

# ESTABILIDAD DE PRODUCTOS CÁRNICOS REESTRUCTURADOS CRUDOS CON AGREGADO DE TRANSGLUTAMINASA Y PLASMA DE BOVINO.

## Raw Restructured Product Stability With Added Transglutaminase and Bovine Plasma.

*Enrique Márquez, Erika Arévalo, Yasmina Barboza, Betty Benítez, Lisbeth Rangel y Anangelina Archile*

*Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Nutrición, Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Universidad del Zulia, Venezuela. Fax: 0261-7543220. E-mail: enriquejmarquez@hotmail.com*

### RESUMEN

Carnes de bovino, cerdo y ave fueron utilizadas para estudiar el efecto de la adición de transglutaminasa y plasma de bovino en la estabilidad de productos cárnicos reestructurados crudos. Porciones de 4 Kg de cada una de las especies fueron mezcladas con 0,5% de NaCl de su peso. Luego cada porción fue dividida en dos subporciones de 2 Kg c/u y se le agregó plasma de bovino (P) a una y agua (A) a la otra al 10% de su peso. Se mezcló hasta que el plasma de bovino o el agua fue absorbida por la carne. Cada mezcla se dividió en 2 porciones de 1 Kg c/u: a la primera se le agregó TGm al 0,75% y a la segunda al 1% y se mezcló por 1 min. Cada porción se dividió en 2 partes de 0,5 Kg, se embutió y se colocaron en refrigeración a 4°C hasta determinar su estabilidad a las 12 y 24 horas. La estabilidad de los productos se determinó sensorialmente mediante la utilización de la escala de cohesión propuesta por Márquez y col. El experimento se repitió 7 veces. Los resultados indicaron que al utilizar 1% de TGm todos los productos reestructurados fueron estables. Al bajar la concentración de TGm a 0,75% se requiere del agregado de plasma para lograr productos más estables. La TGm fue más eficiente con carne de bovino. En conclusión, la adición de plasma es una alternativa para obtener productos reestructurados crudos estables cuando el agregado de TGm es 0,75%.

**Palabras clave:** Transglutaminasa, productos reestructurados crudos, estabilidad, tiempo de reacción.

### ABSTRACT

Meat from different species (bovine, pork and poultry) were used to study the effect of the addition of TGm and bovine plasma in the stability of raw restructured products. Portions of 4 kg from each specie were mixed with ClNa at 0.5% w/w, then divided into two portions of 2 kg and bovine plasma or water were added at 10% w/w. Portions of 2 kg were divided in two portions of 1 Kg and transglutaminase was added at 0.75% or 1% concentration. Each treatment was divided in 2 portions of 0.5 kg stuffed and placed in refrigeration at 12 h and 24 h reaction time. The efficiency of the enzyme and bovine plasma was determined as a function of the stability (cohesiveness) shown by the products when they were sliced at refrigeration temperature. The experiment was repeated 7 times. Results indicated that when the enzyme was used at 1% concentration all products were stable. When concentration of TGm was 0.75%, addition of plasma was necessary to obtain stable products. TGm was more efficient with bovine meat. In conclusion, addition of bovine plasma is an alternative to improve stability of raw restructured meat products when 0.75% of TGm is used.

**Key words:** Transglutaminase, raw restructured products, stability, reaction time.

### INTRODUCCIÓN

El mundo moderno demanda productos cárnicos que sean de rápida y fácil elaboración. Como respuesta, la industria cárnica ofrece productos reestructurados de diversas presentaciones. Sin embargo, cuando el producto reestructurado es crudo, éste es ofrecido principalmente congelado, debido a su inestabilidad (pérdida de cohesividad) a temperaturas de refrigeración, lo que ocasiona una serie de inconvenientes tanto para el distribuidor como para el detallista y el consumidor.

La industria cárnica ha diseñado alternativas para mejorar la estabilidad (cohesividad) de los productos reestructurados crudos, mediante el uso de aglutinantes tales como alginatos, caseinatos, harina de soya [14, 17, 22, 27] y sales como el tripolifosfato [4, 22, 24].

