.03 b  | 0.70 a  | ** |
| C22:6 <sub>n3</sub> (DHA)          | 0.37 c       | 0.31 bc | 0.27 b  | 0.16 a  | ** |
| AGS                                | 48.6         | 47.9    | 47.1    | 46.2    | ns |
| AGMI                               | 36.7         | 39.1    | 39.9    | 42.1    | *  |
| AGPI                               | 14.7         | 13.4    | 13.0    | 11.7    | ** |
| AGPI/AGS                           | 0.30         | 0.28    | 0.28    | 0.25    | ns |
| relación n6/n3                     | 1.36         | 1.87    | 2.06    | 4.31    |    |

ns: no significativo (P>0.05), \*: P<0.05, \*\*: P<0.01.

a, b, c y d: medias con letras diferentes entre columnas, son significativamente diferentes (P<0.05).

CLA: Acido Linoleico Conjugado.

Cuadro 7. Contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular, según tratamiento (Estudio 3)

| Variable                         | Tratamientos |         |         |         | P  |
|----------------------------------|--------------|---------|---------|---------|----|
|                                  | 1            | 2       | 3       | 4       |    |
| Grasa Intramuscular (g/100g)     | 3.18 c       | 3.40 c  | 4.05 b  | 5.33 a  | ** |
| Ácidos Grasos (g/100 AG)         |              |         |         |         |    |
| C16:0 (palmítico)                | 22.57 b      | 23.35 b | 23.63 b | 25.28 a | ** |
| C18:0 (esteárico)                | 22.08 a      | 22.39 a | 21.49 a | 17.16 b | ** |
| C18:1 (oleico)                   | 36.46 b      | 36.96 b | 36.70 b | 41.27 a | ** |
| C18:2 (linoleico)                | 3.99 a       | 3.73 ab | 3.36 b  | 4.09 a  | ** |
| CLA                              | 0.82 a       | 0.70 b  | 0.60 c  | 0.75 ab | ** |
| C18:3 <sub>n3</sub> (linolénico) | 1.71 a       | 1.30 b  | 1.08 c  | 0.39 d  | ** |
| C18:3 <sub>n6</sub> (linolénico) | 0.11 a       | 0.10 ab | 0.09 bc | 0.08 c  | ** |
| C20:4 (araquidónico)             | 1.41 a       | 1.33 a  | 1.09 b  | 1.05 b  | ** |
| C20:5 (EPA)                      | 0.91 a       | 0.71 b  | 0.53 c  | 0.21 d  | ** |
| C22:5 (DPA)                      | 0.60 a       | 0.51 a  | 0.37 b  | 0.21 c  | ** |
| C22:6 (DHA)                      | 0.24 a       | 0.20 a  | 0.15 b  | 0.09 c  | ** |
| AGS                              | 47.07        | 48.27   | 47.59   | 45.69   | ns |
| AGM                              | 38.66 b      | 39.04 b | 38.68 b | 43.51 a | ** |
| AGP                              | 10.48 a      | 9.52 a  | 8.24 b  | 7.50 b  | ** |
| AGP/AGS                          | 0.23 b       | 0.20 ab | 0.18 a  | 0.16 a  | ** |
| Relación n6/n3                   | 1.51 a       | 1.80 b  | 1.98 c  | 5.08 d  | ** |

ns: no significativo (P>0.05), \*: P<0.05, \*\*: P<0.01.

a, b, c y d: medias con letras diferentes entre columnas, son significativamente diferentes (P<0.05).

CLA: Ácido Linoleico Conjugado; AGS: Ácidos Grasos Saturados; AGM: Ácidos Grasos monoinsaturados; AGP: Ácidos Grasos Poliinsaturados.

