

Efecto del marinado por maceración sobre las propiedades texturales de la carne de cabra de raza Santandereana

The effect of marinating by maceration on the textural properties of goat meat of Santanderean breed

Peña F. Ricardo¹
Durán O. Daniel^{2*}

¹Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Microbiólogo.
Universidad de Pamplona, Colombia.

²Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos (GINTAL), Departamento de Alimentos, Universidad de Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia

Recibido 1 de Agosto 2010; aceptado 28 de Octubre de 2010

RESUMEN

La carne de cabra es una importante fuente de proteína animal. El mejoramiento de las características texturales es una estrategia que debe contemplarse en los procesos de industrialización con el fin de añadir un valor a este tipo de carnes. En este trabajo se emplea el marinado por maceración con tripolifosfato sódico TPS y NaCl como estrategia para mejorar la calidad de la carne de cabra de raza santandereana. Al producto terminado se le realizaron análisis de terneza mediante el test Warner-Bratzle (WB) y perfil de textura (TPA) durante los días 0, 7, 14, 21, y 28 del almacenamiento en refrigeración. Se observa una mejora en la terneza, la cohesividad y la elasticidad del producto con presencia de diferencias estadísticamente significativas con un $p \leq 0,05$, respecto al producto sin marinar desde el mismo momento de la aplicación del tratamiento, así mismo se presenta un efecto selectivo de aumento de la gomosidad sobre los músculos de las piernas y los brazos respecto a los músculos de las costillas. Consolidando así al marinado como una

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: danieldurán@unipamplona.edu.co

importante alternativa de industrialización para la carne de cabra de raza santandereana.

Palabras claves: *carne de cabra, cohesividad, elasticidad, gomosidad, textura.*

ABSTRACT

Goat meat is an important source of animal protein. Improving the textural characteristics it is a strategy that should be considered in the industrialization processes in order to add value to this type of meat. In this work we use the marinated by maceration with sodium tripolyphosphate STP and NaCl as a strategy to improve the quality of the goat meat of Santandereana breed. To the finished product analysis were performed using the Warner-Bratzle (WB) test tenderness and texture profile (TPA) on days 0, 7, 14, 21, and 28 of storage under refrigeration. There is an improvement in the tenderness and cohesiveness in the product with the presence of statistically significant differences at $p \leq 0.05$ compared to the product without marinade from the moment of application of the treatment, it also provides a selective effect of increasing of gumminess on the legs and arms muscles over the ribs muscles. Consolidating the marinade as an important alternative of industrialization for the goat meat of Santanderean breed.

Keywords: *Goat meat, cohesiveness, springiness, gumminess, texture.*

INTRODUCCIÓN

Se ha establecido la carne de la cabra como baja en grasa y con calidad nutritiva favorable, sus atributos corresponden con las demandas nutricionales actuales de los consumidores (Webb et al., 2005). No obstante, la menor preferencia de la carne de cabra con respecto a la carne de cordero puede estar vinculada a las diferencias en el contenido colágeno y su solubilidad, así como con las características de las fibras musculares que pueden afectar la terneza de la carne. El consumidor confiere una mayor importancia a la dureza como principal atributo de la textura,

siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie y Lawrie's, 1998; Ouali, 1991). Los valores de esfuerzo cortante tienden a seguir tendencias similares a las calificaciones de terneza, pero los valores reportados varían considerablemente, dependiendo de factores tales como el tratamiento de los animales antes del sacrificio y del tratamiento *post-mortem* de la canal. El límite aceptable para la sensibilidad de cordero es <5 Kg/f y de fuerza cortante (Warner-Bratzler), alrededor de 3 kg de (Watanabe et al., 1996; Bickerstaffe et al., 1996). Este trabajo busca

evaluar el efecto del masajeado y marinado con tripolifosfato sódico y NaCl sobre las características texturales de la carne de cabra

de raza santandereana como estrategia de mejoramiento de su calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas

Se utilizaron 4 ejemplares machos, de 9 meses de edad, pertenecientes a la raza caprina Santandereana (previa certificación veterinaria). Los animales fueron sometidos a ayuno para facilitar las labores de faenado, el sacrificio de los animales se realizó por personal calificado. Una vez obtenida la carne madurada en canal se procedió a realizar el despiece, pesaje e identificación de las piezas comerciales de carne a utilizar (pierna, brazo y costillar) como porciones comerciales de alto valor y se realizó el proceso de marinado.

