

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE EN RUMIANTES

Coordinadores: V. Cañeque, C. Sañudo



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA
AGRARIA Y ALIMENTARIA (INIA)

INDICE

RESUMEN	7
SUMMARY	8
INTRODUCCIÓN	9
1. CONDICIONES Y TÉCNICAS PARA CONTROLAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO	17
1.1. Factores a considerar en el presacrificio y postsacrificio	19
1.2. Predicción " <i>in vivo</i> " de la composición de la canal. Técnica de los ultrasonidos	47
2. MORFOLOGÍA DE LA CANAL	65
2.1. Morfología de la canal bovina	67
2.2. Morfología de la canal ovina	81
3. COMPOSICIÓN DE LA CANAL	103
3.1. Composición de la canal bovina	105
3.2. Composición de la canal ovina	125
4. DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DE LA CALIDAD DE LA CARNE	137
4.1. Propuesta de muestreo	139
4.2. Medida del pH	145
4.3. Medición del color	157
4.4. Determinación de la textura	167
4.5. Medida de la capacidad de retención de agua	173
5. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CARNE	181

Edita: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
Ministerio de Ciencia y Tecnología

ISSN: 1577-3167

ISBN: 84-7498-479-3

NIPO: 404-00-002-0

Depósito Legal: M-8778-2001

Imprime: Industrias Gráficas CARO, S. L.
Gamonal, 2 - 28031 Madrid

**1.1. FACTORES A CONSIDERAR EN EL PRESACRIFICIO
Y POSTSACRIFICIO**

J. Ciria, B. Asenjo
E.U.I. Agrarias de Soria
Campus Universitario
42004 SORIA

Igualmente, se han encontrado diferencias en la terneza de la carne de bovino con relación a la velocidad de crecimiento. Blanchard *et al.*, (1995) observan que la terneza es mayor cuando los animales han crecido rápidamente en el período justo antes del sacrificio. Damergi *et al.*, (1996), muestran que el crecimiento compensatriz incrementa la terneza debida al colágeno y mejora la solubilidad del mismo, aspecto éste también observado por Piccard *et al.*, (1995).

A continuación, indicamos los factores de presacrificio y de postsacrificio y su influencia sobre los principales parámetros determinantes de la calidad de la carne. Previamente se analizará el efecto de la duración y condiciones del transporte de los animales al matadero, así como del tiempo de espera previo al sacrificio, sobre el valor de pH final ya que éste va a repercutir en los parámetros determinantes de la calidad de la carne.

FACTORES PRESACRIFICIO QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA CARNE

Factores que producen estrés

La carga y el transporte como agentes inductores de estrés y su influencia sobre la calidad de la carne ha sido ampliamente estudiado por numerosos autores (Monin, 1988; Warris, 1990; Warris *et al.*, 1990; Schrama *et al.*, 1994), entre otros. Dumont (1992), considera que sus propiedades nutritivas, organolépticas, tecnológicas e higiénico-sanitarias, están estrechamente ligadas a los tratamientos perimortales del animal y de su canal (Crouse, 1988; O'Halloran *et al.*, 1997).

Para Tarrant y Sherinton (1980), el pH de canales normales es inferior a 5,75, mientras que Osoro *et al.*, (1995), Barriada (1995) y Beltrán *et al.*, (1997) lo establecen por debajo de 5,80. Orcutt *et al.*, (1984) son más restrictivos y dan unos intervalos de 5,40-5,60 para un metabolismo postmortem normal. El transporte de los animales desde la granja al matadero es un factor muy importante de estrés que repercute tanto sobre la calidad organoléptica de la carne, como sobre su aptitud higiénica y de conservación (Monin, 1988; Warris, 1990). La capacidad del animal para responder al estrés dependerá de la magnitud y de la duración del agente estresante, en este caso concreto, de las condiciones del transporte y de la duración del mismo (Warris y Knowles, 1993). Durante el transporte se ven incrementados los niveles de metabolitos indicadores de estrés, catecolaminas y glucocorticoides, que movilizan las reservas de glucógeno existentes en el músculo (Warris, 1990). La falta de reservas glucídicas del músculo en el momento del

sacrificio ocasiona la aparición de las carnes DFD o "carnes fatigadas", caracterizadas por presentar un pH final elevado, de coloración roja intensa, sabor desagradable y susceptibles a contaminación bacteriana. Este fenómeno ocurre cuando las condiciones de transporte no son las adecuadas y los animales llegan al matadero fatigados y excitados.