Cuadro 8. Contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular, según tratamiento (Estudio 4)

| Variable                            | Tratamientos |         | P  |
|-------------------------------------|--------------|---------|----|
|                                     | 1            | 2       |    |
| Grasa Intramuscular (g/100g)        | 2.84         | 3.96    | Ns |
| Ácidos Grasos (g/100 AG)            |              |         |    |
| C14:0 (mirístico)                   | 1.94         | 1.93    | Ns |
| C14:1 (miristoleico)                | 0.39 a       | 0.28 b  | ** |
| C16:0 (palmitico)                   | 22.79 b      | 23.76 a | ** |
| C16:1 (palmitoleico)                | 1.53         | 1.62    | Ns |
| C18:0 (esteárico)                   | 20.93 a      | 19.21 b | ** |
| C18:1 (oleico)                      | 38.46 b      | 43.39 a | ** |
| C18:2 <sub>n6</sub> (linoleico)     | 6.16 a       | 4.35 b  | ** |
| C20:0 (aráquico)                    | 0.16 a       | 0.11 b  | *  |
| CLA                                 | 0.87         | 0.81    | Ns |
| C18:3 <sub>n3</sub> (linolénico)    | 2.48 a       | 1.46 b  | ** |
| C18:3 <sub>n6</sub> (linolénico)    | 0.07         | 0.06    | Ns |
| C20:2 <sub>n9</sub> (icosadienoico) | 0.35 a       | 0.29 b  | ** |
| C20:3 <sub>n3</sub> (ETA)           | 0.17 a       | 0.13 b  | ** |
| C20:3 <sub>n6</sub> (ETA)           | 0.07 a       | 0.04 b  | ** |
| C20:4 <sub>n6</sub> (araquidónico)  | 1.72 a       | 1.34 b  | ** |
| C20:5 <sub>n3</sub> (EPA)           | 1.03 a       | 0.63 b  | ** |
| C22:5 <sub>n3</sub> (DPA)           | 0.63 a       | 0.43 b  | ** |
| C22:6 <sub>n3</sub> (DHA)           | 0.25 a       | 0.17 b  | ** |
| AGS                                 | 45.80        | 45.00   | Ns |
| AGM                                 | 40.40 b      | 45.30 a | *  |
| AGP                                 | 12.90 a      | 8.90 b  | ** |
| AGP/AGS                             | 0.28 a       | 0.20 b  | ** |
| n6/n3                               | 1.77 b       | 2.08 a  | ** |

ns: no significativo (P>0.05), \*: P<0.05, \*\*: P<0.01.

a, b, c y d: medias con letras diferentes entre columnas, son significativamente diferentes (P<0.05).

CLA: Acido Linoleico Conjugado; AGS: Ácidos Grasos Saturados; AGM: Ácidos Grasos Monoinsaturados; AGP: Ácidos Grasos Poliinsaturados

### Consideraciones Finales

La continuidad y el crecimiento del complejo agroindustrial cárnico del Uruguay dependerán del mantenimiento de sus ventajas competitivas frente a sus principales competidores en el mercado internacional y del aumento de la eficiencia en todo el complejo.

Los consumidores de carne exigen y están dispuestos a pagar más por aquellos productos con atributos de calidad y de procedencia conocida. Esta es una posibilidad de diferenciación y de agregado de valor a nuestras carnes, donde su promoción y marketing requieren del aporte científico que de un sustento a las mismas.

Los resultados de estos estudios demuestran las diferencias existentes en cuanto al contenido de grasa intramuscular (en porcentaje) y en el perfil de ácidos grasos producto del efecto de la dieta (pastura vs concentrado).

