

# ESTABILIDAD Y TEXTURA DE REESTRUCTURADOS DE CARNE DE CABRA ADICIONADOS CON INULINA GELIFICADOS EN FRÍO

Karla Ortega Valdez, Juan Ramón Esparza-Rivera, Marcela Ibarra Alvarado, Hiram Medrano Roldán, Efrén Delgado Licon y Aquiles Solís Soto

## RESUMEN

La elaboración de reestructurados cárnicos (REC) de cabra representa una alternativa recomendable para aprovechar los atributos nutricionales de este tipo de carne. Por otra parte, factores diversos como la temperatura de gelificación durante la elaboración del producto y la adición de compuestos nutracéuticos en la formulación, pueden afectar las propiedades funcionales de los REC. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la gelificación en frío y la adición de inulina sobre la estabilidad y textura de reestructurados de carne de cabra elaborados con transglutaminasa (TGM) microbiana. Dos formulaciones fueron utilizadas en el presente estudio: REC formulado con inulina o sin inulina, y los REC fueron elaborados usando gelificación térmica tradicional (a 50°C) o en frío (a 2.6°C). Las variables evaluadas fueron: estabilidad (pérdida por exudado en

REC no cocido, y pérdida por cocción) y textura de los REC (evaluación instrumental de firmeza). Los reestructurados cárnicos de cabra gelificados en frío tuvieron menores pérdidas por exudado que los REC elaborados con gelificación térmica. Sin embargo las pérdidas por cocción fueron similares en productos gelificados en frío o en forma tradicional. Por otra parte, la gelificación en frío no afectó la firmeza de los REC sin inulina. No obstante, con respecto a los productos adicionados con inulina se observó que los REC gelificados en frío fueron más firmes que los elaborados con gelificación térmica. La gelificación en frío es recomendable para la elaboración de reestructurados con carne de cabra, y la adición de la inulina en la formulación de este tipo de productos es una opción viable para aumentar su calidad nutracéutica.

## Introducción

La elaboración de reestructurados cárnicos (REC) consiste en la obtención de geles proteicos utilizando agentes ligantes tales como sales, fosfatos, aislados proteicos y enzimas como la transglutaminasa (TGM) (Llorente-Bousquets *et al.*, 2010; Talukder *et al.*, 2013). La acción ligante de la TGM está basada en la formación de un enlace cruzado  $\epsilon$ -( $\lambda$ -glutamil) lisina [ $\epsilon$ -( $\lambda$ -Glu) Lis] entre los grupos  $\epsilon$ -amino de la lisina y  $\gamma$ -carboxamida de la glutamina de proteínas adyacentes (Uresti *et al.*, 2006), lo cual le confiere cohesividad y elasticidad a los productos cárnicos elaborados

(Sun, 2009). Esta enzima ha sido utilizada para la elaboración de diversos productos cárnicos, incluyendo piezas completas de músculo libres de grasa y tejido conectivo (Kolle y Savell, 2003), salchichas de pollo (Muguruma *et al.*, 2003), *döner kebab* de pollo (Kilic, 2003), y albóndigas bajas o libres de sal (Tseng *et al.*, 2000). La tecnología de reestructuración ha hecho posible controlar características finales de los productos cárnicos elaborados, incluyendo su forma, color, textura y contenido de grasa y humedad (Raharjo *et al.*, 1995). Sin embargo, no se tienen reportes del uso de TGM en la elaboración de

reestructurados de carne de cabra, lo cual representa una alternativa recomendable para aprovechar los atributos nutricionales de este tipo de carne, destacando su menor contenido de grasa saturada y colesterol en comparación a otros tipos de carne de mayor consumo, tales como res y puerco (USDA, 2009). Además, la carne de cabra contiene ácidos grasos insaturados benéficos para la salud, tales como ácido oleico, linoleico conjugado o CLA, linoleico y araquidónico (Webb *et al.*, 2005; USDA, 2009).

