

# EFECTO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL Y LA VITAMINA D<sub>3</sub> SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE EN NOVILLAS COMERCIALES

## Effects of Zilpaterol Hydrochloride and Vitamin D<sub>3</sub> on Beef Quality in Commercial Heifers

Oneida E. Morón-Fuenmayor<sup>1</sup>, Libertad Zamorano-García<sup>2</sup>, Francisco Ysunza<sup>2</sup> y Natalia F. González-Méndez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía-La Universidad del Zulia, Maracaibo, Estado Zulia-Venezuela..

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora-México. (omoron@telcel.net.ve)

### RESUMEN

Se evaluaron 20 músculos *Longissimus dorsi* de novillas mestizas para determinar el efecto del clorhidrato de zilpaterol (Zilmax®, Intervet) (Z), 6 millones de UI/d de vitamina D<sub>3</sub> en la dieta (D) y su combinación (ZD) sobre la resistencia al corte (crudo y cocinado) y evaluación sensorial de la carne. Los tratamientos fueron: control (C), (Z), (D) y (ZD). Se realizó un análisis de varianza y una prueba de rangos múltiples por Duncan. Las muestras cocinadas tratadas (P<0,05) con Z y ZD necesitaron 52% más Kgf que las tratadas con C y D (16.31, 15.63 vs 8.79, 6.55 Kgf, respectivamente). No hubo diferencias (P>0,05) en la resistencia al corte para muestras crudas debido a los diferentes tratamientos. La evaluación sensorial resultó diferente (P<0,05) para todas las variables excepto apariencia total. C y D resultaron de "ligeramente blando" a "moderadamente blando" en comparación con Z y ZD. El tratamiento ZD resultó más seco seguido por C, Z y D que fueron de "ligero a moderadamente jugosas". Z y D resultaron "moderadamente intenso" de sabor. La sensación de grasa fue de "trazas" para C, D y ZD en comparación con Z. La cantidad de tejido conectivo para Z y ZD fue "ligera"; "trazas" para C y "prácticamente ninguna" para D. C tuvo un color rojo oscuro, Z y ZD rojo claro, mientras que D fue rojo cereza. Se concluye que Z y ZD incrementan la resistencia al corte (W-B) a temperaturas de cocción y no mejora las características organolépticas de la carne bovina. D necesito menos Kf y tuvo menos cantidad de tejido conectivo apreciable.

**Palabras clave:** Clorhidrato de zilpaterol, vitamina D<sub>3</sub>, ternera, novillas.

### ABSTRACT

Twenty *Longissimus dorsi* muscles were collected from carcasses of crossbred heifers in feedlot to evaluate the effects of zilpaterol hydrochloride (Zilmax®, Intervet) (Z), 6 millions IU/d

of dietary vitamin D<sub>3</sub> (D) in the diet, and their combination on shear force values (raw and cooking) and sensorial evaluation. Samples were taken from carcasses of heifers that previously received one of the following treatments: control (C),(Z),(D) and their combination (ZD). Data were analyzed by analysis of variance and mean separation was performed by Duncan's multiple range test. Shear force values of cooked meat for Z and ZD were different (P <0.05) and needed 52% more Kgf than C and D (16.31, 15.63, 8.79, 6.55 Kg) respectively. Shear force values for raw meat were not different between treatments. Sensorial evaluation indicated differences between treatments (P<0.05) except for Total Appearance. C and D were perceived as "slightly-moderately soft", whereas Z and ZD were "slightly soft". ZD was dryer than C, Z and D. Z and D were "moderately intense" in flavor. The fatty flavor by treatment was determined as "traces" for C, D and ZD when compared to Z. Connective tissue for Z and ZD was "slight"; "traces"for C and "practically none" for D. C had a "red dark" color, Z and ZD showed a slight "red color", while D was "cherry red". In conclusion, the use of Z and ZD increased shear force in cooked meat and did not improve organoleptic characteristics in meat. D had lower shear force values (Kgf) and appreciably less connective tissue quantity.

