

27. Agroalimentos

Uso de transglutaminasa en la formulación de hamburguesas reducidas en sodio

Autores: Tonina, Flavia Daniela; Fernández, Carla Micaela; Hartman, Melina Geraldine

Orientadoras: Fabre, Romina; Perlo, Flavia

toninaf@fcal.uner.edu.ar; fernandezcm@fcal.uner.edu.ar; hartmanm@fcal.uner.edu.ar;

fabrer@fcal.uner.edu.ar; perlof@fcal.uner.edu.ar

Facultad de Ciencias de la Alimentación

Universidad Nacional de Entre Ríos

Resumen

Actualmente, uno de los desafíos de la industria cárnica es el desarrollo de productos con bajo contenido de sodio para obtener alimentos más saludables. Sin embargo dicha reducción, además de posibles efectos negativos sobre el sabor y aroma, puede causar ciertos problemas tecnológicos. La transglutaminasa (TG) es una enzima que cataliza la polimerización y el entrecruzamiento de las proteínas, mejorando las propiedades de la carne. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de la enzima transglutaminasa sobre las propiedades fisicoquímicas y de textura de hamburguesas de carne bovina con contenido de sodio reducido. Las hamburguesas se formularon con carne magra bovina, grasa bovina, agua, condimentos y las siguientes concentraciones de sal y TG: 1,5% sal sin TG (como control); 1% sal sin TG; 1% sal con TG; 0,5% sal sin TG y 0,5% sal con TG. Se realizaron determinaciones analíticas sobre las propiedades fisicoquímicas y de textura. Los resultados indican que el agregado de TG mejora el contenido de humedad y produce un grado de masticabilidad similar entre las hamburguesas control y las que poseen un 0,5% de sodio. Por otra parte, la reducción en el contenido de sodio y la adición de la enzima no influyeron sobre el pH, las coordenadas de color (L^* , a^* , b^*), el porcentaje de pérdidas de peso por cocción, el porcentaje de reducción de área luego de la cocción, parámetros de cohesividad, elasticidad y esfuerzo de corte de los diferentes tratamientos estudiados.

Palabras clave: transglutaminasa, carne bovina, hamburguesas, cloruro de sodio.

Introducción

Los productos cárnicos representan una importante fuente de sodio en la dieta, contribuyendo entre el 20% y el 30% aproximadamente de la ingesta diaria (Wirth, 1991; Jimenez-Colmenero, Carballo y Cofrades, 2001). Diversos estudios epidemiológicos han relacionado el elevado consumo de sal (cloruro de sodio) con la prevalencia a la hipertensión (Intersalt Cooperative Research Group, 1988). Como consecuencia de esto, la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud han declarado como política de prevención de las enfermedades cardiovasculares, una reducción gradual en el consumo de sal de la población. El objetivo planteado es llegar a un valor recomendado inferior a 5 gramos por persona por día para el año 2020. De acuerdo con el Ministerio de Salud (2015), el consumo de sal en Argentina es de 11,2 gramos por persona por día.

En la actualidad, uno de los mayores desafíos que posee la industria cárnica es el desarrollo de productos con bajo contenido de sodio para obtener alimentos más saludables. Sin embargo, dicha reducción, además de posibles efectos negativos sobre el sabor y aroma de los productos cárnicos, puede causar otros efectos desfavorables, principalmente sobre la textura y la capacidad de retención de agua ocasionando mayores

pérdidas de peso durante la cocción (Ferrari, Szerman, Sanow, Sancho y Vaudagna, 2013).

La hamburguesa es un producto cárnico con un alto contenido en sodio ampliamente consumido en países de todo el mundo (el Código Alimentario Argentino permite un máximo 850mg de sodio/100g de producto). La reducción de sodio en la fabricación de hamburguesas es particularmente difícil porque implica necesariamente la eliminación o el reemplazo parcial del cloruro de sodio (NaCl) que es la principal fuente de sodio en el producto y que actúa mejorando el sabor y aroma de la carne (Weiss, Gibis, Schuh y Salminen, 2010) y que además favorece la solubilización de las proteínas miofibrilares debido al aumento de la fuerza iónica. Estas proteínas gelifican por acción del calor, obteniéndose luego de la cocción un producto compacto y uniforme debido a la adhesión de las distintas piezas (Coulate, 2002).

