

EFFECT OF BODY CONDITION OF HOLSTEIN COWS ON WATER HOLDING CAPACITY, INSOLUBLE COLLAGEN AND SHEAR FORCE IN *Longissimus dorsi*
EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL DE VACAS HOLSTEIN SOBRE LA CAPACIDAD PARA RETENER AGUA, COLÁGENO INSOLUBLE Y ESFUERZO DE CORTE EN *Longissimus dorsi*

Mendoza-Carrillo José¹, Martínez-Yáñez Rosario¹, Díaz-Plascencia Daniel², Ávila-Ramos Fidel¹

¹Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. ²Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.

ABSTRACT

Body condition (CC) is a form direct for to determine the general condition of cows. The aim of this research was to evaluate the effect of body condition of Holstein cows sent to trail on technological quality of *Longissimus dorsi*. 180 cows from 24 to 36 months of ages were rated with body condition (CC), 10 min post mortem a sample was taken from muscle *Longissimus dorsi* (LD) to determine water holding capacity (CRA), shear force (FC) 1, 5, 10, 15 and 20 days and insoluble collagen (CI) by alkaline degradation in mg and %. The CRA, FC and CI were adjusted to a model considering the body condition of cows as fixed effects, their correlation were analyzed and the comparison of means were performed with polynomial contrasts. The results showed no difference in CRA of *Longissimus dorsi* in dairy cows with different CC, there was no correlation in the midst CRA with EC, CI and CC. By increasing the days of the meat maturation the EC was lower 1, 5, 10, 15 y 20 ($P \leq 0.05$) without effect of the CC. The results of insoluble colagen indicates less collagen when the body condition of cows increase ($P \leq 0.05$). In conclusion, the body condition of cows were no a measure correct to determine of water holding capacity and shear force, but it can be effect in the insoluble collagen of *Longissimus dorsi*.

Keywords: meat quality, nutritional balance, body condition.

¹Fidel Ávila Ramos. Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, División de Ciencias de la Vida, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ex Hacienda El Copal Km. 9 Carretera Irapuato-Silao. 36500, Irapuato, Guanajuato, México. ledifar@hotmail.com

Recibido: 19/06/2015. Aceptado: 30/06/2015.

RESUMEN

La condición corporal (CC) es una forma directa para determinar el estado general de las vacas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la condición corporal de vacas Holstein enviadas a rastro sobre la calidad tecnológica del *Longissimus dorsi*. Se calificaron 180 vacas de 24 a 36 meses de edad con el método de CC, 10 min *post mortem* se tomó una muestra del músculo *Longissimus dorsi* (LD) para determinar su capacidad de retención de agua (CRA), esfuerzo de corte (EC) los días 1, 5, 10, 15 y 20 y colágeno Insoluble (CI) por degradación alcalina en mg y %. La CRA, EC y CI se ajustaron a un modelo considerando la condición corporal de las vacas como efectos fijos, se analizó su correlación y la comparación de las medias se realizó con contrastes polinomiales. Los resultados no mostraron diferencia en CRA del músculo *Longissimus dorsi* en vacas con diferentes CC, no hubo correlación de la CRA con EC, CI y CC. Al aumentar los días de maduración de la carne el EC disminuyó 1, 5, 10, 15 y 20 ($P \leq 0.05$) sin efecto de la CC. Los resultados de colágeno Insoluble indican menor cantidad cuando aumenta la CC de las vacas ($P \leq 0.05$). En conclusión, la condición corporal de las vacas no fue una medida adecuada para determinar la capacidad de retención de agua y esfuerzo de corte, pero puede tener efecto en la cantidad de colágeno insoluble del *Longissimus dorsi*.

Palabras clave: calidad de carne, balance nutricional, condición corporal.

INTRODUCCIÓN

La condición corporal de las vacas Holstein es una medida indirecta para evaluar su equilibrio nutricional (del Campo *et al.*, 2014). Es una estimación rápida y ha sido propuesta para determinar el almacenamiento de grasa como indicador de la eficiencia alimenticia en las de esta raza (Edmonson *et al.*, 1989). Es una medida independiente del tamaño, la forma y el peso corporal del animal (Alexander y (Werb, 1991).

