

Reestructurado de carne usando enzima transglutaminasa transferasa y alginato

Tatiana Sepúlveda¹, Elkin A. Echavarría¹, Andrés F. Restrepo¹.

■ Resumen

Introducción. El interés por aprovechar subproductos cárnicos de bajo valor comercial, ha estimulado la investigación con el fin de comercializar todos los cortes resultantes de los animales, maximizando el rendimiento de la materia prima. Esto incluye el desarrollo de métodos como la reestructuración de cortes de bajo valor y el uso de aditivos para mejorar la apariencia y textura. **Objetivo.** En el presente trabajo se estudió el efecto de la concentración de transglutaminasa (TG) y alginato de sodio (AS) (0,5 %-1,2 %) y el tiempo de masajeo (15-30 min), sobre la textura (esfuerzo al corte) del producto cárnico. **Materiales y métodos.** Fue usado el músculo *semitendinoso* proveniente de la especie bovina, conocido comercialmente como "copete", y la enzima TG, proveniente de microorganismos, y AS, proveniente de algas, para la realización de masajes sobre el corte. **Resultados y conclusiones.** Para TG se obtuvo una concentración y tiempo de masajeo óptimos de (1,07 %; 22,8 min, respectivamente); para AS no se pudieron establecer los valores ya que la estructura colapsó, por lo cual, para los siguientes análisis se utilizaron las cantidades de AS sugeridas por el proveedor. Tanto al reestructurado elaborado con TG como al elaborado con AS, se les realizó un análisis sensorial con jueces entrenados. El análisis sensorial mostró que el producto con mejores características sensoriales (jugosidad y ternera) fue el producto reestructurado elaborado con TG.

Palabras clave: Reestructurado, transglutaminasa, alginato de sodio, copete, músculo semitendinoso.

¹ Ingeniería de Alimentos, Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia



Restructured meat by the use of transglutaminase transferase enzyme and alginate

■ Abstract

Introduction. The interest in optimize the use of meat by-products of low commercial value, has stimulated the research in order to sell all the resulting cuts of the animals, increasing the yield of the raw material. This includes the development of methods such as the restructuration of low commercial value cuts and the use of additives to improve the appearance and texture. **Objective.** In this research work, we study the effect of the concentration of transglutaminase (TG) and sodium alginate (SA) (0,5% - 1,2%) and the massaging time (15- 30 min) on the texture (cutting hardness) of the meat product. **Material and methods.** There was used the *semitendinous* muscle from bovine species, commercially known as "forelock"; and the enzyme TG, from microorganisms, and the SA, from algae, for the massage of the cut. **Results and conclusions.** For TG, the optimal concentration and the optimal massaging time were 1,07% and 22,8 min, respectively, For SA those values could not be determined, because the structure collapsed. Therefore, the SA quantities suggested by the provider were used for the analysis performed afterwards. A sensory analysis was performed, by trained judges, to the restructured meat products made with TG and AS. In that analysis, the best sensory characteristics (juiciness and tenderness) were those from the product processed with TG.

Key words: Restructured, transglutaminase, sodium alginate, forelock, semitendinous muscle.

Reestrurado de carne usando enzima transglutaminase transferasa e alginato

■ Resumo

Introdução. O interesse por aproveitar os subprodutos de carne de baixo valor comercial, tem estimulado a pesquisa com o fim de comercializar todos os cortes resultantes dos animais, para aperfeiçoar o rendimento da matéria prima. Isto inclui o desenvolvimento de métodos como a reestruturação de cortes de baixo valor e o uso de aditivos para melhorar a aparência e textura. **Objetivo.** No presente trabalho se estuda o efeito da concentração de transglutaminase (TG) e alginato de sódio (AS) (0,5% - 1,2%) e o tempo de massagem (15- 30 min), sobre a textura (esforço ao corte) do produto. **Materiais e métodos.** Foi usado o músculo *semitendinoso* de bovino, conhecido comercialmente como "topete", e a enzima TG, proveniente de microorganismos, y AS, proveniente de algas, para fazer massagens sobre o corte. **Resultados e conclusões.** Para TG se obteve uma concentração e tempo de massagem ótimo de (1,07%; 22,8 min respectivamente); para AS não se puderam estabelecer os valores já que a estrutura colapsou, pelo qual, para as seguintes análises se utilizaram as quantidades de AS sugeridas pelo fornecedor. Tanto o reestrurado elaborado com TG como o elaborado com AS, se lhes realizou uma análise sensorial com juízes treinados. A análise sensorial mostrou que o produto com melhores características sensoriais (suculência e textura) foi o produto reestrurado elaborado com TG.

