

¿De qué hablamos cuando hablamos de calidad de carne?

NOTA TÉCNICA

Gustavo Garibotto*

INTRODUCCIÓN

El término calidad, en su acepción más general, hace referencia a la propiedad o al conjunto de propiedades inherentes a algo que permiten juzgar su valor. En consecuencia, se reconoce que el concepto de calidad aplicado al producto carne se torna ambiguo según el eslabón de la cadena cárnica (productor, industrial, comerciante, comprador o consumidor) desde el cual se lo emplea. Ello obedece a que, para los diferentes actores, el conjunto de propiedades consideradas para juzgar el valor cualitativo de la carne no son necesariamente las mismas o, aun siéndolo, tienen un peso relativo diferente.

El objetivo del presente trabajo es describir las principales características vinculadas con la calidad de la carne ovina en función de su importancia relativa, discutir los factores que las determinan, presentar las eventuales relaciones entre ellas e insinuar alternativas tecnológicas que permitan su control o modificación en el sentido deseado, como forma de incrementar los niveles de producción de carne de calidad. La primera referencia en este sentido es que, cuando se habla de carne ovina de calidad, es consenso general que en realidad se está hablando exclusivamente de carne de cordero.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA CARNE OVINA

Son numerosas las etapas que es necesario que se cumplan hasta que la carne pueda ser utilizada por el consumidor final. Ello comprende actividades desarrolladas en el establecimiento (cría, recría y engorde de los animales hasta determinado peso vivo o edad objetivo), el posterior traslado hasta la planta frigorífica para ser faenados y obtener las canales o los cortes que serán enfriados o congelados para ser distribuidos en el mercado, comprados por el consumidor y finalmente cocidos y consumidos. En cada una de estas etapas existe una gran variedad de factores que pueden incidir en la calidad del producto, tanto desde el punto de vista de la canal como del de la

carne. De esta forma, resulta evidente que para obtener un producto de calidad es condición necesaria que los diferentes integrantes del complejo actúen en forma coordinada, reconociéndose cada uno de ellos como un componente esencial de dicho proceso y colaborando en la meta de obtener un producto de calidad.

No obstante, como fue mencionado, los diferentes atributos que le confieren las características de calidad a la carne toman distinta relevancia según el eslabón del complejo cárnico que los considere (Sañudo, 1992; INAC e INIA, 2003). Tanto para el productor como para el industrial, las características vinculadas con la calidad de la canal (peso, conformación, engrasamiento) parecen tener una mayor relevancia que aquellas vinculadas con la calidad de carne, seguramente en virtud de la influencia que las diferentes características ejercen sobre sus propios intereses. En contraste, para los últimos eslabones de la cadena, los aspectos vinculados con las características organolépticas y tecnológicas de la carne, es decir, aquellas que son percibidas por los sentidos en el momento de la compra o del consumo, parecen ser los determinantes. No obstante, y por ser los primeros los eslabones más influyentes del complejo, es poca o nula la influencia que tienen estos aspectos de calidad de la carne en la formación del precio, en relación con la importancia de los criterios vinculados con la canal que, además, son más sencillos de medir en la cadena de faena.

Lister (1995) distingue tres estadios en la percepción de calidad que realiza el consumidor. En el momento previo a la compra esta percepción estaría determinada por la cultura y la expectativa de precios. En el momento de la compra, la forma de presentación, el color del músculo y de la grasa son los factores que tienen mayor influencia. Finalmente, durante el consumo de la carne, los atributos sensoriales como la ternura y la jugosidad, aparecen como los factores más importantes. En consecuencia, resulta claro que la calidad organoléptica de la carne es la responsable de satisfacer las demandas del consumidor, y sobre ese conjunto de características influyen factores intrínsecos o productivos, factores pre-

faena y faena, factores pos-faena y factores de comercialización y consumo. Sin dudas existen otros aspectos relacionados con la calidad de la carne (calidad nutricional, calidad higiénica, calidad funcional o tecnológica, etc.) pero que por su propia naturaleza escapan al interés del presente trabajo.

En términos generales, se puede afirmar que los factores pre y pos-sacrificio y aquellos vinculados con la comercialización y el consumo afectan en mayor medida los parámetros de calidad de la carne que lo que lo hacen los factores intrínsecos o productivos (Sañudo, 1998). Sin embargo, de estos últimos, la edad del animal y el tipo de músculo considerado, son los que ejercen los mayores efectos sobre las características en cuestión. Lamentablemente es poco lo que podría hacerse, a nivel de productor, en la modificación de la proporción de los músculos de mayor interés en función de la escasa variación que cabe encontrar entre animales del mismo peso y similar grado de terminación, de acuerdo a la Ley de la Armonía Anatómica propuesta por Bocard y Dumont (1960). Las diferencias vendrían dadas, entonces, por faenar los animales con distinto peso o nivel de engrasamiento, para lo cual, además de diferencias individuales y raciales, la edad del animal a la faena constituye un elemento esencial, aun tratándose siempre de corderos.

pH

A partir del momento en que el animal es sacrificado comienza a desencadenarse una serie de mecanismos que son los responsables de la transformación del músculo en carne. La musculatura no cesa bruscamente sus funciones con la muerte del animal, sino que, por el contrario, se produce un intento del organismo de mantener la homeostasis, lo que va conformando las características organolépticas de la carne. Durante ese período se desarrolla una serie de fenómenos bioquímicos y biofísicos que componen el proceso de evolución post-mortem de la carne. En esta transformación participan tres grupos de fenómenos interrelacionados: descenso del pH, instauración del *rigor mortis* (formación de enlaces irreversibles entre los miofilamentos del

* Ing. Agr., Dpto. Producción Animal y Pasturas, EEMAC.

músculo -actina y miosina- para formar actomiosina) y maduración de la carne (ruptura o desintegración de la estructura muscular a nivel de la línea Z', Figura 1).