**Key words:** Zilpaterol hydrochloride, vitamin D<sub>3</sub>, beef tenderness, heifers.

### INTRODUCCIÓN

El crecimiento animal puede ser manipulado mediante el uso de técnicas de manejo que incrementan la acreción muscular, disminuyendo la acumulación de grasa [18]. Dentro de estas técnicas podemos citar el uso de los  $\beta$ -adrenérgicos-agonistas. Se ha reportado que estos compuestos regulan tanto la síntesis como la degradación proteica [5]. A partir de 1948 se iniciaron los estudios sobre la eficiencia y mecanismos de

acción de estos productos que fueron clasificados como los receptores y [2].

Uno de estos  $\beta$ -adrenérgicos de reciente utilización en México y Sudáfrica es el clorhidrato de zilpaterol, ingrediente activo del producto comercial Zilmax® (Intervet). Este  $\beta$ -agonista-adrenérgico ha demostrado favorecer la eficiencia en la conversión alimenticia y el rendimiento en canal. Se ha reportado en pruebas comerciales que la calidad de la carne de animales alimentados con clorhidrato de zilpaterol no se ve afectada [15].

En estas evaluaciones comerciales [17] donde se suministró el Zilmax durante los últimos 30 días de alimentación, la conversión alimenticia mejoró entre un 14 y un 22%, el peso en canal entre 5 y 7% y el rendimiento en canal entre un 3 y un 3.5% sobre el grupo testigo. Plascencia et al. [12] utilizando el Zilmax®, lograron aumentar en un 27% la ganancia diaria de peso y mejorar en un 28% la eficiencia en la conversión alimenticia.

Sin embargo, a nivel del consumidor, las características más importantes al comprar un corte de carne fresca incluyen: calidad (sabor, terneza o blandura, apariencia y la estabilidad en el almacenamiento), consistencia (igualdad en apariencia de compra a compra, igualdad en palatabilidad de consumo a consumo), seguridad (bacteriológica y química) y por último, la actitud del distribuidor (productores sobre el ambiente y bienestar animal) [14]. La terneza o suavidad de la carne es un componente de palatabilidad que puede variar considerablemente de un corte a otro [8]. Algunas de las variaciones en terneza pueden disminuirse mediante técnicas de manejo adaptadas a cada sistema de producción [19, 20].

La suplementación oral con megadosis de vitamina D<sub>3</sub> parece ser una alternativa para mejorar la terneza de la carne [9, 11, 18]. Recientes trabajos [9, 18] han reportado que 6 millones UI o más de vitamina D<sub>3</sub> diariamente durante los últimos 6 a 7 días de alimentación, incrementan las concentraciones de calcio (Ca) y disminuye las de magnesio en plasma. Al elevarse las concentraciones de Ca y aumentar los depósitos en tejidos blandos, se acelera la activación de las proteasas musculares que promueven el ablandamiento de la carne. Debido a esto, se podría afirmar que la suplementación de vitamina D<sub>3</sub> mejora la terneza de la carne.

Karges et al. [9] utilizaron una dosis de 6 millones de UI de vitamina D<sub>3</sub> en 24 novillos de 544 Kg con la finalidad de evaluar: el consumo de alimento, las características de la canal y la terneza de la carne a diferentes tiempos de maduración (7, 14 y 21 días) a 2°C. Estos resultados demostraron que, después de los 7 días de maduración, los cortes fueron más tiernos en animales suplementados con vitamina D<sub>3</sub> durante los últimos 6 días previos al sacrificio que el control.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del clorhidrato de zilpaterol, la suplementación de una megadosis de vitamina D<sub>3</sub> en la dieta y su combinación sobre la resistencia al corte (crudo y cocinado) y las características sensoriales de la carne de novillas comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* en 20 novillas mestizas comerciales con predominancia *Bos taurus* en la fase de engorda. A la dieta se le adicionó o no, 125 g/ton de una premezcla comercial de clorhidrato de zilpaterol al 4.5% (Zilmax®, Intervet) durante 30 días, retirándose el producto 3 días previos al sacrificio. Además se suplementaron o no, los animales con 6 Millones de UI de vitamina D<sub>3</sub> durante los últimos 6 días previos al sacrificio. Los tratamientos asignados al azar fueron: control (C), zilpaterol (Z), vitamina D<sub>3</sub> (D) y la combinación (ZD). Las novillas fueron sacrificadas a 450 ± 20 Kg como punto final de la prueba de comportamiento. Las canales fueron clasificadas como Buenas y Selectas de acuerdo al Sistema de Clasificación de Carnes del Estado de Sonora [1].