Palavras importantes: Reestrurado, transglutaminase, alginato de sódio, topete, músculo semitendinoso.

■ Introducción

La calidad de los alimentos está estrechamente relacionada con los atributos sensoriales los cuales son determinantes en la elección de alimentos (Lantto, Plathin, Niemistö, Buchert, & Autio, 2006).

Los altos costos y el interés por el aprovechamiento de los subproductos han estimulado la investigación orientada a comercializar todos los cortes resultantes de los animales, maximizando el rendimiento de la materia prima. Esto incluye el desarrollo de métodos como la reestructuración de cortes de bajo valor y el uso de aditivos para mejorar la apariencia y textura, y así aumentar el valor comercial. Normalmente, el proceso incluye reducción de tamaño, adición del vinculante que es un requisito esencial, y moldeo (Kim, Carpenter, Lanier, & Wicker, 1993).

El tratamiento con transglutaminasa microbiana mejora la fuerza de la textura y el gel de la carne y proteínas en muchos productos mediante la formación de un enlace entre la glutamina y la lisina, y mejora, así como la elasticidad y la rigidez del gel de los productos cárnicos, y evita algunos atributos indeseables tales como pegajosidad, alta viscosidad y adhesividad excesiva (Kuraishi, C., Sakamoto, J., Yamazaki, K., Susa, Y., Kuhara, C., & Soeda, T., 1997).

El alginato de sodio (AS) es un polisacárido compuesto por ácido D-manurónico y ácido L-gulurónico (Embuscado & Huber, 2009). Debido a su gran capacidad gelificante y espesante, AS ha sido ampliamente investigado y se utiliza en la formulación de alimentos para mejorar las características de textura. A pesar de su amplia aplicación en la industria alimentaria, AS ha recibido poca atención para su uso en productos cárnicos, debido a su propensión a romper la estructura de estos (Pérez-Mateos & Montero, 2000).

La TG ha sido utilizada en jamones (Kim et al., 1993), en salchichas de pollo y res (Ahmed, A. M., Kawahara, S., Ohta, K., Nakade, K., Soeda, T., & Muguruma, M., 2007); el AS ha sido utilizado en rollos de cerdo (Devatkal & Mendiratta, 2001), y productos derivados de la carne de pato (Juck, Neetoo, & Chen, 2010). Tanto el alginato de sodio como la transglutaminasa microbiana se pueden utilizar para obtener geles de proteína a bajas temperaturas, no lo suficiente para provocar cambios en la apariencia cruda o el sabor del producto. Cada uno de estos agentes de enlace interactúa con las proteínas en un manera diferente, y la interacción también puede variar en función del tipo de ingredientes y el tipo de músculo implicados en el proceso (Moreno, Carballo, & Borderías, 2010).

Este estudio tiene como objeto determinar la mejor concentración y el mejor tiempo de masajeo de TG y AS que permitan obtener un reestructurado de carne con estructura estable y sensorialmente aceptable a partir de un corte de bajo valor comercial.

■ Materiales y métodos

Muestras

Se utilizó el músculo *semitendinoso* proveniente de la especie bovina, conocido comercialmente como "copete" obtenido en una carnicería local de la ciudad de Medellín y empacado al vacío. Este corte es de bajo valor comercial, con bajo tejido conectivo y utilizado en preparaciones culinarias de larga cocción por su dureza.

Se utilizó la enzima transglutaminasa transferasa (TG), proveniente de microorganismos, y alginato de sodio (AS), proveniente de algas.