El valor del pH depende en gran medida de la duración del período presacrificio (Lawrie, 1988; Warris, 1990), produciéndose una descarga de adrenalina (Tarrant, 1989), y con ello un consumo elevado de glucógeno muscular, dando valores elevados de pH final. Las causas de estrés en los animales de abasto son de muy diversa naturaleza, pero están ligadas de una parte a las agresiones físicas sufridas en torno al transporte y sacrificio (Barriada, 1995; Beltrán *et al.*, 1997) y, de otra, a la perturbación psíquica del animal por el hecho de situarlo en un medio extraño (Crouse, 1988), lo que altera el equilibrio endocrino y el metabolismo energético del organismo. En ambas circunstancias la intensidad de la repuesta puede depender de la edad (Monin y Valin, 1976), del sexo (Martin *et al.*, 1971; Garipey *et al.*, 1990), de la raza (Monin y Valin, 1976) e incluso de la naturaleza gucogénica de la ración y por tanto de la época del año (Tarrant y Sherington, 1980).

A diferencia de la especie vacuna, el ganado ovino es poco susceptible al efecto del estrés por transporte, siendo otros factores como el aislamiento y el miedo antes del sacrificio más determinantes en el estrés, que el transporte en sí (Brazal y Bocard, 1977). En la especie ovina, se ha observado una menor sensibilidad a los efectos del estrés, por lo que no suele presentar problemas debidos al descenso anormal del pH final, si bien Devine *et al.*, (1993) observaron que corderos sometidos a diferentes tratamientos estresantes mostraron un incremento significativo del pH final, directamente relacionado con la intensidad de los tratamientos. También se han observado en ganado ovino variaciones en el pH final entre razas (Horcada, 1996), entre sexos y entre animales de diferente peso vivo (Sañudo *et al.*, 1996), comprobando que el aumento del peso a la canal en corderos de raza Rasa Aragonesa, comportaba un incremento en el valor del pH final. Estos resultados coinciden parcialmente con los de Horcada (1996).

Al referirnos a la duración del transporte, Tennessen *et al.*, (1984), afirman que el transporte por carretera de no más de dos horas no tiene por que ser estresante para los terneros, y sólo constata una mayor pérdida de peso corporal, no habiendo diferencias en la temperatura rectal, grado de respiraciones por minuto, palpitations o cortisol en suero. Señalan que hay dos aspectos en el transporte a tener en cuenta, por un lado el transporte en camión en sí mismo, y por otro, el manejo antes y después del camión. En los trayectos

El aumento de la dureza parece estar muy correlacionado con el tejido conjuntivo y especialmente con el colágeno. La concentración de colágeno no varía significativamente durante el crecimiento del animal hasta el sacrificio (Dikeman *et al.*, 1986), sin embargo este se hace más insoluble con el peso y la edad del animal (Sorensen, 1981; Cross *et al.*, 1984).

En cuanto a la influencia que el peso de la canal, alcanzado a una determinada edad, sobre la terneza del músculo es mínima, no encontrándose diferencias en la terneza del músculo *longissimus dorsi* de machos castrados de peso comprendido entre los 300, 400 y 500 kg.

4.- *Influencia sobre la jugosidad*: Al hablar de jugosidad, hemos de distinguir entre una jugosidad inicial, producida por una sensación de humedad al inicio de la masticación, que depende de la capacidad de retención de agua de la carne (CRA), y una jugosidad continuada, mantenida o sostenida, determinada por la cantidad de grasa que contiene la carne. Además, la grasa estimula la secreción de la saliva y según algunos autores (Jennings *et al.*, 1978; Honikel, 1987; Sañudo, 1992), la carne de los animales con mayor estado de engrasamiento es más jugosa.

Según Breidenstein *et al.*, (1983), conforme aumenta la edad del animal, se incrementa la cantidad de grasa intramuscular, lo cual se traduce en una mayor jugosidad, debido a que la grasa lubrica las fibras musculares durante el cocinado, y estimula el flujo salivar durante la masticación.

Sin embargo, con la edad, la capacidad de retención de agua en la carne de bovinos disminuye (Wismer-Pedersen, 1994). Este mismo efecto ha sido observado por Sañudo y Sierra (1982) y López (1987) en el ganado ovino. De esto se deduce que la jugosidad inicial disminuye con la edad, mientras que la jugosidad continuada se incrementa.

5.- *Influencia sobre el flavor*: los cambios de metabolismo ligados a la edad constituyen un factor importante en el desarrollo del flavor de la carne, tanto en calidad como en intensidad del mismo, debido a la modificación cuantitativa y cualitativa de la grasa intramuscular que se produce a lo largo del desarrollo del animal (Touraille y Girard, 1985).

Dwivedi *et al.*, (1975), afirman que la intensidad del flavor aumenta hasta una edad determinada, en la cual el metabolismo se estabiliza. Así,

para Herz (1970) los bovinos alcanzarían el flavor típico de la carne de ternero alrededor de los 11 meses.