El músculo *Longissimus dorsi* fue cortado en 4 bistecs de 2.54 cm de espesor cada uno para las evaluaciones en crudo y cocinado (2 evaluación sensorial, 2 para resistencia al corte). Cada uno fue empacado al vacío en bolsas de plástico de alta barrera y madurado por 7 días en refrigeración (0°C).

Se determinó la resistencia al corte mediante la prueba de Warner-Bratzler utilizando el texturómetro modelo 1132 (Instron Corp, Canton MA, EU) en carne cruda y cocinada [3]. El bistec fue cocinado a 70°C controlando la temperatura interna con termopares tipo T de cobre (Euckla). Una vez cocinados se procedió a cortar las muestras (bistec crudo o cocinado) paralelo a la fibra muscular, en cubos de 3x1x1cm para luego proceder a la prueba de resistencia al corte, la cual se hizo de forma perpendicular a la fibra muscular.

La evaluación sensorial fue realizada por un panel de 8 jueces previamente entrenados. Las características organolépticas o sensoriales determinadas fueron: jugosidad (1= Extremadamente seca; 8= Extremadamente jugosa), suavidad (1= Extremadamente dura; 8=Extremadamente suave), sabor (1=Extremadamente insípido; 8=Extremadamente sabroso), cantidad de tejido conectivo (1=Abundante; 8=Ninguna), sensación grasosa (1=Abundante; 8=Ninguna) color (1=Rojo rosado; 5=Café rojizo) y apariencia total del corte a la vista (1=Extremadamente desagradable; 8=Extremadamente agradable). La metodología utilizada para la evaluación sensorial fue la recomendada por la American Meat Science Association [3] adicionando una variable de apreciación a la luz blanca por parte del panelista en la Apariencia Total del corte.

Se realizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar comparando las medias por la prueba de Duncan a través del paquete estadístico SAS [15]. De los 4 bistec se tomaron dos para el cocinado y dos en crudo considerando como replicas. Los datos de las variables: Jugosidad, Blandura, Sabor, Sensación Grasosa, Cantidad de Tejido Conectivo, Color y Apariencia Total a la vista del panelista, se transformaron por raíz cuadrada a valores continuos [16].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la comparación de medias para la variable Resistencia al Corte de Warner-Bratzler (W-B) del músculo *Longissimus dorsi* en crudo y cocinado, se presentan en la TABLA I. Los valores de la carne en crudo, no difirieron entre tratamientos para la resistencia al corte W-B ( $P>0,05$ ). En los trabajos publicados relativos a este tipo de estudios y metodología sólo se enfocan a la carne cocinada [4, 9,11,18]; sin embargo, estos datos resultan interesantes al momento de analizar el efecto del tratamiento térmico sobre la resistencia al corte u otra característica dependiente de textura.

En cuanto a los bistec cocinados, se detectaron diferencias ( $P<0,05$ ) entre tratamientos como puede verse en la TABLA I. Los tratamientos Z y ZD tuvieron mayor resistencia al corte y necesitaron de un 52% más Kgf que el grupo C y D. Se puede observar una influencia del agonista  $\beta$ -adrenérgico sobre esta característica física en novillas mestizas ya que D resultó igual a C ( $P>0,05$ ). El modo de acción de estos  $\beta$ -adrenérgicos-agonistas, específicamente el clorhidrato de zilpaterol (Zilmax®), es el de promover la síntesis proteica y la hipertrofia celular a nivel de tejido muscular por inhibición de la proteólisis y a nivel de tejido adiposo, promoviendo la lipólisis. Es decir, este compuesto produce, una redirección del metabolismo energético celular a favor de la síntesis proteica [13].

El efecto de aumentar la resistencia al corte por cocción podría explicarse según lo indicado por Christensen et al. [6], que al evaluar la dureza a diferentes incrementos de temperatura concluyeron que, entre 60 y 80°C se incrementa el acortamiento de los componentes miofibrilares de la carne debido a la desnaturalización de las proteínas. La variación de la dureza de la carne por la temperatura de cocción, se explica en un 53% por el acortamiento de la fibra muscular y el tejido conectivo perimisial [6].