Una alternativa a la reducción de sal es la sustitución parcial de NaCl por otros ingredientes que proporcionen funciones tecnológicas similares (Gimeno, Astiasarán y Bello, 1998; 2001). El uso de ingredientes innovadores como la enzima transglutaminasa (TG), puede ser una opción para alcanzar dicho objetivo. La TG es una enzima clasificada como transferasa que puede ser extraída de hígados, músculos de mamíferos y de

ciertos tejidos vegetales pero, su descubrimiento a partir de la cepa de *Streptovercillium morbaraense* ha permitido la producción industrial (Jozami-Barreiro y Seselovsky, 2003). La estructura y propiedades de la TG le confieren importantes características que la hacen muy ventajosa para ser usada en la industria alimentaria: amplio intervalo de pH, capacidad de actuar a temperatura baja y media, alta velocidad de reacción y baja masa molecular (Aguilar-Zárate, Aguilar-Zárate, Inungaray y Rivera, 2012). La TG es capaz de enlazar dos aminoácidos (glutamina y lisina) produciendo enlaces covalentes entre proteínas miofibrilares. Dentro de sus funciones puede destacarse la capacidad de unión y capacidad gelificante que confieren textura, resistencia física, firmeza, retención de humedad, elasticidad, viscosidad y estabilidad en las emulsiones (Jozami-Barreiro y Seselovsky, 2003; Flanagan, Gunning y Fitz-Gerald, 2003; Moreno, Carballo y Borderías, 2008). De acuerdo con estudios realizados por Jozami-Barreiro y Seselovsky (2003), el nivel óptimo de TG para la utilización en productos cárnicos reestructurados es de 0,5%; mientras que Márquez et al. (2006) obtuvieron una excelente estabilidad en productos reestructurados de carne bovina utilizando 0,75% de TG con un tiempo de reacción de 24h a una temperatura de 4°C.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de la enzima transglutaminasa sobre las propiedades fisicoquímicas y de textura de hamburguesas de carne bovina con contenido de sodio reducido.

Materiales y Métodos

- Elaboración

La formulación utilizada para la elaboración de las hamburguesas fue la siguiente: carne magra bovina 81%, grasa bovina 13%, agua 5%, condimentos 1% (formulación base) y las concentraciones de sal y transglutaminasa establecidas en la Tabla 1. El diseño consistió en 5 tratamientos y se repitió 2 veces bajo las mismas condiciones.

La carne bovina utilizada como materia prima para el estudio fue carnaza de paleta (Código 2307A Nomenclador Argentino de Carnes Vacunas). Las piezas fueron trozadas, desgrasadas y se les eliminó el tejido conectivo. La carne y la grasa (obtenida de la limpieza de los cortes) fueron picadas en forma conjunta, utilizando una picadora de disco y cuchilla (Freire) con una placa de 4mm de diámetro. Se adicionaron condimentos y se mezcló durante 5min. La pasta de carne se dividió en 5 porciones iguales a las que se les incorporaron las cantidades de sal y TG según lo descrito en la Tabla 1, a continuación cada porción se mezcló

Tabla 1. Porcentaje de NaCl y transglutaminasa adicionado a los diferentes tratamientos.

	Control	Nivel Medio de NaCl		Nivel Bajo de NaCl	
		STG	CTG	STG	CTG
NaCl (%)	1,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Transglutaminasa (%)	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5

STG: sin transglutaminasa, CTG: con transglutaminasa.

nuevamente durante 2min. Luego, se formaron las hamburguesas con un peso de 100g cada una, utilizando un molde de 100mm de diámetro y 15mm de espesor y se refrigeraron (4°C) durante 24h para favorecer la acción de la enzima. Posteriormente, las hamburguesas se congelaron y conservaron a -20°C.