Desde el punto de vista de salud humana se recomienda un menor consumo de ácidos grasos saturados por ser considerados nocivos para la salud, siendo favorables los monosaturados, en especial el oleico, por haberse mostrado ser eficaz en disminuir el contenido en colesterol en sangre. No obstante, actualmente se considera que no sólo es beneficioso un mayor contenido en monosaturados, sino que lo más importante es disponer de un mayor contenido en poliinsaturados, especialmente los de la serie n3. Un buena relación n6/n3 (menor a 4), junto con su contenido más elevado en ácidos grasos de cadena larga (EPA y DHA) y de ácido conjugado linolénico en la carne de los animales en pastoreo, con o sin suplementación, respecto a los estabulados, indica una mejor composición en ácidos grasos desde el punto de vista de la salud del consumidor. Esto contrasta con la información proveniente de países con un sistema de producción diferente al nuestro y con mayores grados de engrasamiento.

A esto se le agrega el mayor contenido de vitamina E de los sistemas pastoriles con beneficios en cuanto a atributos carniceros, (mejor color de la grasa y una mayor vida útil del producto cárnico) y a la salud humana.

Como interrogantes para futuras investigaciones surgen, a) cual sería el efecto de la composición lipídica de las dietas, fundamentalmente de las distintas especies forrajeras, en el perfil de ácidos grasos de la carne, b) la genética animal podrá tener incidencia en el contenido de estos ácidos, podremos variar el contenido de grasas saturadas, donde están concentradas las mayores críticas dirigidas a las carnes rojas, c) los procesos de intensificación en la producción de carne podrán incidir también en estas variables producto de una menor edad de faena, alterando la fracción lipídica (fosfolípidos vs triglicéridos) a analizar.



## Literatura citada

- Andrae, J.G., S.K. Duckett, C.W. Hunt, G.T. Pritchard, and F.N. Owens.. 2001. Effects of feeding high oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. *J. Anim. Sci.* 79:582-588
- Arnold, R.N., Arp, S.C., Scheller, K.K., Williams, S.N., & Schaefer, D.M. 1993. Tissue equilibrium and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *J. Anim. Sci* 71, 105-118.
- Bickerstaffe, R. 1996. Proteases and meat quality. *The Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production.* 56: 153-162.
- Bonanome, A., and S.M. Grundy. 1988. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. *N. Engl. J. Med.* 318:1244.
- Brown, H.G., Melto, S.L., Riemann, M.J., & Backus, W.R. 1979. Effects of energy intake and feed source of chemical changes and flavor of ground beef during frozen storage. *J. Anim. Sci* 48, 338-347.
- Cave, W.T. Jr. 1991. Omega 3 fatty acid diet effects on tumorigenesis in experimental animals. *World Rev. Nutr. Diet* 66:462-476.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., & Pariza, M.W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognised class of anticarcinogens. *J. Food Composition and Analysis*, 5, 185-187.
- Davidson, M.H, D. Hunninghake, K.C, Maki, P.O., Kwiterochi and S. Kafonek. 1999. Comparison of the effects of lean red meat vs lean white meat on serum lipid levels among free-living persons with hypercholesterolemia. *Arch. Intern.Med* 159:1331.
- Denke, M.A. and S.M. Grundy. 1991. Effects of fats high in stearic acid on lipid and lipoprotein concentrations in men. *Am. J. Clin. Nutr.* 54:1036
- Department of Health. 1994. Report on health and social subjects. No. 46. Nutritional aspects of cardiovascular disease. London:HMSO.
- Duckett, S.K., Wagner, D.G., Yates, L.D., Dolezal, H.G., & May, S.G. 1993. Effects of time on feed on beef nutrient composition. *J. Anim. Sci*, 71, 2079-2088.
- Duckett, S.K., J.G. Andrae, and F.N. Owens. 2002. Effect of high oil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *J. Anim. Sci.* 80:.
- Enser, M., Hallett, K.G., Hewett, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D., & Harrington, G. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Sci.*, 49, 329-341.
- Faustman, C., Cassens, R.G., Schaefer, D.M., Buege, D.R., Williams, S.N., & Scheller, K.K. 1989. Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *J. Food Sci*, 54, 858-862.
- Faustman, C., Chan, W.K.M., Schaefer, D.M., & Havens, A. 1998. Beef color update: The role of vitamin E. *J. Anim. Sci*, 76, 1019-1026.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., & Moloney, A.P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci*, 78, 2849-2855.
- French, P., O'Riordan, E.G., O'Kiely, P., Caffrey, P.J., & Moloney, A.P. 2000. Intake and growth of steers offered different allowances of autumn grass and concentrates. *Anim. Sci.*, 72, 129-138.
- Ha, Y.L., Storkson, J., & Pariza, M.W. 1990. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Research*, 50(4), 1097-1101.

