



Factores alimenticios que influyen en la calidad de la carne de rumiantes

Cruz-Monterrosa, R.G.^{1,3}; Ramírez-Bribiesca, E.^{2,3}

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Lerma. Av. de las Garzas No. 10 Col. El Panteón, Lerma de Villada, Lerma Estado de México. Programa, CP.52005.

²Programa de Ganadería, *Campus* Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 53230.

³Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7), Colegio de Postgraduados.

*Autor responsable: efrenrb@colpos.mx

RESUMEN

En la actualidad, mejorar la calidad de la carne es el nuevo desafío para ganaderos e investigadores, y uno de los factores extrínsecos de mayor influencia sobre la calidad de la canal y la carne en los rumiantes es la alimentación de los animales, en especial los alimentos proteínicos y energéticos, así como las vitaminas, los minerales y los promotores del crecimiento. El nivel de aporte de estos elementos a los sistemas de producción extensiva, intensiva o mixta, es determinante; por ejemplo, la apariencia de la canal de los bovinos alimentados a base de pastoreo es la pigmentación amarilla de la grasa de cobertura de la canal. Para animales en confinamiento se ha demostrado que la energía en la dieta influye en la terneza de la carne, como consecuencia del incremento del contenido de grasa de infiltración presente en el músculo. Sin embargo, la manipulación del perfil y el porcentaje de ácidos grasos, especialmente polinsaturados, y el ácido linoleico conjugado, pueden ser modificados con la dieta del animal, junto con la integración de minerales y antioxidantes como el selenio, el magnesio y la vitamina E. Al margen del resto de los factores que también influyen sobre la calidad de la carne, se deben incluir aspectos de análisis sensorial relacionado con la dieta de los animales.

Palabras clave: alimentación animal, calidad, carne.

INTRODUCCIÓN

En México, el consumo de carne de res es de 15 kg.año⁻¹, mientras que para las de ovino y caprino es de 0.6 kg.año⁻¹. Estas últimas se consumen principalmente en forma del platillo tradicional llamado barbacoa, birria o cabrito al pastor (SAGARPA, 2012). Los procesadores de carne por lo general buscan animales jóvenes y bien conformados que garanticen buen rendimiento y aceptabilidad de terneza a sus consumidores. Para poder cumplir con los estándares de calidad es necesario realizar evaluaciones de calidad y se debe contar con estudios entre razas, sistemas de alimentación, y estudios tecnológicos, de tal forma que la unión de estos eslabones bien dirigidos beneficie a todos los integrantes de la cadena. A nivel mundial, los consumidores exigen carne magra pero con la grasa necesaria para mantener la jugosidad y el sabor, ya que la percepción de calidad se asocia como valor económico, fácil cocción, alta disponibilidad en los cortes, y mejor valor nutritivo.

El concepto “calidad de la carne” puede tener diferentes enfoques de estudio. Para los expertos en tecno-

logía de alimentos los trabajos se centran en las variables físico-químicas, durante el proceso de sacrificio y hasta la venta del producto al consumidor. Para los zootecnistas se centra en el bienestar animal, antes y durante el sacrificio, considerando las variables de eficiencias de producción, rendimientos y apreciación aceptable de la misma canal y los tejidos, mientras que para los expertos en nutrición se enfoca en el aporte nutritivo del producto a la alimentación humana.

Independientemente de los enfoques de estudio, todos están ligados y su interacción resulta compleja al momento de planear un programa estratégico de calidad. Por ejemplo, el factor nutricional en los sistemas de producción animal es uno de los tantos que influyen sobre la calidad de la carne y está asociado además a otros, como son los nutrientes proporcionados en dietas integrales o complementos proporcionados durante el pastoreo (Figura 1), y que resume su importancia en el proceso de calidad (Figura 2).

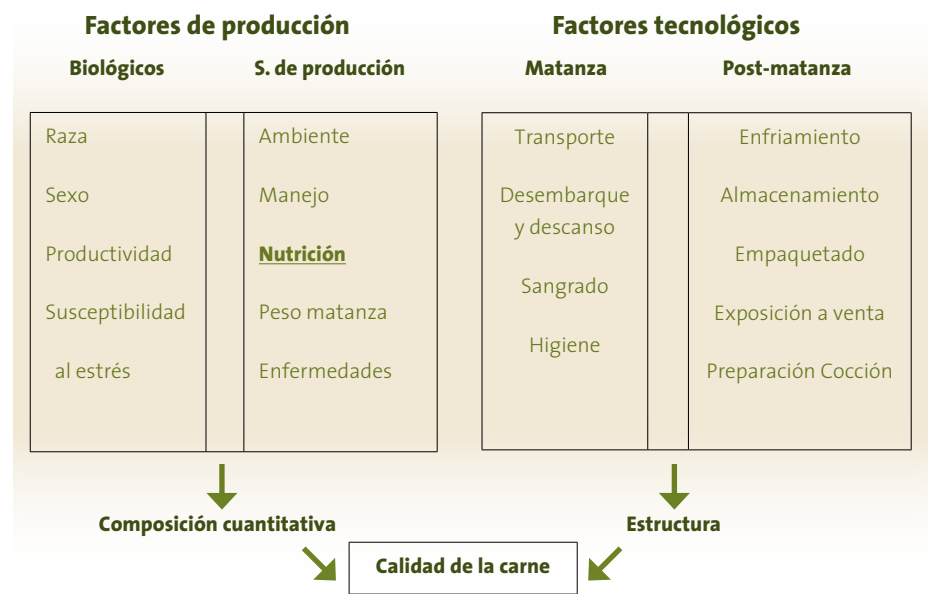


Figura 2. Factores de producción y tecnológicos que influyen sobre la calidad de la carne animal.