Goutenfoega y Valin (1976), demostraron una relación muy significativa entre la intensidad del flavor y la cantidad de lípidos y Armbruster *et al.*, (1983), encontraron una relación entre el flavor y el peso de la canal en animales de raza Angus.

Sistema de explotación

El sistema de explotación ejerce influencia en los parámetros determinantes de la calidad de la carne, si consideramos tanto el efecto de la alimentación como del manejo de los animales.

La alimentación tiene un papel decisivo en la calidad de la carne, de forma que los distintos sistemas de producción pueden determinar unas características de engrasamiento y musculares que repercuten en la calidad final.

Numerosos estudios muestran que las dietas *ad libitum* proporcionan una mayor terneza, mejor flavor, jugosidad y apreciación global frente a dietas con restricciones (Fishell *et al.*, 1985; Tartari *et al.*, 1980).

1.- *Influencia sobre el color*: la alimentación tiene gran importancia en el color de la carne (López *et al.*, 1981; Benito *et al.*, 1979; Consigli, 1994).

En animales jóvenes la concentración de hierro de la dieta influye sobre el color de la carne, intensificándolo (Lapiere *et al.*, 1990).

Varios autores han encontrado que la carne de terneros alimentados con forrajes, presentan una coloración más oscura (Hedrick *et al.*, 1983; Crouse *et al.*, 1984; Bidner *et al.*, 1986; Espejo *et al.*, 1998). Esto se explica porque la mayor riqueza en pigmentos naturales (carotenos y xantofilas) repercuten sobre la intensidad del color del músculo.

En cuanto al nivel de alimentación, se ha observado que un plano de alimentación energética elevado, disminuye la concentración de pigmentos hemínicos.

2.- *Influencia sobre la terneza*: Se ha demostrado que los animales que consumen dietas con un elevado contenido energético, proporcionan carne más tierna, debido probablemente al mayor contenido de grasa infiltrada.

El acabado con concentrado produce carne más tierna que el acabado con hierba (Larick *et al.*, 1987; Espejo *et al.*, 1998). La duración del período de

Otros factores que pueden influir en la estabilidad del color de la carne son la contaminación microbiana y/o la oxidación de lípidos.

2.- *Influencia sobre la terneza:* El procesado convencional de las canales incluye su rápida refrigeración postmortem, la cual puede producir una contracción excesiva de las miofibrillas antes de la fase de rigor, dando como resultado una carne más dura. Para prevenir este fenómeno llamado "*Cold shortening*" (acortamiento por el frío) se utilizan habitualmente dos métodos de efecto tenderizador: la refrigeración retardada (las canales se mantienen intactas fuera de la cámara de refrigeración durante unas pocas horas, antes de la refrigeración habitual por debajo de los 10°C) y la estimulación eléctrica de las canales (consiste en aplicar una corriente eléctrica a las mismas mediante electrodos de contacto, que hace que además de minimizar el efecto de "cold short", provoca la ruptura mecánica y posiblemente aumenta la solubilidad del colágeno). La estimulación eléctrica produce una contracción muy intensa de la musculatura, con lo que el ATP disminuye notablemente y la musculatura no sufre acortamiento aunque se refrigere con gran intensidad y de manera rápida (Roncalés *et al.*, 1999). Los resultados de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne no han sido suficientemente aclarados, y en muchos casos son contradictorios. Se han descrito numerosas ventajas del uso de la estimulación eléctrica, relacionadas con la calidad de la carne, como un mejor desangrado de las canales, la mayor higiene en los mataderos y el incremento del tiempo de conservación de la carne derivado de la inhibición del crecimiento de microorganismos. Según la mayoría de trabajos publicados en las dos últimas décadas sobre este tema, la carne sometida a estimulación eléctrica presenta escasas diferencias de pH, color y jugosidad respecto a las carnes no sometidas a esta técnica. Por lo que se refiere a la textura, por el contrario, existen diferencias significativas entre la carne de las canales estimuladas y no estimuladas, siendo más tierna la carne de las canales estimuladas y sometidas a un pequeño período de maduración, ya que ésta es doblemente eficaz si las canales se han sometido a estimulación eléctrica.

Si se disminuye el ritmo de enfriamiento se mantiene la terneza de la carne, siendo tan grande la importancia de dicha velocidad, que puede llegar a reducir el efecto que tiene el espesor de la grasa subcutánea (Vanderwert *et al.*, 1989) y esto es especialmente importante en las canales más magras, como es el caso de las razas de maduración tardía (Wheeler *et al.*, 1989). Una mayor temperatura postmortem de la carne mejora su terneza, siendo preponderante este factor sobre el pH (Marsh *et al.*, 1981).

