

Efecto de la enzima transglutaminasa (TG) en el mejoramiento de un fiambre de carne magra de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y tocino de cerdo (*Sus scrofa domestica*)

Effect of the enzyme transglutaminase (TG) in the improvement of a lean rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and pork bacon (*Sus scrofa domestica*) meat

Venegas, Joseph*; Chamorro-Hernández, Liliana

Universidad Politécnica Estatal del Carchi - Ecuador

Carrera de Alimentos

*evans.venegas@upec.edu.ec

Resumen

La escasa manera de buscar nuevos métodos para innovar la tecnología cárnica hace necesario que se indague de forma diferente para obtener nuevos resultados. En este caso, utilizar una enzima aciltransferasa en la elaboración de un embutido es un factor clave para revolucionar el mercado cárnico y obtener mejores productos. El objetivo de este estudio es utilizar la enzima transglutaminasa para enlazar la carne magra de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) con el tocino de cerdo (*Sus scrofa domestica*). Las variables para estudiar fueron (1.0 y 0.5%) de enzima Transglutaminasa y (30, 25 y 20%) de carne de conejo, con un blanco testigo que no contiene enzima. Se distribuyó bajo un diseño de ANOVA simple y de forma triplicada en cada producto. Se determinaron análisis de calidad: Microbiológicos, bromatológicos, reológicos y sensoriales en dos fases, la primera fase bajo un perfil de jueces en conocimientos de evaluación sensorial con una prueba descriptiva analítica pareada para determinar la diferencia entre los tratamientos con enzima del blanco, y la segunda bajo un perfil de consumidores con una prueba de aceptabilidad; bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1339. Los resultados indican que si es posible enlazar una carne magra con el tocino bajo la función tecnológica de la enzima. Se logró determinar que el tratamiento T2 con un porcentaje de 25 % de tocino y 0.5 % de enzima, es el mejor tratamiento de acuerdo con la sensorial. Con un contenido de proteína de 19.452 %, ceniza 1.543 %, humedad 59.843 %, grasa 5.921 %, capacidad de retención de agua 15.724 % y pH 5.849 % en el aspecto bromatológica, el tratamiento T3 presentó mejor calidad con 20 % de tocino y 0.5 % de transglutaminasa. El mejor perfil de dureza lo presentó el tratamiento T6 con 20 % de tocino y 1.0 % de transglutaminasa, concluyendo que la enzima brinda al producto mejor textura.

Palabras clave: Aciltransferasa, transglutaminasa, calidad microbiológica, bromatológica, reológica.

Abstract

The limited way of looking for new methods to innovate meat technology makes it necessary to investigate in a different way to obtain new results. In this case, using an acyltransferase enzyme in the preparation of a sausage is a key factor in revolutionizing the meat market and obtaining better products. The objective of this study is to use the transglutaminase enzyme to link lean meat from rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) with pork fat (*Sus scrofa domestica*). The variables to study were (1.0 and 0.5%) of Transglutaminase enzyme and (30, 25 and 20%) of rabbit meat, with a blank control that does not contain enzyme. It was distributed under a simple ANOVA design and triplicate in each product. Quality analyzes were determined: Microbiological, bromatological, rheological and sensory in two phases, the first phase under a profile of judges in knowledge of sensory evaluation with a paired analytical descriptive test to determine the difference between the treatments with the blank enzyme, and the second under a consumer profile with an acceptability test; under the Ecuadorian technical standard NTE INEN 1339. The results indicate that it is possible to link lean meat with bacon under the technological function of the enzyme. It was possible to determine that the T2 treatment with a percentage of 25% of bacon and 0.5% of enzyme, is the best treatment according to the sensory. With a protein content of 19.452%, ash 1.543%, humidity 59.843%, fat 5.921%, water retention capacity 15.724% and pH 5.849% in the bromatological aspect, the T3 treatment presented better quality with 20% bacon and 0.5 % transglutaminase. The best hardness profile was presented by the T6 treatment with 20% bacon and 1.0% transglutaminase, concluding that the enzyme gives the product a better texture.

Keywords: Acyltransferase, transglutaminase, microbiological, bromatological, rheological quality.

1 Introducción

Dentro del Ecuador en las provincias de la sierra, obtener la carne de conejo tiene un manejo que no necesita especialización, y se lo puede hacer sin tener en cuenta aspectos como: clima y lugar (Barba, 2020). En el estudio de mercado realizado por Sánchez (2015) en las provincias de la serranía ecuatoriana, se consume carne de conejo como medio casero, pero no productivo, donde la provincia de Tungurahua lleva el 50 % del consumo nacional, seguido de las provincias de Chimborazo, Imbabura, Azuay, Carchi, Pichincha y Cotopaxi. En la argumentación de Tipantasig (2013) la carne de conejo por su cantidad casi nula de grasa y de ácidos grasos saturados de colesterol, es considerada como una carne magra, presentándose como una opción para producirla y ser una manera diferente de obtención de nuevos derivados cárnicos.