Figura 1. Ovejas de pelo cuya alimentación es bajo pastoreo con especies de forrajes tropicales.

De esta forma, la calidad de la carne asociada a la nutrición y alimentación se discute a continuación, con base en los requerimientos nutricionales de los rumiantes y su efecto ligado a ciertos parámetros que evalúan dicha calidad (Figura 3).

Importancia de los alimentos proteínicos

La proteína es necesaria para obtener calidad en la canal y la carne de los animales. La respuesta al suplemento proteínico depende del sistema de producción, la palatabilidad, y la calidad e interacción de los complementos nutricionales que integran la dieta. La eficiencia de los suplementos proteínicos se asocia a la disponibilidad de aminoácidos, la absorción intestinal y la disponibilidad a la formación de glucosa. Los requerimientos de la National Research Council para bovinos y pequeños rumiantes consideran el cálculo con tres porcentajes de proteína no degradada en rumen (20, 40 y 60%), incluida dentro de la proteína total, así como el requerimiento de proteína metabolizable, y la degradada en rumen ($\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$). En general, la disponibilidad de aminoácidos absorbidos en tejidos espláncnicos (nervio simpático que se origina de los ganglios torácicos paravertebrales, pero no inerva vísceras torácicas, sino abdominales) es importante para el crecimiento muscular. La masa microbiana es la fuente importante de proteína para la digestión y tiene una respuesta adecuada en el crecimiento y la retención de nitrógeno (principalmente metionina y lisina); los microorganismos aportan entre 50 y 90% de los aminoácidos esenciales que se absorben en el intestino (NRC, 2007). Existe una asociación entre los aminoácidos de la proteína microbiana y los del tejido muscular. La correlación es alta (0.83) ($P < 0.003$) y plantea el estudio de nutrientes o aditivos que mejoren la eficiencia de la masa microbiana y su flujo al intestino, así como la disponibilidad de proteína no degradada en rumen, que mejoren sustancialmente la formación de tejido muscular, la calidad de aminoácidos, y el contenido de proteína en la carne.

Los trabajos publicados en relación con los requerimientos proteínicos y la calidad de carne son limitados. Berge *et al.* (1993) observaron menor dureza en la carne cuando se incrementó la formación de músculo en becerros alimentados con una concentración alta en proteína, como pasta de soya, en comparación con concentraciones menores con la misma fuente; sin embargo, aunque la

alimentación basal sea con forrajes pobres, los corderos presentan mayor formación y acumulación de grasa subcutánea y mesentérica si se les proporciona un exceso de proteína (MacRae y Lobley, 1982).

Ponnampalam *et al.* (2003) evaluaron diferentes fuentes de proteína y forrajes de baja calidad en corderos de la raza Dorset-Horn \times Merino, donde el grupo testigo recibió forraje de heno de avena y los grupos experimentales dos a cinco recibieron suplementos proteínicos con balance iso-nitrogenado, observando que los tratamientos con las fuentes de proteína, comparados con el testigo, mejoraron el peso final y el peso vivo vacío. La dieta de cebada+urea/azufre (CUA) y la de harina de pescado (HP) incrementaron la ganancia de proteína y disminuyeron el depósito de grasa en la canal cuando se compararon con el grupo testigo (Figura 4). La respuesta principal de la HP se atribuyó a la proporción de la proteína no degradada en rumen y a mayor aporte de aminoácidos en el tracto intestinal. Sin embargo, la respuesta puede tener un comportamiento diferente cuando se usan dietas integrales en animales estabulados. Las harinas de origen animal, como las de pescado



Figura 3. Engorda intensiva de corderos en piso elevado y rastro Tipo Inspección Federal (TIF) para ovinos.



Figura 4. A: Corderos finalizados. B: Conformación de canales de corderos Pelibuey.

y pollo, contienen entre 66 y 62% de proteína total, y entre 39.6% y 30.4% de proteína no degradable en rumen (PNDR) (NRC, 2007), mientras que la pasta de soya (fuente de proteína más común usada en México para la engorda intensiva) contiene entre 44 y 49% de proteína total y sólo 17% de PNDR (NRC, 2007).

Importancia de los alimentos energéticos

Las dietas con granos incrementan la concentración de *n-6* ácido graso poli insaturado (AGPI) en músculo y produce una diferencia en sabor, mientras que las de pastos incrementan la concentración de *n-3* AGPI (Larick y Turner, 1990). La preferencia de diferentes grupos de panelistas expertos en análisis sensorial de la carne pueden diferenciar el sabor de los animales alimentados con grano o en pastoreo; por ejemplo, los de origen británico prefieren el sabor de corderos en pastoreo muy jóvenes. La composición de los AGPI y el sabor en los corderos confirma que los que son alimentados con forraje son preferidos por panelistas del Reino Unido (Fisher *et al.*, 2000). Por otro lado, trabajos

realizados en cerdos han demostrado que el suplemento de CLA (ácido linoleico conjugado) en la dieta mejora la eficiencia alimenticia (Corino *et al.*, 2003). Este efecto está relacionado con la disminución del músculo esquelético en el catabolismo. La mayoría de los estudios sobre el suplemento de CLA en la calidad de la carne se ha realizado en cerdos. El rumiante es una de las especies más compleja, debido a la fisiología de los pre-estómagos que en cierta manera pueden hidrogenar los ácidos; por tal motivo, es interesante estudiar la protección de CLA para mejorar su concentración en tejido muscular y que tenga un valor nutritivo en la carne destinada al consumo humano.