Se han propuesto diversos métodos con el fin de acelerar la tenderización de la carne y mejorar su terneza final (Gil, 1996, Tarrant, 1998):

- a) *Adición de enzimas "tenderizadores"*
- b) *Infusión de ión calcio:* la infusión de canales bovinas y ovinas, o la inyección de los músculos con cloruro cálcico da como resultado una tenderización casi completa en un día postmortem (Koochmarai *et al.*, 1990). El mecanismo principal es probablemente la activación de las calpaínas (enzimas calcio-dependientes), aunque no se descarta el efecto de la contracción muscular mediatizada por el ión calcio (Geesink *et al.*, 1994). Este método parece ser una tecnología viable para mejorar la terneza, pero los aspectos prácticos deben ser todavía puestos a punto y además deben estudiarse sus efectos sobre otras características de calidad.
- c) *Presurización del músculo:* una breve exposición del músculo pre-rigor a presión elevada produce una disminución importante de la dureza (Mac Farlane, 1985). Desde el punto de vista de aplicación comercial, la tenderización de la carne post-rigor es más importante que la de carne pre-rigor. La presurización no afecta a las características del tejido conectivo y aumenta la cantidad de catepsinas libres debido a la liberación de enzimas lisosomales.
- d) *Ultrasonidos:* aceleran la tenderización a través de la desestabilización de los lisosomas, y por tanto, del aumento de la actividad proteolítica lisosomal en los músculos (Roncalés *et al.*, 1993). Su utilización provoca un aumento significativo de la proteólisis postmortem mientras que las membranas de las fibras musculares son dañadas sólo parcialmente.
- e) *Terneza por estiramiento ("Tendertretch"):* la suspensión de las canales por el hueso pélvico causa el estiramiento de varios músculos durante la instauración del rigor. Este estiramiento limita la contracción postmortem y da como resultado una matriz proteica menos densa y una carne más tierna (Herring *et al.*, 1977). La orientación de las fibras de colágeno en relación a las fibras musculares interfiere con el efecto del estiramiento sobre la terneza (Purslow, 1994). O'Halloran *et al.*, (1998), encuentran una mayor terneza en la carne de las canales colgadas, independientemente del tiempo de maduración. Así, en una canal colgada durante un día de maduración, la terneza de la carne es similar a la de una canal que no se ha sometido a este tratamiento y ha

tivas y negativas libres, por lo que el agua inmovilizada, y en cierta medida, la libre, tienden a salir al exterior, disminuyendo la CRA.

La estimulación eléctrica disminuye la velocidad de descenso de la temperatura de las canales (Geesink *et al.*, 1993) lo cual va a influir sobre la CRA. Disminuye sensiblemente las pérdidas de agua por goteo y por cocinado, en tanto que la jugosidad parece verse significativamente devaluada (Powell, 1991).

3.- *Influencia sobre el flavor*: Durante la maduración de la carne se desarrollan los precursores del flavor y posteriormente, con el cocinado, tienen lugar reacciones entre el calor y estos precursores, originándose compuestos volátiles (responsables del aroma) y no volátiles (responsables del sabor). Los péptidos y los aminoácidos libres contribuyen al desarrollo del flavor de la carne durante la maduración (Nishimura *et al.*, 1988; Kato *et al.*, 1989) y/o durante el cocinado (Spanier *et al.*, 1988; Spanier y Miller, 1996).

La maduración de la carne de vacuno ejerce un efecto muy importante sobre su palatabilidad y sobre el desarrollo del flavor, produciéndose un aumento del aroma debido a la degradación de las proteínas y de la grasa intramuscular.