Marinado y empacado al vacío

Se procedió a realizar la elaboración de los productos marinados y sin marinar, la solución de marinado estaba compuesta de NaCl (2%), TPS (de la mezcla lista de polifosfatos) (0,5%) según Pawar *et al*, (2003) y Alper *et al*, (2004). El proceso de marinado por maceración se realizó en una masajeadora tomblor marca JAVAR TB-50, con una velocidad de 23 rpm y en la cual se trataron las piezas designadas durante 20 minutos según Bowling *et al*, (1976). Posteriormente las muestras fueron empacadas al vacío según Babji *et al*, (2000) y Morales de la Nuez, *et al* (2009).

Análisis de textura

Ambos análisis se realizaron en un Texturometro TA-Plus Lloyd y a las muestras de carne de cabra se les retiró la grasa subcutánea. El test WB y el TPA se realizaron en la carne cocida. Para la prueba de terneza se hicieron

probetas rectangulares de 1,2 centímetros, cortadas paralelas a las fibras musculares, se hicieron filetes de 1,2 cm de espesor y fueron envueltos en papel aluminio previamente identificado. Se procedió a su cocción en horno convencional previamente calentado a 350 °F durante 1 hora, hasta que alcancen una temperatura interna de 70 °C (160 °F). Para el TPA se hicieron filetes de carne de 2 centímetros de espesor y fueron cocidos de la misma forma antes detallada. En la prueba TPA, los valores de calibración del texturómetro en cuanto a velocidad del cabezal: 5mm/seg, compresión del 25% y fuerza TIGER de 0,1 Kgf y en el test Warner-Bratzler (WB) la calibración fue realizada utilizando una depresión 5mm, velocidad del cabezal 5 mm/seg y fuerza TIGER de 2 Kgf, de cada una de las muestras se realizaron 8 repeticiones con porciones diferentes de la misma muestra. Los valores de resistencia al corte menores o iguales a 2,27 Kg de presión significa carne tierna, valores entre 2,27 – 3,63 Kg de presión representa carne medianamente tierna y más de 5,44 Kg representa carne extremadamente dura (AMSA, 1995).

Análisis estadístico

Todas las pruebas fueron practicadas bajo un diseño experimental de bloques completos al azar y se aplicaron análisis estadísticos ANOVA a los resultados obtenidos es busca de diferencias mínimas significativas (DMS) con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos de marinados y sin marinar a cada uno de las variables anteriormente expuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Terneza de la carne de cabra marinada y sin marinar

Los resultados de las pruebas de terneza ejecutados en la carne de cabra durante los diferentes días de almacenamiento se muestran en la figura 1, aquí se observa que las muestras que no fueron sometidas al proceso de marinado presentan, en el comienzo del almacenamiento (días 0, 7 y 14), índices más altos de resistencia al corte, con diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) respecto a sus pares de carne marinada, a medida que pasa el tiempo se presenta una clara tendencia a la disminución de este índice, llegando a su mayor disminución, en el día 28 de almacenamiento. Del mismo modo, la

figura 1 indica que la terneza de las muestras marinadas es mayor, al presentarse menor resistencia al corte en todas las evaluaciones con respecto a las muestras sin marinar. Lo que afirma, que el tratamiento de masaje y marinado mejora la terneza de la carne de cabra de raza santandereana desde el mismo momento de la aplicación del procedimiento y que estas condiciones se mantienen en el tiempo mientras que la mejora de la terneza de la carne sin marinar solo se presenta a partir del día 14, estos resultados son similares a los reportados por Nishimura *et al.*, (1998), quien informó que la resistencia mecánica de la carne de vacuno del músculo semitendinoso sólo disminuyó después de 14 días de almacenamiento en refrigeración.