- Cocción de las muestras

Las hamburguesas congeladas fueron cocinadas en parrilla eléctrica de doble contacto (George Foreman, Jumbo Grill) a una temperatura de 180°C hasta alcanzar en el centro de la muestra 71°C. Durante la cocción, la temperatura en el centro de las hamburguesas fue monitoreada con termocupla (Testo 925, GMBH & Co).

- Determinaciones analíticas

El pH se midió en las hamburguesas crudas y cocidas utilizando pHmetro (marca Oakton) con electrodo de punción. El valor del pH se obtuvo del promedio de tres determinaciones tomadas en distintas localizaciones de cada muestra.

Los parámetros cromáticos fueron

medidos en las hamburguesas crudas y cocidas con espectrofotómetro (Minolta CM-700d). Se utilizó el espacio de color CIElab (CIE, 1978), con iluminante A y ángulo de observación de 10°, según el procedimiento propuesto por AMSA (2012). Se determinaron la luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*) y amarillo-azul (b*) y se trabajó con el promedio de 3 determinaciones realizadas sobre cada muestra.

Las pérdidas de peso por cocción (PPC) se calcularon con la siguiente relación: $PPC = (m_1 - m_2) * 100 / m_1$. Donde m1 es la masa de la hamburguesa (congelada) antes de la cocción y m2 es la masa de la hamburguesa luego de la cocción.

El porcentaje de reducción de área luego de la cocción se determinó por diferencia de área antes y después de la cocción en cada hamburguesa (mediante planímetro), expresado en porcentaje.

La humedad se determinó en hamburguesas crudas y cocidas mediante método de secado con aire (950.46 b; AOAC, 2005) en estufa (Venticel). El valor final del porcentaje de humedad se obtuvo

del promedio de 4 repeticiones por muestra.

El análisis de perfil de textura se realizó en hamburguesas cocidas con un analizador de textura (TAXT2i, Stable Micro Systems). Se obtuvieron muestras cilíndricas de 15mm de diámetro que se sometieron a una prueba de compresión de dos ciclos. Las muestras se comprimieron con un plato de aluminio de 75mm de diámetro, una celda de 30kg, una velocidad de ensayo de 5mm/s, una tasa de deformación del 50% y un tiempo de espera de 1s entre ambas compresiones. Los parámetros se evaluaron según Bourne, Kenny y Barnard (1978). La dureza se define como la fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión (deformación); la cohesión como el rango sobre el cual la muestra puede deformarse; la elasticidad como la capacidad de la muestra para retomar su forma original cuando se elimina una fuerza de deformación y la masticabilidad como la energía requerida para masticar una muestra para tragar.

La resistencia al corte (fuerza máxima de cizalla, equivalente a la terneza) se determinó en muestras cocidas mediante una cuchilla Warner Bratzler recta, utilizando el analizador de textura Stable Micro Systems (TAXT2i), equipado con celda de carga de 30kg. Las muestras para esta determinación se cortaron en

secciones rectangulares de 15mm de ancho x 30mm de largo.

- *Análisis estadístico*

Los datos obtenidos se analizaron mediante Análisis de la Varianza (ANOVA), cuando el análisis resultó significativo se aplicó test LSD para evaluar las diferencias entre medias. En todos los casos se empleó un nivel de significancia de 0,05; utilizando el software Statgraphics Centurion XV (StatPoint INC.).

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se informan los valores medios y desviación estándar obtenidos para el pH, coordenadas de color (L^* , a^* , b^*), porcentaje de pérdidas de peso por cocción y porcentaje de reducción de área luego de la cocción determinados en hamburguesas de carne bovina crudas y cocidas. El Análisis de la Varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos estudiados (distintos porcentajes de sal, con y sin TG) para las variables analizadas, tanto en las muestras crudas como cocidas.

La reducción en el contenido de sodio y la adición de la enzima TG no afectaron los valores promedio de pH obtenidos ($p>0,05$). El rango de pH en las hamburguesas crudas fue entre 5,49 y

Tabla 2. Valores medios y desviación estándar de pH, coordenadas de color (L^* , a^* , b^*), porcentaje de pérdidas de peso por cocción (PPC) y porcentaje de reducción de área luego de la cocción, en hamburguesas crudas y cocidas para los diferentes tratamientos.