Los procesos de lipólisis y oxidación de los ácidos grasos, junto con la actividad proteolítica que conjuntamente se producen durante la maduración, originan un aumento en la intensidad del flavor (Touraille y Girard, 1985). El flavor de la carne de ternera cocinada está influida por el tiempo de maduración, mejorando con éste, su intensidad y su aceptabilidad (Seidy y Touraille, 1986; Jeremiah *et al.*, 1991). Smith *et al.*, (1978) observan una mejoría del flavor a los 11 días de maduración. En un trabajo desarrollado por Albertí *et al.*, (1997), con terneros de 7 razas españolas, la carne con mayor número de días de maduración se valoró con mayor intensidad de olor y flavor, tanto global como a hígado, de acuerdo con las modificaciones que el músculo sufre a nivel de proteínas y de lípidos (Reineccius, 1994). Por el contrario Jones *et al.*, (1991) no aprecian diferencia en el flavor de la carne madurada de 4 a 11 días. Tampoco Ahmed *et al.*, (1991) entre períodos de maduración de 3, 7 y 14 días.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED P.O., MILLER M.F., YOUNG L.L., REAGAN J.O., 1991. Journal of Food Sci., 56 (6), 1484-1488.
- ALBERTÍ P., SAÑUDO C., 1987. Efecto del pastoreo y del acabado a pienso en la producción de terneros frisonos nacidos en otoño. Evaluación de las canales y de la cantidad de carne. ITEA, 72, 57-64.
- ALBERTÍ P., SAÑUDO C., CAMPO C., FRANCO M.M., LAHOZ J., OLLETA F., 1997. Características productivas de terneros de siete razas bovinas españolas. ITEA 18; II: 745-747.
- ALHUS J.L., HONES S.D.M., TONG A.K.W., JEREMIAH L.E., ROBERTSON W.M., GIBSON L.L., 1992. The combined effects of time on feed, electrical stimulation and aging on beef quality. Can. J. Anim. Sci., 72, 3, 525-535.
- ARMBRUSTER A., NOUR AUM., THOMEY M.L., STOUFFER J.R., 1983. Changes in cooking losses and sensory attributes of Angus and Holstein Beef with increasing carcass weight, marbling score on Longissimus Ether Extract. Journal of Food Science, vol 48, 835.
- BARRIADA M., 1995. Variables que determinan la calidad de la canal y de la carne en vacuno. Bovis, 66, 95-111.
- BARRIADA M., CASTRO P., MARTÍNEZ A., OSORO K., 1993. Efecto del sistema de alimentación y del peso de sacrificio sobre las características de al canal de añojos de raza Asturiana de los Valles. ITEA, Vol. Extra, nº 12, 631-636.
- BELTRÁN J.A., JAIME I., SANTOLARIA P., SAÑUDO C., ALBERTI P., RONCALES P., 1997. Effect of stress-induced high postmortem pH on protease activity and tenderness of beef. Meat science, 45, 201-207.
- BENITO J., LOPES DE TORRE G., MARTÍN M., VASCO P., FERREFA J.L., 1979. Comparación entre el cebo de terneros en establo y el cebo en praderas con suplementación a base de sorgo expandido. An. del INIA, Prod. Anim. nº 10, 157-167.
- BERGE P., SÁNCHEZ A., SEBASTIAN I., ALFONSO M., SAÑUDO C., 1998. Lamb meat texture as influenced by animal age and collagen characteristics. Proc. 44th ICOMST. 304-605.
- BIDNER T.D., SCHUPP A.R., MOHAMAD A.B., RUMORE N.C., MONTGOMERY R.E., BAGLEY C.P., MxMILLIN K.W., 1986. Acceptability of beef from Angus-Hereford-Braham steers finished on all-forage or high-energy diet. J. Anim. Sci., 62, 381-387.
- BIDNER T.D., SCHUPP A.R., MOHAMAD A.B., RUMORE N.C., MONTGOMERY R.E., BAGLEY C.P., MxMILLIN K.W., 1986. Acceptability of beef from Angus-Hereford-Braham steers finished on all-forage or high-energy diet. J. Anim. Sci., 62, 381-387.