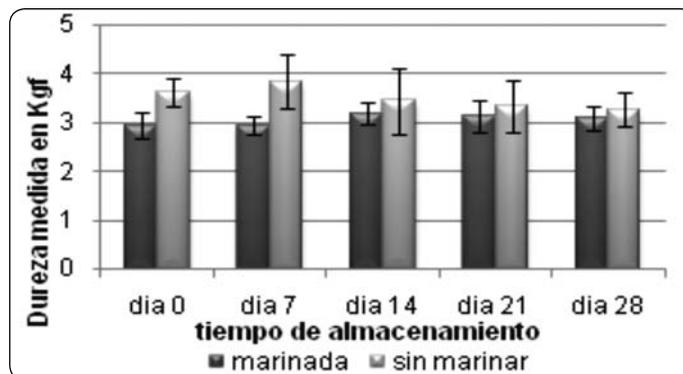


Figura 1. Variación de la terneza en la carne de cabra

La mejora en la terneza de la carne de cabra marinada se debe a un debilitamiento estructural de las miofibrillas causado por el proceso de masaje al que fue sometido el producto, el cual estimula el ingreso de la solución marinadora al tejido. Jeremiah *et al.*, (1999) ha demostrado la eficacia de la tenderización mecánica sobre el aumento de la sensibilidad de la carne, del mismo modo se ha demostrado que los cortes de la carne de cerdo son más tiernos y jugosos cuando se les

inyecta con sales ricas en fosfatos (Robbins *et al.*, 2003).

Mientras que el lento proceso de ablandamiento de la carne sin marinar después del día 14 se debe al debilitamiento estructural del tejido conectivo intramuscular (Liu *et al.*, 1995; Takahashi, 1996). Hogg *et al.*, (1992) informaron que la carne de cabra almacenada durante 12 días, es significativamente más tierna que la almacenada únicamente 2 días.

Kannan *et al.*, (2002) afirma que el índice de fragmentación de las miofibrillas de carne de cabra es cada vez mayor durante períodos de almacenamiento prolongados. De otra parte, no se registraron diferencias significativas en la terneza de los diferentes grupos musculares de carne de cabra evaluados, estos resultados son iguales a los reportado en por González *et al.*, (1983) para los músculos Biceps Femoral y *Longissimus dorsi*, y con los resultados expresados por Argüello *et al.*, (1998) en cabritos de la agrupación caprina canaria.

Variación de la cohesividad de la carne de cabra cocida

Las variaciones de la cohesividad de la carne de cabra marinada y sin marinar se muestran en la figura 2, aquí se expone que no existe una tendencia en los valores de cohesividad de la carne de cabra respecto al tiempo, esta propiedad física de la carne no depende directamente del tiempo de almacenamiento, sino que tiene que ver con el calentamiento ejercido sobre el producto y con el efecto Kosmotrópico de los iones fosfato y Na⁺ de las sales (Puolanne y Halonen, 2010) en la solución marinadora, las cuales tiene efectos significativos sobre las muestras ya que es notoria la mayor cohesividad de la carne de cabra marinada, respecto al no marinado en los días 0, 7 y 14 con presencia de diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$).

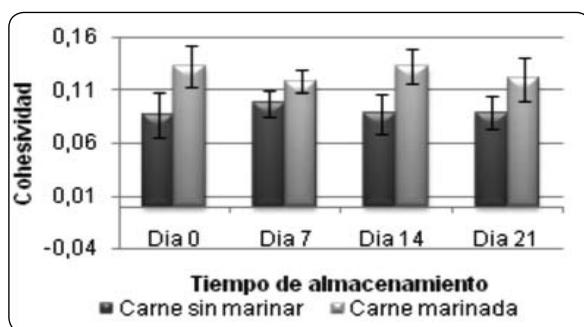


Figura 2. Evolución de los niveles de cohesividad de la carne de cabra

El tiempo de cocción largo permite que los cambios estructurales ocurran gradualmente e induzcan la contracción, desnaturalización y coagulación de la proteína en la carne (Yarmand y Homayouni, 2010; Kadim *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2007; Tornberg, 2005), del mismo modo, la proteína miofibrilar ejerce fuerza cohesiva para unir partículas de carne y estabilizar los fragmentos de grasa en la matriz del gel (Xiong, 1997). La funcionalidad específica de la proteína miofibrilar y su gel térmicamente inducida está influenciada por varios factores, dentro de los que se incluyen el pH, la concentración de sal y la fuerza iónica inducida por ésta, originando el mantenimiento en cierto grado de la red de proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas (Chin *et al.*, 2009), este hecho justifica la mayor cohesividad en las muestras de carne marinadas.