El sistema de producción y el programa nutricional ofrecido pueden modificar considerablemente la composición química de la carne y, particularmente, su contenido de CLA. Sistemas de alimentación basados en forrajes frescos permiten mejorar el tipo de ácidos grasos de la carne, como consecuencia de la mayor proporción de ácidos grasos polinsaturados presentes en el forraje con

respecto a los granos de cereales. Si bien el rumen tiene una importante capacidad de saturación de los ácidos grasos insaturados, este proceso no siempre es completo. En la medida que la cantidad de ácidos grasos insaturados aportados por el alimento sea mayor, así será la cantidad que escapa a una completa hidrogenación ruminal y, por tanto, existirá una cantidad más elevada de CLA o de su precursor susceptible de la acción de la Δ^9^- desaturasa.

En consecuencia, el contenido de CLA en la carne bovina, que es mayor que el de otras, puede incrementarse a través del manejo nutricional y, de esta forma, lograr carnes con más contenido de CLA y menores relaciones $\Omega 6/\Omega 3$, lo cual mejora su valor terapéutico, pudiendo considerarla un alimento funcional por tener efectos positivos sobre la salud de quienes consumen cortes magros y en cantidades moderadas.

Importancia de los minerales, vitaminas y pigmentos

Los minerales y vitaminas juegan un papel primordial en la calidad de la

carne. Algunos son de esencial importancia para mejorar la calidad nutricional y la apariencia física del producto. Como se muestra a continuación, los estudios más relevantes se enfocan en selenio, magnesio, vitamina E y carotenoides:

Selenio

El selenio (*Se*) es un microelemento deficiente en el altiplano de México; la carencia es causa común de la distrofia muscular nutricional (Ramírez *et al.*, 2001). En trabajos realizados en cerdos con un consumo de selenometionina en una concentración de 0.3 mg.kg^{-1} de *Se*/ración materia seca (MS), el color de la carne mejoró (Ellis y McKeith, 2000). La acción fisiológica no está clara, pero se sabe que la selenometionina se incorpora dentro de proteínas y este evento fisiológico es común en no rumiantes debido a la falta de transformación del microelemento en rumen; sin embargo, trabajos en rumiantes (Lawler *et al.*, 2004) demostraron un incremento de *Se* en tejido muscular cuando se administraron alimentos naturales ricos en *Se*. En corderos, el suplemento con selenito de sodio no causa cambios en la calidad física de la carne, pero sí mejora el rendimiento comercial y biológico hasta en 5%; la razón es una mayor proporción de tejido muscular en la región de las piernas (información sin publicar). La ingestión del selenio en la dieta humana es primordial, específicamente porque tiene numerosos efectos benéficos en la salud relacionados con la inmunocompetencia, capacidad reproductiva, estados de ánimo o humor, y propiedades cardio y neuroprotectoras en la prevención del cáncer (Clark *et al.*, 1996; Arthur *et al.*, 2003). El consumo diario que establece la USDA (2010) es de $55 \mu\text{g}$ por día, con una concentración máxima tolerable de $400 \mu\text{g}$ por día. En trabajos realizados por Ramírez-Briebesca (s/a) se registraron concentraciones de $1.77 \mu\text{g.g}^{-1}$ de *Se* en carne de cordero con suplemento de selenito de sodio en la dieta de los animales.

Magnesio (*Mg*)

Actúa como regulador de la estructura celular y es cofactor de varias enzimas involucradas en la fosforilación oxidativa y en el metabolismo de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. En plasma se puede encontrar libre (55%), en forma de complejos (13%), o unido a proteínas (32%) (Fontenot *et al.*, 1989). Zinn *et al.* (1996) y Ramírez *et al.* (1998) observaron un mejoramiento en la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y grado de marmoleo cuando se dio el suplemento de *Mg* a concentraciones de $30\text{-}50 \text{ mg.kg}^{-1}$ peso vivo (PV), sugiriendo que posiblemente el mineral está involucrado en la hiperplasia celular. La información sobre el requerimiento de *Mg* en corderos para la producción de carne todavía es limitada. La NRC (2007)