- DWIVEDI B., BROCKMANN M., 1975. Meat flavor. *Critical Reviews in Food Technology*, 5, n° 4, 487.
- EILERS J.D., MORGAN J.B., MARTIN A.M., MILLER R.K., HALE D.S., ACUFF G.R., SAVELL J.V., 1994. *Meat Sci.*, 38, 443-451.
- ERTBJERG P., LARSEN L.M., MOLLER A.J., 1995. *Proc. 44th ICOMST*. 710-711.
- ESPEJO M., GARCÍA S., LÓPEZ M.M., IZQUIERDO M., COSTELA A., 1998. The influence of genotype and feeding system in meat quality parameters of pure Tetinto, Charolais x Retinto and Limusin x Retinto male calves. *Proc. 44th ICOMST*. 302-303.
- FISCHER K., 1988. *Fleischwirtschaft* 68, 850.
- FISHELL V.K., ABERLE E.D., JUDGE M.D., PERRY T.W., 1985. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *J. Anim. Sci.*, vol 61, n°1.
- FISHER A.V., NUTE G.R., FURSEY G.A.J., COOK G., 1994. *Meat Focus International*, Feb. p. 62.
- GARCÍA S.L., IZQUIERDO M., ESPEJO M., LÓPEZ M.M., VASCO P., 1998. The influence of the feeding system and the calving period on the quality of the retinto cattle meat. En *Proc. Basis of the quality of typical Mediterranean animal products*. Badajoz, 29 September-2 October. 456-458.
- GARIEPY C., AMIOT J., BELANGER A., FLIPOT P.M., GIRARD V. 1990. Steroides musculaires et qualité de la viande de bouvillons et de taurillons. *Can. J. Anim. Sci.*, 70, 301-304.
- GEESINK G.H., SMULDERS F.J.M., VAN LAACK H.L.J.M. WENSING TH., BREUKING H.J., 1993. Effects on meat quality of the use of clenbuterol in veal calves. *J. Anim. Sci.* Vol. 71, 1161-1170.
- GEESINK G.H., SMULDERS F.J.M., VAN LAACK H.L.J.M., 1994. The effects of calcium, sodium, and zinc-chlorides treatment on the quality of beef. *Sci. Alim.* 14, 485-502.
- GIL M., 1996. Tenderización o maduración de la carne. *Eurocarne*, n° 43. 77-82.
- GIL ML, SERRA X., PIEDRAFITA J., QUINTANILLA R., OLIVER M.A., 1998. Fiber characterization of muscle *Longissimus thoracis* from Bruna dels Pirineus cattle breed. *Proc. 44th ICOMST*. 704-706.
- GOUTENFOGEAR, VALIN C., 1976. Etude comparée de la saveur des viandes de vaches et de taurillons. Relation entre la composition du muscle et la saveur de la viande. *European Meeting of Meat Research Workers*, 22. Malmö. Swedish Meat Research Centre, Vol I, A8:1.
- GUIGNOT F., TOURAILLE C., OUALI A., RENNERRE M., 1994. Relationship between postmortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. *Meat Sci.*, 37, 315-325.
- HARRINSON A.R., SMITH M.E., ALLEN D.M., HUNT M.C., KASTNER C.L., KROPF D.H. 1978. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef. *J. Anim. Sci.* 54, 790.
- HARRIS P.V., SHORTHOSE W.R., 1988. In: *Developments in Meat Science-4*, Elsevier Applied Science, London, 245-296.
- HEDRICK H.B., PATERSON S.A., MATCHES A.G., THOMAS J.D., MARROW R.E., STRINGER W.C., LIPSEY R.J., 1983. Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn gain. *J. Anim. Sci.*, 57, 4-10.
- HERRING, H.R., CASSENS R.G., SUESS G.G., BRUNGARDT V.H., BRISKEY E.J., 1977. Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. *J. Food Sci.* 32, 317-322.
- HERZ K.O., 1970. *Meat Flavor*. *Adv. Food Res.* 18:1.
- HONIKEL K.O., 1987. How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. En: *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Tarrant, p:V.; Eikelenboom, G.; Monin, G. (eds.). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 129-142.
- HOOD D.E., TARRANT P.V., 1981. Martinus Nijhoff Publishers.
- HORCADA A., 1996. Calidad de la carne de los corderos de razas Lacha y Rasa Aragonesa. Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra.
- JACOBS J.A., FIELD R.A., BOTKIN M.P., RILEY M.L., ROEHRKASSE G.P., 1972. Effect of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *J. Anim. Sci.*, 35, 926-930.
- JAIME Y., BELTRÁN J.A., CEÑA P., LÓPEZ-LORENZO P., RONCALES P., 1992. *Meat Sci.*, 32, 357-366.
- JANICKI M.A., KORTZ J., ROZYCSKA J., 1966. *Technol Mesa* 7, 73.
- JENNINGS T.G., BERRY B.W., JOSEPH A.L., 1978. Influence of fat thickness, marbling and length of aging on beef palatability and shelf-life characteristics. *J. Anim. Sci.*, 46, 658-665.
- JEREMIAH L.E., GREER G.G., GIBSON L.L., 1991. *JOURNAL OF MUSCLE FOODS*, 2, 119-131.
- JONES S.D.M., JEREMIAH L.E., TONG A.K.W., LUTZ S., ROBERTSON W.M., 1991. *Canadian Journal of Animal Science*, 71, 1037-1043.
- JOSEPH R.L., 1996. *Meat Sci.*, 43, 217-227.
- JOURNE H.E., TEISSIER J.H., 1982. Caracteristiques et qualité de la viande de bovine. *Tecn. Agric.*, 3392: 1.
- KATO H., THUE M.R., NISHIMURA T., 1989. In: *Flavor Chemistry. Trends and Development* (R. Teranishi, R.G. Buttery and F. Shahidi Eds.) ACS Symp. Ser. 388, Washington, 158.