Investigaciones recientes han introducido la utilización de métodos biotecnológicos, empleando enzimas como las transglutaminasas para mejorar la estabilidad de los productos reestructurados [8, 15, 16, 23, 26, 35]. La transglutaminasa (TG:EC 2.3.2.13) es un tipo de transferasa que cataliza la reacción de aciltransferencia entre los grupos  $\gamma$ -carboxiamida de los residuos glutámicos ligados a proteínas o péptidos y aminas primarias [2, 11, 25].

Se pueden encontrar dos tipos de TG, las calcio dependientes (TGc), las cuales se encuentran en hígado y plasma de mamíferos, en pescados y plantas; y las calcio independientes (TGM), producidas por la fermentación de algunos microorganismos como *Streptovorticillum cinnamoneum* y *Streptovorticillum mobaraense* [1, 2, 32], esta última se obtiene con mayor facilidad por lo que es más utilizada comercialmente.

La habilidad que posee la TGM de unir las proteínas miofibrilares de las carnes es de suma importancia ya que contribuye a darle estabilidad a los productos cárnicos reestructurados sin necesidad de agregar altas cantidades de sales de NaCl o fosfatos [17, 23, 28-30]. Márquez y col. [21] reportaron un aumento en la estabilidad de productos reestructurados crudos al aumentar la concentración de la enzima y el tiempo de reacción, también demostraron que la TGM es más eficiente con la carne de bovino que con la de ave.

El plasma sanguíneo de bovino constituye una fuente proteica importante [6, 7, 33]. Estas proteínas presentan características favorables para su utilización en la industria de los alimentos como son: alto valor nutritivo, agente emulsificante, espumante, ligante y capacidad de formar geles [9, 13]. Actualmente, las proteínas del plasma de bovino están siendo utilizadas por la industria de productos cárnicos debido a sus excelentes propiedades funcionales [9, 10, 12, 18, 20], en especial su capacidad gelificante en los productos cocidos [3, 13, 34], mejorando el rendimiento del producto final. La utilización del plasma de bovino pudiera ser de gran utilidad para acelerar el proceso de cohesión de las proteínas miofibrilares de las carnes, puesto que en el plasma se encuentra la transglutaminasa dependiente del calcio. Jarmoluk y Pietrasik [19] reportaron un aumento en la cohesión de geles de carne de cerdo cuando se agregó TGM combinada con plasma de bovino. Sin embargo, estos productos fueron cocidos. El agregado de plasma de bovino combinado con la adición de TGM pudiera mejorar la estabilidad de los productos cárnicos reestructurados crudos.

El propósito de esta investigación fue determinar el efecto de la transglutaminasa microbiana, agregado de plasma de bovino, tiempo de reacción y tipo de carne en la estabilidad de productos reestructurados crudos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de la Materia Prima

Se utilizaron 42 kg de carne de cada una de las especies antes mencionadas. Las carnes de bovino (corte: pulpa negra) y de cerdo (corte: pernil), provenientes de canales con 48 h de almacenamiento, se obtuvieron de un supermercado de la localidad, mientras que la carne de pollo (corte: pechuga) fue obtenida de una procesadora avícola del estado Zulia, Venezuela. A todas las carnes se les determinó el pH utilizando un potenciómetro marca DeltaTRAK, modelo ISFET pH101 (EUA). Luego se cortaron en rebanadas de 10 cm de largo x 5 cm de ancho con aproximadamente 0,5 cm de espesor (TABLA I).

La TGM se obtuvo de la empresa AJINOMOTO Co, (Pararamus, NJ, EUA).

La sangre de bovino se obtuvo de un matadero de la localidad (MASINCA) y fue recolectada en envases plásticos que contenían 100 mL de una solución de FOSCAL III al 2% p/v (anticoagulante en proceso de patente por la empresa FOODTECH) por cada litro de sangre. Posteriormente fue transportada al laboratorio de Investigación y Desarrollo en Nutrición (LIDN), bajo condiciones de refrigeración (4°C), donde fue inmediatamente separada en sus fracciones plasma y paquete globular mediante centrifugación a 2500 x g por 30 minutos en una centrifuga (marca Internacional, modelo KN° 69984M23, EUA).