Entre las propiedades más importantes que determinan la aceptabilidad de los REC se encuentran su estabilidad,

textura y apariencia (Jena y Bhattacharya, 2003). La estabilidad de los REC es afectada por la adición de compuestos funcionales a la formulación del producto (Weiss *et al.*, 2010), así como por la temperatura de gelificación a la que se elabora el reestructurado (Ahmed *et al.*, 2007). Dentro de los aditivos funcionales utilizados para aumentar la calidad nutracéutica de los productos alimenticios se encuentra la inulina, que es un polisacárido con propiedades benéficas para la salud (Siro *et al.*, 2008). Por otra parte, la actividad enzimática ligante de la TGM es óptima a 50°C (Uresti *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2006); sin embargo a

## PALABRAS CLAVE / Carne de Cabra / Fructo Oligosacáridos / Reestructurados / Transglutaminasa /

Recibido: 18/09/2014. Modificado: 20/07/2015. Aceptado: 21/07/2105.

**Karla Ortega Valdez.** Ingeniera Bioquímica, Maestra en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y Candidata a Doctora en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Durango (ITD), México.

**Juan Ramón Esparza-Rivera.** Ingeniero Tecnólogo en Alimentos y M.C., Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), México. Ph.D. en Ciencia de los Alimentos y

Nutrición Humana, Colorado State University, EEUU. Profesor Investigador, UJED, México. Dirección: Avenida Artículo 123 S/N, Fraccionamiento Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35010. e-mail: jresparza02001@yahoo.com

**Marcela Ibarra Alvarado.** Ingeniera Química, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Maestra en Ciencias en Ingeniería de Alimentos, ITD,

México. Profesora Investigadora, ITD, México.

**Hiram Medrano Roldán.** Ingeniero Bioquímico, Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. Maestro en Biotecnología, CINVESTAV-IPN, México. Doctor en Ciencias en Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. Profesor Investigador, ITD, México.

**Efrén Delgado Licon.** B.Sc. y M.Sc., Humboldt Universität Berlin, Alemania. Ph.D., Technische Universität Berlin, Alemania. Profesor Investigador, ITD, México.

**Aquiles Solís Soto.** Ingeniero Bioquímico, IPN, México. Maestro en Ciencias en Ingeniería de Alimentos, ITD, México. Doctor en Ciencias en Biotecnología, UANLn, México. Profesor Investigador, ITD, México.

## STABILITY AND TEXTURE OF GOAT MEAT RESTRUCTURATES ADDED WITH INULINE AND GELIFIED UNDER COLD TEMPERATURE

Karla Ortega Valdez, Juan Ramón Esparza-Rivera, Marcela Ibarra Alvarado, Hiram Medrano Roldán, Efrén Delgado Licon and Aquiles Solís Soto

### SUMMARY

The elaboration of goat meat restructurates is a recommended alternative for taking advantage of the nutritional properties of this type of meat. On the other hand, several factors like gelification temperature and the addition of compounds such as inuline can affect the stability and firmness of meat restructurates. The aim of this study was to evaluate the effect of gelification at cold temperature and the addition of inuline over the stability and texture of meat goat restructurates elaborated with microbial transglutaminase. Two formulations were used in the elaboration of the restructurates: formulated with and without inulin. The restructurates were gelified under two temperatures: traditional thermal gelification (at 50°C), and cold gelification (at 2,6°C). The evaluated variables were:

stability (exudates loss in uncooked product, and cooking loss) and texture (instrumental evaluation of firmness). Goat meat restructurates prepared under cold gelification had lower exudate loss than those under thermal gelification, while the cooking loss was similar in restructurates prepared under either gelification. On the other hand, cold gelification did not affect the restructurates without inuline, while the restructurates added with inuline and gelified under cold temperature were firmer than those prepared under traditional gelification temperature. Cold temperature gelification is recommended for elaborating meat goat restructurates. Besides, the addition of inuline in the formulation of this type of products is a feasible choice for increasing their nutraceutical quality.

## ESTABILIDADE E TEXTURA DE RESTRUTURADOS DE CARNE DE CABRA COM ADIÇÃO DE INULINA E GELIFICADO EM FRIO

Karla Ortega Valdez, Juan Ramón Esparza-Rivera, Marcela Ibarra Alvarado, Hiram Medrano Roldán, Efrén Delgado Licon e Aquiles Solís Soto