	1,5% sal STG	1% sal STG	1% sal CTG	0,5% sal STG	0,5% sal CTG
Crudo					
pH Crudo	5,51 ± 0,06	5,49 ± 0,06	5,53 ± 0,04	5,52 ± 0,02	5,54 ± 0,03
L^* Crudo	39,49 ± 1,84	39,51 ± 2,26	38,00 ± 2,99	41,54 ± 2,09	41,39 ± 0,70
a^* Crudo	15,84 ± 1,45	16,56 ± 0,84	17,89 ± 1,24	18,16 ± 0,65	17,60 ± 1,43
b^* Crudo	12,06 ± 2,24	12,88 ± 1,11	14,51 ± 1,47	15,70 ± 0,79	14,67 ± 2,39
Cocido					
pH Cocido	5,89 ± 0,05	5,89 ± 0,06	5,91 ± 0,03	5,83 ± 0,06	5,89 ± 0,05
L^* Cocido	49,65 ± 0,89	50,70 ± 1,04	50,78 ± 2,50	53,82 ± 1,70	52,50 ± 1,47
a^* Cocido	8,95 ± 0,35	9,38 ± 0,55	9,86 ± 0,57	9,68 ± 1,12	9,60 ± 0,48
b^* Cocido	13,39 ± 0,54	14,18 ± 0,89	14,40 ± 0,58	14,69 ± 1,04	14,70 ± 0,55
PPC (%)	30,56 ± 3,21	31,22 ± 2,27	30,74 ± 2,32	31,81 ± 3,46	33,19 ± 2,63
Reducción de área (%)	27,3 ± 3,12	27,46 ± 1,61	26,78 ± 2,37	27,59 ± 2,89	25,87 ± 2,08

STG: sin transglutaminasa; CTG: con transglutaminasa.

5,83 y 5,91. Resultados similares fueron informados por Freitas et al. (2017), quienes, en hamburguesas de carne bovina, reportaron como valor promedio de pH en hamburguesas crudas 5,57 y en cocidas 5,78.

Con respecto a las coordenadas de color, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para la luminosidad (L^*) en hamburguesas crudas, encontrándose los valores promedios en un rango de 39,5 a 41,5. Estos resultados coinciden con los informados por otros autores. Polloreña-López (2012) en hamburguesas de carne bovina obtuvieron para muestras crudas

valores de L^* entre 39,4 y 40,2; mientras que Ferrari et al. (2013) obtuvieron como valor promedio de L^* : 41,6.

En el presente trabajo tampoco se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en las coordenadas de color a^* y b^* para hamburguesas crudas (Tabla 2). Estudios realizados por Ferrari et al. (2013) obtuvieron valores promedio de a^* : 14,2 y de b^* : 10,6, levemente inferiores a los del presente trabajo. En las hamburguesas cocidas, los valores de las coordenadas de color coinciden con los informados por Freitas et al. (2017) que fueron de 51,3; 11,8 y 13,2 para L^* , a^* y b^* , respectivamente; mientras que Ferrari

et al. (2013) obtuvieron valores promedio de los parámetros cromáticos para hamburguesas cocidas de L^* : 48,4; a^* : 9,6 y b^* : 11,0.

Respecto al porcentaje de pérdidas de peso por cocción y porcentaje de reducción de área luego de la cocción, no se hallaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para los diferentes tratamientos estudiados. Los valores de PPC obtenidos coinciden con los informados en hamburguesas de carne bovina (30,6%) por Chavez, Henrickson y Rao (1985) y los porcentajes de reducción de área son similares a los informados por Carvalho, Milani, Trinca, Nagai y Barretto (2017) que reportan valores por debajo del 30%.