### Elaboración de los Productos Reestructurados (tipo medallones)

Para la elaboración de los medallones se tomaron porciones de 4 kg de carnes de cada una de las especies (bovino = pulpa negra, cerdo = pernil y ave = pechuga de pollo). Cada porción se mezcló con NaCl al 0,5% de su peso. Se dividió en dos porciones de 2 kg c/u y se le agregó plasma de bovino (P) a una y agua (A) a la otra al 10% de su peso. Se mezclaron a mano hasta que el plasma de bovino o el agua fuese absorbido por la carne. Cada mezcla se dividió en 2 porciones de 1 kg c/u, a la primera se le agregó TGM al 0,75% (P1 o A1) y a la segunda al 1% (P2 o A2) y se mezcló por 1 min. (TABLA II). Cada porción se dividió en 2 partes de 0,5 kg, se embutieron en tripas sintéticas de 12 cm. de diámetro y se colocaron en refrigeración a 4°C hasta determinar su estabilidad a las 12 horas (P1.1, A1.1, P2.1, A2.1) y 24 horas (P1.2, A1.2, P2.2, A2.2) después del agregado de la enzima (FIG. 1).

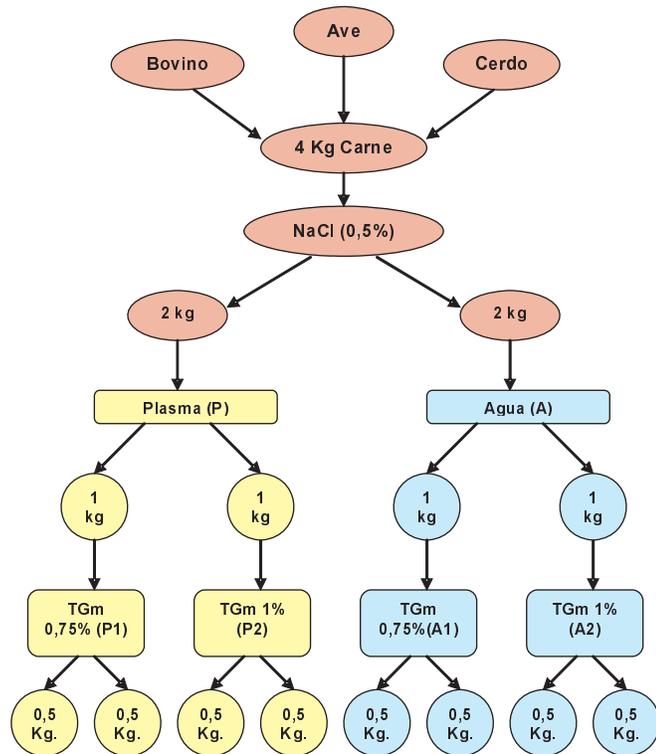
TABLA I  
CARACTERÍSTICAS DE LAS CARNES UTILIZADAS/  
RAW MEAT CHARACTERISTICS.

Especie	Corte	pH	Tamaño de la muestra
Ave	Pechuga	6,02	10 x 5 cm
Bovino	Pulpa Negra	5,80	10 x 5 cm
Cerdo	Pernil	5,60	10 x 5 cm

**TABLA II**  
**FORMULACION DE LOS MEDALLONES/**  
**MEDALLON FORMULATIONS.**

Ingredientes (%)	Tratamientos*			
	P1	P2	A1	A2
Carne (ave, bovino o cerdo)	88,75	88,5	88,75	88,5
Plasma	10	10	0	0
Agua	0	0	10	10
TGm	0,75	1	0,75	1
Sal NaCl	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	100	100	100	100

\*Los tratamientos fueron los siguientes: P1 (con agregado de plasma y 0,75% de transglutaminasa). P2 (con agregado de plasma y 1% de transglutaminasa). A1 (sin agregado de plasma y 0,75% de transglutaminasa). A2 (sin agregado de plasma y 1% de transglutaminasa).



**FIGURA 1. ELABORACIÓN DE LOS PRODUCTOS REESTRUCTURADOS/ REESTRUCTURE PRODUCT MANUFACTURE.**

La estabilidad de los productos se determinó sensorialmente mediante la utilización de la escala de cohesión propuesta por Márquez y col. [21] donde se relaciona el porcentaje de cohesión con la cantidad de grietas observadas (TABLA III).