Díaz (2020) induce al consumo de carne de conejo, debido a los múltiples beneficios que presenta en sus propiedades como: aporte calórico, vitamínico y de proteínas al tener la gran mayoría de aminoácidos esenciales; siendo esta carne, una materia prima con alta capacidad de retención de agua (CRA). Lo que hace de esta carne, una materia base en revolución para procesarla, pero al mismo tiempo difícil de enlazarla con una carne que contenga cantidad de grasa (López, 2017). La carne de conejo al ser una carne sin grasa hace que sea muy difícil de enlazarla con otro tipo de carne, que contenga cantidades medias y elevadas en su contenido graso, porque su capacidad de emulsión es muy baja, ya que solo retiene 12.83 mL de aceite/g de carne (Cifuentes y col., 2017).

La industria cárnica busca constantemente innovar su mercado, creando nuevos productos variando sus materias primas, donde la exigencia del consumidor es muy alta. (Ruano y col., 2021). El mercado cárnico actualmente busca productos donde la presencia de adictivos alimenticios sea bajo o nulo, por lo cual las alternativas biológicas están remplazando a los aditivos alimentarios. (López, 2021). Una de las tecnologías que actualmente se utiliza y sigue en estudio constante es la restructuración, estructuración y unión cárnica, mejorando la calidad del gel obtenido y la unión proteínica de enlazamiento en los nuevos productos obtenidos (Hernández y Cols, 2015). Tecnología que se puede lograr con la enzima Transglutaminasa.

La Transglutaminasa (TG), es una variedad enzimática que se encuentra en los tejidos vegetales y animales, como también en los fluidos corporales de los seres vivos. (Polaco y Cols., 2001). La cantidad escasa de extracción de la TG requiere al Ca como otro factor, por lo cual solo se conocía la enzima de origen animal. Con el descubrimiento del *Streptovorticillium mobaraense*, en 1994, sin utilizar el Ca como cofactor, se puede obtener la TG (Sakamoto y Cols., 1994). Donde la cepa que produce la enzima se la puede obtener por mutagénesis convencional al exponerla a mutágenos químicos; en los últimos años se investiga la producción de TG, de forma

fermentada, en medios que contenga almidón, al utilizar este tipo de microorganismo (Barreiro y col., 2003; Rodríguez, 2013).

Panuncio y Cols., (2013) indican que la revolucionara función que presenta la TG, es capaz de unir proteínas en sus terminaciones, del grupo e-amino de un residuo de lisina, con el grupo carboxamida de un residuo de glutamina, utilizando el enlace covalente de unión inter o intramolecular, haciendo que este tipo de enlace sea capaz de resistir a la proteólisis. Con el fin de mejorar la textura de productos alimenticios finales, la TG, es muy apreciada para ser utilizada en las diversas tecnologías alimentarias como: Carnes, lácteos, cereales, entre otras (Márquez y col., 2006; Aguilar-Zárate y col., 2012; Arias, 2019).

La utilización de la TG en cárnicos hace que los productos finales mejoren los geles existentes y nuevos geles de unión (Venegas, 2022). Esta enzima ha sido utilizada para restructurar embutidos a base de carne de res, carne de pollo y res, carne de pollo con plasma de bobino, hamburguesa de desmenuzado de merluzo, carne estructurada de hamburguesa de res, entre otros. (Barreiro y col., 2003; Herrero y col., 2008); Márquez y col., 2008; Panuncio y col., 2013; Arias, 2019).

El objetivo principal de este estudio fue analizar el efecto que tiene la enzima Transglutaminasa, al ser utilizada para elaborar un fiambre de carne de conejo y tocino de cerdo, determinado la capacidad de unión de la enzima, analizando las propiedades bromatológicas, reológicas y sensoriales de los productos finales basándose en las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 1338 y 1339.

2 Marco Teórico

2.1 Análisis fisicoquímicos

2.1.1 Proteína

La cantidad de nitrógeno en un alimento se lo considera como el amoniaco que se produce y que se determina bajo condiciones de ensayo considerándose como proteína bruta del alimento, se lo puede determinar mediante la siguiente ecuación.

$$N = \frac{0.014(V_1 - V_0)N}{m} * 1000$$

Donde

N= porcentaje de la masa que contiene nitrógeno

V₁= volumen de solución 0.1 normal de HCL utilizado en la muestra

V₀= Volumen de solución 0.1 normal de HCL gastado en centímetros cúbic

N= normalidad de la solución 0.1 normal de HL.

m= masa de la muestra

2.1.2 Análisis de humedad

El índice de estabilidad de los alimentos lo determina la cantidad de humedad ya que este es el factor decisivo para los procesos industriales, se utiliza la siguiente ecuación para determinarla:

$$\%H = \frac{W_1 - W_2}{W_M} * 100$$

Dónde:

W₁= Peso placa con muestra seca.