Preparación de las muestras

El corte limpio de grasa y tejido conectivo superficial fue cortado paralelamente en orientación a las fibras musculares en tiras de



2 cm de longitud por 1 cm de ancho y 1 cm de alto; se pesaron y se adicionaron 1 % de sal, 0,5 % de fosfatos y 15 % de agua.

Se tomaron 100 gramos de la mezcla anterior y se llevaron a masajeo, a intervalos de tiempo arrojados por el diseño experimental, los cuales se presentan en la *tabla 1*. Finalmente, luego

de cada tiempo de masajeo, se adicionó cada aditivo (TG y AS).

Los reestructurados se moldearon en una funda impermeable de 45 mm de ancho y una longitud de 7 cm, y se almacenaron en refrigeración durante 24 horas para el posterior análisis de textura.

Tabla 1. Tiempo de masajeo y concentraciones de TG y AS usados en la elaboración de los reestructurados

Tiempo (min)	Transglutaminasa %	Alginato%
11,9	0,85	0,85
15	0,5	0,5
15	1,2	1,2
22,5	0,355	0,355
22,5	0,85	0,85
22,5	0,85	0,85
22,5	1,34	1,34
30	0,5	0,5
30	1,2	1,2
33	0,85	0,85

Análisis de textura

El esfuerzo de corte de cada una de las muestras se evaluó con una cuchilla HDP/BSW en un Texturómetro Texture TAX-t2i®, con una velocidad de 1mm/s. La cuchilla se aplicó perpendicularmente a las fibras. Los resultados se tomaron del pico máximo (fuerza máxima) resultante del esfuerzo al corte.

El análisis del diseño experimental empleado fue realizado mediante el software estadístico STATGRAPHICS® versión 5.1., a través de un Análisis de Varianza – ANOVA–.

Análisis sensorial

Las muestras se analizaron por 8 jueces entrenados, en el laboratorio de análisis sensorial de la Universidad de Antioquia. Las pruebas realizadas fueron: perfil sensorial de la carne sin aditivos, perfil del músculo crudo entero y perfil de los reestructurados adicionados con TG y con AS. También se realizaron dos pruebas de ordenamiento donde se evaluaron la jugosidad y la ternura de los productos reestructurados que presentaron mejor firmeza; dicha prueba se efectuó bajo los parámetros descritos por la NTC 3930.

■ Resultados

Análisis de textura

En la *tabla 2* se muestran los resultados del esfuerzo al corte para cada una de las corridas del diseño experimental realizado a los productos

reestructurados; mediante dicha tabla es posible determinar que el valor máximo de esfuerzo al corte se obtuvo en la combinación de 0,85 % con un tiempo de masajeo de 22,5 minutos para el cual se obtuvo un producto con buena firmeza.

Tabla 2. Diseño central compuesto para la elaboración de los reestructurados adicionados con TG

Concentración de Aditivo (%)	Tiempo de masajeo (minutos)	Esfuerzo al corte (gramos)
0,355	22,5	479,15
0,5	15	600,4
0,5	30	1135,75
0,85	22,5	2341,95
0,85	11,9	1235,5
0,85	33	912,5
0,85	22,5	1733,85
1,2	30	2172,65
1,2	15	1831,5
1,34	22,5	1568,76

Los resultados del análisis de varianza realizados sobre los datos de la *tabla 2* mostraron que el uso de TG tiene un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) sobre la textura con una confiabilidad del 95 %. El estadístico de prueba es alto (80,192 %), lo que indica una alta correlación entre las variables y la fuerza de corte; por esta razón es posible usar el modelo de regresión en el cual la variable respuesta es explicada por los términos lineales y cuadráticos de los factores.

Por su parte, el reestructurado elaborado a partir de AS no presentó efectos estadísticamente significativo ($p < 0.05$). Esto se refleja en el producto terminado, el cual no presentó una estructura firme y consistente. Además, el R-cuadrado muestra una baja correlación (40,96 %) entre las variables y la fuerza de corte. Por el resultado anterior, se decide adoptar los valores recomendados en la ficha técnica del proveedor (0,7 % y 30 minutos de masajeo) para la evaluación sensorial.

$$\text{Fuerza}(g) = -5466,88 + 7130,06TG + 336,77t - 3179TG^2 - 14,1099t \times TG - 7,04475t^2$$



Análisis sensorial

En la prueba de ordenamiento los productos fueron ordenados de 1 a 3, siendo 1 el mínimo, y 3, el máximo; los resultados obtenidos en la prueba de ordenamiento por terneza se muestran

en la *tabla 4*, de la cual se estableció que existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre la terneza de las carnes sin tratamiento y la adicionada con TG.