### RESUMO

A elaboração de reestruturado de carne de cabra é uma alternativa recomendável para aproveitar as propriedades deste tipo de carne. Por outro lado diferentes fatores, como temperatura de gelificação, bem como a adição de compostos como inulina pode afetar a estabilidade e a firmeza dos reestruturados. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da coagulação em frio e a adição de inulina na estabilidade e textura em reestruturados de carne de cabra produzidos com transglutaminase microbiana. Duas formulações foram utilizadas na elaboração do reestruturado: reestruturado formulado com inulina e sem inulina; e a reestruturados a duas temperaturas: na frio (2,6°C), e coagulação tradicional (50°C). As variáveis avaliadas foram: estabilidade (perda por exsudato no produto não

cozido, e a perda pelo cozimento), e textura de reestruturado (avaliação instrumental de firmeza). A reestruturado de carne de cabra gelificado na frio tinha menores perdas por exsudato que o reestruturado na forma tradicional, enquanto cozinhava as perdas eram produtos similares, gelificado na frio ou de forma tradicional. Por outro lado, a coagulação no frio não afetou a firmeza do reestruturado sem inulina, enquanto em complemento produtos com inulina observou-se que a reestruturados gelificada na frio foram mais firme do que o gelificada na forma tradicional. Gelificação no frio é recomendado para a preparação de reestruturado de carne de cabra, também que a adição de inulina na formulação desses produtos é uma opção viável para aumentar a sua qualidade nutracêutica.

esa temperatura los REC adquieren una apariencia de producto cocido, lo cual afecta la preferencia del producto por los consumidores (Jena y Bhattacharya, 2003). La elaboración de reestruturados con TGM regularmente es realizada a temperaturas de gelificación de 37-50°C (gelificación térmica) (Sun, 2009), lo cual representa un riesgo microbiológico para el producto (FDA, 2011). Así pues, se requiere la evaluación de la aplicación de gelificación a temperaturas que reduzcan riesgos para la inocuidad de los REC, además que no afecten la calidad y propiedades funcionales del reestruturado, como pudiera

ser la gelificación a temperaturas de refrigeración, o gelificación en frío.

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar la estabilidad y textura de reestruturados de carne de cabra elaborados con transglutaminasa microbiana, los cuales fueron adicionados con inulina y gelificados en frío.

### Materiales y Métodos

#### Ingredientes de los reestruturados

La carne de cabra fue obtenida de animales de 3 años de raza mestiza criados en Mezquital, Durango, México.

La enzima transglutaminasa microbiana fue marca ACTIVA® grado alimenticio (Ajinomoto® North América, Inc., EEUU), y la inulina era Inulisan (Alimentos América, S.A de C.V., Guadalajara, Jalisco, México).

#### Elaboración de reestruturados

Dos formulaciones fueron utilizadas en la elaboración de los reestruturados cárnicos: REC formulado con inulina, y sin inulina (Tabla I), y fueron elaborados usando gelificación térmica tradicional y en frío. Las canales de cabra fueron deshuesadas manualmente

removiendo la grasa y tejido conectivo, y la carne fue molida en un molino Kitchen Aid (Whirpool™, Benton Harbor, MI, EEUU) con orificio de salida de 1cm. La carne molida obtenida (20kg) fue homogenizada y distribuida en lotes de 500g, los cuales fueron empacados al vacío en una empaquetadora Ultravac® 250 (Koch Equipment LLC, Kansas City, MO, EEUU), congelados y almacenados a -20°C (Serrano *et al.*, 2005), hasta la preparación de los reestruturados. La carne molida fue descongelada a 3 ±2°C por 18h, y después fue homogenizada en una batidora a 80 rpm por 1min a 2°C. La inulina y la

TABLA I  
FORMULACIÓN DE LOS REESTRUCTURADOS  
ELABORADOS CON CARNE DE CABRA

Ingrediente	Reestructurado adicionado con inulina	Reestructurado sin inulina
	(g/100g de masa cárnica)	
Agua	13	13
Inulina	10	0
Transglutaminasa	1,5	1,5
Carne de cabra	75,5	85,5

transglutaminasa fueron disueltas en agua a 2°C previamente a su adición a la mezcla cárnica. Los ingredientes fueron mezclados y homogenizados por 10min a 80 rpm, y se tomaron muestras de la mezcla cárnica de 50 ±5g, las cuales fueron moldeadas para gelificación en recipientes plásticos de 6x4cm, formando piezas de 2cm de grosor. La elaboración del gel proteico fue realizada usando gelificación térmica tradicional (a 50°C), y en frío (a 2,6°C), con un tiempo de gelificación de 10min. Los reestructurados formados fueron empacados al vacío y almacenados a 3 ±1°C hasta su evaluación, que fue a las 24h después de su elaboración.