En el animal vivo el pH es prácticamente neutro, oscilando entre 7.0 y 7.3. Con el desangrado y la muerte del animal se interrumpe el sistema circulatorio y el ácido láctico que se genera en el músculo como consecuencia del metabolismo anaeróbico (glucólisis anaeróbica) no puede ser transportado al hígado donde sería utilizado para la síntesis de glucosa y glucógeno. Esta acumulación de ácido láctico es la responsable del descenso del pH, que es un fenómeno requerido para un correcto proceso de transformación del músculo en carne. Este descenso debe producirse en forma gradual desde el pH inicial de 7,0 - 7,3 hasta valores de 5,5 - 5,7 a las 6 - 12 horas post-mortem, para estabilizarse a las 24 horas post-mortem (pH24) en valores ligeramente inferiores (5,4 aprox.), debido a la inhibición de algunas enzimas glucolíticas. Las alteraciones de este descenso normal del pH reconocen causas multifactoriales, que van desde factores propios del animal, el sistema de producción (alimentación), el manejo pre-faena (estrés, ayuno, etc.) y el manejo post-faena (estimulación eléctrica, refrigeración, etc.). Es por esa misma razón que, si bien el problema del pH en la carne ovina no tiene el mismo grado de incidencia que en el cerdo o en el ganado vacuno, se hace muy difícil determinar y controlar las causas que predisponen su aparición. En la Figura 2 se presentan las curvas de evolución del pH normal y para los dos fenómenos indeseados y contrapuestos: descenso lento (DFD, por su sigla en inglés) y descenso rápido (PSE, por su sigla en inglés).

Cuando el pH desciende sólo unas pocas décimas de punto durante la primera hora pos-sacrificio, permaneciendo luego relativamente estable en valores superiores a pH 6, da origen a las carnes denominadas DFD (Dark, Firm, Dry; Oscuras, Firmes, Secas). Si bien, los ovinos son menos sensibles que los vacunos o los suínos a presentar problemas de pH gracias a la menor susceptibilidad de esta especie al estrés, escasas reservas de glucógeno muscular a causa de ayunos prolongados pre-faena o niveles elevados de estrés, asociados a temperaturas corporales normales o por debajo de lo normal, pueden terminar ocasionando problemas de carne DFD en el ovino (Bekhit

El músculo está compuesto por fibras musculares rodeadas por el sarcolema y en su parte central éstas son ocupadas por las miofibrillas, responsables del sistema contráctil. Estas miofibrillas están constituidas por miofilamentos que pueden ser gruesos (miosina, etc.) o finos (actina, etc.). Ambos miofilamentos se disponen en forma paralela entre sí, interpenetrándose en el sentido longitudinal dando origen al aspecto estriado del músculo, con bandas claras I y bandas oscuras A. En el interior de las bandas I se aprecia una estructura denominada línea Z. La porción de miofibrilla comprendida entre dos líneas Z, se denomina sarcómero, siendo la unidad estructural repetitiva de la miofibrilla.

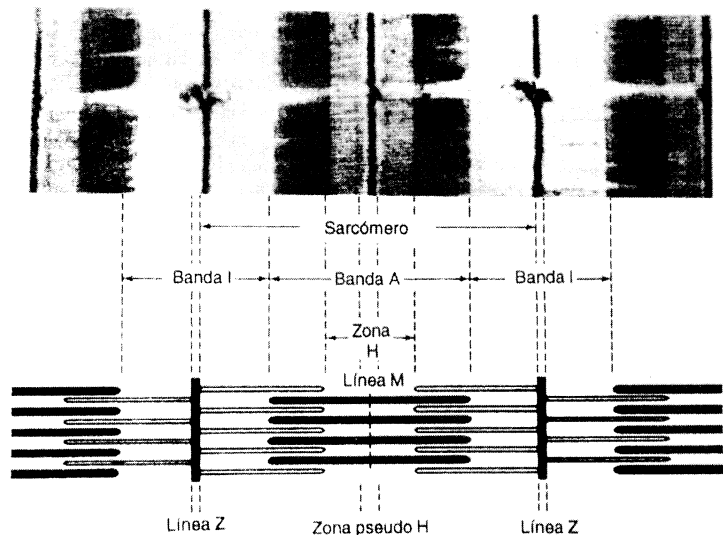


Figura 1. Estructura del sarcómero. (Tomado de Cassens, 1994).

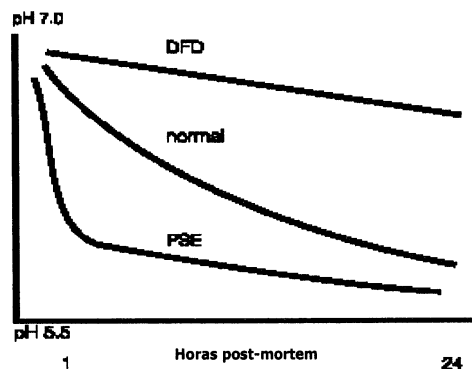


Figura 2. Evolución del pH en las primeras 24 horas post-mortem.

et al., 2001). Ha sido señalado (Bray, 1988) que corderos expuestos a más de una fuente de estrés manifiestan mayor nivel de sensibilidad a un nuevo factor estresante que los sometidos a una única fuente de estrés. Ello sugiere que la respuesta medida en diferentes experimentos a un único factor estresante estaría subestimando el impacto real del estrés bajo condiciones comerciales. De hecho, en una reciente encuesta realizada a nivel de la industria frigorífica nacional (Bianchi y Garibotto, sin publicar) se ha reconocido por parte de los jefes de producción de diversas plantas que si bien no es rutina medir pH en canales ovinas, las veces que lo han hecho han encontrado valores levemente superiores al deseable (pH>5,8).

En el otro extremo, un rápido descenso del pH, alcanzando valores inferiores a 5,8 en los primeros 45 minutos post-mortem y

llegando a valores finales (pH24) de 5,3 - 5,6, ocasiona las denominadas carnes PSE (Pale, Soft, Exudative; Pálidas, Blandas, Exudativas). En principio, temperaturas elevadas del músculo, una mayor anaerobiosis inicial con la presencia de ácido láctico desde los primeros momentos post-mortem, elevados niveles iniciales de glucógeno, además de diferencias particulares de cada individuo, predisponen a la manifestación de este tipo de carnes. Sin embargo, la ocurrencia de carnes PSE en los rumiantes en general, y en el ovino en particular, es prácticamente inexistente.

En términos generales puede afirmarse que las modificaciones en el descenso del pH, en un sentido o en el otro, obedecen al mismo conjunto de factores, con la diferencia de la dirección en el que estén operando.