La CC tiene una escala de cinco categorías, inicia desde una vaca caquéxica con la calificación más baja hasta una vaca obesa con la calificación más alta, considerando la categoría intermedia como la ideal del ganado lechero Holstein (Edmonson *et al.*, 1989). Las vacas que tienen una condición corporal alta son más susceptibles a problemas metabólicos y partos distócicos. En tanto que, las vacas que presentan condiciones corporales bajas, disminuyen tanto su producción de leche como el rendimiento en grasa (Rhee *et al.*, 2004; Stanton y Light, 1990).

Un incremento de escala en La CC de las vacas puede indicar ganancias de 56 kg de peso vivo, 12.65% de extracto etéreo y 12.20% de proteína en la leche de las vacas Holstein. Además, hay evidencias científicas que mencionan correlaciones positivas del peso total del área de la chuleta de lomo de la 9ª a la 11ª costilla con el tejido deshuesado

y la cantidad de grasa superficial recortable por cada incremento de la escala (Otto *et al.*, 1991). Por lo tanto, la escala de medición puede tener efecto en la calidad tecnológica de la carne, principalmente en la capacidad de retención de agua (CRA), el esfuerzo de corte (EC) y el colágeno insoluble (CI).

Para conocer el efecto que puede tener el cambio de la escala en los animales al darse la transformación musculo-carne revisaremos la descripción del tejido conectivo intramuscular (TCIM), pues rodea a los músculos en las tres capas de su estructura principalmente (McCormick, 1994). A la primera capa se le conoce como epimisio, ésta es la capa más externa y rodea a todo el músculo. La segunda capa recibe el nombre de perimisio, es una estructura anatómica que rodea a los haces de fibras musculares individuales, contiene vasos sanguíneos y nervios. Finalmente, la tercera capa llamada endomisio que cubre a cada una de las fibras musculares (Nishimura *et al.*, 1995). En general, el endomisio y el perimisio pueden contener hasta el 90% de colágeno, proteína que contribuye de forma directa a la dureza de la carne (Light *et al.*, 1985; McCormick, 1994). Por lo tanto, si el contenido de colágeno disminuye en el musculo o incrementa su solubilidad, la blandura de la carne puede aumentar (Light *et al.* 1985; Bosselmann *et al.*, 1995).

El músculo *Longissimus dorsi* en los bovinos al transformarse en carne se caracteriza por su suavidad y jugosidad (Bailey, 1972; Judge y Aberle, 1982; MCKeith *et al.*, 1985). Sin embargo, su estructura anatómica puede jugar un papel muy importante debido a la CC del ganado al momento de sacrificarlo. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la condición corporal de vacas Holstein enviadas al rastro sobre la calidad tecnológica del *Longissimus dorsi*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación y unidades experimentales

La investigación se realizó en el rastro Tipo Inspección Federal (TIF) número 366 de la ciudad de Chihuahua, México. Se calificaron 180 vacas Holstein de 24 a 36 meses con el método descrito por Ferguson *et al* en 1994 (Figura 1). A los 10 min *post* sacrificio se tomaron las muestras del músculo *Longissimus dorsi* de la 7^a a la 12^a costilla en cada canal para su almacenamiento en refrigeración (4° C).