La disminución de la cohesividad de las muestras de carne de cabra marinada y sin marinar es originada por la degradación enzimática de proteínas encargadas de mantener la estructura extramiofibrilar (por ejemplo, desmina y vinculina) e intramiofibrilar (por ejemplo, titina, nebulina) o de las proteínas encargadas de mantener los vínculos miofibrilares con el sarcolema (por ejemplo, vinculina, distrofina) o las que mantienen la unión de las células musculares a la lámina basal (Hattori *et al.*, 1991). La función de algunas de estas proteínas es la de mantener la integridad estructural de las miofibrillas (Purslow *et al.*, 2001) y la degradación proteolítica de estas provoca un debilitamiento de las miofibrillas (Koohmarraie, 1996; Robson *et al.*, 1997; Taylor *et al.*, 1995). La evidencia indica que un número de proteínas asociadas con los filamentos gruesos y delgados y otros que se encuentran en la periferia del disco Z se degradan en

condiciones normales de almacenamiento en refrigeración. Igualmente, estudios realizados por Hwang et al., (2005); Lametsch y Bendixen, (2001); Lametsch *et al.*, (2002) y Lametsch et al, (2003) han informado de la degradación de la actina y la miosina durante el almacenamiento prolongado, hecho que disminuye la disminución de la cohesividad de las muestras.

Evolución de la elasticidad de la carne de cabra cocida

La figura 3 muestra los valores de elasticidad de la carne de cabra durante los 21 días de almacenamiento propuestos, poniendo de relieve la mayor elasticidad en la carne de cabra marinada y la ocurrencia de diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) durante los días 0, 7 y 14 del almacenamiento, entre la carne marinada y sin marinar originada por el cambio químico del colágeno, la acción del NaCl y los polifosfatos adicionados.

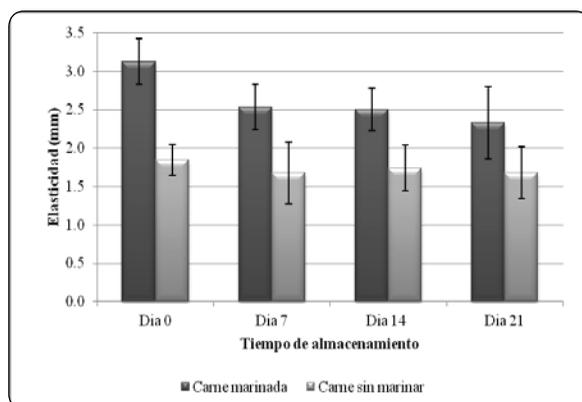


Figura 3. Elasticidad de la carne de cabra almacenada en refrigeración

La transición térmica de colágeno a partir de una estructura cristalina a una cuasi similar al caucho produce un aumento en la elasticidad de la carne (Lepetit, 2008). Cuando esta transición se ha completado el coláge-

no se comporta de acuerdo con la teoría de la elasticidad como el caucho (Kopp y Bonnet, 1987). Esto da una explicación de por qué la dureza de la carne se vuelve positivamente correlacionada con elasticidad por encima de 60 °C (Tornberg *et al*, 1997). El colágeno desnaturalizado por el calor, se deforma más fácilmente y se hincha, absorbiendo cantidades importantes de agua, así un calentamiento mantenido permite obtener gelatina contribuyendo al aumento en los niveles de elasticidad (Girard, 1991) en las muestras de carne de cabra marinadas debido a su mayor capacidad de retención de agua.

Igualmente, se presentó una tendencia a la disminución de la elasticidad tanto en la muestra marinada como sin marinar ya que durante el almacenamiento se produce una disminución en la cantidad de proteoglicanos perimiciales y epimiciales, en consecuencia una disminución de la fuerza perimicio crudo (Nishimura *et al.*, 1996). La matriz de proteoglicanos juega un papel importante en las propiedades mecánicas de los tejidos conectivos. La disminución en el módulo elástico de perimicio puede ser explicado por una disminución de 20% en el módulo elástico de la matriz de proteoglicanos (Sandrin *et al*, 2004; Lepetit, 2008).