#### Pruebas analíticas

Las variables evaluadas fueron: estabilidad (pérdida por exudado en REC no cocidos, pérdida por cocción en REC cocidos), y textura de los reestructurados (evaluación instrumental de firmeza). La pérdida por exudado (PPE) fue obtenida (Cofrades *et al.*, 2011) usando el peso inicial (peso del REC luego de la gelificación), y final del producto (peso del REC a las 24h de elaboración del producto después de un secado manual con toallas de papel del exudado visible). La PPE fue calculada mediante la diferencia entre peso inicial y final del producto, y se reportó como gramos perdidos por exudado por cada 100g de REC (Jiménez *et al.*, 2003). La determinación de pérdida por cocción (PPC) fue realizada tomando 5g de las muestras en cubos de 1x1x1cm, los cuales fueron colocados en tubos herméticamente cerrados (Corning® Systems LLC, Keller, TX,

EEUU) que fueron calentados en baño maría por 30min a 70°C. Luego, los tubos fueron retirados del baño maría y dejados reposar 40min a temperatura ambiente para el drenado de líquido, obteniéndose el peso final del reestructurado cocido. La pérdida por cocción fue calculada mediante la diferencia entre peso inicial y final del producto, y fue reportada en gramos perdidos por cocción por cada 100g de muestra (Jiménez *et al.*, 2003). La medición instrumental de firmeza fue llevada a cabo usando un texturómetro Texture Analyser TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, RU) equipado con un juego de cuchillas Warner-Bratzler (Savell *et al.*, 1994), reportando el pico máximo de la curva en newtons. Se realizaron cuatro lotes de producto (repeticiones) y las determinaciones se realizaron por triplicado.

#### Análisis estadístico

El análisis de los datos fue realizado mediante un análisis de varianza bifactorial usando el software Statistica (2004). La comparación múltiple de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa ( $p < 0,05$ ).

### Resultados y Discusión

#### Estabilidad de los reestructurados no cocidos

La pérdida por exudado (PPE) en productos reestructurados cárnicos (REC) depende de varios factores que incluyen el tipo de carne, formulación del producto y proceso de elaboración (Shleikin *et al.*, 2011). Los REC de cabra elaborados tuvieron PPE de 9,5-15,0% después

de 24h de su elaboración (Figura 1). Estos resultados coinciden con los publicados por Serrano *et al.* (2004), quienes reportan pérdidas por exudado del 12% a un día de elaboración del producto en REC de res utilizando transglutaminasa (TGM) como agente ligante. Por otra parte, el tipo de gelificación afectó la PPE en los reestructurados ( $p < 0,05$ ), teniendo los productos gelificados en frío menores PPE que los REC gelificados a 50°C (Figura 1). Algunos investigadores han reportado que la temperatura afecta la capacidad de solubilización de la inulina (Franck, 2006; Charalampopoulos y Rastall, 2012). Muñoz *et al.* (2012) señalan que los geles cárnicos adicionados con inulina son más estables a temperaturas menores de 25°C debido a que este polisacárido se solubiliza mejor a temperaturas de 2-25°C. Los resultados indican que la adición de inulina a la formulación de un REC de cabra gelificado en frío contribuye a que se forme un producto con mayor estabilidad que en los REC sin inulina elaborados bajo gelificación térmica tradicional.

#### Estabilidad de los reestructurados cocidos

La determinación de pérdida de masa por cocimiento tiene

como finalidad conocer el comportamiento de un producto prototipo durante un cocimiento convencional. Los REC de cabra elaborados tuvieron 41,5-44,0% de pérdidas por cocción (PPC) (Figura 2). Estos valores son mayores a los publicados por Serrano *et al.* (2004), quienes reportan PPC de 26,0% en REC de carne de res utilizando TGM como agente ligante. Las diferencias en PPC en estos estudios son atribuibles al tipo de carne y aditivos adicionados en la formulación del REC (Shleikin *et al.*, 2011). La pérdida por cocción en REC usando TGM como agente ligante depende de factores que incluyen concentración de la enzima, tiempo y temperatura de gelificación del reestructurado, así como adición de sales y otros aditivos en la formulación del producto (Cofrades *et al.*, 2011). Algunos investigadores han descrito a la estructura de la carne como una colección de fibras paralelas compuestas por proteínas miofibrilares, la cual es mantenida unida por una red de tejido conectivo (Icier *et al.*, 2009). Por otra parte, el cocimiento de la carne ha sido definido como el calentamiento del producto a una temperatura suficientemente alta para lograr la