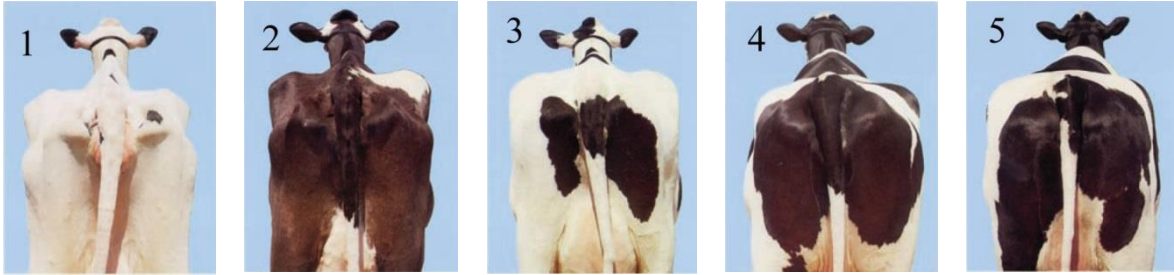


Figura 1. Escala para medir la condición corporal en ganado lechero Holstein.
 CC = Condición corporal. 1 = emaciadas, 2 = delgadas, 3 = peso medio, 4 = engrasadas y 5 = obesas.

Capacidad de la carne para retener agua

Las muestras fueron fraccionadas en piezas de 5 × 1 × 1 cm y refrigeradas durante 24 horas. La CRA se realizó por la técnica de compresión entre dos papales filtro y placas de plexiglás, 0.3 g de carne se colocaron entre el papel (Whatman® # 3) a una presión de 3.5 kg durante 5 min, cada muestra se realizó por triplicado, los valores de CRA obtenidos se reportaron en porcentaje (Tsai y Ockerman, 1981).

Esfuerzo de corte

Las muestras de carne utilizada para esta evaluación se dividieron en 5 sub muestras, cada parte de la carne fue evaluada los días: 1, 5, 10, 15 y 20 con cinco repeticiones por muestreo. La carne se cortó perpendicularmente al eje longitudinal de las fibras con una celda de 5 kton, con rango de 0 – 255 kg de carga, extensión de 0 – 4.0 in, velocidad de 30.0 in min⁻¹ y una velocidad de desplazamiento de la cuchilla Warner-Bratzler de 3.0 in min⁻¹. El ablandamiento en los días de maduración de la carne de obtuvo con la siguiente ecuación: EC (periodo) / EC (inicial) = proporción de dureza -100 = eficiencia de ablandamiento en el periodo evaluado.

Colágeno Insoluble por degradación alcalina (mg y %)

Cada muestra de 2.5 g de carne se colocó en glutaraldehído al 2.5% en 0.1 M de fosfato buffer (pH 7.3) por 72 horas, después en una solución de NaOH al 2.0 N a temperatura ambiente (25° ± 2° C) por 120 horas, se cambió de NaOH cada 24 h. Al final las muestras se enjuagaron en agua destilada durante 96 horas colocando agua limpia cada 24 horas (Figura 2). Al final, las muestras se deshidrataron en alcohol al 50%, 70%, 80%, 90 % y en alcohol absoluto por 15 min en cada cambio de alcohol y dos veces por 20 min en la última deshidratación. Las muestras se pesaron y los valores se reportaron como porcentaje de colágeno insoluble por g⁻¹ de muestra.

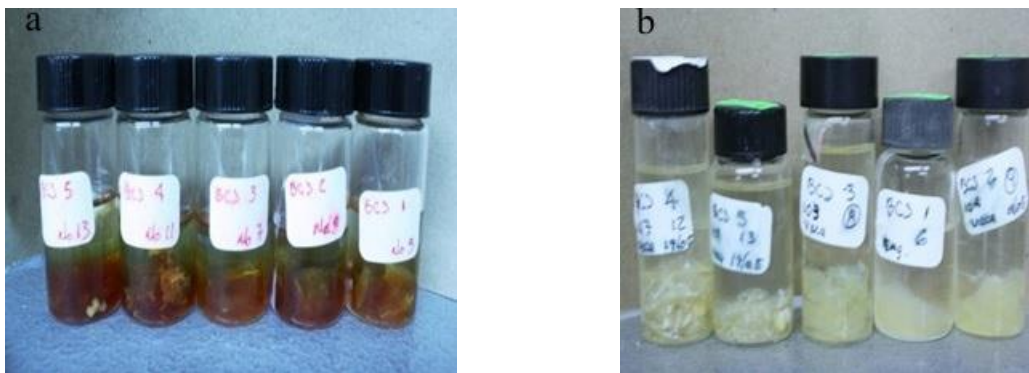


Figura 2. Imágenes de las muestra de músculo *Longissimus dorsi* al inicio de la prueba con NaOH 2.0 N (a). Colágeno insoluble obtenido de la degradación alcalina al finalizar el análisis (b).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos de la CRA, CI y EC se ajustaron a un modelo considerando la condición corporal de los animales como efectos fijos (GLM, SAS), se analizó su correlación y la comparación de las medias se realizó mediante contrastes polinomiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad de Retención del Agua