El tipo de músculo considerado incide sobre el pH desde el momento en que varían en el contenido y en la proporción del tipo de fibras (contracción rápida o lenta) y, en consecuencia, en los niveles de glucógeno e intensidad del metabolismo glucolítico (Aalhus y Price, 1991). Afortunadamente,

nadamente, estas diferencias de pH entre los músculos van siempre en la misma dirección, es decir, si bien mantienen algunas décimas de diferencia entre ellos (0,2 - 0,3), si una canal tiene pH más alto, todos los músculos que la componen tendrán pH superior. Esto es de capital importancia desde el momento en que el pH es determinado en la canal únicamente sobre algunos músculos que, en definitiva, son representativos del pH de toda la canal. En particular, sobre el músculo *Longissimus dorsi* es donde suele realizarse con mayor frecuencia la determinación de pH. El pH varía también en el interior de un mismo músculo, fundamentalmente en aquellos de mayor volumen (*M. semimembranosus*, por ejemplo), a causa de variaciones en la proporción de las fibras.

Otros factores intrínsecos, como la edad, la raza o el sexo del cordero, poseen incidencia escasa o nula sobre el pH y, en todo caso, carecen de importancia productiva o económica. En el caso de la edad, si bien existe una tendencia a una mayor velocidad de caída del pH y un pH^{24} menor conforme aumenta la edad, estas diferencias no son de magnitud en el rango de edades dentro del que puede variar la edad de los corderos. En el país existe información referente al efecto del tipo racial y el sexo del cordero sobre el pH, que pone de manifiesto la ausencia de relación entre estas variables con los valores de pH^1 y pH^{24} (Bianchi *et al.*, 2003a). Sin embargo, han sido señaladas diferencias entre líneas de una misma raza, sometidas a estrés previo a la faena (Bray *et al.*, 1992; 1994), seleccionadas por rápido o lento metabolismo de glucosa, lo que sugeriría la existencia de diferencias entre líneas dentro de una raza o entre razas (Hopkins *et al.*, 1996).

La alimentación del cordero tiene efecto sobre el pH, con una tendencia general a que animales mejor alimentados -particularmente con dietas ricas en energía- presentarán carnes con menos problemas (Devine *et al.*, 1993; Speck *et al.*, 1995). Por otro lado, corderos que en sus últimas etapas han estado sometidos a bajos niveles nutritivos, con eventuales pérdidas de peso, tienen valores de pH superiores a 5,8, pero esto es atribuido más al estrés ocasionado por dicha restricción que a un efecto de la dieta por se (Bray *et al.*, 1989).

Entre los factores extrínsecos, el ayuno, la propia faena, la aplicación de estimulación eléctrica y el enfriado de las canales son los principales factores que inciden sobre los valores de pH.

Independientemente de su efecto como elemento estresante, el ayuno previo a la

faena reduce el contenido de glucógeno muscular, pudiendo afectar el pH^{24} debido a una insuficiente generación de ácido láctico y, en consecuencia, dando lugar a una insuficiente reducción del pH (Carragher y Matthews, 1996). La propia faena, más precisamente la existencia o no de aturdimiento previo, el método de aturdimiento empleado (neumático, eléctrico, etc.), el tiempo transcurrido desde el aturdimiento hasta el desangrado, el modo de desangrado (colgado o tumbado) son todos elementos que, en virtud de lo discutido, resulta evidente que tendrán un importante efecto sobre la velocidad de caída del pH y sobre el pH final. Ejercerán su efecto, ya sea porque se interrumpe el sistema circulatorio (desangrado), ya sea porque afectan los niveles de glucógeno (aturdimiento) o el inicio de la actividad anaeróbica (tiempo entre aturdimiento y desangrado). La estimulación eléctrica, que en nuestro país prácticamente no es utilizada en canales ovinas (Bianchi y Garibotto, sin publicar), acelera la caída de pH, encontrándose valores de pH^{24} inferiores en animales estimulados con alto (Geesink *et al.*, 2001) o bajo voltaje (Simmons *et al.*, 1997) a aquellos no estimulados. En general esta tecnología está asociada al uso del enfriamiento rápido o ultrarrápido de las canales como forma de evitar los perjuicios que se ocasionarían (acortamiento por frío) de realizarlo a valores de pH más elevados (Shaw *et al.*, 1996). Queda claro el efecto del frío sobre el pH, tomándose como norma general que la temperatura en el músculo no debería bajar por debajo de los 10°C en las primeras horas de frío o por debajo de 10°C con valores de pH superiores a 6,0 (Chrystall *et al.*, 1980).

El pH de la carne es una de las principales características que determinan la calidad del producto y está influida por un sinnúmero de factores que pueden interactuar entre sí determinando la velocidad de descenso y el pH final de la carne. Queda claro también cómo, en distintas etapas del proceso productivo, los animales están expuestos a diferentes formas de estrés que es probable que luego terminen afectando el pH. Así, situaciones tan diversas como la esquila previa a la faena (práctica común en nuestro país en el cordero pesado), la docilidad o nivel de acostumbamiento al humano, el transporte de los animales -asociado a las características (superficie disponible/animal, mezcla de sexos, condiciones meteorológicas, etc.) y duración del mismo-, las características y duración de la espera en frigorífico, etc. serán elementos que podrán actuar como estresores y, consecuentemente, afectar los valores de pH. A este

respecto existe abundante literatura que intenta cuantificar estos efectos y minimizar sus efectos negativos (Bray *et al.*, 1989; Aalhus y Price, 1991; Apple *et al.*, 1993; Carragher y Matthews, 1996; Goddard *et al.*, 2000; Castro y Robaina, 2003). En el Uruguay, el Grupo de Ovinos y Lanas de la EEMAC llevó adelante un experimento a fines de verano de 2003 con el propósito de evaluar el efecto de diferentes tiempos de duración del transporte y distintos tiempos de espera en el frigorífico sobre los principales indicadores de estrés y calidad de la carne de corderos. En breve, se realizarán los análisis que aún restan por hacer y se procesará la información a efectos de su publicación. Resultados similares se han generado en otro experimento sobre ganado vacuno.