considera el requerimiento de mantenimiento y crecimiento en consumo de *Mg*, gramos por día. Si un cordero pesa 24 kg, el requerimiento para su mantenimiento será de $Mg \text{ g/d} = (0.003 \times 24) / 0.17$, equivalente a 0.4235. Considerando una ganancia diaria de peso (GDP) de 280 g, el requerimiento para crecimiento, $Mg \text{ d/d} = (0.41 \times .280) / 0.17$, será de 0.6752. La suma de ambos determina un consumo diario de 1.0987 g de *Mg* por día. La pregunta es: ¿Cuánto *Mg* debe tener la dieta integral cuando se prepara? Suponiendo que el animal consume 3% de su peso vivo, los corderos con un promedio de 24 kg podrán consumir 720 g por día en promedio; esto quiere decir que la dieta integral debe tener una concentración de *Mg* de 0.15%. En realidad, es difícil formular una dieta integral que tenga menos de 0.15%; por lo general, las dietas elaboradas para la engorda intensiva en corral sobrepasan este valor. Bajo este planteamiento se supone que en la mayoría de las ocasiones no será necesario suplementar con *Mg*. Es importante considerar el suplemento de 0.32% en la ración integral para tener efectos aditivos en la calidad de la canal. El requerimiento de *Mg* sugerido por la USDA (2010) para la población humana es de 350 mg por día, y estudios realizados muestran que la concentración promedio de Magnesio en el tejido muscular de cuello y lomo de cordero es de 0.7 mg.g^{-1} ; por lo tanto, la carne no se considera una fuente importante de *Mg*.

Vitamina E

La oxidación de lípidos en el músculo de los alimentos es iniciado por una alta fosforilación insaturada en las membranas subcelulares. Los hidroperóxidos de lípidos formados durante la fase secuenciada del proceso peroxidativo son inestables y se reducen con la presencia de elementos traza, generando los radicales libres y otros compuestos conocidos como radicales alkoxy y alkyl, aldehídos, cuerpos cetónicos, y compuestos carboxyl, los cuales tienen efectos adversos en la textura, color, sabor y el valor nutritivo de la carne (Buckley *et al.*, 1995).

Debido al aumento de la presión de los consumidores en referencia a la calidad de productos de consumo, en los últimos años el uso de la Vitamina E se extendió hacia la engorda de ganado en corral para obtener mayor calidad en la carne. La adición de antioxidantes a la carne fresca en el momento del procesado se ha mostrado menos efectiva y más cara que su incorporación en el músculo por medio de su adición en la dieta (Channon y Trout, 2002). La mayor parte de los estudios realizados hasta ahora hablan en término medio de una suplementación de 1,000 UI de Vitamina E por cabeza y día por espacio de 100 días, para lograr una acumulación de α -tocoferol en los músculos superior

a $3.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de tejido magro y poder controlar la oxidación de lípidos y mioglobina (Faustman *et al.*, 1998). La concentración de vitamina E en la carne de bovinos alimentados en pasturas contienen $7 \mu\text{g}\cdot\text{gramo}$ de carne, contra $1.6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en la de alimentados con granos, y de $4.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en la de aquellos alimentados con granos y suplementados con vitamina E (Grupo CEO, 2005). En pequeños rumiantes la NRC (2007) recomienda una cantidad mínima de $100 \text{ UI}\cdot\text{día}^{-1}$, y no se hace referencia al requerimiento de vitamina E con calidad de la carne en corderos.

En situaciones de pastoreo en praderas verdes, la cantidad de α -tocoferol depositada es suficiente para extender la vida de anaquel, pero con el inconveniente de la coloración amarillenta de la grasa. Estudios realizados donde se administró vitamina E durante la alimentación de los animales de pastoreo a concentraciones elevadas (100 - $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de forraje), la concentración en tejidos y estructuras subcelulares aumentó de forma marcada, ejerciendo un potente efecto antioxidante; además, retrasó la formación de metamioglobina en la carne que se comercializa y alargó el periodo en que la superficie del músculo no muestra evidencias de decoloración (Mitsumoto *et al.*, 1991; Arnold *et al.*, 1992; Arnold *et al.*, 1993; Zerby *et al.*, 1999). Esta mayor estabilidad del color y resistencia a la oxidación de los depósitos grasos, es la base para alargar la vida útil de la carne una vez fileteada y presentada al consumidor a la espera de su elección y compra (Schaefer *et al.*, 1995), además de que la suplementación de vitamina E en la dieta también reduce la pérdida de líquido en canales y cortes, evitando perder peso de canal en frío y, por lo tanto, una menor pérdida de exudado durante el almacenamiento, debi-

do a que preserve la integridad de las membranas (Den Hertog-Meischke *et al.*, 1997).

Un trabajo desarrollado por la Unidad de Tecnología de Producción Animal del CITA aragonés, ha permitido cuantificar el periodo en que se alarga la vida útil de la carne de cordero envasada en atmósfera modificada, debido a la suplementación alimentaria de la dieta de los animales mediante vitamina E y/o selenio teniendo en cuenta, además, los cambios tanto en el color como en la oxidación lipídica de la carne fresca. Los investigadores destacan que la suplementación con vitamina E consigue alargar cuatro días el periodo de vida útil de la carne, la formación de colores oscuros, de mioglobina, y la oxidación lipídica. Además, los resultados mostraron que el selenio puede ser utilizado sin la suplementación con vitamina E en la dieta de los animales con el fin de mejorar el color de la carne. Sin embargo, los autores han observado que el selenio parece tener una actividad que favorece la oxidación, incrementando los niveles de mioglobina y la oxidación lipídica (Pérez *et al.*, 2011).