No hubo diferencia en CRA del músculo *Longissimus dorsi* en vacas con diferentes CC (Cuadro 1), no hubo correlación de la CRA con EC, CI o CC. El agua es el componente más abundante de la carne magra y puede representar hasta un 75% en el filete. La CRA indica una adecuada estructura de un sistema cárnico, esta medición se usa para evaluar la jugosidad de la carne, como se encuentra distribuida en las fibras musculares para mejorar su color, la firmeza y blandura en la industria cárnica (Honikel, 1998).

Los resultados obtenidos indican que la CC alta, media o baja en vacas Holstein de 2 a 3 años de edad no mostró ninguna relación con la capacidad tecnológica cárnica de *Longissimus dorsi* para retener agua. Resultados similares fueron reportados por Beriain *et al.* (2000) en corderos raza Aragonesa con valores de 23.46, 28.27 y 23.01% para animales de peso ligero, mediano y animales pesados y Kemp *et al.* (1981), Bruwer *et al.* (1987) y Purchas (1990) que reportan una CRA de 26 a 29 % en bovinos.

Colágeno Insoluble por Degradación Alcalina (mg y %)

Los resultados indican menor cantidad de CI en mg gr⁻¹ base húmeda de carne y % al aumentar cada escala en la CC de las vacas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1). Ésta procedimiento favorece la eliminación de elementos celulares exponiendo a las fibras de tejido conectivo como colágeno insolubles causantes de la blandura de la carne. Los cambios en la

cantidad de colágeno indican una modificación en su estructura por reordenamiento de la malla colágena al existir un cambio nutricional y energético en las vacas. Se observa menor cantidad de CI en vacas de CC 4 y 5 (1.90 y 1.84 mg g⁻¹ base húmeda de carne) comparadas con las que presentaron CC 1 y 2 (2.94 y 2.88 mg g⁻¹ base húmeda de carne) que significa un cambio de 6 mg por gr⁻¹ de colágeno.

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos de la capacidad para retener agua en % y colágeno insoluble de músculo *Longissimus dorsi* en vacas Holstein con diferentes condiciones corporales.

CC ¹	CRA ²	CI ³	CI% ⁴
1	26.94	2.94	7.20
2	29.37	2.88	6.92
3	26.91	2.59	6.46
4	29.11	1.90	4.89
5	28.32	1.84	4.53

¹CC= Condición corporal. ²CRA= Capacidad para retener agua. ³CI= Colágeno insoluble (mg g⁻¹ base húmeda de carne). ⁴CI%= Porcentaje de colágeno insoluble por gr de carne. * Significativo a P ≤ 0.05

Existen reportes similares de CI (2.50 a 2.90 mg g⁻¹) en vacas maduras alimentadas con dietas altas en energía y proteína (Miller *et al.*, 1987). La disminución de colágeno en las vacas que presentaron CC 4 y 5 se debe a la infiltración de grasa para almacenar energía que va a desorganizar al endomisio y perimisio en fibras de colágeno para que pueden almacenar la grasa. Las modificaciones permiten la solubilidad del colágeno debido a que aumenta la síntesis e intercambio de proteína en el caso de novillos, efecto similar que pueden llegar a presentar las vacas (Nishimura *et al.*, 1999). En animales mayores a los 40 meses con sistema de alimentación graduado al incremento de la CC los valores de colágeno fueron más altos (2.96 y 3.63 mg gr⁻¹), los resultados de este investigador sugieren que la solubilidad de colágeno inicia a partir de la CC 3, un estado nutricional adecuado para almacenar grasa provocado por cambios de la estructura de la TCIM y efecto del colágeno (Boleman *et al.*, 1996). Además, es probable que la raza lechera afecte la calidad de la carne debido a la baja eficiencia para depositar grasa como sucede en el ganado cárnico especializado (Dransfield, 1977).