Por su parte, tanto la velocidad de la caída del pH como su valor final producen importantes modificaciones en los restantes parámetros de calidad de la carne. Así, conforme el pH disminuye y se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas (pH 5,0 - 5,1), el agua inmovilizada y, hasta cierto punto, el agua libre tiende a migrar hacia el exterior con la consecuente disminución en la Capacidad de Retención de Agua (CRA) y, por consiguiente, con un aumento en las pérdidas de agua durante las fases conservación, corte de la carne y cocción, tornándola menos jugosa. Además, esa pérdida de agua produce una estructura de la carne más cerrada que refleja mayor cantidad de luz y, por lo tanto, tiene una apariencia más clara. De ahí que en el extremo de valores de pH bajos -carnes PSE- se obtenga un color pálido (claro). Si a este bajo pH se le suman elevadas temperaturas, suele producirse una desnaturalización de las proteínas que da origen a sabores y olores indeseables.

En el caso opuesto, es decir, ante una menor caída del pH, la Capacidad de Retención de Agua aumenta, lo que imparte al músculo-carne una estructura más abierta, en virtud del alto contenido de agua, que lo hace absorber gran parte de la luz recibida y exhibir coloraciones oscuras.

JUGOSIDAD - CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

Este es un parámetro físico-químico definido como la capacidad de la carne para retener el agua que ella contiene (en forma libre o inmovilizada) durante la aplicación de distintas fuerzas externas (corte, calentamiento, trituración y prensado) a las que normalmente está sometida a lo largo de los procesos de transformación y consumo.

Puede considerarse que la CRA se manifiesta, durante el proceso de masticación

de la carne, como una sensación de jugosidad resultante de la lenta liberación del suero y la estimulación del flujo salivar provocada por el contenido de tejido adiposo del bocado, característica ampliamente deseada por el consumidor.

El pH ejerce una gran influencia sobre la CRA por su acción sobre los grupos reactivos de las proteínas y la capacidad de éstos para unirse con el agua. En general, se acepta que en la carne que sigue un proceso normal de descenso del pH, aproximadamente 1/3 de la pérdida de la CRA obedece a dicha disminución (Sañudo, 1992). A su vez, en forma relacionada con lo anterior, la instalación del *rigor mortis* y el acortamiento por frío podrían ejercer un efecto negativo sobre la CRA (Shaw *et al.*, 1992), si bien éste es un aspecto sobre el que no existe opinión unánime. En principio, estaría asociado a la degradación del ATP y la consecuente liberación de iones divalentes de calcio y magnesio (Ca^{++} y Mg^{++}) que ocasionarían la aproximación de las cadenas proteicas y así reducirían la CRA. En forma semejante, existen bastantes discrepancias sobre el efecto que la maduración de la carne puede tener sobre la CRA, aparte del leve aumento del pH que suele ocurrir en esta etapa.

Análogamente a lo que ocurriría con el pH, también se registran importantes diferencias en la CRA según el tipo de músculo de que se trate. En este caso, las diferencias en los valores de la CRA están asociadas al contenido de grasa (a mayor contenido de grasa, menor contenido de agua) y a la proporción de los diferentes tipos de fibra (pierden más agua los músculos rojos que los blancos).

El efecto racial sobre la CRA es de escasa magnitud en términos productivos o comerciales, excepto cuando se trata de genotipos que poseen el gen Callipyge (doble musculados), que tendrían una menor capacidad de retención de agua (Koohmaraie *et al.*, 1996).

Por su parte, el sexo, la edad y el tipo de alimentación no parecen tener efecto sobre la CRA. En el caso de la edad, fundamentalmente debido al hecho de que se trata de corderos.

Las pérdidas de agua por cocción pueden alcanzar niveles importantes, dependiendo de factores diversos que van desde los atributos geométricos de la carne (tamaño de la pieza, orientación de las fibras en relación al corte, etc.) hasta los métodos de cocción empleados, su duración y las temperaturas que alcancen.

COLOR

El color de la carne es el principal atri-

buto de calidad que se aprecia en el momento de la compra, a excepción de que alguno de los restantes sea notoriamente insatisfactorio (lo que seguramente afectaría también al color). Es un atributo altamente dependiente de factores culturales, de usos y costumbres, si bien la tendencia es a preferir tonos más claros porque se asocia a carne proveniente de animales más jóvenes y particularmente, más tierna.

El color de un objeto está determinado por una serie de atributos (claridad, tono, saturación y cromaticidad), pero en definitiva responde a la fracción de la luz que refleja. En el caso de la carne, su color obedece a la cantidad de pigmentos (básicamente mioglobina, responsable de la saturación) -cuya concentración depende sobre todo de factores ante-mortem (raza, sexo, edad, etc.)-, al estado químico del pigmento (tono) y al estado físico de la carne (claridad) asociado al grado de hidratación de ésta.

En la carne fresca la mioglobina puede

estar presente en tres formas básicas (mioglobina reducida o desoximioglobina, mioglobina oxigenada u oximioglobina y mioglobina oxidada o metamioglobina). En función de la presencia relativa de estas formas y su distribución en el tejido, el color de la carne variará desde un rojo púrpura a un color marrón pardo. En carnes que han sufrido la acción de determinadas bacterias puede existir otra forma de mioglobina (denominada sulfomioglobina, que dará un color más verdoso) y también es posible encontrarla bajo otras formas, si bien de menor importancia (Figura 3).