Varios estudios reportan que, existen mejoras de hasta un 18% en la terneza de la carne cocinada al utilizar megadosis de vitamina D<sub>3</sub> en la ración durante períodos de 6, 7 y 10 días antes del sacrificio [9, 11, 17]. Contrario a esto, en el trabajo realizado por Berry et al. [4] no se detectaron diferencias ( $P>0,05$ ) al comparar el control y el grupo tratado con vitamina D<sub>3</sub>. Estos autores concluyeron que este comportamiento se debió probablemente a la disminución del consumo durante los últimos días que no permitió incrementar los niveles de calcio basal. Los resultados obtenidos en este estudio con novillas mestizas concuerdan con el trabajo de Berry et al. [4].

La Tabla II presenta las calificaciones otorgadas por un panel entrenado y la comparación de medias entre tratamientos para cada característica organoléptica. Estadísticamente, se detectaron diferencias ( $P<0,05$ ) entre tratamientos para las características evaluadas excepto para la variable Apariencia Total ( $P>0,05$ ).

**TABLA I**  
**COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LA RESISTENCIA AL CORTE WARNER-BRATZLER DEL *LONGISSIMUS DORSI* EN CRUDO Y COCINADO**

Tratamientos	Resistencia al Corte	
	Crudo (Kgf)	Cocinado (Kgf)
Control (C)	2,85	8,79 <sup>a</sup>
Zilmax® (Z)	2,69	16,31 <sup>b</sup>
Vitamina D <sub>3</sub> (D)	3,25	6,55 <sup>a</sup>
Zilmax®+Vitamina D <sub>3</sub> (ZD)	2,67	15,63 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Letras distintas en una misma columna indican diferencias ( $P<0,05$ ).

El color de la carne para los tratamientos Z y ZD, fue percibido como un rojo claro, mientras que D fue rojo cereza y C, obtuvo una calificación equivalente a un rojo oscuro ( $P<0,05$ ). La comparación de medias de los valores para Sabor muestra diferencias significativas entre los tratamientos ( $P<0,05$ ). Los tratamientos Z y D resultaron “moderadamente más sabrosos” en comparación con C y ZD que solo fueron “ligeramente sabrosos”.

El tratamiento D resultó más blando al paladar al compararlo con los tratamientos Z y ZD, respectivamente. La calificación otorgada por los panelistas a D y C concuerda con el resultado objetivo de la resistencia al corte W-B (TABLAS I y II). Sin embargo, La combinación ZD, se percibió como la “más seca” siendo también calificada como la “menos blanda” de los tratamientos estudiados. La jugosidad de los otros tres tratamientos se comportó de la manera siguiente: Z y D de “ligera” a “moderada” y por último, C, como “ligera”. Estas dos características organolépticas están relacionadas entre sí al momento de las evaluaciones tanto objetivas como subjetivas y son dependientes de la temperatura de las muestras [7, 21].

La cantidad de tejido conectivo para D y C fue “Trazas”, mientras que Z y ZD obtuvieron la calificación de “Ligera”. Los panelistas evaluaron esta característica mediante la cantidad de tejido remanente y chicloso que permanecía al final de la masticación [7]. La calificación otorgada a Z y ZD concuerda con el resultado de resistencia al corte W-B. En cambio el comportamiento con respecto a C y D sólo varió en un 4% para los tratamientos evaluados sensorialmente.

El tratamiento Z obtuvo una “Moderada” sensación a grasa percibida por los panelistas, mientras que D, ZD y C fueron apreciados como “Ligera”. Todos los tratamientos resultaron “Ligeramente agradables” para Apariencia Total.