Tabla 3. Resultados prueba de ordenamiento terneza

Juez	Sin tratamiento	Muestra AS	Muestra TG
1	1	2	3
2	3	2	1
3	1	3	2
4	1	2	3
5	1	2	3
6	1	2	3
7	1	2	3
8	1	2	3
Total	10	17	21

Esto, además, se confirma en la *figura 1* donde los jueces califican con la mejor terneza a la carne adicionada con TG.

Con respecto la prueba de ordenamiento de la jugosidad no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras de carne analizadas (*tabla 5*). Sin embargo, es posible observar una preferencia por parte de los jueces por el reestructurado con TG cuando evaluaron la jugosidad de los productos (véase *figura 2*) lo que permite suponer que este método mejora de forma demostrativa la jugosidad del producto cárnico.

Figura 1. Prueba de ordenamiento según terneza

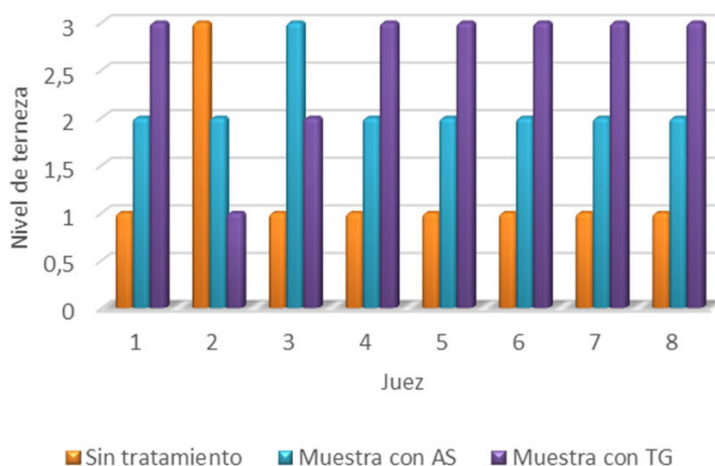


Tabla 4. Resultados de la prueba de ordenamiento jugosidad

Juez	Sin tratamiento	Muestra AS	Muestra TG
1	1	2	3
2	3	2	1
3	1	3	2
4	1	2	3
5	1	2	3
6	3	2	1
7	1	2	3
8	1	2	3
Total	12	17	19

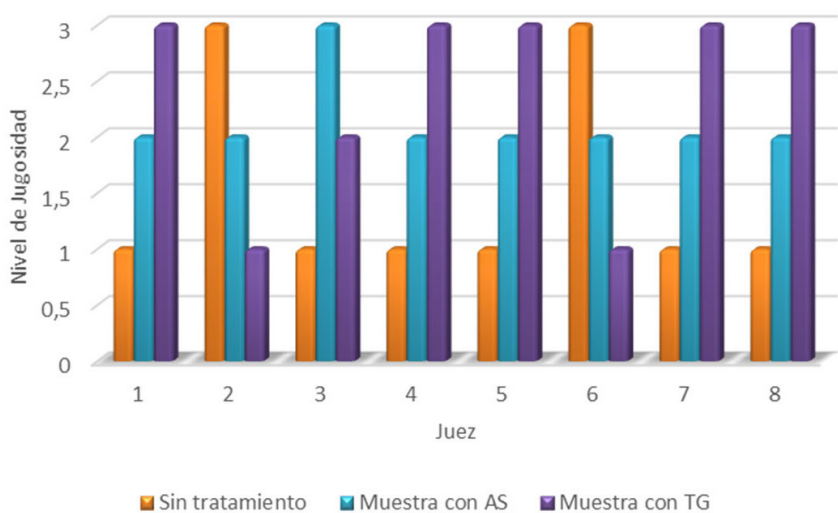
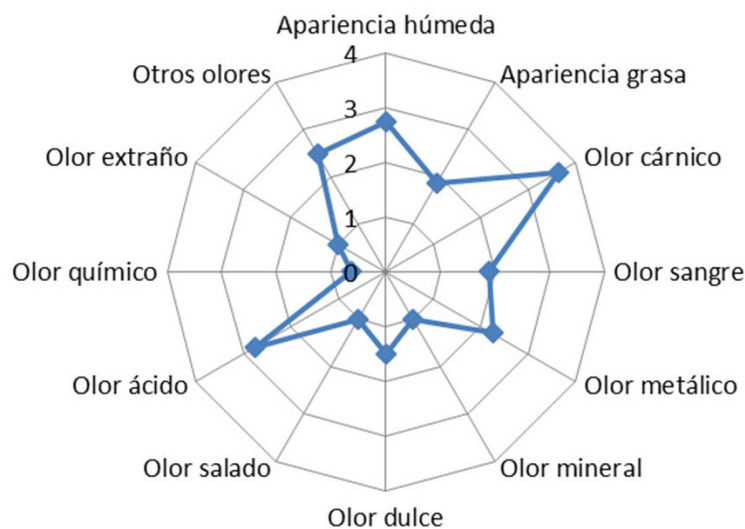