Uno de los atributos más requeridos del color de la carne es su estabilidad, lo que se vincula con la formación de la metamioglobina en la superficie del músculo conforme transcurre la maduración. Aspectos tales como los mecanismos de autooxidación, la actividad reductora del músculo y la velocidad de consumo del oxígeno inciden sobre la estabilidad del color

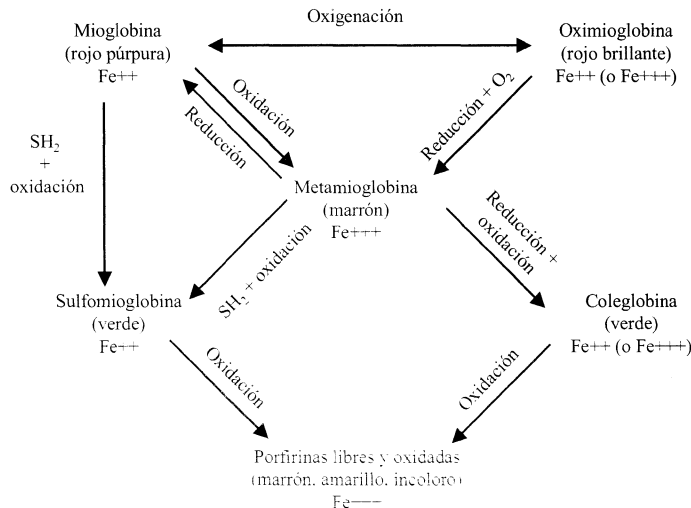


Figura 3. Diferentes formas químicas bajo las cuales puede encontrarse la mioglobina y su incidencia en el color de la carne. (Adaptado de Pérez y Andújar, 2000).

son objeto de estudio en la actualidad (Babiker *et al.*, 1990; Mikkelsen *et al.*, 1999; Renerre, 1999; Bekhit *et al.*, 2001).

El pH ejerce un efecto marcado sobre el color de la carne: aquellas que poseen mayor valor de pH presentan colores más oscuros, en razón de una mayor absorción de luz causada por una más alta retención de agua, mientras que las de menor pH, muestran coloración más clara. El tipo de músculo considerado es uno de los principales factores que afectan el color de la carne debido a las grandes diferencias en la concentración de pigmentos que pueden encontrarse entre ellos. Sin embargo, en forma análoga a lo que ocurriría con el pH, si bien las diferencias entre músculos se mantienen, una canal más oscura lo es en todas

sus partes. Asimismo, existen diferencias en la estabilidad del color de distintos músculos.

El efecto racial también tendría consecuencias sobre el color de la carne, fundamentalmente asociado a la mayor precocidad de algunos genotipos. Los genotipos con hipertrofia muscular, debido a una mayor proporción de fibras blancas, tendrían colores más claros. La edad juega un papel importante en el color, haciéndose más oscuro conforme avanza la edad del animal (aun dentro de la categoría cordero) en razón de un aumento de la concentración de pigmento así como por una disminución de su afinidad por el oxígeno.

La alimentación del cordero también actúa sobre el color de la carne, según el

animal sea lactante o haya sido destetado. Los animales al pie de su madre presentan coloraciones de carne más claras a causa del bajo contenido en hierro de su dieta (principalmente leche). En el plano nacional, ha sido señalada la tendencia de los corderos mantenidos al pie de sus madre a dar origen a carne algo más pálida que la proveniente de sus similares destetados (Garibotto *et al.*, 2003). En ese mismo trabajo, no se encuentran diferencias considerables en el color de la carne de animales de distinto sexo (machos enteros, castrados, criptórquidos y hembras), de acuerdo con el hecho de que el sexo en general tiene escaso efecto sobre el color de la carne.

La temperatura de conservación, la velocidad de enfriamiento, la exposición a la luz u otro tipo de radiación, la técnica de envasado y conservación y, por supuesto, la temperatura (proceso de cocción) ejercen importantes modificaciones en el color que son extensamente estudiadas, particularmente las que resultan de los diferentes métodos de conservación empleados (Luño *et al.*, 1998; Ponnampalam *et al.*, 2001).

TERNEZA

Este parámetro de calidad puede definirse como la facilidad con la que la carne puede ser masticada por el consumidor. Este fenómeno puede descomponerse en tres sensaciones: una, inicial, que da cuenta de la facilidad a la penetración y corte; otra, más prolongada, que sería la resistencia que la carne ofrece a la ruptura a lo largo del proceso de masticación, y otra, final, determinada por el residuo más o menos voluminoso luego de la masticación (Sañudo, 1992). La terneza es la responsable de explicar los 2/3 de la variación de la textura de la carne (parámetro que se define como un conjunto de sensaciones que incluye, además de la terneza, la firmeza y las sensaciones táctiles que produce la carne: "grano de la carne").

La terneza es considerada un parámetro de calidad fundamental, ya que únicamente pueden apreciarse otras características cualitativas de la carne a partir de determinados umbrales de terneza. Por otro lado, es sin dudas un factor que incide directamente en la formación de precios de los diferentes cortes de una canal. En general, aquellos cortes de mayor valor suelen ser los más tiernos y, por ende, admiten formas rápidas de cocción.

En gran medida la terneza de la carne, además de por factores como el contenido de grasa intramuscular (mayor terneza), está explicada por la cantidad y tipo de tejido conjuntivo presente. Este tejido está fun-

damentalmente constituido por dos proteínas fibrilares: el colágeno y la elastina, siendo la primera la que mayor efecto ejerce sobre la dureza de la carne ya que no se ve modificada por el proceso de maduración. La cantidad de colágeno, así como la composición, número y tipo de uniones entre sus moléculas influyen considerablemente en el grado de dureza de la carne (Figura 4).

En términos generales, si bien se encuentran diferencias en terneza atribuidas al genotipo, sexo, edad, peso, etc., puede afirmarse que en el ovino -particularmente en los corderos- los problemas de dureza son poco importantes. Ello va unido al hecho de que para que un consumidor detecte diferencias en la dureza de la carne que consume, éstas deben ser superiores al 15%. A nivel nacional, Garibotto *et al.* (2003) encontraron, como tendencia, diferencias en la terneza de la carne entre sexos, pero no entre animales destetados o mantenidos al pie de la madre. En un trabajo posterior esas diferencias fueron de mayor magnitud a favor de las hembras (Bianchi *et al.*, 2003).

La edad ejerce también su influencia sobre la dureza de la carne, ya que a medida que avanza la edad del animal se incrementa el número de uniones de las moléculas de tropocolágeno en las zonas donde se entrecruzan, haciéndose cada vez más estables. En cuanto al efecto racial, las principales diferencias se encuentran en aquellos animales doble musculados, en los que ha sido claramente documentado que poseen carne más dura (Koohmaraie *et al.*, 1995; Clare *et al.*, 1997)

Existen también diferencias según el músculo considerado (Ouali y Talmant, 1990), debidas a diferencias en el contenido de colágeno entre músculos, que suelen ser mayores que las diferencias entre individuos, siendo admitido que los cortes del trasero son más tiernos. Por el contrario, las diferencias relativas a la solubilidad del colágeno son mayores entre animales que entre músculos.