W₂= Peso placa vacía.

W_M= Peso muestra.

2.1.3 Determinación grasa

Un factor clave para la industria alimentaria es determinar el análisis de grasa en los productos obtenidos, donde se utiliza la ecuación siguiente:

$$\%G = \frac{P_1 - P_2}{P_M} * 100$$

Dónde:

P₁= Peso balón más muestra grasa.

P₂ = Peso balón vacío.

P_M= Peso muestra

2.1.4 Análisis de ceniza

El residuo inorgánico obtenido después de incinerar la materia orgánica permite detectar contaminaciones metálicas que pudo haberse presentado al producir un alimento y se lo determina por medio de la siguiente ecuación.

$$\%Ceniza = ((W_1 - W_2) - W_M) * 100$$

Dónde:

W₁= Peso crisol con muestra.

W₂= Peso crisol.

W_M = Peso muestra calcinada.

2.1.5 Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad que presenta un alimento para retener el agua al aplicar presiones externas se llama CRA y se lo determina por medio de la ecuación:

$$CRA\% = P_f - P_i / P_i * 100$$

Dónde:

P_f= Peso final

P_i= Peso inicial

2.1.6 Determinación del potencial hidrógeno (pH)

La estabilidad y el crecimiento de microorganismos específicos se lo puede determinar por medio del análisis de pH, en carnes debe ser próximo a neutro; se utiliza un potenciómetro para su determinación.

2.2 Análisis reológicos

Este tipo de análisis ayuda a determinar la textura de los alimentos y así cumplir con los requerimientos de los consumidores.

3 Procedimiento Experimental

Como materia prima se utilizó, paletilla de conejo, tocino de cerdo y transglutaminasa (Activa RM Transglutaminase, 2010). Se elaboro 6 fiambres de 1000 gramos cada uno, se varió la concentración de transglutaminasa siguiendo la norma de uso de la enzima TG y lo que indican Barreiro y Seselovsky (2003) al utilizar la enzima en un producto cárnico por primera vez (1.0 y 0.5 %, y un blanco sin enzima); con tocino de cerdo en porcentaje (30, 25 y 20%) como indica Peñaherrera (2018). Para la elaboración de cada fiambre se inició pesando cada ingrediente según la formula ya establecida y estandarizada basándose (Activa RM Transglutaminase, 2010; Peñaherrera, 2018). Para cada fiambre se pesó 70.1 gramos de paletilla de conejo los cuales fueron añadidos en un cúter con los demás ingredientes uno a uno, hasta obtener una pasta adecuada, sin lograr temperaturas mayores a los 4 °C, posteriormente en cada pasta se añadió la enzima mezclada con agua en una relación 1:6 y se realizó el ultimo mezclado. Se trabajó con la forma convinada de temperatura de reacción (frío a 4 °C por dos horas y despues calor 50 °C por 30 minutos), se envolvió cada pasta en papel film y se le dio forma de embutido en anillos de 8 cm de diámetro y 23 cm de largo, de esta manera se logró fiambres homogéneos y se obtuvo una buena cocción. Cada tratamiento se realizó por triplicado. La formulación base se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 1. Formulación base de cada fiambre (Base formulation of each cold cuts)

Ingredientes	Porcentaje
carne de conejo	70.1 %
Tocino	9.82 %
enzima TG	6.79 %
Sal	2.00 %
pimienta blanca	0.24 %
nuez moscada	0.10 %
clavo de olor	0.20 %
canela molida	0.50 %
ajo en polvo	0.10 %
vino blanco	1.55 %
nitrito de sodio	0.10 %
almidón de maíz	2.00 %
Hielo	6.54 %

Una vez que se llegó al tiempo de reacción a temperatura de 50 °C, se elevó la temperatura a 70 °C por dos horas la cual es la óptima para obtener fiambres. Cada tratamiento se almacena rotulado a temperatura de refrigeración.

Análisis bromatológico

Las propiedades de calidad bromatológicas de cada tratamiento de fiambre se determinaron siguiendo los métodos descritos en la NTE INEN 1339 de productos cárnicos cocidos, utilizando los diferentes aparatos de laboratorio como indica la siguiente tabla.