La información generada por Swaneck et al. [16], señala diferencias en la terneza de la carne, al comparar el grupo suplementado con vitamina D<sub>3</sub> (“ligeramente tierno”) con respecto al control (“ligeramente duro”). Además estos autores no encontraron diferencias en las características de jugosidad, cantidad de tejido conectivo e intensidad del sabor ( $P>0,05$ ). Otros trabajos [11], no encontraron diferencias significativas en la evalua-

TABLA II  
COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL REALIZADA POR PANELISTAS ENTRENADOS

Características Organolépticas	Tratamientos			
	Control (C)	Zilmax® (Z)	Vitamina D <sub>3</sub> (D)	Combinación (ZD)
Color	3,58 <sup>c</sup>	2,42 <sup>a</sup>	3,05 <sup>b</sup>	2,42 <sup>a</sup>
Sabor	5,73 <sup>a</sup>	6,28 <sup>b</sup>	6,23 <sup>b</sup>	5,66 <sup>a</sup>
Terneza	5,83 <sup>c</sup>	5,55 <sup>b</sup>	6,04 <sup>c</sup>	5,01 <sup>a</sup>
Jugosidad	5,26 <sup>b</sup>	5,58 <sup>c</sup>	5,55 <sup>b,c</sup>	4,91 <sup>a</sup>
CTC	6,30 <sup>b</sup>	5,98 <sup>a</sup>	6,59 <sup>c</sup>	5,89 <sup>a</sup>
Sensación grasa	5,90 <sup>b</sup>	5,25 <sup>a</sup>	5,75 <sup>b</sup>	5,88 <sup>b</sup>
Apariencia Total	5,72	5,76	5,36	5,52

<sup>a,b,c</sup>: Letras distintas en una misma fila indican diferencias (P<0.05). Color (1=Rojo rosado; 5=Café rojizo). Sabor (1= Extremadamente insípido; 8=Extremadamente sabroso). Terneza (1=Extremadamente duro; 8=Extremadamente blando). Jugosidad: (1=Extremadamente seca; 8=Extremadamente jugosa). CTC: Cantidad de tejido conectivo (1=Abundante; 8=Ninguna). Sensación grasosa (1=Abundante; 8=Ninguna). Apariencia total del corte a la vista (1= Extremadamente desagradable; 8=Extremadamente agradable) [2].

ción sensorial y sugirieron continuar con los estudios para dilucidar lo postulado por Swaneck *et al.* [17] quienes aseguran que el efecto de la vitamina D<sub>3</sub> desaparece a los 21 días de maduración. Los resultados obtenidos en este trabajo no coinciden con la de estos investigadores [11, 17] debido a que no se detectaron diferencias entre C y D. El efecto de Zilmax® es más evidente tanto para los panelistas como para la resistencia al corte W-B. El comportamiento de las características organolépticas evaluadas fue similar al del clenbuterol [10] por ejemplo en cuanto al efecto que tienen los β-adrenérgicos-agonistas sobre la terneza de la carne que se ve afectada negativamente.

## CONCLUSIONES

El uso del clorhidrato de zilpaterol en la producción de carne de novillas mestizas no mejora las características organolépticas de la carne e incrementa la resistencia al corte W-B al ser sometidas a temperaturas de cocción (70°C).

Las muestras tratadas con megadosis de vitamina D<sub>3</sub> necesitaron menos Kgf, fueron "mas blandas" y con menos cantidad de tejido conectivo que el clorhidrato de zilpaterol. La combinación de ambos productos no tiene efecto aditivo sobre la terneza de la carne de novillas mestizas bajo condiciones de confinamiento.