A nivel de faena y pos-faena, la estimulación eléctrica, la instauración del *rigor mortis*, el pH, las condiciones del enfriamiento y, sobre todo, el tiempo de maduración pueden tener importantes efectos sobre la terneza. Ya fue señalado el efecto del pH sobre esta característica, así como la asociación entre la estimulación eléctrica y el pH (y en consecuencia la terneza). Como principal riesgo de efecto adverso sobre la terneza resta mencionar el efecto del modo de enfriamiento de la canal. Éste debe evitar el denominado acortamiento por frío, que se produce cuando la temperatura disminuye en forma excesivamente rápida produ-

ciendo la contracción de la carne, con el consiguiente aumento de la dureza.

Corresponde mencionar el efecto benéfico de la maduración de la carne sobre la terneza de la misma. Conforme transcurre el proceso de maduración, la carne se va haciendo cada vez más blanda a causa de una ruptura de la estructura muscular a nivel de la línea Z. De hecho, este proceso puede borrar diferencias en la terneza derivadas de cualquiera de los factores mencionados. En la Figura 5 se presenta el efecto de la maduración sobre la terneza de la carne de corderos pesados Corriedale y cruza Hampshire Down x Corriedale, sacrificados a los 5 meses de edad (Bianchi *et al.*, 2003a).

La cocción del alimento, que es la última etapa del proceso de transformación previo al consumo, determina también importantes modificaciones físico-químicas en las proteínas afectando su terneza. Dependiendo de la temperatura, tipo y duración de la cocción se producirá un efecto benéfico (mayor terneza) o perjudicial (endurecimiento) sobre esta característica. Como concepto general puede decirse que el colágeno tenderá a gelatinizarse, aumentando la terneza, en tanto que las proteínas miofibrilares tenderán a coagularse, aumentando la dureza.

FLAVOR

Corresponde al conjunto de impresiones olfativas y gustativas que se provocan en el momento del consumo como consecuencia de la presencia de compuestos volátiles (olor) y solubles (gusto). Es un proceso que se inicia instantes antes de la introducción del bocado en la boca y que persiste durante la masticación, y aun luego de la deglución, interactuando con las restantes características organolépticas -en particular, la jugosidad y la textura- conformando la aceptación sensorial del consumidor (Sañudo, 1998).

A diferencia de las características antes discutidas, el flavor, aunque puede ser analizado por métodos químicos o físico-químicos, tiene una interpretación instrumental deficiente en relación con los resultados de las evaluaciones sensoriales (paneles de catadores o consumidores). El flavor de la carne cocida es más pronunciado que el de la carne cruda y fresca, produciéndose aromas característicos del tipo de cocción realizada.

Los lípidos, en mucho mayor medida que las proteínas, son agentes principales en el flavor, variando según la composición en ácidos grasos (Young *et al.*, 1997; Sañudo *et al.*, 2000). El paso de los precursores presentes en la carne cruda a los com-

puestos aromáticos de la carne cocida se hace siguiendo principalmente dos reacciones que son catalizadas o condicionadas por la presencia de altas temperaturas: la reacción de Maillard, originada en la combinación de un azúcar con un aminoácido y la lipólisis o autooxidación de los lípidos, que a través de una hidrólisis enzimática y posterior oxidación, acaban transformándose en aldehídos y cetonas.

El flavor de la carne es afectado por el tipo de músculo según su composición química y tipo metabólico. A su vez, los fosfolípidos de la grasa intramuscular influyen también sobre el flavor, encontrándose que el de la grasa de la paleta es más intenso que el de la pierna (Sañudo, 1992). No se han podido detectar diferencias consistentes en flavor entre distintos grupos genéticos, mientras que las diferencias entre sexos son menores en animales pre-púberes. Con la aparición de la pubertad, la carne de animales machos enteros es percibida como poseedora de aromas más intensos que la de animales castrados, pero sin ser diferente de la de las hembras. Tampoco se detectan diferencias entre machos enteros y criptórquidos (Summers, 1978).

La edad afecta el flavor, debido fundamentalmente a la aparición de "olores sexuales" originados por sustancias liposolubles con el advenimiento de la madurez sexual.

La alimentación y el tipo de alimento tienen una acción marcada sobre el flavor de la carne. Young y Braggins (1996), señalaron el efecto de la dieta de los corderos (leche y pasturas sembradas o leche y grano) y de la tasa de crecimiento (mejor o peor alimentados). La carne proveniente de animales criados bajo condiciones de pastoreo fue clasificada como de aroma más fuerte que la de animales terminados en base a granos.

A nivel de faena y pos-faena, el estrés y la obtención de carnes DFD estarían asociados a sabores menos aceptables. El tiempo de maduración y la temperatura son agentes esenciales del desarrollo de los precursores del flavor. Lentas velocidades de congelado parecen influir negativamente en su desarrollo, así como la temperatura final alcanzada (>18° C) y el tiempo de conservación (>9 meses). El sistema de cocción (atmósfera seca o húmeda) y las condiciones bajo las que opera (temperatura y duración) tienen efecto en el desencadenamiento de las reacciones que dan origen a gran parte de los compuestos responsables del flavor.

Hasta aquí se han descrito las características organolépticas y tecnológicas de la

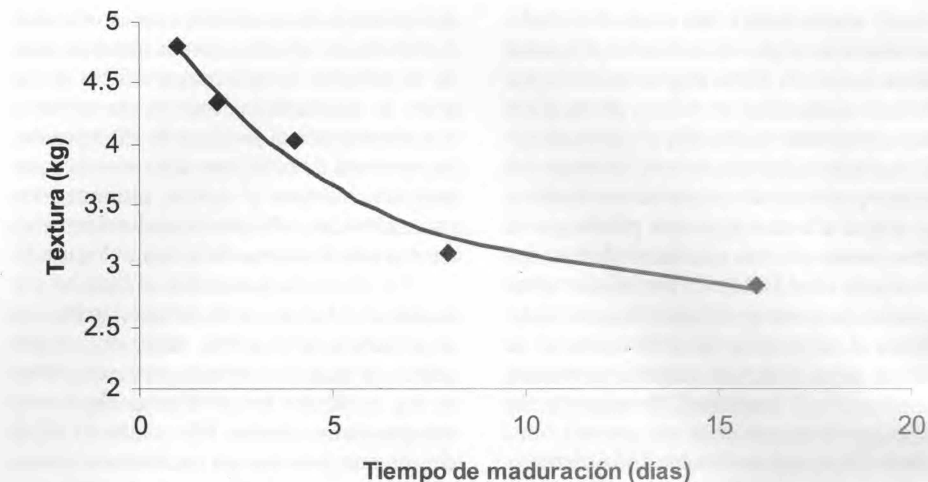


Figura 4. Evolución de la textura de la carne de corderos Corriedale y cruce Hampshire Down x Corriedale en función del tiempo de maduración (1, 2, 4, 8 y 16 días).