En la Figura 1 se muestran los valores obtenidos para el porcentaje de humedad en hamburguesas crudas y cocidas. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos ($p < 0,05$). Los valores medios obtenidos para las hamburguesas crudas con adición de TG (1% sal CTG y 0,5% sal CTG) no presentaron diferencias significativas con respecto a la muestra control (1,5% sal STG). Los menores valores de humedad se observaron en las hamburguesas con 1% sal STG y 0,5% sal STG; que se diferenciaron significativamente de la muestra control (1,5% sal STG). En las hamburguesas luego de la cocción, el mayor valor de humedad se observó para las muestras

con 1% sal CTG. Los valores medios obtenidos para 1% sal STG no presentaron diferencias significativas con respecto a la muestra control (1,5% sal STG). Los menores valores de humedad se observaron para 1% sal STG y 0,5% sal STG. Estos resultados podrían explicarse por el efecto que tiene la enzima TG sobre la capacidad de retención de agua de la carne. Entre las funciones de la TG descritas por Jozami-Barreiro y Seselovsky (2003) se destaca la capacidad que posee la enzima para entrecruzar proteínas miofibrilares formando enlaces covalentes. La formación de estos enlaces aumenta la capacidad de retención de agua y por lo tanto, el contenido de humedad de las hamburguesas (Uran y Yilmaz, 2018). En hamburguesas cocidas de carne bovina Carvalho et al. (2017) informan valores de humedad de 57,5%, similares a los obtenidos en el presente trabajo, donde el porcentaje medio de humedad para las hamburguesas control fue de 58,9%.

Respecto al esfuerzo de corte, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Los valores de fuerza de corte obtenidos se encuentran entre 1,8 y 2,2kgf (Tabla 3); levemente inferiores a los informados por Claudino y Bertoloni (2013), quienes reportaron un valor de fuerza de corte de 2,6kgf en hamburguesas de carne bovina.

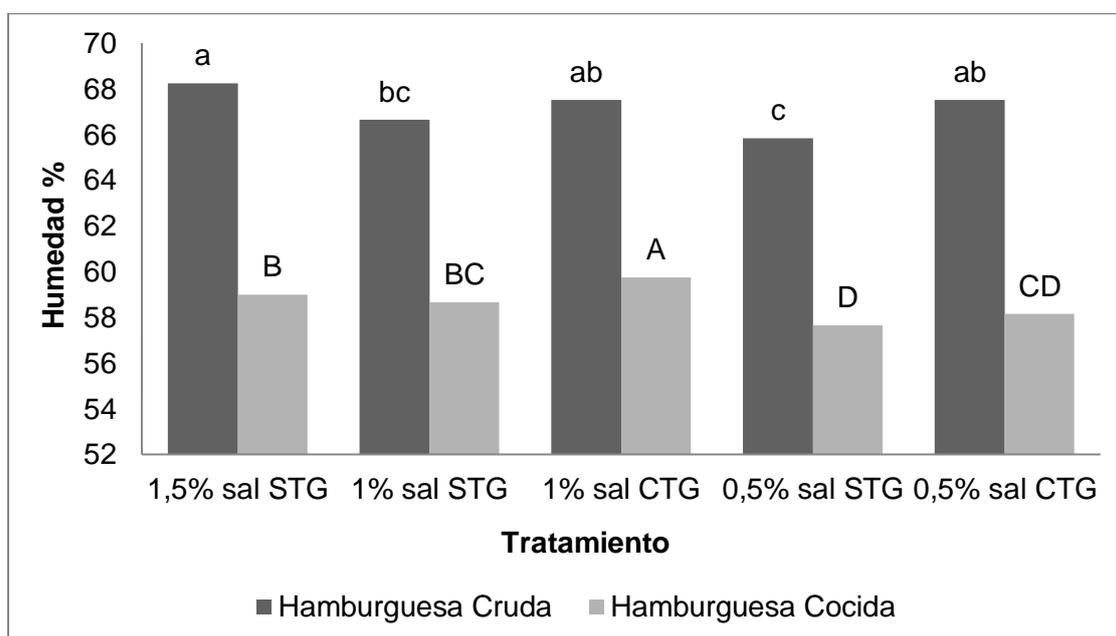


Figura 1. Contenido de humedad en hamburguesas de carne bovina crudas y cocidas. Letras minúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre hamburguesas crudas, letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre hamburguesas cocidas, según test LSD. STG: sin transglutaminasa, CTG: con transglutaminasa.