Carotenoides (grasa amarilla en la canal bovina):

Una de las principales limitantes en la producción de carne de bovino en México es la pigmentación amarilla del tejido adiposo en las canales, cuando son engordados en pastoreo. Este problema disminuye la comercialización tanto en el mercado nacional como en el extranjero. El color de la grasa está determinado por pigmentos ingeridos durante el pastoreo. Específicamente el problema radica en el consumo de forrajes verdes, los cuales contienen abundantes pigmentos, incluyendo a los carotenoides y a los pigmentos naturales liposolubles. El β -caroteno, uno

de los carotenoides más abundantes en la naturaleza, también es el que se encuentra en mayor proporción en tejido adiposo de los rumiantes, dando la coloración amarilla a este tejido (Mora, 1999).

Aunque los carotenos son una fuente importante de Vitamina A, no todo el β -caroteno ingerido y absorbido es transformado a esta vitamina; una cantidad considerable puede circular en la sangre y se deposita en el tejido adiposo e hígado, dando como resultado el depósito de β -carotenos no transformados. Como consecuencia, se presenta el color amarillo en la grasa de las canales de bovinos finalizados en pastoreo. De ahí surge la necesidad de los productores de ganado bovino por disminuir la tonalidad amarilla de la grasa de la canal.

El color del tejido adiposo subcutáneo es un componente importante en la calidad de las canales en bovinos (Wood y Enser, 1997), considerado como elemento de juicio en los sistemas de clasificación de los Estados Unidos, Canadá, Australia y Japón (Walker *et al.*, 1990; Price, 1995), debido a que la variabilidad del color de la grasa en las canales se asocia a la calidad esperada por el mercado y los consumidores (Price, 1995). Crouse y Seideman (1984) observaron que tanto el color de la carne magra como la grasa son cada vez más importantes para categorizar la calidad en la carne y los productos cárnicos. En una encuesta realizada en Japón, Corea, Taiwán, Hong Kong y México, se observó que 80% de los encuestados estaban a favor de carne con tonalidad roja clara y grasa color ámbar (Dunne *et al.*, 2009) (Figura 5).



Figura 5. Canal bovina. A: Grasa amarilla; B: Grasa blanca.

En la mayoría de los mercados donde se comercializa la carne, se rechazan las canales con grasa color amarillo intenso (Walker *et al.*, 1990). Existen percepciones erróneas, tales como suponer que el color amarillo en los tejidos indica que el animal se encontraba enfermo al momento del sacrificio (Dunne *et al.*, 2009), o que la canal pertenece a animales viejos y, por tanto, tienen menor contenido de carne tierna, lo que redundaría en pérdidas económicas hasta por 900,000 dólares por año (Barrón *et al.*, 2004). Sin embargo, también existen argumentos en el sentido inverso que asocian a la grasa amarilla en forma positiva con las tradiciones de producción de carne (Wood y Enser, 1997), percibiéndolo como criterio de calidad ecológicamente favorable (Dunne *et al.*, 2009). Algunas regiones asiáticas asocian al color amarillo de la grasa con ganado sano que se cría con pasto o forraje y, por tanto, acumula carotenoides (Yang *et al.*, 1992). Este punto de vista fundamenta la alimentación del ganado en pasturas como

fuentes de beneficios, particularmente relacionados con el perfil de ácidos grasos (French *et al.*, 2000) y el contenido de antioxidantes (Wood y Enser, 1997). En este sentido, existe la posibilidad de utilizar el color o contenido de carotenoides como un indicador del historial de la dieta del animal y de la calidad nutricional de la carne (Prache *et al.*, 2002). Sin embargo, el consumidor promedio rechaza una carne con grasa amarilla ya que no evalúa los posibles beneficios nutrimentales de la incorporación de carotenoides, para lo cual se requerirían campañas publicitarias intensas.

Debido a que el color amarillo de la grasa es de importancia económica, resulta fundamental definir el límite de intensidad que es aceptable por el consumidor. Con base en esto, se pueden definir los días de finalización de los novillos en corral. Morgan y Everitt (1968) relacionaron el contenido de carotenoides en la sangre y el tejido adiposo, estableciendo una correlación ($r=0.92$) entre la concentración del carotenoide y la intensidad del color amarillo, mientras que Strachan *et al.* (1993) correlacionaron la concentración de β -caroteno y luteína sanguíneas con la tonalidad amarilla de la grasa intermuscular, obteniendo coeficientes de correlación menores ($r=0.7$ a 0.8). De forma similar, Yang *et al.* (1993) reportaron la relación entre el tejido adiposo amarillo y la concentración total de carotenoides en el tejido ($r=0.79$). Sin embargo, Swatland (1988) encontró que esta relación es subjetiva respecto al color amarillo en el tejido adiposo, debido a que otros factores y metabolitos están involucrados también en la presencia de este color en la grasa.