**Análisis estadístico**

El diseño consistió en un arreglo factorial 3x2x2x2, como se muestra en la TABLA IV, siendo los factores los si-

**TABLA III**  
**ESCALA DE COHESIÓN/ COHESIVENESS SCALE**

Nº de grietas	% de Cohesión	Estabilidad
0	100%	Excelente
1	90%	Buena
2	80%	
3	70%	
4	60%	Regular
5	50%	
6	40%	
7	30%	Mala
8	20%	
9	10%	

güentes: tipo de carne a 3 niveles (ave, cerdo y bovino); agregado de plasma a 2 niveles (0 y 10%), concentración de la transglutaminasa a 2 niveles (0,75 y 1%); tiempo de reacción a 2 niveles (12 y 24h). El experimento se repitió 7 veces. Cada muestra se analizó por triplicado. Los datos obtenidos en el estudio fueron analizados mediante el programa SAS PROC GLM [31]. Las medias se compararon utilizando el procedimiento de LSMEANS y Duncan. Las diferencias se aceptaron con un 5% de probabilidad.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La TABLA V muestra los valores promedios del porcentaje de cohesión (estabilidad) debido al efecto que produce el agregado o no de plasma, el tipo de carne utilizada y la concentración y tiempo de reacción de la TGm utilizada. Los resultados indican que el agregado de plasma de bovino aumentó (P<0,05) la cohesión de las carnes, de 90,85 a 93,15%. Se observó diferencia significativa en la cohesión debido al tipo de carne utilizada, siendo la TGm más eficiente con la carne de bovino (97,90%) independientemente del agregado o no de plasma, de la concentración y tiempo de reacción con la TGm. También se observó que la cohesión fue significativamente mayor con la carne de cerdo (*Sus scrofa*) (92,00%) que con la de ave (86,10%). Al aumentar la concentración de TGm de 0,75 al 1% aumentó la cohesión significativamente (89,07 vs. 94,90%), independientemente del agregado de plasma, tipo de carne utilizada y tiempo de reacción. Finalmente se observó que, al aumentar el tiempo de reacción de 12 a 24 h aumentó la cohesión de 88,10 a 95,90%, independientemente del tipo

**TABLA IV**  
**DISEÑO EXPERIMENTAL/EXPERIMENTAL DESIGN.**

Tiempo	Plasma						Agua					
	Concentración de TGm						Concentración de TGm					
	0,75%			1%			0,75%			1%		
	Tipo de carne			Tipo de carne			Tipo de carne			Tipo de carne		
	Ave	Bov	Cer	Ave	Bov	Cer	Ave	Bov	Cer	Ave	Bov	Cer
12 h	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
24 h	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

**TABLA V**  
**VALORES PROMEDIOS DEL PORCENTAJE DE COHESION DEBIDO AL AGREGADO DE PLASMA, TIPO DE CARNE, CONCENTRACION Y TIEMPO DE REACCION DE LA TGm/ MEAN VALUES FOR COHESIVENESS PERCENT BY PLASMA, TYPE OF MEAT AND TGm CONCENTRATION AND REACTION TIME.**

Tipo de Formulación		Tipo de Carne			Concentración de TGm (%)		Tiempo de Reacción(h)	
Plasma	Agua	Ave	Res	Cerdo	0,75	1	12	24
93,15 <sup>a</sup>	90,85 <sup>b</sup>	86,10 <sup>a</sup>	97,90 <sup>b</sup>	92,00 <sup>c</sup>	89,07 <sup>a</sup>	94,90 <sup>b</sup>	88,10 <sup>a</sup>	95,90 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Medias en una misma fila y dentro de un mismo tratamiento con diferentes superíndice difieren significativamente.

de carne, del agregado de plasma o de la concentración de TGm utilizada.

La TABLA VI muestra los valores promedio del porcentaje de cohesión de las diferentes formulaciones. Los resultados muestran que los productos reestructurados crudos elaborados con carne de ave, sin agregado de plasma, con 0,75% de TGm y 12 h de reacción fueron los menos estables (cohesión 74,20%). El agregado de plasma o el aumento en el tiempo de reacción desde 12 hasta 24 h produjo un aumento significativo de la cohesión solamente en los productos elaborados con carne de ave o de cerdo, indicando que se puede lograr una mejor estabilidad de estos productos en menor tiempo de reacción si se agrega plasma de bovino, indicando también que el efecto del agregado del plasma depende del tipo de carne utilizada. El agregado de 1% de TGm a los tratamientos con carne de ave aumentó significativamente su estabilidad, independientemente si se agrega o no plasma.