- PALACIO J., SANTOLARIA P., GARCÍA-BERENGUER S., RODES D., ACEÑA C., GASCÓN M., ANGEL J.A., LLES J.C., LOBERA B., MARTÍN-MAESTRO I., BAYO F., TIL, L., 1999. Factores de estrés previos al sacrificio y su repercusión sobre el pH final de las canales en ganado vacuno. ITEA 20, 14-16.
- PICCARD B., MICOL D., DOZIAS D., GEAY Y., 1995. Effects of compensatory growth on muscle characteristics in 2 year-old beef steers. Ann. Zootech. 44, 297.
- POWELL V.H., 1991. Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. Meat Sci. Vol. 30, 195-205.
- PROSPERI J.C., 1999. Electroestimulación de reses recién faenadas. Eurocarne, 76, 51-53.
- PURSLOW P.P., 1994. The structural basis of meat toughness: What does the collagenous component play; Proc. of the 40th ICOMST, La Haya, 27-34.
- RAO M.V., GAULT N.F.S., 1990. J. Texture Stud., 21, 455-477.
- REINECCIUS G., 1994. Flavour and aroma chemistry. En: Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, Pearson, A.M. y Dutson, T.R. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- RENERRE M., 1982. La couleur de la viande et sa mesure. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix. I.N.R.A., 47, 47-54.
- RENERRE M., 1986. Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix. I.N.R.A., 65, 41-45.
- RENERRE M., DUMONT F., GATELLIER Ph., 1996. Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. Meat Sci., 43, 111.
- RENERRE M., MAZUEL J.P., 1985. Sci des Aliments, 5, 541.
- RENERRE M., TOURAILLE C., BORDES P., LABAS R., BAYLE M.C., FOURNIER R., 1989. Influence of straw feeding and growth-implant on veal meat quality. Meat Sci. Vol. 26, 233-244.
- RENERRE M., VALIN C., 1979. Influence de l'âge sur les caractéristiques de la couleur des viandes bovine de la race limousine. Ann. Technol. Agric., 283, 319-332.
- RILEY R.R., SMITH G.C., CROSS H.R., SAVELL J.W., LONG C.R., CARTWRIGHT T.C., 1986. Chronological age and breed-type effects on carcass characteristics and palatability of bull beef. Meat Sci. Vol., 17, 187-198.
- RONCALES P., CEÑA P., BELTRÁN J.A., JAIME I., 1993. Ultrasonication of lamb skeletal muscle fibres enhances postmortem proteolysis. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 196, 339-342.
- RONCALES P., MARQUINA P., RODES D., PALACIO J., SANTOLARIA P., BELTRÁN J.A., GARCÍA-BERENGUER S., 1999. Efecto de la estimulación eléctrica de las canales sobre la calidad de la carne de vacuno. Eurocarne , 79, 75-81.
- SÁNCHEZ B., SÁNCHEZ L., DE LA CALLE B., MONSERRAT L., 1997. Influencia de factores de variación en los valores de pH y color de la ternera gallega. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. 766-768.
- SANTOLARIA P., 1993. Influencia de factores genéticos y ambientales sobre los parámetros sensoriales que definen la calidad de la carne de añojo. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- 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. Curso Internacional de Producción Ovina. SIA, Zaragoza.
- SAÑUDO C., 1997. Análisis sensorial de la carne de vacuno. II Jornadas de Análisis Sensorial. Villaviciosa, Septiembre 1997.
- SAÑUDO C., ALBERTÍ P., SANTOLARIA P., SAINZ C., VERDE M., MARÍA G., 1993. 40th Congress on Meat Quality & Food Technology. Calgary, Canadá.
- SAÑUDO C., CAMPO M.M., 1997. Calidad de la canal por tipos. En "Vacuno de carne: aspectos claves". Buxadé C. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 465-492.
- SAÑUDO C., SANTOLARIA P., MARÍA G., OSORIO J.C., SIERRA I. 1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. Meat Sci., 42(2), 195-202.
- SAÑUDO C., SIERRA I., 1982). Estudio de la calidad de lacanal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. An. Fac. Vet. Zaragoza, 16-17, 285-295.
- SCANGA J.A., BELK K.E., TATUM J.D., GRANDIN T., SMITH G.C., 1998. J. Anim. Sci. 76, 2040-2047.
- SCHRAMA J.W., HEETKAMP M.J.W., VERSTEGEN M.W.A., SCHOUTEN W.G.P., VANDER-VEEN F., HELMOND F.A., 1996. Anim. Sci. 63, 79-89.
- SCHRAMA J.W., VAN DER HEL W., HENKEN A.M., GORSSSEN J., VERSTEGEN M.W.A., 1994. Transport of farm animals: the termal environment. 40th ICoMST, The Hague. Netherlands.
- SEIDY M., TOURAILLE C., 1986. RTVA, Juin, 8-26.
- SENSKY P.L., PARR, T., SCOTHERN G.P., PERRY A., BARDSLEY R.G., BUTTEY P.J., WOOD J.D., WARKUP C.C., 1998. Differences in the calpain enzyme system in tough and tender samples of porcine *longissimus dorsi*. Proc. of the British Society of Animal Science, 16.
- SMITH G.C., CULP G.R., CARPENTER Z.L., 1978. Journal of Food Science, 43, 823-826.
- SORENSEN S.E., 1981. Relationships between collagen properties and meat tenderness in young bulls of different genotype, weight and feeding intensity. Ph. D. Thesis, Kopenhagen, Royal veterinary and agricultural university, 138.