carne, se han señalado los factores que las modifican y se presentó información (mayoritariamente extranjera) sobre los principales aspectos relacionados con estas características. Sin duda, han quedado de lado aspectos relacionados con las alternativas de modificación de estas características en base al uso de aditivos, anabolizantes, etc. por escapar a los objetivos del trabajo y por constituir opciones seriamente cuestionadas aun en aquellos países donde son utilizadas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA GRASA

Resta hacer mención a la composición química de la grasa (perfil de ácidos grasos y contenido de colesterol) presente en la carne y, consecuentemente, ingerida. Éste es un aspecto que ha ido tomando importancia en los últimos años a causa de la asociación entre el consumo de carnes rojas y la ocurrencia de enfermedades coronarias y cardiovasculares en el ser humano. En términos generales puede afirmarse que la información a este respecto ha provenido mayoritariamente de países en que los sistemas de producción difieren considerablemente del nuestro, que está basado casi exclusivamente en el uso de pasturas naturales o cultivadas.

En el país, Bianchi y Garibotto (2003) señalan que los corderos cruce presentan, en general, un perfil de ácidos grasos más sano en términos de nutrición humana. Sin embargo, los valores de grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de todos los corderos (incluyendo los puros) fueron bajos (inferiores al 3.1 %), sugiriendo que la carne de corderos alimentados a pasto pue-

de constituir una fuente de proteína saludable. En el mismo sentido, Bianchi et al. (2003b), en un trabajo que evaluó diferentes genotipos en 5 diferentes localidades durante 3 años, sometidos a diferentes manejos (destete o mantenidos al pie de sus madre) y bajo distintas alternativas forrajeras, concluyen que más allá del efecto de los factores principales evaluados sobre el tipo de ácidos grasos y la relación entre ellos, los valores de grasa intramuscular en la mayoría de los casos son bajos y la composición no parece constituir un problema mayor en la dieta y salud humana. Llevan a esta conclusión las favorables relaciones ácidos grasos poli-insaturados/ácidos grasos saturados y ácidos grasos mono-insaturados/ácidos grasos saturados registradas en las diferentes situaciones evaluadas.

CONSIDERACIONES FINALES

Se ha hecho mención a las principales características de calidad de la carne diferenciándola de la calidad de canal y poniendo el énfasis en la importancia que la primera tiene por ser la que satisface las exigencias del consumidor. En consecuencia, se cree que el énfasis que en general la investigación ha puesto sobre los aspectos de la calidad de la canal debiera abarcar también los factores que determinan la calidad de la carne. Es por ese camino, desarrollando el sustento académico de las diferentes alternativas tecnológicas, que se hará posible una verdadera integración de la cadena cárnica con el único objetivo de ofrecer un producto de calidad. Es en esa dirección que el Grupo de Ovinos y Lanos de la EEMAC ha orientado sus esfuerzos. □