Evolución de la gomosidad en la carne de cabra cocida

En la figura 4 se muestran los niveles de gomosidad de las muestras de carne de cabra marinada y sin marinar, almacenadas en refrigeración, aquí se observa que al comparar el efecto de los dos tratamientos solo se hallaron diferencias en las pruebas realizadas en los días 0 y 14 con la existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre ellas y mayor índice de gomosidad en la carne de cabra marinada.

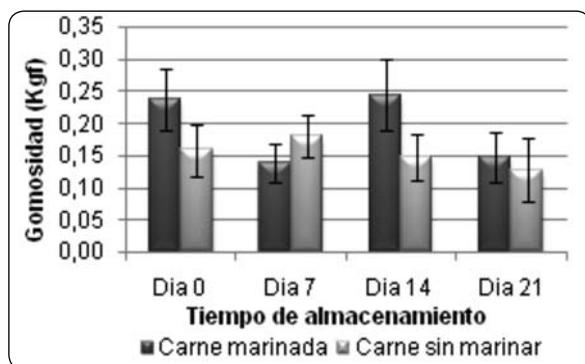


Figura 4. Evolución de los niveles de gomosidad de la carne de cabra

También se puede observar que no es clara una tendencia de ascenso o descenso a través del tiempo, lo que afirma que esta característica no está relacionada con el tiempo o las características de almacenamiento sino que se relaciona con el tipo de músculo tratado y la función enzimática en el mismo. Las muestras de carne de cabra marinada y sin marinar de los días 7 y 21 no presentaron diferencias en su gomosidad.

Las propiedades únicas de la carne son originadas por las diferentes distribuciones de los tipos de fibras musculares (Żochowska-Kujawska *et al.*, 2007). Las fibras rojas y blancas del músculo producen sensaciones de palatabilidad diferente, caracterizados por ternura, jugosidad, textura, y sabor diferentes (Xiong, 1994). Son ampliamente conocidos los efectos mecánicos del masaje, debido a la absorción de la salmuera en la carne que induce cambios físicos e histológicos con diferentes niveles de intensidad, como resultado del masajear, al inducir un aumento en la

absorción de salmuera de manera diferente en cada músculo se generan efectos diferentes en los músculos (Lachowicz *et al.*, 2003). Se ha demostrado que los músculos difieren en su susceptibilidad al ablandamiento por masajeo (Shackelford *et al.*, 1995), es así como se puede afirmar que el proceso de marinado por maceración afecta principalmente a los músculos de las piernas y los brazos (días 0 y 14), mientras que en los músculos de las costillas (7 y 21) no se registró esta variación en la carne de cabra de raza santandereana. Dependiendo del músculo y el grupo de animales.

El tripolifosfato sódico también ejerce un efecto selectivo importante en la gomosidad de las muestras de carne de cabra marinada de los días 0 y 14. La acción de la TPPasa, enzima encargada de la utilización de TPP en la carne se encuentra relacionada directamente con la actividad de la miosina y su fragmento S1 (Xiong, 2005). Yamazaki *et al.* (2010) han observado diferencias en las actividades catalíticas de la ATPasa ligada a la miosina entre diferentes tipos de fibras musculares, principalmente entre las fibras musculares de contracción rápida, las cuales tienen una mayor actividad ATPasa respecto a las fibras de contracción lenta. Las diferencias registradas en las muestras de carne de cabra marinada de piernas y brazos corresponden a músculos en donde predominan fibras de contracción rápida con mayor actividad TPPasa y mejor aprovechamiento del plifosfato como potenciador de la gomosidad.

CONCLUSIONES

En este trabajo se demuestra que con la aplicación del tratamiento de marinado y masajeo mejora notablemente las caracterís-