Independientemente de su intensidad, el color amarillo de la grasa subcutánea demerita el valor económico de la carne y causa severas pérdidas económicas a una región o país, como es el caso de México; una forma de contrarrestar esto es finalizar a los bovinos con granos; esta práctica permite que disminuya o desaparezca el color amarillo en el tejido adiposo. Sin embargo, existe controversia acerca del tiempo necesario para lograr esta disminución o desaparición, ya que un mayor tiempo involucrado en el



manejo repercute en la necesidad de más inversión en los rubros de exclusión de forraje 90 días antes del sacrificio (Miller, 2002). Hay que tomar en consideración que, además del tiempo óptimo de exclusión, los tipos de pasturas, las razas, edad al sacrificio y región específica, entre otros factores, influyen en la pigmentación de la grasa. Al respecto Dunne *et al.* (2006) reportaron que suministrar concentrados por 26 y hasta 56 días fue suficiente para disminuir el color amarillo en novillas y novillos en corral, respectivamente; y la intensidad del color disminuyó hasta el día 112 de finalización. En conclusión, no se ha establecido el límite en la intensidad de color amarillo que puede ser aceptado por el consumidor pues depende de varios factores relacionados con el animal y el sistema de producción. Las pérdidas económicas ocasionadas por la apariencia de la grasa son considerablemente altas y se deben contrarrestar a través de la disminución del color o con campañas de publicidad dirigidas a la aceptación de la apariencia por parte del consumidor.

Efecto de algunos aditivos

Ionóforos

La monensina y lasalocida a una concentración de 32 mg.kg⁻¹ de alimento base MS mejora ligeramente el rendimiento de la canal y la calidad de la carne (Gilka *et al.*, 1989).

Fármacos

El α -ácido de leucina y α -cetoisocaproato (KIC) intervienen en el metabolismo y estimulan la síntesis de proteína. Los receptores β -adrenérgicos modifican las características de la canal y tienen una respuesta notoria en el incremento de tejido magro y la disminución de tejido graso. Los agonistas β -AR disminuyen la grasa accionada por el estímulo en los adipocitos, ocasionando inhibición de los ácidos grasos y síntesis de triacilglicerol. Los agonistas β -AR también incrementan el flujo de sangre a ciertas regiones del cuerpo, principalmente hacia los músculos. Se mejora el aporte de nutrientes para la síntesis de proteína y la formación de tejido conectivo, y se incrementa el arrastre de ácidos grasos no esterificados, mejorando la lipólisis (Zamiri y Karimi, 2005). En México está prohibido el uso del clenbuterol en animales. Algunos trabajos realizados con estos fármacos en rumiantes se presentan en el Cuadro 1.

Inmunizadores

La inmunización activa y pasiva contra el tejido adiposo es una línea de investigación limitada que está siendo traba-

jada por ingleses e irlandeses (Moloney *et al.*, 1998; Fahmy *et al.*, 1999; Carson *et al.*, 2001; Moloney *et al.*, 2002). El método consiste en manipular el sistema inmune a través de la destrucción de células grasa o adipocitos con la creación de anticuerpos citotóxicos, reduciendo la grasa almacenada e incrementando la carne magra. Los resultados parecen ser alentadores, considerando una posible vacuna comercial en poco tiempo.

CONCLUSIONES

Los alimentos y suplementos ejercen efectos cuantitativos y cualitativos en el tejido muscular y, en consecuencia, en la calidad de la carne. El aporte de los nutrientes fueron discutidos por separado, pero la respuesta que tiene el animal hacia éstos debe considerarse en forma conjunta. Es decir, la formulación de raciones o la administración de suplementos, fármacos o promotores del crecimiento deben establecerse partiendo del plano nutricional y de la calidad del producto-carne que se pretende obtener, ya sea en pastoreo o en engorda intensiva.

Actualmente existen varias sugerencias alimenticias para poder mejorar la calidad de la carne; sin embargo, todavía falta investigación para poder obtener una mejor calidad del producto cárnico que exigen el productor y el consumidor. La literatura revisada se enfoca únicamente en el plano nutricional, se orienta en cómo mejorar la conformación y el rendimiento, la calidad fisicoquímica de la carne, y el valor nutritivo en las proporciones de proteína-grasa y minerales.

LITERATURA CITADA

- Arnold R.N., Scheller K.K., Arp, S.C., Williams S.N., Schaefer D.M. 1992. Effect of long- or shortterm feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *J. Anim. Sci.* 70: 3055-3065.
- Arnold R.N., Arp S.C., Scheller K.K., Williams S.N., Schaefer D.M. 1993. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *J. Anim. Sci.* 71: 105-118.
- Arthur J.R., McKenzie R.C., Beckett G.J. 2003. Selenium in the immune system. *J. Nutr.* 133: 1457-1459.
- Avendaño-Reyes L., Macías-Cruz U., Álvarez-Valenzuela F.D., Águila-Tepato E., Torrentera N.G., Soto S.A. 2011. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *J. Anim. Sci.* 89: 4188-4194.

Cuadro 1. Algunos fármacos utilizados que afectan la calidad de la canal y la carne.

Fármaco	Concentración	Efecto	Referencia
Efedrina	8 mg kg ⁻¹ PV ^{0.75}	Incrementa proteína Disminuye grasa	Zamiri y Karimi (2005)
Metaproterenol	5 µg kg ⁻¹ PV ^{0.75} 20 mg kg ⁻¹ MS	Mejor rendimiento de la canal Mejor conversión Rendimiento canal	Zamiri y Izadifard (1995) Nourozi <i>et al.</i> (2005)
Cimaterol	30 g kg ⁻¹ MS	Incrementa rendimiento de la canal	Moloney <i>et al.</i> (1995)
α-cetoisocaproato	15 g animal	Incrementa GDP Incrementa tejido muscular	Flakoll <i>et al.</i> (1991)
Fenoterol	5 mg kg ⁻¹ MS	Disminuye la grasa Incremento de masa muscular	Garrett <i>et al.</i> (1999)
Zilpaterol	8.33 mg kg ⁻¹ MS (becerras) 10.0 mg oveja ⁻¹	Mejora la masa muscular Mejora el peso de la canal, rendimiento y conformación	Rathmann <i>et al.</i> (2012) Avendaño-Reyes <i>et al.</i> (2011)