El panel sensorial entrenado, logró detectar diferencias entre tratamientos a los 7 días postmortem. Es importante continuar con estas evaluaciones para determinar la persistencia de la megadosis oral de vitamina D<sub>3</sub> combinando el efecto a diferentes tiempos de maduración y cocción.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece especialmente la colaboración prestada al Panel Sensorial entrenado formado por personal que labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C.) y a la compañía Rancho EL 17, S. A. de C.V. por la colaboración prestada para la obtención de las muestras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACUERDO Y REGLAMENTO DEL SERVICIO DE CLASIFICACIONES Y ESPECIFICACIONES DE GANADOS Y CARNES PARA EL ESTADO DE SONORA. **Comité Estatal de Fomento y Defensa de la Ganadería**. Gobierno del Estado de Sonora. 1-44.1969.
- [2] AHLQUIST, R.P. A study of the adrenotropic receptors. **Am. J. Physiol.** Vol. 153: 586-600. 1948.
- [3] AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat. **Am. Meat Sci Assoc.** and Natl. Livestock and Meat Board, Chicago, IL. USA. 48 pp. 1995.
- [4] BERRY, B.A.; GILL, D.R.; R. BALL. Effects of feeding vitamin D<sub>3</sub> on feedlot performance, carcass traits and meat tenderness of finishing steers. **2000 Animal Science Research Report**. 98-103. 2000.
- [5] BOHOROV, O.; BUTTERY, P.J.; CORREIA, J.H.R.D.; SOAR, J.B. The effect of the -2-adrenergic agonist clenbuterol or implantation with oestradiol plus trenbolone acetate on protein metabolism in wether lambs. **Br. J. Nutr.** Vol. 57:99-107. 1987.
- [6] CHRISTENSEN, M.; PURSLOW, P.P.; LARSEN, L.M.; The effect of cooking temperatura on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. **Meat Sci.** 55:301-307. 2000.
- [7] DRANSFIELD, E. Tenderness of meat, poultry and fish. In: **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Advances in meat research series.** Edited by PEARSON, A.M. and DUTSON, T.R. Vol. 9. Cap. 11. 289-311. 1994.
- [8] EPLEY, J.R. Meat Tenderness. University of Minnesota. Extension Service. **Regents of the University of Minnesota.** 1-11. 1998.

- [9] KARGES, K.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; MORGAN, J.B. Effects of supplemental vitamin D levels on feed intake and blood minerals of yearling steers. **Animal Science Research Report**. Department of Animal Science. Oklahoma State University. 1-9. 1999.
- [10] LUÑO, M.; BELTRAN, J.A.; JAIME, I.; RONCALES, P. Textural assessment of clenbuterol treatment in beef. **Meat Sci**. 51:297-303. 1999.
- [11] MONTGOMERY, J.L.; PARRISH, F.C.; J.R.; BEITZ, D.C.; R.L. HORST, R.L.; HUFF-LONERGAN, E.J.; TRENKLE, A.H. The use of vitamin D<sub>3</sub> to improve beef tenderness. **J. Anim. Sci**. Vol 78:2615-2621. 2000.
- [12] PLASCENCIA, A.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. Influence of the agonist, zilpaterol on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. **Proceeding Western Section**, American Society of Animal Science. Vol. 50: 221-224. 1999.
- [13] REEDS, P.J.; MERSMANN, H.J. Protein and energy requirements of animal treated with  $\beta$ -adrenergic agonists: A discussion. **J. Anim. Sci**. 59: 1247-1255. 1991.
- [14] SMITH, G.C. Providing Assurances of Quality, Consistency, Safety and a Caring Attitude to Domestic and International Consumers of U.S. Beef. The Department of Animal Science Colorado State University. **49<sup>th</sup> Annual Montana Nutrition Conference in Bozeman**, Montana. April 25, 2000.
- [15] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, INC. SAS User's Guide: Statistics. Version 6. **SAS**, Institute, Inc., Cary, NC. 1994.
- [16] STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da. Edición. **Editorial Mc Graw Hill**. 181-186. 1988.
- [17] STRYDOM, P.E. Carcass evaluation and influencing factors. Zilmax. **Proceeding of the Zilmax Meat Quality Symposium**. Gallagher Estate Midrand, South Africa. 25-42. 1998.
- [18] SWANEK, S.S.; MORGAN, J.B.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; STRASIA, C.A.; DOLEZAL, H.G.; RAY, F.K. Vitamin D<sub>3</sub> Supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. **J. Anim. Sci**. Vol. 77: 874-881. 1999.
- [19] TATUM, J.D.; BELK, K.E.; GEORGE, M.H.; SMITH, G.C. Identification of quality management practices to reduce the incidence of retail beef tenderness problems: Development and evaluation of a prototype quantity system to produce tender beef. **J. Anim. Sci**. 77(8): 2112-2118. 1999.
- [20] YANG, Y.T.; McELLIOTT. Multiple actions of  $\beta$ -adrenergic agonists on skeletal muscle and adipose tissue. **Biochem. J**. Vol. 261:1-9. 1989.
- [21] WINGER, R.J.; HAGYARD, C.J. Juiciness – its importance and some contributing factors. In: **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Advances in meat research series**. Edited by PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Vol. 9. Cap. 4. 94-116. 1994.