- SPANIER A.M., EDWARDS V.J., DUPUY H.P., 1988. The warmed over flavor process in beef: a study of meat proteins and peptides. *Food Technology*, 58, 110-118.
- SPANIER A.M., MILLER J.A., 1996. Effect of temperature on the quality of muscle foods. *Journal of Muscle Foods*, 7, 355-375.
- STANTON C., LIGHT N.D., 1990. *Meat Sci.*, 27:, 141-159.
- STEEN D., CLAEYS E., DEMEYER D., 1997. Very fast chilling of excised beef muscles. Very fast chilling in beef. (3) Eating quality. 25-34.
- STRANGE E.D., BENEDICT R.C., GUGGER R.E., METZGER V.G., SWIFT C.E., 1974. Simplified methodology for measuring meat color. *J. Food Sci.*, 39, 988-992.
- SULLY R.J., MORGAN J.H.L., 1982. The influence of feeding level and type of feed on the carcasses of steers. *Aust. J. Agric. Res. Vol.*, 33: 721-729.
- TARRANT P.V., 1989. Animal behaviour and environment en the dark-cutting condition in beef. A review. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 13, 1-21.
- TARRANT P.V., 1998. Some recent advances and future priorities in research for the meat industry. *Proc. 44th ICOMST*. 2-13.
- TARRANT P.V., SHERINGTON J., 1980. An investigation of ultimate pH in the muscle of commercial beef carcasses. *Meat Science*, 4, 287-297.
- TARTARI E., BENATTI G., BARGE M.T., DESTEFANIS G., ZOCCARATO I., LAZZARONI C., BURGAPAGLIA A., 1980. Influenza dell'alimentazioni sulle performances del bovino Piemontese. Estratto da *Agricoltura*, n° 209/210. Ismea, Roma.
- TENNESSEN T., PRICE M.A., BERG R.T. 1984. Comparative responses of bulls and steers to transportation. *Can. J. Anim. Sci*, 64, 333-338.
- TORNBERG E., 1996. *Meat Sci.*, 43, S175.
- TOURAILLE C., 1986. Conséquence de l'emploi des anabolisants sur la qualité de la viande. *Production de viande bovine, XVe Grenier de Theix, C.R.Z.V., I.N.R.A.*, 445-440.
- TOURAILLE T., GIRARD J.P., 1985. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix INRA*, 60, 83-97.
- VAN LAACK R.L.J.M., SMULDERS F.J.M., 1996. 42nd ICOMST. 510-511.
- VANDERWERT W., BECHTEL P.J., VOL D.C., MCKEITH F.K., BERBER L.L., SHNKS R.D., 1989. Factors related to longissimus tenderness among alternate methods of lean beef production. *J. Food. Qual. Vol. 12 (6)*, 445-453.
- WARRIS P.D. 1989. The behaviour and blood profile of bulls which produce dark-cutting meat. *J. of Sci of Food and Agric*, 35, 863-868.
- WARRIS P.D., 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Anim. Behaviour Sci.*, 28, 171-186.

- WARRIS P.D., DESTIN S.C., BROWN J.N., WILKINS L.T., 1984. The time required for recovery from mixing stresses in young bulls and the prevention of dark-cutting beef. *Meat Sci*, 10, 53-68.
- WARRIS P.D., KESTIN S.C., YOUNG C.S., BEVIS E.A., BROWN S.N. 1990. Effect of preslaughter transport on carcass yield and indices of meat quality in sheep. *J. Sci. Food Agric.*, 51, 517-523.
- WARRIS P.D., KNOWLES T.G., 1993. Welfare aspects of broiler transport in The United Kingdom. En *Livestock Environment IV. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan*, 547.
- WENHAM L.M., LOCKER R.H., 1976. *J. Sci., Food Agric.*, 27, 1079-1084.
- WESTERLING D., HEDRICK H., 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J. Anim. Sci.*, 48, n° 6, 1343-1348.
- WHEELER T.L., DAVIS G.W., CLARK J.R., RAMSEY C.D., ROURKE T.J., 1989. Composition and palatability of early and late maturing beef breed-types. *J. of Anim. Sci. Vol.*, 67, 142-151.
- WISMER-PEDERSEN J., 1994. Química de los tejidos animales. Parte 5 Agua. En "Ciencia de la carne y de los productos cárnicos". De. Price J.F. y Schweigert B.S. De. Acribia. Zaragoza. Cap. 3, 125.