- Houben, J.H., van Dijk, A., Eikelenboom, G., & Hoving-Bolink, A.H. 2000. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. *Meat Sci.*, 55, 331-336.
- Jakobsen, K. 1999. Dietary modifications of animal fats: status and future perspectives. *Fett/Lipid*, 101, 475-483.
- Jiang, J. A. Wolk, and B. Vessby. 1999. Relation between the intake of milk fat and the occurrence of conjugated linoleic acid in human adipose tissue. *Am. J. clin. Nutr.* 70:21-27
- Jo, C., & Ahn, D.U. 1998. Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turkey. *Poultry Sci.*, 77, 475-480.
- Keys, A. 1970. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation* 41 (Suppl. 1):1-211.
- Mandell, I.B., Gullett, E.A., Buchanan-Smith, J.G., & Campbell, C.P. 1997. Effects of diet and slaughter endpoint on carcass composition and beef quality in Charolais cross steers fed alfalfa silage and (or) high concentrate diets. *Canadian J. Anim. Sci.*, 77, 403-414.
- Marmer, W.N., Maxwell, R.J., & Williams, J.E. 1984. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.*, 59, 109-121.
- Melton, S.L., Black, J.M., Davies, G.W., & Backus, W.R. 1982. Flavor and selected chemical characteristics of ground beef from steers backgrounded on pasture and fed corn up to 140 days. *J. Food Sci.*, 47, 699-704.
- Montossi, F., C. Sañudo. 2004. Evaluación y promoción de la calidad de la carne y otro productos agroalimentarios uruguayos en base a los estándares de calidad de la Unión Europea y en función de distintos sistemas productivos del Uruguay. Ed. Hemisferio Sur, Montevideo-Uruguay, Setiembre 2004 pp 1-56.
- Park, P.W., & Goins, R.E. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. *J. Food Sci.*, 59, 1262-1266.
- Realini, C.E., S.K. Duckett, G. W. Brito, M. Dalla Rizza, and D. de Mattos. 2004. Effect of pasture vs concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66(3), 567-577.
- Reiser, R., J.L. Probstfield, A. Silvers, L.W. Scott, M.L. Shorney, R.D. Wood, B.C. O'Brien, A.M. Gotto, D. Phil, W. 1985. Plasma lipid and lipoprotein response of humans to beef fat, coconut oil and safflower oil. *Am. J. Clin. Nutr.* 42:190
- Roeber, D.L., Belk, K.E., Tatum, J.D., Wilson, J.W., & Smith, G.C. 2001. Effects of three levels of  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation to feedlot cattle on performance of beef cuts during retail display. *J. Anim. Sci.*, 79, 1814-1820.
- Shackelford, S.D., M. Koohmaraie, G. Whipple, T.L. Wheeler, M.F. Miller, J.D. Crouse, and J.O. Reagan. 1991. Predictors of beef tenderness: Development and verification. *J. Food Sci.* 56(5):1130-1135.
- Stubbs, R.L., Morgan, J.B., Ray, F.K., Dolezal, H.G. 2002. Effect of supplemental vitamin E on the color and case-life of top loin steaks and ground chuck patties in modified atmosphere case-ready retail packaging systems. *Meat Sci.*, 61, 1-5.
- Yang, A., Lanari, M.C., Brewster, M.J., & Tume, R.K. 2002. Lipid stability and meat color of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Sci.*, 60, 41-50.