Figura 2. Prueba de ordenamiento según jugosidad

Figura 3. Perfil sensorial del músculo crudo



En el perfil sensorial del músculo crudo (véase *figura 3*), donde se describieron la apariencia y los olores, se encontraron descriptores como olor graso, cárnico, sangre, metálico, etc.



Este perfil permite ver la descripción del músculo entero y crudo. Las figuras 4 y 5 reconocen los cambios que sufrió el producto durante el tratamiento y permiten establecer las diferencias entre el producto con adición de la enzima y la del corte de carne sin tratamiento; los cambios observados son una mejora en la jugosidad, la masticabilidad, la terneza y la humedad del producto lo cual es la intención al someter estas carnes a dicho tratamiento.

Figura 4. Comparación perfiles sensoriales sin tratamiento y reestructurado con TG

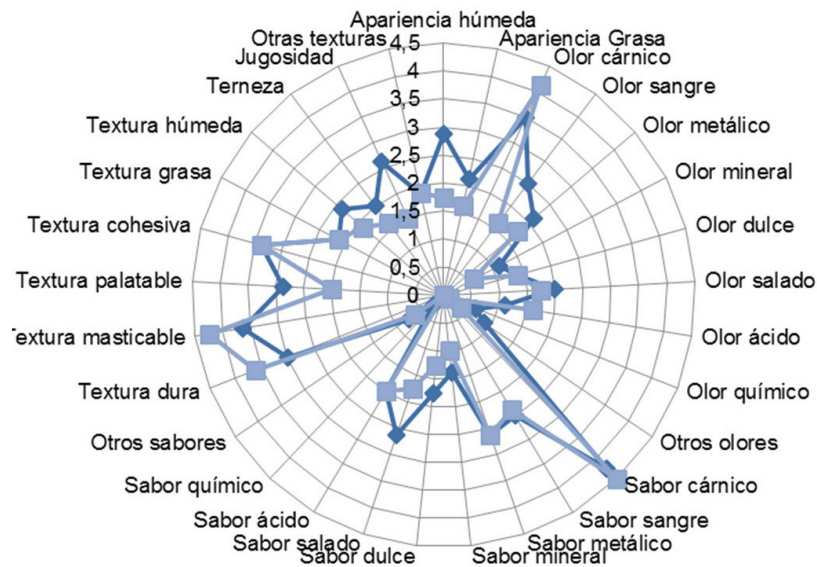
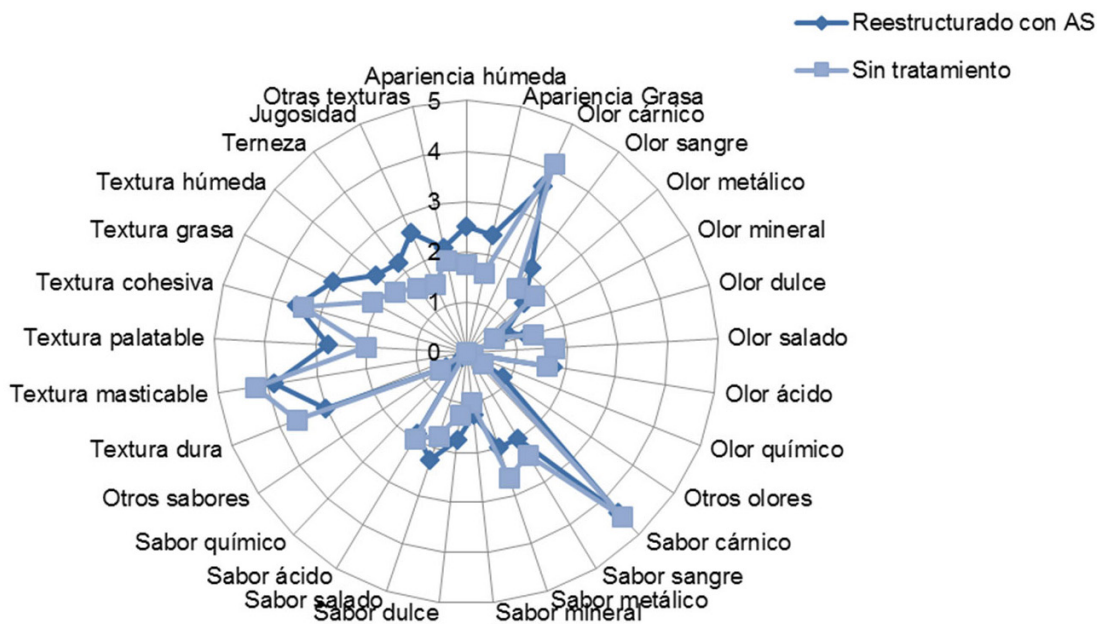