Tabla 3. Valores medios y desviación estándar obtenidos para cohesividad, elasticidad y esfuerzo de corte en hamburguesas cocidas para los diferentes tratamientos.

Parámetro	1,5% sal STG	1% sal STG	1% sal CTG	0,5% sal STG	0,5% sal CTG
Cohesividad	0,60 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,62 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,62 ± 0,01
Elasticidad	0,77 ± 2,99	0,77 ± 0,92	0,77 ± 0,69	0,75 ± 1,03	0,77 ± 0,78
Esfuerzo de Corte (kgf)	2,01 ± 0,47	2,16 ± 0,59	1,95 ± 0,49	1,85 ± 0,49	1,89 ± 0,52

STG: sin transglutaminasa, CTG: con transglutaminasa.

En el análisis del perfil de textura no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para los parámetros de cohesividad y elasticidad (cuyos valores se informan en la Tabla 3). Sin embargo, sí se encontraron diferencias en los parámetros de dureza (Figura 2) y masticabilidad (Figura 3). Los valores medios obtenidos para la dureza (fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión) no presentaron diferencias significativas entre las muestras con adición de TG (1% sal CTG y 0,5% sal CTG) y la muestra control (1,5% sal STG), por lo tanto, la adición de la enzima TG ha permitido mantener la estabilidad de este parámetro. Sin embargo, el mismo fue menor al disminuir el contenido de sal en

las hamburguesas sin la incorporación de TG, como puede observarse en la Figura 2.

En la Figura 3 se observa que el mayor valor de masticabilidad corresponde a las muestras con 1% sal CTG, diferenciándose significativamente del resto. Sin embargo, las muestras que poseían el menor contenido de sal (0,5%) con TG no se diferenciaron de las hamburguesas control (1,5% sal STG); tampoco se observaron diferencias significativas con las muestras reducidas en sodio al 1% sin agregado de enzima (1% sal STG). Por otra parte, las hamburguesas con 0,5% sal STG, presentaron el menor valor de masticabilidad.

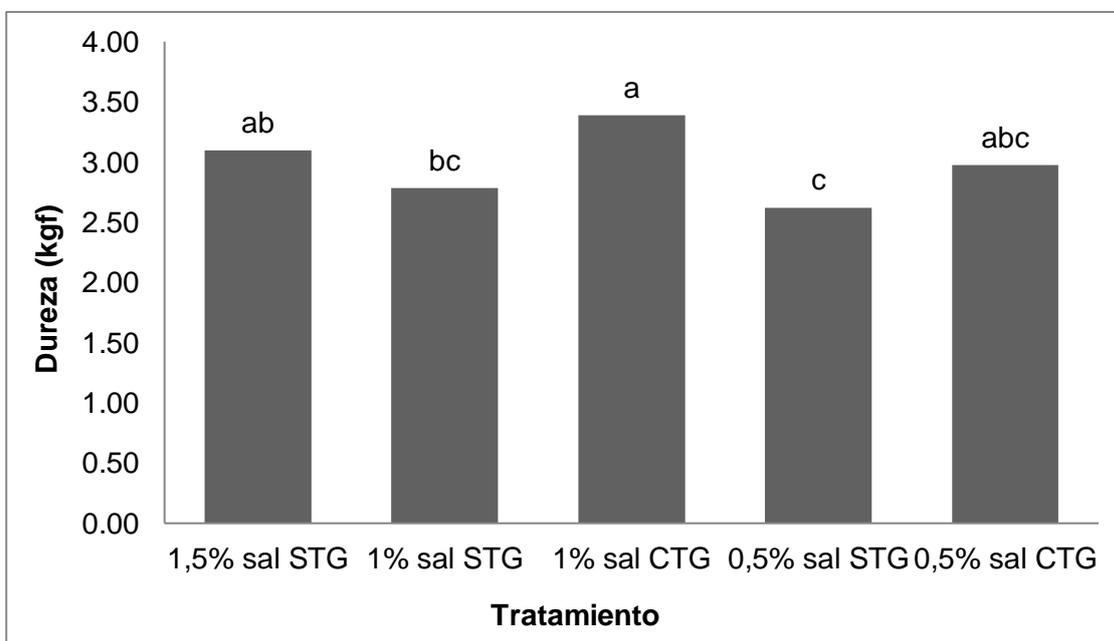


Figura 2. Valores de dureza para los diferentes tratamientos aplicados a las hamburguesas cocidas. Letras minúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según test LSD. STG: sin transglutaminasa, CTG: con transglutaminasa.