ticas de ternura, elasticidad, cohesividad y aumenta selectivamente la gomosidad de la carne de cabra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alper Ö., Meltem S, and Kıyalbek A. (2004). Effect of various additives to marinating baths on some properties of cattle meat. *Euro Food Research Technology*, 218:114–117.
- AMSA. Research Guidelines of Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. American Meat Science. Asoc. Chicago, Illinois. 1995.
- Argüello, A., Ginés, R., Capote, J y López, J.L. (1998). Aproximación al estudio de las características físicas de la carne de cabrito de la agrupación caprina canaria. *Producción Ovina y Caprina*, XXIII: 141-144
- Babji, Y., Murthy T.R and Anjaneyulu A.S. (2000). Microbial and sensory quality changes in refrigerated minced goat meat stored under vacuum and in air. *Small Ruminant Research*. 36:75-84
- Bickerstaffe, R. (1996). Proteases and meat quality. *Proceedings N.Z. Society in Animal Production*, 56:153–156.
- Bowling, R.A., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., (1976). Marshall, W.H and Shelton, M. Blade tenderization of wholesale cuts from ram lambs and kid goats. *Journal Animal Science*, 43:122–130.
- Chin, K.B., Go, M.Y., Xiong Y.L. (2009). Konjac flour improved textural and water retention properties of transglutaminase-mediated, heat-induced porcine myofibrillar protein gel: Effect of salt level and transglutaminase incubation. *Meat Science*, 81:565–572.
- Girard, J.P. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Editorial acriba, Zaragoza España. 1991.
- González, F.A., Owen, J.E and Cereceres, M.T. (1983). Studies on the criollo goat of northern Mexico: part 2- physical and chemical characteristics of the musculature. *Meat Science*. 9(4):305–314.
- Hattori, M., Fukuda, Y., Imoto, M., Koyama, Y., Nakano, I, and Urano, F. 1991. Histochemical properties of vascular and sinusoidal endothelial cells in liver diseases. *Gastroenterologia Japonica*, 26(3):336–343.
- Hogg, B.W., G.J. Mercer, B. J. Mortimer, Kirton, A.H and Duganzich, D.M. (1992). Carcass and meat quality attributes of commercial goats in New Zealand. *Small Ruminant Research*. 8:243–256.
- Hwang, I.H., Park, B.Y., Kim, J.H., Cho, S.H, and Lee, J.M. (2005). Assessment of postmortem proteolysis by gel-based proteome analysis and its relationship to meat quality traits in pig longissimus. *Meat Science*. 69(1): 79–91.
- Jeremiah, L.E., Gibson, L.L, and Cunningham, B. (1999). The influence of mechanical tenderization on the palatability of certain bovine muscles. *Food Research International*. 32:585–591.
- Kadim, I.T., Mahgoub, O, and Purchas, R.W. (2008). A review of the growth and of the carcass and meat quality characteristics of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*). *Meat Science*. 80:555–569.
- Kannan, G., Chawan, C. B., Kouakou, B and Gelaye, S. (2002). Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. *Journal Animal Science*. 80:2383–2389.
- Koohmaraie, M. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*. 43(Suppl 1): 193–201.
- Kopp, J, and Bonnet, M. Stress–strain and isometric tension measurements in collagen. In A. M. Pearson, T. R. Dutson, & A. J. Bailey (Eds.). *Advances in meat research collagen as a food* New York, USA: An Avi Book -Vaan Nostrand Reinhold Company. 1987. Vol. 4, pp. 163–185.
- Lachowicz, K., Sobczak, M., Gajowiecki, L, and Żych, A. (2003). Effects of massaging time on texture, rheological properties, and structure of three pork ham muscles. *Meat Science*, 63:225–233.
- Lametsch, R, and Bendixen, E. (2001). Proteome analysis applied to meat science: Characterizing post mortem changes in porcine muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10):4531–4537.
- Lametsch, R., Roepstorff, P, and Bendixen, E. (2002). Identification of protein degradation during post-mortem storage of pig meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(20):5508–5512.
- Lametsch, R., Karlsson, A.H., Rosenvold, K., Andersen, H.J., Roepstorff, P, and Bendixen, E. (2003). Post-mortem proteome changes of porcine muscle related to tenderness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51:6992–6997.
- Lawrie, R.A. *Lawrie’s Meat Science*, sixth ed. Woodhead Publ. Ltd., Cambridge, England, 1998. pp 336.
- Lepetit, J. (2008). Review: Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*. 80:960–967.
- Liu, A., T. Nishimura and Takahashi, K. 1995. Structural weakening of intramuscular connective tissue during postmortem aging of chicken semitendinosus muscle. *Meat Science*. 39:135–142.
- Morales de la Nuez, A., Moreno Indias, I., Falcón, A., Argüello, A., Sánchez Macias, D., Capote, J and Castro N. (2009). Effects of various packaging systems on the quality characteristic of goat meat. *Asian-Aust. Journal Animal Science*. 22(3):428–432.