Todos los productos reestructurados elaborados con carne de bovino en las condiciones de esta investigación fueron altamente estables, demostrándose que la transglutaminasa es más eficiente con las carnes de bovino que con las de ave o cerdo.

El agregado de plasma fue importante para los productos reestructurados con carne de cerdo al 0,75% de TGm y 12 ó 24 h de reacción, aumentando significativamente la estabilidad de 82,00 a 88,60% a las 12 h y de 88,80 a 92,4% a las 24 h de reacción.

En general, el agregado de TGm al 1% produjo resultados excelentes para todas las formulaciones, con excepción

de la formulación con carne de ave a las 12 h de reacción con o sin agregado de plasma. Cuando la concentración de TGm se redujo a 0,75%, el agregado de plasma fue importante para los productos reestructurados de ave y cerdo, tanto a 12 h como a 24 h de reacción.

En los últimos años diversas investigaciones han reportado la eficiencia de la transglutaminasa microbiana (TGm) en producir enlaces entre los grupos  $\alpha$ -carboxiamida de los residuos glutámicos ligados a proteínas o péptidos y aminos primarias, tal como la lisina ligada a otra proteína [2, 5, 11, 17]. Kurth y Rogers [17] demostraron que la transglutaminasa fue capaz de establecer enlaces entre la miosina y proteínas no cárnicas como la proteína de soya, caseína y gluten en condiciones de 4 a 5°C y pH de 5,5 a 7,0. Kuraishi y col. [16] demostraron la efectividad de la adición de TGm para cohesionar productos reestructurados crudos elaborados con carne de cerdo.

Marquez y col. [21] reportaron que, al aumentar la concentración y tiempo de reacción de la TGm aumenta la estabilidad de productos reestructurados crudos elaborados con carne de bovino y ave y que la TGm fue más eficiente con la carne de bovino. Jarmoluk y Pietrasik [19], trabajando con productos reestructurados cocidos, demostraron que al combinar TGm y plasma de bovino aumenta la cohesión en productos reestructurados cocidos de carne de cerdo. Killi [14] reportó que el agregado de TGm al 1% produjo enlaces entre las proteínas de la carne y que la estabilidad mejoraba si se agregaba caseinato de sodio. Resultados similares de la acción de la transglutaminasa fueron reportados por Tseng y col. [32] trabajando con albóndigas de carne de pollo cocidas.

TABLA VI  
VALORES PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE COHESIÓN DE LAS DIFERENTES FORMULACIONES/  
MEAN VALUES FOR COHESIVENESS PERCENT OF THE DIFFERENT FORMULATIONS

Tipo de Carne	Plasma				Agua			
	Concentración de TGm				Concentración de TGm			
	0,75%		1%		0,75%		1%	
	Tiempo							
	12 h	24 h	12 h	24 h	12 h	24 h	12 h	24 h
Ave	78,20 <sup>i</sup>	84,80 <sup>g</sup>	88,00 <sup>f</sup>	99,60 <sup>a,b</sup>	75,40 <sup>j</sup>	78,20 <sup>i</sup>	85,40 <sup>g</sup>	99,20 <sup>a,b</sup>
Bovino	96,40 <sup>c,d</sup>	99,60 <sup>a,b</sup>	98,00 <sup>b,c</sup>	99,90 <sup>a</sup>	94,80 <sup>d</sup>	99,60 <sup>a,b</sup>	95,20 <sup>d</sup>	99,60 <sup>a,b</sup>
Cerdo	87,60 <sup>f</sup>	92,60 <sup>e</sup>	95,60 <sup>d</sup>	98,20 <sup>a,b,c</sup>	81,80 <sup>h</sup>	88,20 <sup>f</sup>	92,80 <sup>e</sup>	99,60 <sup>a,b</sup>

Medias con diferentes superíndices difieren significativamente ( $P < 0,05$ ). La eficiencia se expresó en porcentaje de cohesión de la siguiente manera: Por encima de 70% la cohesión fue de buena a excelente. Por debajo de 70% la cohesión fue de regular a mala.