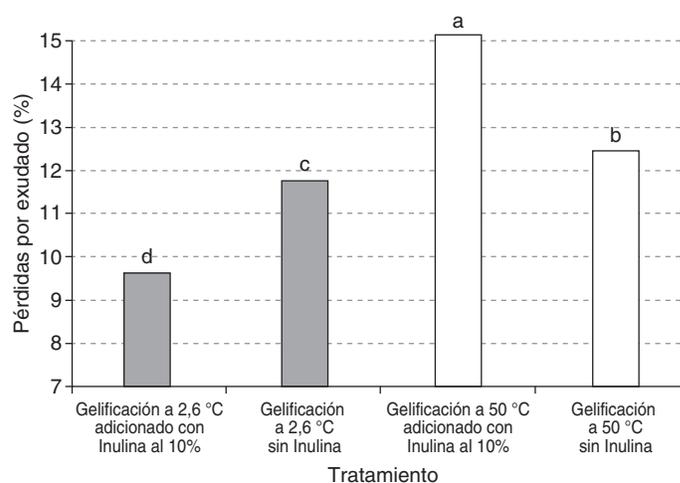


Figura 1. Pérdida por exudado de reestructurados de cabra gelificados a diferente temperatura adicionados con inulina. Medias (n=4). Diferencias entre medias determinadas mediante la prueba de diferencia mínima significativa ( $p < 0,05$ ). Datos expresados en porcentaje en peso de pérdida por exudado. Barras con diferente letra son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

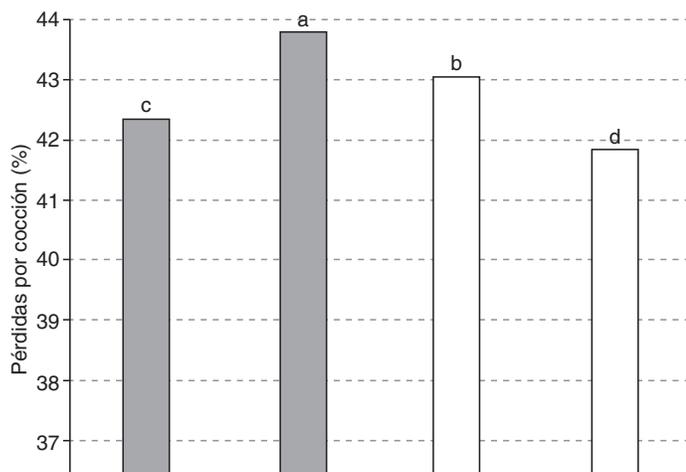


Figura 2. Pérdida por cocción de reestructurados de cabra gelificados a diferente temperatura adicionados con inulina. Medias (n=4). Diferencias entre medias determinadas mediante la prueba de diferencia mínima significativa ( $p < 0,05$ ). Datos expresados en porcentaje en peso de pérdida por cocción. Barras con diferente letra son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

desnaturalización de las proteínas miofibrilares y del tejido conectivo (colágeno y elastina) (Nikmaram *et al.*, 2011). Es posible que el cocimiento de los REC causó desnaturalización de proteínas y desintegración estructural en el producto, lo cual resultó en la liberación de agua y grasa. Tornberg *et al.* (2005) y Nikmaram *et al.* (2011) reportan que el cocimiento causa cambios microestructurales en los productos cárnicos, que incluyen reducción del contenido de agua, destrucción de la membrana celular, encogimiento de las fibras musculares longitudinales y transversales, gelificación de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares, además de la solubilización del tejido conectivo. Las PPC en el presente estudio fueron similares en REC de cabra elaborados usando gelificación en frío o térmica. Además, los REC adicionados con inulina tuvieron menores PPC que los productos sin inulina, lo cual es atribuido a la capacidad de este polisacárido para enlazar agua (Wang, 2009). Los resultados indican que la gelificación en frío puede ser aplicada en la elaboración de reestructurados cárnicos de cabra, además que la adición de inulina en la formulación de este tipo de productos mejora su estabilidad durante la cocción.