Esfuerzo de Corte

Al aumentar los días de maduración de la carne la dureza disminuyó en cada uno de los días evaluados (P≤0.05) (Cuadro 2). Los valores obtenidos en ésta prueba fueron menores al comparar los resultados obtenidos por Nishimura *et al.* (1999) quienes reportaron valores de 4.3 a 3.7 kg cm²⁻¹ en animales de 24 a 32 meses. Los valores

indican que la carne fresca de las vacas en la prueba disminuyo por efecto de la maduración. Sin embargo, no hubo efecto en la CC de las vacas como fue reportado por Stelzleni *et al.* (2007) en vacas Holstein a los 1, 7, 14 y 21 de maduración (3.29, 2.96, 2.48, 2.09 kg), y por Stelzleni *et al.* (2007) con EC (5.82 y 5.99 kg cm² ⁻¹) en vacas Holstein. En ganado especializado productor de carne el efecto es menor debido a que presentan mayor suavidad los primeros días (Monson *et al.*, 2004).

En bovinos se considera carne blanda el corte a 4.5 kg (McKeith *et al.*, 1985) y para carne muy blanda 3.36 kg (Destefanis *et al.*, 2007). La carne de *Longissimus dorsi* de las vacas que se tomaron las muestras fue mejor el día 1, lo que significa que la edad de las vacas y su alimentación pudieron tener un efecto debido a que la edad influye en la dureza de la carne. Después de los días 15 d en refrigeración las proteasas endógenas actúan sobre las estructuras incrementando la debilidad del tejido conectivo proporcionando mejor blandura en la carne (Sylvestre *et al.*, 2002).

CONCLUSIÓN

La condición corporal de las vacas Holstein en la capacidad de retención de agua no mostró efecto sobre *Longissimus dorsi*. La menor cantidad de colágeno insoluble la presentaron las vacas al aumentar la su condición corporal, pero en el esfuerzo de corte no se observó el efecto. Los resultados sugieren la búsqueda de modelos alternativos que puedan explicar la relación de la condición corporal y su efecto en variables tecnológicas de la carne.

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos del esfuerzo de corte (kg cm²) en carne de bovinos Holstein con diferentes condiciones corporales.

Maduración (días)	Condición corporal					P-value
	1	2	3	4	5	
1	3.03	2.99	2.81	2.77	2.34	**
5	2.61	2.44	2.59	2.36	2.14	*
10	2.35	2.23	2.17	2.11	1.99	*
15	1.96	1.87	1.74	1.64	1.59	**
20	1.70	1.56	1.76	1.57	1.52	*

*P ≤ 0.05. Probabilidad menor o igual a 0.05. **P ≤ 0.01. Probabilidad menor o igual a 0.01.