En el presente estudio, la acción de la transglutaminasa microbiana combinada con el agregado de plasma se midió en productos reestructurados crudos para evitar la interferencia que produce el efecto de la gelificación de las proteínas, tanto de las carnes como del plasma, por el calor en la estabilidad del producto final. El aumento de estabilidad que se produjo cuando se agregó plasma pudiera deberse a la acción de la TGc contenida en el plasma.

## CONCLUSIÓN

El agregado de TGm permite obtener productos reestructurados crudos estables a temperatura de refrigeración. Los productos elaborados con carne de res fueron más estables que los elaborados con carne de cerdo y éstos más estables que los elaborados con carne de ave a una misma concentración de enzima, independientemente del tiempo de reacción o agregado de plasma. El agregado de plasma contribuye a darle estabilidad a los productos reestructurados crudos cuando la concentración de TGm es igual a 0,75%.

## AGRADECIMIENTO

Al consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ), por su colaboración prestada para la realización de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AESCHLIMANN, D.; PAULSSON, M. Transglutaminase. Protein cross-linking enzyme in tissues and body fluids. **Thromb and Homeost.** 71: 402-415. 1994.
- [2] ANDO, H.; ADACHI, M.; UMEDA, K.; MATSUURA, A.; NONAKA, M.; UCHIO, R.; TANAKA, H.; MOTOKI, M. Purification and characteristics of a noval transglutaminase derived from microorganisms. **Agri and Biol Chem.** 53: 2613-2617. 1989.
- [3] BARBOZA, Y.; RANGEL, L.; ARCHILE, A.; IZQUIERDO, P.; MÁRQUEZ, E. Estudios de algunos factores que afectan las propiedades de gelación del plasma sanguíneo animal. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** VI (1): 31-36. 1996.
- [4] BIROL, K. Effects of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. **Meat Sci.** 63: 417-421. 2003.
- [5] BAUER, N.; KOEHLER, P.; WIESER, H.; SCHIEBERLE, P. Studies on effects of microbial transglutaminase on gluten proteins of wheat, I. Biochemical Analysis. **Cereal Chem.** 80(6):781-786. 2003.
- [6] BOURGUEOIS, C. Productos de Transformación de la Sangre. En Bourgeois, C, Le Roux P. **Proteínas animales.** Editorial El Manual Moderno. México. Cap. 12. 244-260pp. 1986.
- [7] BRACHO, M.; MÁRQUEZ, E.; ARIAS, B. Estudio comparativo del contenido de aminoácidos esenciales en sangre de bovino y cerdo. **Rev Cientif. FCV-LUZ.** XI (2):133-138. 2001
- [8] BURSEY, R. Transglutaminase a cross-linking enzyme for meat and poultry. **Meat Indust Res Conf Proc.** Octubre 12-16. Chicago. USA. 45-50 pp. 1997
- [9] CALDIRONI, H. A.; OCKERMAN, H. W. Bone and plasma protein extracts in sausages Emulsifying capacity, water holding capacity, acceptability. **J of Food Sci.** 47(5): 1622-1625. 1982.
- [10] COFRADES, S.; GUERRA, M. A.; CARBALLO, J.; FERNANDEZ-MARTIN, F.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. **J Food Sci.** 65(2): 281-287. 2000.
- [11] FOLK, J.; CHUNG, S. Molecular and catalytic properties of transglutaminase. **Adv in Enzymol.** 38:109-191. 1973
- [12] HICKSON, D.W.; DILL, C.W.; MORGAN, D.A.; SUTER, A.; CARPENTER, L.A. Comparison of heat-induced gel