- Barrón G.S., García B.C., Mora I.O., Shimada M.A. 2004. Impacto económico de la pigmentación del tejido adiposo en bovinos en pastoreo en el trópico. *Agrociencia* 38:173-179.
- Berge P., Cuñioli J., Renerre M., Touraille C., Micol D., Geay Y. 1993. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Sci.*, 35: 79-82.
- Buckley D.J., Morrissey P.A., Gray J.L. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J Anim. Sci.* 73: 3122-3130.
- Carson A.F., Willott C.T., Mackie D.P., McCaughey W.J. 2001. Active immunisation of lambs with a monoclonal antibody against clenbuterol. *Livest. Prod. Sci.*, 68: 87-91.
- Channon H.A., Trout G.R. 2002. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Sci.* 62: 9-17.
- Clark L.C., Combs G.F., Turnbull B.W., Elizabeth H., Chalker D.K., Krongrad A., Leshner J.L., Park H.K., Sander B.B., Smith C.L., Taylor J.R. 1996. Effect of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin: a randomized controlled trial. *J. Am. Med. Assoc.* 276: 1957-1963.
- Corino C., Magni S., Pastorelli G., Ross R., Morout J. 2003. Effects of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2219-2229.
- Crouse J.D., Cross H.R., Seideman S.C. 1984. Effects of a grass or grain diet on the quality of three beef muscles. *Journal of Animal Science* 58: 619-625.
- Den Hertog-Meischke, M.J.A., Smulders F.J.M., Houben J.H., Eikelenboom G. 1997. The effect of dietary vitamin E supplementation on drip loss of bovine longissimus lumborum, psoas major and semitendinosus muscles. *Meat Sci.* 45: 153-160.
- Dunne P.G., O'Mara F.P., Monahan F.J., Moloney A.P. 2006. Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci.* 74: 231-241.
- Dunne P.G., Monahan F.J., O'Mara F.P., Moloney A.P. 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Sci.* 81: 28-45.
- Ellis M., McKeith F. 2000. Nutritional influences on pork quality. *Facts, National Pork Producers Council. Am. Meat Sci. Assoc.* pp: 1-9.
- Fahmy S.H., Sairam M.R., Proulx J.G., Petit H.V., Jiang L.G., Dufour J.J. 1999. Effect of active immunization against luteinizing hormone on carcass and meat quality of Romanov lambs. *Small Rumin. Res.* 34: 87-96.
- 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.
- Fisher A.V., Enswr M., Richardson R.I., Wood J.D., Nute G.R., Kurt E., Sinclair L.A., Wilkinson R.G. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Sci.* 55: 141-147.
- Flakoll P.J., VandeHaar M.J., Kuhlman G., Nissen S. 1991. Influence of Ketoisocaproate on lamb growth, feed conversion, and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 69: 1461-1467.
- Fontenot J.P., Allen V.G., Buneo G.E., Goff J.P. 1989. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J. Anim. Sci.* 67: 3445-3455.
- French P., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., Vidal M., Mooney M.T., Troy, D.J., Moloney A.P. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci.* 56: 173-180.
- Garrett R.P., Britain K.G., Savell J.W., Edwards J.W., Smith S.B. 1999. Body composition of lambs receiving 30 or 60 days of exercise training and (or) fenoterol treatment. *Meat Sci.*, 52: 235-246.
- Gilka J., Jelinek P., Janková B., Krejci P., Habrda J. 1989. Carcass traits and meat quality of male lambs fed monensin or lasalocid. *Meat Sci.* 25: 265-272.
- Larick D.K., Turner B.E. 1990. Flavour characteristics of forage and grain fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. *J. Food Sci.* 55: 312-368.
- Lawler T.L., Taylor J.B., Finley J.W., Caton J.S. 2004. Effect of supranutritional and organically bound selenium on performance, carcass characteristics, and selenium distribution in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 82: 1488-1493.
- MacRae J.C., Lobley G.E. 1982. Some factors which influence thermal energy losses during the metabolism of ruminant. *Livest. Prod. Sci.* 9: 447-456.
- Mitsumoto M., Cassens R.G., Schaefer D.M., Arnold R.G., Scheller K.K. 1991. Improvement of color and lipid stability in beef longissimus with dietary vitamin E and vitamin C drip treatment. *J. Food. Sci.*, 56: 1489-1492.
- Miller R.K. 2002. Factors affecting the quality of raw meat. *En: Meat Processing.*