LITERATURA CITADA

- ALEXANDER CM, Werb Z. Extracellular matrix degradation, editorial Plenum Press, New York. 1991: 255-302.
- BAILEY AJ. The basis of meat texture. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 1972; 23(8): 995-1007.
- BERIAIN MJ, Horcada A, Purroy A, Lizaso G, Chasco J, Mendizábal JA. Characteristics of lacha and rasa aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *Journal Animal Science*. 2000; 78(12): 3070-3077.
- BOLEMAN SJ, Miller RK, Buyck MJ, Cross HR, Savell JW. Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal Animal Science*. 1996; 74(9):2187-2194.
- BOSELNANN A, Möller C, Steinhart H, Kirchgessner M, Schwarz FJ. Pyridinoline cross-links in bovine muscle collagen. *Journal of Food Science*. 1995; 60(5):53-958.
- BRUWER GG, Naude RT, Dutoit MM, Cloete A, Vosloo WA. An evaluation of the lamb and mutton carcass grading system in the Republic of South Africa. 2. The use of fat measurements as predictors of carcass composition. *South Africa Journal of Animal Science*. 1987; 17(2):85-89.
- DEL CAMPO M, Brito G, Montossi F, Solares de Lima J M, San Julián R. Animal welfare and meat quality: the perspective of Uruguay, a “small” exporter country. *Meat Science*. 2014; 98(3):470-476.
- DESTEFANIS G, Brugiapaglia A, Barge MT, Dal Molin E. Relationship between beef consumer tenderness perception and warner-braatzler shear force. *Meat Science*. 2007; 78(3):153-156.
- DRANSFIELD E. Intramuscular composition and texture of beef muscles. *Journal of the Science and Food and Agriculture*. 1977; 28(9):833-842.
- EDMONSON AJ, Lean IJ, Weaver LD, Faver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 1989; 72 :(1):68-78.
- FERGUSON JD, Galligan DT, Thomsen N. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 1994; 77:2695-2703.
- HONIKEL KO. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 1998; 49(4):447-457.
- JUDGE MD, Aberle ED. Effects of chronological age and postmortem aging on termal shrinkage temperature of bovine intramuscular collagen. *Journal of Animal Science*. 1982; 54: 68-71.
- KEMP JD, Mahyuddin M, Ely DG, Fox JD, Moody WG. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties and fatty acid composition of lamb. *Journal Animal Science*, 1981; 51(2):321-330.
- LIGHT N, Champion AE, Voyle C, Bailey AJ. The role of epimysial, perimysil and endomysial collagen in determinating texture in six bovine muscles. *Meat Science*, 1985; 13(3):137-149.

- MCCORMICK RJ. The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*, 1994; 36(1-2):79-91.
- MCKEITH FK, Devol DL, Miles RS, Bechtel PJ, Carr TR. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscle. *Journal of Food Science*, 1985; 50(4):869-872.
- MILLER GJ, Cross HR, Crouse JD, Jenkins TG. Effect of feed energy intake on collagen characteristics and muscle quality of mature cows. *Meat Science*, 1987; 21():287-294.
- MONSON F, Sañudo C, Sierra I. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*, 2004; 68(4):595-602.
- NISHIMURA T, Hattori A, Takahashi K. Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. *Meat Science*, 1995; 9(1):127-133.
- NISHIMURA T, Hattori A, Takahashi K. Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of japanese black cattle: effect of marbling on beef tenderization. *Journal of Animal Science*, 1999; 77(1):93-104.
- OTTO KL, Ferguson JD, Fox DG, Sniffen CJ. Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. *Journal Dairy Science*, 1991; 74(3):852-859.
- PURCHAS RW. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*, 1990; 27(2):129-140.
- RHEE M, Wheeler STL, Shackelford SD, Koohmaraie M. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal Animal Science*, 2004; 82(2):534-550.
- SAS. 9.0. Statistical Analysis System. 2002. Institute Inc., Cary NC, USA.
- STANTON C, Light N. The effects of conditioning on meat collagen: part 3 - evidence of proteolytic damage to endomysial collagen after conditioning. *Meat Science*, 1990; 27(1): 41-54.
- STELZLENI AM, Patten LE, Johnson DD, Calkins CR, Gwartney BL. Benchmarking carcass characteristics and muscles from commercially identified beef and dairy cull cow carcasses for warner-bratzler shear force and sensory attributes. *Journal Animal Science*, 2007; 85(10): 2631-2638.
- SYLVESTRE MN, Balcerzak D, Feidt C, Baracos VE, Brun-Bellut J. Elevated rate of collagen solubilization and post-mortem degradation in muscles of lambs with growth rates: Possible relationship with activity of matrix metalloproteinases. *Journal of Animal Science*, 2002; 80(7):1871-1878.
- TSAI TC, Ockerman HW. Water binding measurement of meat. *Journal of Food Science*, 1981; 46(3):697-701.