- strengths of bovine plasma and albumen proteins. **J. of Anim Sci.** 51:69-73. 1980.
- [13] HERMANSSON, A. M. Gel characteristics-structure as related to texture and water binding of blood plasma gels. **J of Food Sci.** 47: 1965–1972. 1982.
- [14] KILLI, B. Effect of microbial Transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken doner kebab. **Meat Sci.** 63:417-421. 2003.
- [15] KURAIISHI, C.; SAKAMOTO, T.; YAMAZAKI, K.; SUSAKI, V.; KUHARA, C.; SOEDA, T. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. **J of Food Sci.** 62(3): 488-491. 1997.
- [16] KURAIISHI, C.; SAKAMOTO, J.; SOEDA, T. Application of transglutaminase for meat processing. **Fleischwrt.** 78: 657– 658, 660, 702. 1998.
- [17] KURTH, L.; ROGER, P. Transglutaminase catalyzed cross-linking of myosin to soy protein, Casein and Gluten. **J of Food Sci.** 49:573-589. 1984.
- [18] JARMOLUK, A. Influence of blood plasma and its structured forms as beef substitutes on quality of comminuted scalded sausages. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Techn Zywno Sci.* XI (319): 135–154. 1997.
- [19] JARMOLUK, A.; PIETRASIK, Z. Response surface methodology study on the effects of blood plasma, microbial transglutaminase and k-carrageenan on pork batter gel properties. **J. Food Eng.** 60: 327-334. 2003.
- [20] MÁRQUEZ, E.; IZQUIERDO, P.; ARIAS, B.; TORRES, G. Efecto de la adición de plasma sanguíneo de bovino sobre la estabilidad de la emulsión y contenido proteico de productos cárnicos emulsificados. **Rev Cientif. FCV-LUZ.** XII (511): 522.1995.
- [21] MÁRQUEZ, E.; ARÉVALO, E.; BARBOZA, Y.; BENÍTEZ, B.; RANGEL, L.; ARCHILE, A. Efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XVI (6): 662-667. 2006.
- [22] MUGURUMA, M.; TSURUOKA, K.; KATAYAMA, K.; ERWANTO, Y.; KAWAHARA, S.; YAMAUCHI, K.; SATHE, S.; SOEDA, T. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improve chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. **Meat Sci.** 63(2):191-197. 2003.
- [23] NIELSEN, P. M. Reactions and potential industrial applications of transglutaminase. Review of literature and patents. **Food Biotech.** 9: 119–156. 1995.
- [24] NIELSEN, G.; PETERSEN, B.; MØLLER, A. Impact of salt, phosphate and temperature on the effect of a transglutaminase (F XIIIa) on the texture of restructured meat. **Meat Sci.** 41(3): 293-299. 1995.
- [25] NONAKA, M.; MATSUURA, Y.; MOTOKI, M. Incorporation of Lysine and lysine dipeptides into alpha s1-casein by Ca (2+)-independent microbial transglutaminase. **Bio-sci. Biotech. Biochem.** 60:131-133. 1996.
- [26] NUMATA, M.; YAMADA, H.; NAKAMURA, T.; MUGURUMA, M. Studies on application of transglutaminase to meat and meat products. I. The effect of transglutaminase on heat induced gelation and water holding capacity of myosin B. **J of Japan Soc of Food Sci and Technol.** 36: 832–838. 1989.
- [27] PIETRASIK, Z. Binding and textural properties of beef gel processed with k-carrageenan, egg, albumin and microbial transglutaminase. **Meat Sci.** 63(3):317-324. 2003.
- [28] RAMIREZ-SUAREZ, J.; XIONG, Y. Transglutaminase cross-linking of whey/myofibrillar protein and effects on protein gelation. **J of Food Sci.** 67(8):2885-2891. 2002.
- [29] RAMÍREZ-SUAREZ, J.; XIONG, Y.; WANG, B. Transglutaminase cross-linking of bovine cardiac myofibrillar proteins and its effect on protein gelation. **J of Muscle Food.** 12(2):85-96. 2001.
- [30] RUIZ-CARRASCAL, J.; REGENSTEIN, J. Emulsion stability and water uptake ability of chicken muscle protein as affected by microbial transglutaminase. **J of Food Sci.** 67:734-739. 2002.
- [31] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Proc. GLM. User's Guide: Statistics. 5th Ed. Cary NC, Version 3,0. 1995.
- [32] TSENG, T.; LIU, D.; CHEM, M. Evaluation of transglutaminase on the quality low-salt chicken meat balls. **Meat Sci.** 55:427-431. 2000.
- [33] TYBOR, P.; DILL, C.; LANDMANN, W. Functional properties of proteins isolated from bovine blood by a continuous pilot process. **J of Food Sci.** 40:155-59. 1975.
- [34] WISMER-PEDERSEN, J. Utilization of animal blood in meat products. **Food Technol.** 33: 76–80. 1979.
- [35] ZHU, Y.; RINZEMA, A.; TRAMPER, J.; BOL, J. Microbial Transglutaminase a review of its production and application in food processing. **Appl. Microbiol Biotechnol.** 44:277-282. 1995.