- Nishimura, T., Hattori, A, and Takahashi, K. (1996). Relationship between degradation of proteoglycans and weakening of the intramuscular connective tissue during post-mortem ageing of beef. *Meat Science*; 42:251–260.
- Nishimura, T., A. Liu, A. Hattori and Takahashi, K. (1998). Changes in mechanical strength of intramuscular connective tissue during postmortem aging of beef. *Journal Animal Science*, 76:528–532.
- Ouali, A. (1991). Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *INRA. Production des Animaux*. 4(3): 195-208.
- Pawar VD, Surve VD and Machewad GM. (2003). Tenderization of chevon by papain and trypsin treatments. *Journal of Food and Science and Technology*. 40:296–298.
- Puolanne, E, and Halonen, M. (2010). Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Science*, 86:151–165.
- Purslow, P.P., Schäfer, A., Kristensen, L., Bertram, H.C., Rosenvold, K., Henckel, P., et al. Water-holding of pork: Understanding the mechanisms. *Proceedings 54th Reciprocal Meat Conference*, 2001. pp. 134–142.
- Robbins, K., Jensen, J., Ryan, K.J., Homco-Ryan, C., McKeith, F.K, and Brewer, M.S. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Science*. 2003; 65:721–729.
- Robson, R.M., Huff-Loneragan, E., Parrish, F.C., Ho, C.Y., Stromer, M.H., Huiatt, T.W., et al. Postmortem changes in the myofibrillar and other cytoskeletal proteins in muscle. *Proceedings Reciprocal Meat Conference Proceedings*. 1997. pp. 43–52.
- Sandrin, A., Beakou, A., Favier, R, and Lepetit, J. Modeling changes with ageing in the mechanical properties of beef connective tissue. In *Proceedings 50th international congress of meat science and technology* (pp. 271–273). Helsinki, Finland. 2004.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L, and Koohmaraie, M. (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos Taurus* cattle. *Journal of Animal Science*. 73:3333–3340.
- Taylor, R.G., Tassy, C., Briand, M., Robert, N., Briand, Y, and Ouali, A. 1995. Proteolytic activity of proteasome on myofibrillar structures. *Molecular and Biological Reports*. 21(1):71–73.
- Takahashi, K. (1996). Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem aging of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*. 43:S67–S80.
- Thomas, R., Anjaneyulu, A.S., Gadekar, Y.P., Pragati, H, and Kondaiah, N. (2007). Effect of comminution temperature on the quality and shelf life of buffalo meat nuggets. *Food Chemistry*; 103:787–794.
- Tornberg, E., Andersson, K, and Josell, A. The rheological properties of whole and minced meat during cooking as related to sensory and structural characteristics. In *Proceedings 1st international symposium on food rheology and structure*, Zurich, Switzerland. 1997.
- Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins: Implications of structure and quality of meat products. *Meat Science*. 70(3):493–508.
- Watanabe, A., Daly, C.C and Devine, C.E., (1996). The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science*. 42:67–78.
- Webb, E.C., Casey N.H. and Simela L. 2005. Goat meat quality. *Small Ruminant Research*. 60(1-2):153–166.
- Xiong, Y.L. (1994). Myofibrillar proteins from different muscle fiber types: Implications of biochemical and functional properties in meat processing. *Critical Review of Food Science and Nutrition*. 34: 293–320.
- Xiong, Y. L. Structure-function relationship of muscle protein. In S. Damodaran and A. Paraf (Eds.), *Food proteins and their applications* New York: Marcel Dekker, Inc. 1997. pp. 341–392.
- Xiong, Y.L. (2005). Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. *Food Research International*. 38(3): 281–287.
- Yamazaki, M., Shen, Q.W, and Swartz, D.R. (2010). Triphosphate hydrolysis by bovine fast and slow myosin subfragment 1 isoforms. *Meat Science*. 85. 446–452.
- Yarmand, M.S, and Homayouni, A. (2010). Quality and microstructural changes in goat meat during heat treatment. *Meat Science*. 86:451–455.
- Żochowska-Kujawska, J., Lachowicz, K., Sobczak, L., Gajowiecki, L., Kotowicz, M., Żych, A., Mędrała, D. (2007). Effects of massaging on hardness, rheological properties, and structure of four wild boar muscles of different fibre type content and age. *Meat Science*. 75:595–602.