- Improving Quality. J. Kerry y D. Ledward (compiladores). Wood Head Publishing. Cambridge, Inglaterra.
- Moloney A.P., Allen P., McHugh T.V., Quirke J.F. 1995. Effects of cimaterol on Finnish-Landrace wether lambs. 1. Feed conversion efficiency, body composition and selected plasma hormone and metabolite concentrations. *Livest. Prod. Sci.* 42: 23-33.
- Moloney A.P., Allen P., Enright W.J. 1998. Passive immunization of sheep against adipose tissue: effects on metabolism, growth and body composition. *Livest. Prod. Sci.* 56: 233-244.
- Moloney A.P., Allen P., Enright W.J. 2002. Body composition and adipose tissue accretion in lambs passively immunized adipose tissue. *Livest. Prod. Sci.*, 74: 165-174.
- Mora O., Romano J.L., González E., Ruiz F.J., Shimada A., 1999. *In vitro* and *in situ* disappearance of betacarotene and lutein from lucerne (*Medicago sativa*) hay in bovine and caprine ruminal fluids. *J. Sci. Food Agric.* 79:273-276.
- Morgan J.H.L., Everitt G.C. 1968. Beef production from Jersey steers grazed in three environments. *Proceedings of the New Zealand Soc. Anim. Prod.* 28: 158-176.
- Nourozi M., Abazari M., Mohammadi M., Raisianzadeh M., ZareShahne A. 2005. Effect of two beta-adrenergic agonist on performance and carcass composition of an Iranian native breed of sheep. *Pakistan J. Nutr.* 4, 384-388.
- NRC. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, goats, cervids, and new world camelids.* Edición The National Academy Press, Washington, D.C. 362 p.
- Pérez J.M., Vitale M., Lloret E., Arnau J., Realini C.E. 2011. Efecto de la maduración en la vida útil de la carne de vacuno envasada en atmósfera modificada. *Eurocarne N° 198.* Julio agosto 2011. Pág. 74-78.
- Ponnampalam E.N., Brenton J., Hosking Egan A.R. 2003. Rate of carcass components gain, carcass characteristics, and muscle longissimus tenderness in lambs fed dietary protein sources with a low quality roughage diet. *Meat Sci.* 63: 143-149.
- Prache S., Priolo A., Jailler R., Dubroeuq H., Micol D., Martin B., 2002. Traceability of grass-feeding by quantifying the signature of carotenoid pigments in herbivore meat, milk and cheese. *Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation on Multi-Function Grasslands: Quality Forages, Animal Products and Landscapes.* Association Française pour la Production Fourragère. Versailles, Francia.
- Price M.A. 1995. Development of carcass grading and classification systems. En: *Quality and grading of carcasses of meat animals.* S.D. Morgan-Jones (compilador). CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Ramírez J.E., Alvarez E.G., Montaña M., Shen Y., Zinn R.A. 1998. Influence of dietary magnesium level on growth-performance and metabolic responses of Holstein steers to laidlomycin propionate. *J. Anim. Sci.* 76: 1753-1759.
- Ramírez-Briebesca J.E., Tórtora J.L., Huerta M., Aguirre A., Hernández L.M. 2001. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican plateau. *Small Rumin. Res.* 41: 81-85.
- Rathmann R.J., Bernhard B.C., Swingle R.S., Lawrence T.E., Nichols W.T., Yates D.A., Hutcheson J.P., Streeter M.N., Brooks J.C., Miller M.F., Johnson B.J. 2012. Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 90: 3301-3311.
- SAGARPA. 2012. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estadisticas/PaginasEscenarioBase2008-2018.aspx>.
- Schaefer DM, Liu Q., Faustman C., Yin M. 1995. Supranutritional administration of vitamins E and C improves oxidative stability of beef. *J. Nutr.* 125: 1792S-1798S.
- Strachan D., Yang A., Dillon R. 1993. Effect of grain feeding on fat colour and other carcass characteristics in previously grass-fed *Bos indicus* steers. *Aust. J. Exp. Agric.* 33: 269-273.
- Swatland H.J. 1988. Interference colors of beef fasciculi in circularly polarized light. *J. Anim. Sci.* 66: 379-384.
- USDA. 2010. *Dietary Guidelines for Americans.* U.S. Department of Health and Humans Services. <http://www.cnpp.usda.gov/dietaryguidelines.htm>
- Walker P.J., Warner R.D., Winfield C.G. 1990. Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production.* Werribee, Victoria, Australia.
- Wood J.D., Enser A.C. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Br. J. Nutr.* 78: S49-S60.
- Yang A., Larsen T.W., Tume R.K. 1992. Carotenoid and retinol concentrations in serum, adipose-tissue and liver and carotenoid transport in sheep, goats and cattle. *Austr. J. Agric. Res.* 43: 1809-1817.
- Yang A., Tume R.K. 1993. A comparison of beta-carotene-splitting activity isolated from intestinal mucosa of pasture-grazed sheep, goats and cattle. *Biochem. Molec. Biol. Intern.* 30: 209-217.
- Zamiri M.J., Izadifard J. 1995. Effect of metaproterenol, a beta-adrenergic agonist, on feedlot performance and body composition of two fat-tailed breed of sheep. *Small Rumin. Res.* 18: 263-271.
- Zamiri M.J., Karimi A. 2005. Effect of ephedrine on carcass characteristics of fat-tailed sheep. *Iranian J. Sci. Tech.*, 29: 19-27.
- Zerby H.N., Belk K.E., Dofos J.N., McDowell L.R., Smith G.C. 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with alphatocopheryl acetate. *J. Anim. Sci.*, 77: 2458-2463.
- Zinn R.A., Shen Y., Adam C.F., Tamayo M., Rosalez J. 1996. Influence of dietary magnesium level on metabolic and growth-performance responses. *J. Anim. Sci.* 74: 1462-1469.