BIBLIOGRAFÍA

- AALHUS, J. L.; PRICE, M. A. 1991. Endurance - exercised growing sheep: I. Post-mortem and histological changes in skeletal muscles. *Meat Science*. 29: 43 - 56.
- APPLE, J. K.; UNRUH, J. A.; MINTON, J. E.; BARTLETT, J. L. 1993. Influence of repeated restraint and isolation stress and electrolyte administration on carcass quality and muscle electrolyte content of sheep. *Meat Science*. 35: 191 - 203.
- BABIKER, S. A.; KHIDER, I. A. Y SHAFIE, S. A. 1990. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Science*. 28: 273 - 277
- BEKHIT, A. E. D.; GEESINK, J. D.; MORTON, R.; BICKERSTAFFE, R. 2001. Metmyoglobin reducing activity and colour stability of ovine longissimus dorsi. *Meat Science*. 57: 427 - 435.
- BIANCHI, G.; GARIBOTTO, G. 2003 Los cruzamientos como alternativa para aumentar la producción de corderos y mejorar la calidad del producto en el Uruguay. Conferencia. In: 40 Reunión Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 21 - 24 de julio de 2003. Sta. Maria, RS, Brasil.
- BIANCHI, G.; GARIBOTTO, G.; BENTANCUR, O. 2003a. Contribución de la raza Corriedale a la producción de carne de calidad en Uruguay. Conferencia. In: XII Congreso Mundial de Corriedale. 6 y 7 de setiembre de 2003. Montevideo, Uruguay.
- BIANCHI, G.; GARIBOTTO, G.; BENTANCUR, O. 2003b. Fatty acid composition of M. Longissimus dorsi in pure and crossbred lambs in grazing systems. 49th International Congress of Meat Science and Technology. Campinas. Brasil. pp: 175 - 176.
- BOCCARD, D. R.; DUMONT, B. L. 1960. Etude de la production de viande chez les ovins. II. Variation de l'importance relative des differents régions corporelles des agneaux de boucherie. *Annales Zootechniques*. 9: 355 - 365.
- BRAY, A. R. 1988. Farm factors that influence the meat eating qualities of lamb meat. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 48: 7 - 12.
- BRAY, A. R.; GRAAFHUIS, A. E.; CHRYSTALL, B. B. 1989. The cumulative effect of nutritional, shearing, and preslaughter washing stresses on the quality of lamb meat. *Meat Science*. 25: 59 - 67.
- BRAY, A. R.; FRANCIS, S. M.; O'CONNELL, D.; BICKERSTAFFE, R. 1992. Lambs selected for fast glucose clearance have high meat pH levels when stressed before slaughter. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 52: 49- 51.
- BRAY, A. R.; YOUNG, S. R.; SCALES, G. H. 1994. Variation in the pH of lamb meat and between sheep breed. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 54: 201 - 203.
- CARRAGHER, J. F.; MATTHEWS, L. R. 1996. Animal behaviour and stress: impact on meat quality. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 56: 162 - 167
- CASTRO, L. E.; ROBAINA, R. M. 2003. Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne. INAC. Serie de Divulgación Nº 1. Setiembre de 2003.
- CHRYSTALL, B. B.; DEVINE, C. E.; DAVEY, C. L. 1980. Studies in electrical stimulation: post-mortem decline in nervous response in lambs. *Meat Science*. 4: 69 - 78.
- CLARE, T. L.; JACKSON, S. P.; MILLER, M. F.; ELLIOT, C. T.; RAMSEY, C. B. 1997. Improving tenderness of normal and callipyge lambs with calcium chloride. *Journal of Animal Science*. 75: 377 - 385.
- CASSENS, R.G. 1994. La estructura del músculo. In: Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Eds: Price, J. F. y Schwegert. B.S. (Traducido por Lic. Juan Luis de la Fuente) Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- DEVINE, C. E.; GRAAFHUIS, A. E.; MUIR, P. D.; CHRYSTALL, B. B. 1993. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*. 35: 63 - 77.
- GARIBOTTO, G.; BIANCHI, G.; FRANCO, J.; BENTANCUR, O.; PERRIER, J.; GONZÁLEZ, J. 2003. Efecto del sexo y del largo de lactancia sobre el crecimiento, características de la canal y textura de la carne de corderos Corriedale sacrificados a los 5 meses de edad. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. *Agrociencia*. 7 (1): 19 - 29.
- GEESINK, G. H.; MAREKO, M. H. D.; MORTON, J. D.; BICKERSTAFFE, R. 2001. Effects of stress and high voltage electrical stimulation on tenderness of lamb m. Longissimus. *Meat Science*. 57: 265 - 271.
- GOODDARD, P. J.; FAWCETT, A. R.; MACDONALD, A.J.; REID, H. W. 2000. The behavioural, physiological and immunological responses of lambs from two rearing systems and two genotypes to exposure to humans. *Applied Animal Behaviour Science*. 66: 305 - 321.
- HOPKINS, D. L.; FOGARTY, N. M.; MENZIES, D. J. 1996. Muscle pH of lamb genotypes. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 21: 347.
- INAC (INSTITUTO NACIONAL DE CARNES, UY), INIA (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, UY). 2003. Auditoría de Calidad de la Carne Ovina. Año 2003 : "Un compromiso de mejora continua de la Calidad de la Carne Ovina del Uruguay". Montevideo. 28 p.
- KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; LONGERGAN, S. M.; DOUMIT, M. E. 1995. A muscle hypertrophy condition in lamb (callipyge): Characterization of effects on muscle growth and meat quality traits. *Journal of Animal Science*. 73: 35 - 43.
- KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T. L. 1996. Effects of B-adrenergic agonist (L 644, 969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of Callipyge lambs. *Journal of Animal Science*. 74: 70 - 79.
- LISTER, D. 1995. 41th International Congress of Meat Science and Technology. 220 - 225.
- LUÑO, M.; BELTRÁN, J. A.; RONCALÉS, P. 1998. Shelf - life and colour stabilisation of beef packaged in low O2 Atmosphere containing CO: Loin steaks and ground meat. *Meat Science*. 48 (1/2): 75 - 84
- MIKKELSEN, A.; JUNCHER, D.; SKIBSTED, L. H. 1999. Metmyoglobin reductase activity in ovine m. Longissimus dorsi muscle. *Meat Science*. 7: 155 - 161.
- OUALI, A.; TALMANT, A. 1990. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. *Meat Science*. 28: 331 - 348.
- PEREZ DUBÉ, D. y ANDUJAR ROBLES, G. 2000. Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*. 14 (2): 114 - 123
- PONNAMPALAM, E. N.; TROUT, G. R.; SINCLAIR, A. J.; EGAN, A. R.; LEURY, B. J. 2001. Comparison of the colour stability and lipid oxidative stability of fresh and vacuum packaged lamb muscle containing elevated omega-3 and omega-6 fatty acid levels from dietary manipulation. *Meat Science* 58: 151 - 161.
- RENERRE, M. 1999. Biochemical basis of fresh meat colour. 45th International Congress of Meat Science and Technology. pp. 344 - 353.
- SAÑUDO, C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. 117p
- SAÑUDO, C. 1998. Calidad de la carne. *Producción Animal*. 131: 27 - 60.
- SAÑUDO, C.; SÁNCHEZ, A.; ALFONSO, M. 1998. Small ruminants production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science*. 49-Suppl.(1): S29-S64.
- SAÑUDO, C.; ENSER, M. E.; CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; MARIAL, G.; SIERRA, I.; WOOD, J. D. 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*. 54: 339 - 346.
- SHAW, F. D.; EUSTACE, I. J.; WARNER, R. D. 1996. Electrical stimulation of lamb carcasses. 42th International Congress of Meat Science and Technology. pp. 410 - 411.
- SIMMONS, N. J.; GILBERT, K. V.; CARNEY, J. M. 1997. The effect of low voltage stimulation on pH fall and meat tenderness in lambs. 43th International Congress of Meat Science and Technology. pp. 610 - 611.
- SPECK, P. A.; DAVIDSON, R. B.; DOBBIE, P. M.; SINGH, K. K.; CLARKE, N. J. 1995. Nutritional status affects meat tenderness in growing lambs. *Journal of Animal Science*. 87 th Annual Meeting Abstracts) 168p.
- SUMMERS, R. 1978. Effect of weaning, feeding systems and sex of lamb on carcass characteristics and palatability. *Journal of Animal Science*. 47: 622 - 629.
- YOUNG, O. A.; BERDAGUÉ, J. L.; VIALON, C.; ROUSSET-AKRIM, S.; THERIEZ, M. 1997. Fat borne volatiles and sheepmeat odour. *Meat Science*. 45: 183 - 200.
- YOUNG, O. A.; BRAGGINS, T. J. 1996. Variation in sheepmeat odour and flavour. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 56: 167 - 172.