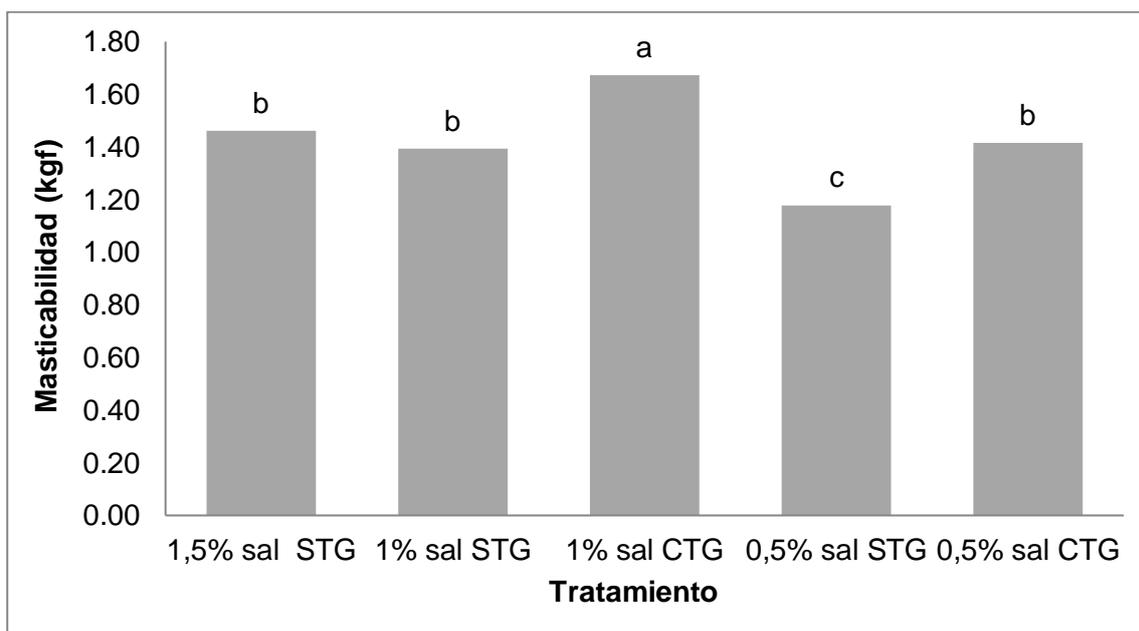


Figura 3. Valores de masticabilidad para los diferentes tratamientos aplicados a las hamburguesas cocidas. Letras minúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según test LSD. STG: sin transglutaminasa, CTG: con transglutaminasa.

Conclusiones

Los resultados indican que la reducción en el contenido de sodio y el agregado de la enzima transglutaminasa no influyeron sobre el pH, las coordenadas de color (L^* , a^* , b^*), el porcentaje de pérdidas de peso por cocción, el porcentaje de reducción de área luego de la cocción, la cohesividad, elasticidad y esfuerzo de corte de las hamburguesas entre los diferentes tratamientos estudiados, ni con el control.

El agregado de esta enzima se presenta como una posibilidad innovadora para la elaboración de hamburguesas de carne bovina reducidas en sodio. La reducción de NaCl a valores de 1% y 0,5% con

agregado de la enzima, resultó en un producto con buenas características de humedad, tanto en crudo como en cocido. Además, se observó un grado de masticabilidad similar entre las hamburguesas control y las de menor contenido de NaCl (0,5%) adicionadas con TG.