Figura 5. Comparación de perfiles sensoriales entre muestra sin tratamiento y muestra con AS



■ Discusión

La demanda en la industria de productos cárnicos de rápida y fácil elaboración, y además de bajo costo, muestra como alternativa los productos reestructurados; estos productos provienen de cortes de bajo valor comercial, los cuales, con el uso de aditivos, mejoran la apariencia y la textura para obtener productos cárnicos con mejores características sensoriales, esto sin un aumento significativo en los costos de producción.

Factores tales como el tiempo de masajeo y la cantidad de aditivo (TG y AS) empleados en la elaboración de un reestructurado mostraron influencia en las características sensoriales del producto. Las diferencias observadas en el esfuerzo al corte pueden ser debidas a que TG es un tipo de transferasa que cataliza la reacción de aciltransferencia entre los grupos carboxamida de los residuos glutámicos ligados a proteínas o péptidos y aminas primarias (Chin, Go, & Xiong, 2009; Demirok, Kolsarıci, Akoğlu, & Özden, 2011; Hong & Chin, 2010; Kaewudom, Benjakul, & Kijroongrojana, 2013) que generan la formación de estructuras de geles más compactos ayudados por los efectos del impacto mecánico generado por el masajeo.

En cuanto a las diferencias en los reestructurados, TG presentó un gel con una estructura firme, a diferencia de los reestructurados que contenían AS. Estos resultados coinciden con otros autores (Hong & Chin, 2010; Moreno et al., 2010) quienes encontraron que los modelos fabricados con TG fueron más estables debido a que se tenía una estructura proteica neta bien organizada y, por tanto, un gel más compacto, en comparación con los fabricados con AS.

Se encontraron también cambios favorables en los parámetros de textura de los reestructurados en comparación con el corte original; esto fue debido a efectos del proceso mecánico que, en consecuencia, generan daños en la estructura de

la carne, aumentando la capacidad de absorción de agua y extracción de las proteínas, lo cual debilita significativamente las fibras musculares (Lachowicz, Sobczak, Gajowiecki, & Zych, 2003), e incrementa la terneza y jugosidad.

■ Conclusiones

Mediante el diseño central compuesto fue posible identificar la relación entre la respuesta correspondiente al esfuerzo de corte y las variables de proceso que corresponden a tiempo de masajeo y cantidad de aditivo utilizados en la elaboración de un reestructurado cárnico.