#### Textura de los reestructurados no cocidos

Los REC de cabra no cocidos tuvieron valores de firmeza de 14,1-26,4N (Tabla II), los cuales son mayores a los reportados por Flores *et al.* (2007) y Llorente-Bousquets *et al.* (2010) en REC de res o puerco. La diferencia de firmeza entre los REC de cabra y los elaborados con carne de puerco o res puede ser atribuida propiamente al tipo de carne, además de la calidad de las proteínas, tamaño de partícula de la carne, tiempo de contacto entre la masa cárnica y la enzima ligante, presencia de aditivos, y temperatura de gelificación (Cofrades *et al.*, 2006). En el presente estudio el tipo de gelificación afectó la textura de los REC de cabra no cocidos ( $p < 0,05$ ), teniendo los reestructurados gelificados en frío

mayor firmeza que los gelificados a 50°C, lo cual concuerda con lo reportado por Llorente-Bousquets *et al.* (2010), quienes tuvieron mayores valores de firmeza de REC de res gelificados en frío (4°C). Asimismo, el tipo de gelificación no afectó la firmeza de los reestructurados sin inulina. Sin embargo, en productos adicionados con inulina se observó que los REC gelificados en frío fueron más firmes que los elaborados con gelificación térmica tradicional ( $p < 0,05$ ), lo cual puede ser atribuido a que la adición de este polisacárido en productos cárnicos contribuye a la formación de geles más estables (Berriain *et al.*, 2011).

#### Textura de los reestructurados cocidos

La firmeza de los REC de cabra no cambio al ser cocido el producto ( $p > 0,05$ , Tabla II), excepto en los REC sin inulina gelificados en frío, en los cuales aumentó la firmeza del REC en 40% al ser cocido ( $p < 0,05$ ). Los cambios de textura inducidos por calor en productos cárnicos son diferentes dependiendo del tipo de tejido constituyente de la carne, ya que la desnaturalización de las proteínas del tejido conectivo tiene un efecto suavizante en el producto, mientras que las proteínas miofibrilares al desnaturalizar aumentan la firmeza del REC durante el cocimiento (Laakkonen, 1973). Es probable que la carne de cabra usada en la elaboración de los REC tuviera una alta proporción de tejido miofibrilar, lo cual resultó en un aumento de la firmeza del

reestructurado al ser cocido. Por otra parte, los REC de cabra cocidos que fueron elaborados aplicando gelificación en frío fueron más firmes que los gelificados a 50°C ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, la adición de inulina no afectó la firmeza de los REC. Es posible que la textura del REC sea afectada por el tipo de fibra adicionada a la formulación del producto, ya que otros investigadores han reportado que la adición de otros tipos de fibra a la formulación del REC resultó en cambios en la firmeza del producto al ser cocido (Viuda *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos permiten establecer que la elaboración de REC adicionados con inulina y gelificados en frío representa una opción viable para el desarrollo de productos cárnicos de cabra.

#### Conclusiones

Los reestructurados cárnicos de cabra elaborados tuvieron pérdidas por exudado similares a las obtenidas en productos elaborados con otros tipos de carne, como reestructurados cárnicos de res o puerco. Además, los productos gelificados en frío tuvieron menores pérdidas por exudado que los productos elaborados bajo gelificación térmica tradicional. La pérdida por cocción fue similar en los reestructurados elaborados bajo gelificación en frío o térmica, mientras que los reestructurados adicionados con inulina tuvieron menores pérdidas por cocción que los productos sin inulina, lo cual es atribuido a la capacidad de este polisacárido para enlazar agua. Por otra parte, el

TABLA II  
RESULTADOS DE LA MEDICION INSTRUMENTAL DE FIRMEZA<sup>1</sup>  
DE REESTRUCTURADOS DE CABRA\* GELIFICADOS A DIFERENTE TEMPERATURA  
ADICIONADOS CON INULINA

	Tipo de gelificación			
	En frío		Tradicional	
	Adicionado con inulina	Sin inulina	Adicionado con inulina	Sin inulina
Reestructurados no cocidos	26,41 aA	21,08 aAB	14,12 bC	18,80 aBC
Reestructurados cocidos	23,31 aAB	26,00 aA	20,22 aB	19,76 aB

<sup>1</sup> Datos expresados en Newtons (resistencia al corte).