Bibliografía

Aguilar-Zárate, P., Aguilar-Zárate, M., Inungaray, M. L. C., y Rivera, O. M. P. (2012). Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. *Revista*

- Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 4(8), 1-17.
- AMSA, 2012. Meat Color Measurement Guidelines. American Meat Science Association. Champaign, Illinois U.S.A.
- AOAC, 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International (18th ed.). Meryland, U.S.A.
- Bourne, M. C., Kenny, J. F., y Barnard, J. (1978). Computer-assisted readout of data from texture profile analysis curves. *Journal of Texture Studies*, 9(4), 481-494.
- Carvalho, G. R., Milani, T. M. G., Trinca, N. R. R., Nagai, L. Y., y Barretto, A. C. S. (2017). Textured soy protein, collagen and maltodextrin as extenders to improve the physicochemical and sensory properties of beef burger. *Food Science and Technology, Campinas*, 37(Suppl. 1), 10-16.
- Chavez, J., Henrickson, R. L., y Rao, B. R. (1985). Collagen as a hamburger extender. *Journal of Food Quality*, 8, 265-272.
- Claudino, F. B., y Bertoloni, W. (2013). Perfil de textura e composição de hambúrgueres elaborados com diferentes teores de gordura e plasma sanguíneo bovino. *Archives of Veterinary Science*, 18(2), 01-08.
- Coultate, T. P. (2002). *Food: The chemistry of its component*. Cambridge: The royal Society of Chemistry.
- Ferrari, R., Szerman, N., Sanow, C., Sancho, A., y Vaudagna, S. (2013). Aplicación de la tecnología de altas presiones hidrostáticas para la elaboración de hamburguesas de carne con bajo contenido de sales. *La Industria Cárnica Latinoamericana*, 183, 42-48.
- Flanagan, J., Gunning, Y., y Fitz-Gerald, R.J. (2003). Effect of cross-linking with transglutaminase on the heat stability and some functional characteristics of sodium caseinate. *Food Research International*, 36, 267-274.
- Freitas, T. A., dos Santos, S. G. P., Gonçalves, C. A. A., dos Santos, B. A., Silva, M. S., Cichoski, A. J., y Campagnol, P. C. B. (2017). Utilization of flavor enhancers in hamburgers with replacement of 70% NaCl by KCl. *International Food Research Journal*, 24(1), 202-206.
- Gimeno, O., Astiasarán, I., y Bello, J. (1998). A mixture of potassium, magnesium, and calcium chlorides as a partial replacement of sodium chloride in dry fermented sausages. *Journal of Agricultural*

- and Food Chemistry*, 46, 4372-4375.
- Gimeno, O., Astiasarán, I., y Bello, J. (2001). Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: effect on color, texture and hygienic quality at different concentrations. *Meat Science*, 57, 23-29.
- Intersalt Cooperative Research Group. (1988). Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion. *British Medical Journal*, 297, 319-328.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., y Cofrades, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*, 59, 5–13.
- Jozami-Barreiro, F., y Seselovsky, R. (2003). Usos de la transglutaminas en la industria alimentaria. Elaboración de carne reconstituida. *Invenio*, 6(10), 157-164.
- Márquez, E., Arévalo, E., Barboza, Y., Benítez, B., Rangel, L., y Archile, A. (2006). Efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. *Revista Científica FCV-LUZ*, 6, 662-667.
- Ministerio de Salud de la Nación. (2015). *Menos sal más vida*. Recuperado de: http://www.msal.gov.ar/ent/images/stories/programas/pdf/2015-11_menos-sal-mas-vida_ppt.pdf
- Moreno, H.M., Carballo, J., y Borderías, A.J. (2008). Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1529–1536.
- Pollorena-López, G. (2012). *Capacidad antioxidante y antimicrobiana de extractos de hojas de agave angustifolia haw y su efecto sobre la calidad de hamburguesas de res* (tesis de maestría). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C.), Hermosillo, Sonora.
- Uran, H., y Yilmaz, I. (2018). A research on determination of quality characteristics of chicken burgers produced with transglutaminase supplementation. *Food Science and Technology, Campinas*, 38(1), 19-25.
- Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V. y Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*, 86, 196–213.

Wirth, F. (1991). Reducing the fat and sodium content of meat products. What possibilities are there?. *Fleischwirtsch*, 71(3), 294–297.