La concentración óptima de TG y el tiempo de masajeo (1,07 % y 22,5 min) permitieron desarrollar un producto cárnico reestructurado con mejores características sensoriales, comparadas con el corte original, lo permite generar valor agregado a un corte de bajo valor comercial.

Fue imposible desarrollar un gel de estructura firme con la adición de AS, ya que el producto elaborado mostró baja adhesividad entre los trozos de carne; además, presentó una sensación bucal indeseable manifestada por el panel sensorial.

Se recomienda realizar más estudios que permitan estandarizar el uso de otros cortes de bajo valor comercial y analizar la viabilidad de estos en el mercado.

■ Referencias

Ahmed, A. M., Kawahara, S., Ohta, K., Nakade, K., Soeda, T., & Muguruma, M. (2007). Differentiation in improvements of gel strength in chicken and beef sausages induced by transglutaminase. *Meat Science*, 76(3), 455-462. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.002>



- 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(3), 565-572. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.10.012>
- Demirok, E., Kolsarıcı, N., Akoğlu, İ. T., & Özden, E. (2011). The effects of tumbling and sodium tripolyphosphate on the proteins of döner. *Meat Science*, 89(2), 154-159. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.008>
- Devatkal, S., & Mendiratta, S. K. (2001). Use of calcium lactate with salt-phosphate and alginate-calcium gels in restructured pork rolls. *Meat Science*, 58(4), 371-379. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00032-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00032-8)
- Embuscado, M., & Huber, K. C. (2009). *Edible Films and Coatings for Food Applications*: Springer.
- Hong, G. P., & Chin, K. B. (2010). Effects of microbial transglutaminase and sodium alginate on cold-set gelation of porcine myofibrillar protein with various salt levels. *Food Hydrocolloids*, 24(4), 444-451. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.11.011>
- Juck, G., Neetoo, H., & Chen, H. (2010). Application of an active alginate coating to control the growth of *Listeria monocytogenes* on poached and deli turkey products. *International Journal of Food Microbiology*, 142(3), 302-308. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.07.006>
- Kaewudom, P., Benjakul, S., & Kijroongrojana, K. (2013). Properties of surimi gel as influenced by fish gelatin and microbial transglutaminase. *Food Bioscience*, 1(0), 39-47. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2013.03.001>
- Kim, S. H., Carpenter, J. A., Lanier, T. C., & Wicker, L. (1993). Polymerization of Beef Actomyosin Induced by Transglutaminase. *Journal of Food Science*, 58(3), 473-474. doi: [10.1111/j.1365-2621.1993.tb04302.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb04302.x)
- Kuraishi, C., Sakamoto, J., Yamazaki, K., Susa, Y., Kuhara, C., & Soeda, T. (1997). Production of Restructured Meat using Microbial Transglutaminase without Salt or Cooking. *Journal of Food Science*, 62(3), 488-490. doi: [10.1111/j.1365-2621.1997.tb04412.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04412.x)
- Lachowicz, K., Sobczak, M., Gajowiecki, L., & Zych, A. (2003). Effects of massaging time on texture, rheological properties, and structure of three pork ham muscles. *Meat Science*, 63(2), 225-233. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00073-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00073-6)
- Lantto, R., Plathin, P., Niemistö, M., Buchert, J., & Autio, K. (2006). Effects of transglutaminase, tyrosinase and freeze-dried apple pomace powder on gel forming and structure of pork meat. *LWT - Food Science and Technology*, 39(10), 1117-1124. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.008>
- Moreno, H. M., Carballo, J., & Borderías, A. J. (2010). Use of microbial transglutaminase and sodium alginate in the preparation of restructured fish models using cold gelation: Effect of frozen storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(2), 394-400. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2009.12.002>
- Pérez-Mateos, M., & Montero, P. (2000). Contribution of hydrocolloids to gelling properties of blue whiting muscle. *European Food Research and Technology*, 210(6), 383-390. doi: [10.1007/s002170050568](http://dx.doi.org/10.1007/s002170050568)