\* Medias (n=4). Diferencias entre medias determinadas mediante la prueba de diferencia mínima significativa ( $p < 0,05$ ). Valores seguidos de diferente letra minúscula en las columnas son significativamente diferentes. Valores seguidos de diferente letra mayúscula en los renglones son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

cocimiento no afectó la firmeza de los reestructurados de cabra, con excepción de los reestructurados no adicionados con inulina gelificados en frío, en los cuales el producto aumentó su firmeza en un 40% al ser cocido. La gelificación en frío no afectó la firmeza de los reestructurados sin inulina; sin embargo, en los productos adicionados con inulina se observó que los reestructurados gelificados en frío fueron más firmes que los gelificados a 50°C. Se concluye que la gelificación en frío es recomendable para la elaboración de reestructurados con carne de cabra, además que la adición de la inulina en la formulación de reestructurados cárnicos es una opción viable para aumentar la calidad nutracéutica de este tipo de productos. Se requiere la evaluación de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, nutracéuticas y sensoriales de los reestructurados elaborados con carne de cabra elaborados mediante gelificación en frío.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica (DGO-2010-C02-144218) "Desarrollo de Productos Cárnicos Reestructurados de Carne de Caprino y Ovino Adicionados con Ingredientes Funcionales". Karla Ortega Valdez agradece al CONACyT (México) el apoyo aportado para la realización de sus estudios doctorales.

#### REFERENCIAS

Ahmed AM, 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 Sci.* 76: 455-462.

Beriain M, Gómez I, Petri E, Insausti K, Sarriés M (2011) The effects of olive oil emulsified alginate on the physicochemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. *Meat Sci.* 88: 189-197.

Charalampopoulos D, Rastall RA (2012) Prebiotics in foods. *Curr. Opin. Biotechnol.* 23: 187-191.

Cofrades S, Ayo J, Serrano A, Carballo J, Jimenez CF (2006) Walnut, microbial transglutaminase and chilling storage time effects on salt-free beef batter characteristics. *Eur. Food Res. Technol.* 222: 458-466.

Cofrades S, López LI, Ruiz C, Triki M, Jimenez CF (2011) Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Sci.* 87: 373-380.

FDA (2011) Special Handling for Ready-to-Eat, Refrigerated Foods. [www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/BuyStoreServeSafeFood/ucm341283.htm](http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/BuyStoreServeSafeFood/ucm341283.htm) (Cons. 05/2011).

Flores NC, Boyle EAB, Curtis L, Kastner CL (2007) Instrumental and consumer evaluation of pork restructured with Activa™ or with Fibrimex™ formulated with and without phosphate. *Food Sci. Technol.* 40: 179-185.

Franck A (2006) Oligofructose-enriched inulin stimulates calcium absorption and bone mineralization. *Nutr. Bull.* 31: 341-345.

Icier F, Engin M, Bozkurt H (2009) *Investigation of Applications of Ohmic Thawing and Ohmic Cooking in Meat Processing*. Project Report: Tubitak tovağ 1070898. Turquía. 171 pp.

Jena R, Bhattacharya S (2003) Viscoelastic characterization of rice gel. *J. Texture Stud.* 34: 349-360.

Jimenez CF, Serrano A, Ayo J, Solas M, Cofrades S, Carballo J (2003) Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnuts. *Meat Sci.* 65: 1391-1397.

Kilic B (2003) Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. *Meat Sci.* 63: 417-421.

Kolle DS, Savell JW (2003) Using Activa™ TG-RM to bind beef muscles after removal of excessive seam fat between the m. *Longissimus thoracis* and m. *Spinalis dorsi* and heavy connective tissue from within the m. *Infraspinatus*. *Meat Sci.* 64: 27-33.

Laakkonen E (1973) Factors affecting tenderness during heating of meat. *Adv. Food Res.* 20: 257-323.

Llorente-Bousquets A, García-Romero JF, López-Pérez J, Melendez-Pérez R, Guadarrama-Álvarez Z, Rico-Pérez JL (2010) Restructured beef by application of microbial transglutaminase and sodium caseinate. *Procedia Eng.* [www.icef11.org/content/papers/fms/FMS1131.pdf](http://www.icef11.org/content/papers/fms/FMS1131.pdf)

Muguruma M, Tsuruoka K, Katayama K, Erwanto Y, Kawahara S, Yamauchi K, Sathe SK, Soeda T (2003) Soybean and milk protein modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Sci.* 63: 191-197.

Muñoz OA, Restrepo MD, Sepúlveda VJ (2012) Inulina in Meat Foods: A Review. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 65: 6795-6804.

Nikmaram P, Yarmand MS, Emamjomeh Z, Darehabi HV (2011) The effect of cooking methods on textural and microstructure properties of veal muscle (*Longissimus dorsi*). *Global Vet.* 6: 201-207.

Raharjo S, Dexter DR, Worfel RC, Sofos JN, Solomos MB, Shultz GW, Schmidt GR (1995) Quality characteristics of restructured beef steaks manufactured by various techniques. *J. Food Sci.* 60: 68-71.

Ramírez JA, Del Ángel A, Velázquez G, Vázquez M (2006) Production of low-salt restructured fish products from Mexican flounder (*Cyclosetta chittendeni*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as binders. *Eur. Food Res. Technol.* 223: 341-345.

Savell J, Miller R, Wheeler T, Koochmarai M, Shackelford S, Morgan B, Calkins C, Miller M, Dikeman M, McKeith F, Dolezal G, Henning B, Busboom J, West R, Parrish F, Williams S (1994) *Standardized Warner-Bratzel Shear Force Procedure for Genetic Evaluation*. Accesado en Mayo del 2013. <http://meat.tamu.edu/research/shear-force-standards/> (Cons. 05/2013).

Serrano A, Cofrades S, Jiménez F (2004) Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. *Food Chem.* 85: 423-429.

Serrano A, Cofrades S, Ruiz C, Olmedilla B, Herrero C, Jiménez F (2005) Nutritional profile of restructured beef steak with added walnuts. *Meat Sci.* 70: 647-654.

Shleikin AG, Danilov NP, Ternovskoy GV (2011) Modification of food products properties by use of transglutaminase. *Procedia Food Sci.* 1: 1568-1572.

Siro I, Ka'polna E, Ka'polna BA (2008) Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. *Appetite* 51: 456-467.

Statistica (2004) Software Statistica vers. 7.0. Statsoft Inc., Raleigh, NC, EEUU.

Sun XD (2009) Utilization of restructuring technology in the production of meat products: A review. *CyTA-J. Food* 7: 153-162.

Talukder S, Sharma BD, Mendiratta SK, Malav OP, Sharma H, Gokulakrishnan P (2013) Development and evaluation of extended restructured chicken meat block incorporated with colocasia (*Colocasia esculenta*) flour. *J. Food Proc. Technol.* 4: 1-5.

Tornberg E (2005) Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Sci.* 70: 493-508.

Tseng TF, Liu DD, Chen MT (2000) Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls. *Meat Sci.* 55: 427-431.

Uresti RM, Tellez-Luis SJ, Ramirez JA, Vazquez M (2004) Use of dairy proteins and microbial transglutaminase to obtain low-salt fish products from filleting waste from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chem.* 86: 257-262.

Uresti RM, Velazquez G, Vazquez M, Ramirez JA, Torres JA (2006) Effects of combining microbial transglutaminase and high pressure processing treatments on the mechanical properties of heat-induced gels prepared from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). *Food Chem.* 94: 202-209.

USDA (2009) *National Nutrient Database for Standard Reference*, Release 22. [http://fnic.nal.usda.gov/nal\\_display/index.php?info\\_center=4&tax\\_level=2&tax\\_subject=279&topic\\_id=1387](http://fnic.nal.usda.gov/nal_display/index.php?info_center=4&tax_level=2&tax_subject=279&topic_id=1387) (Cons. 06/2010).

Viuda M, Ruiz N, Fernandez L, Perez Á (2010) Effect of orange dietary fiber, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. *Food Control* 21: 436-443.

Wang Y (2009) Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Res. Int.* 42: 8-12.

Webb EC, Casey NH, Simela L (2005) Goat meat quality. *Small Rumin. Res.* 60: 153-166.

Weiss J, Gibis M, Schuh V, Salminen H (2010) Advances in ingredients and processing systems for meat and meat products. *Meat Sci.* 86: 196-213.