Tabla 2. Requisitos bromatológicos NTE INEN 1339 6(Bromatological requirements NTE INEN 1339)

Requisito	Método de ensayo
grasa total	NTE INEN-ISO 1443 / Extracción por medio de n-hexano
proteína	Método Kjeldahl / Digestión con ácido sulfúrico concentrado
ceniza	NTE INEN 786 / calcinación
CRA	Carda, (2014) / Centrifugación con papel filtro
humedad	NTE INEN 1442 / secado por estufa
pH	NTE INEN 783 / potenciometría

Análisis de textura

El análisis de perfil de textura se llevó a cabo, siguiendo lo que argumenta Cury y Cols., (2011) donde indica que el parámetro reológico más importante a medir en un embutido nuevo es la dureza, para la cual se utilizó el penetrómetro digital FGV-50xy. Se insertó el penetrómetro en cada tratamiento de fiambre incluido el blanco, cortados en rodajas representativas de 8 cm de diámetro por 2 cm de largo.

Análisis microbiológico

Antes de realizar el análisis sensorial, se realizó el análisis microbiológico, basándose en los requisitos microbiológicos de la NTE INEN 1338 de productos cárnicos cocidos, se realizó la microbiología de cada uno de los tratamientos,

utilizando placas Petrifilm (E. coli/coliformes, y aerobios mesófilos).

Análisis sensorial

La evaluación sensorial se llevó en dos fases. La primera fase fue para determinar si los fiambres con TG son diferentes del fiambre blanco. Y la segunda fue para determinar la aceptabilidad de los fiambres, calificando por medio de una escala hedónica parámetros de color, olor, sabor, textura sensorial y aceptabilidad.

La primera fase se realizó por medio de una prueba analítica discriminativa pareada, llevada a cabo en un panel seleccionado de 11 jueces con conocimientos en evaluación sensorial. Las muestras fueron presentadas a los jueces en diferente orden codificados con tres números al azar, con una hoja de cata correspondiente, utilizando agua sin gas como limpia paladar.

La segunda fase se llevó a cabo, al determinar la diferencia existente entre los fiambres con TG del blanco, y se la realizó por medio de una prueba afectiva de aceptabilidad en 52 consumidores. Cada muestra se presentó a los consumidores en orden diferente codificadas con tres números al azar, con una hoja de cata correspondiente donde se indicaba los parámetros a calificar y el objetivo de esta evaluación, utilizando agua sin gas como borrador de sabor.

Tabla 3. Categoría escala hedónica (Hedonic scale category)

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Las hojas de cata, de las dos evaluaciones sensoriales, se diseñaron según lo que indica Manfugás (2020) en evaluación sensorial de los alimentos.

Análisis estadístico

En los datos que se obtuvieron de los diferentes análisis se realizó un diseño experimental aleatorizado con un nivel de confianza del 95 % utilizando la prueba de Tukey que permitió determinar las diferencias entre las medias de cada uno de los tratamientos, por medio del programa Statgraphics Centurion 19.

Tabla 4. Esquema del experimento. UE: unidad experimental. (Scheme of the experiment. EU: experimental unit.)

Tratamientos	Porcentaje (%)	Rep
T1	30 de tocino de cerdo + 0,5 de TG	3
T2	25 de tocino de cerdo + 0,5 de TG	3
T3	20 de tocino de cerdo + 0,5 de TG	3
T4	30 de tocino de cerdo + 1,0 de TG	3
T5	25 de tocino de cerdo + 1,0 de TG	3
T6	20 de tocino de cerdo + 1,0 de TG	3
UE		18

4 Discusión y Resultados

En las figuras 1 y 2 se observa el resultado de los fiambres con TG en una concentración 1.0 % de enzima.



Fig. 1: Fiambre final 8 cm de diámetro y 23 cm de largo

(Final cold cuts 8 cm in diameter and 23 cm long)



Fig. 2: Fiambre en rebanadas

Sliced cold cuts

Al retirar el plástico de envoltura de cada fiambre, para envasar al vacío se determinó que, los fiambres blanco, derraman líquido y se desgranán sin lograr la unión de la carne de conejo con el tocino, este líquido es mínimo en los fiambres de concentración 0.5 % y nulo en los de concentración 1.0 %, estas concentraciones de TG ayudaron mucho en su compactación y firmes al corte.

Los resultados reológicos del perfil de dureza se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 5. Parámetros de textura en el perfil de dureza. Letras distintas indican que no comparten el mismo rango de homogeneidad, sin embargo, el valor de p es ($p<0.05$) según la prueba Tukey, indicando que hay diferencias estadísticamente significativas en sus medias con un nivel de confianza del 95 %.

(Texture parameters in the hardness profile. Different letters indicate that they do not share the same range of homogeneity, however, the p value is ($p<0.05$) according to the Tukey test, indicating that there are statistically significant differences in their means with a 95% confidence level.)

Fiambres		Resultado	Valor de p
Sin enzima	Blanco	19.5771 $\pm$ 0.0000 ^e	
Con enzima 0.5 %	30 % de tocino (T1)	22.4220 $\pm$ 0.0000 ^f	0.0000
	25 % de tocino (T2)	22.4767 $\pm$ 0.0006 ^d	
	20 % de tocino (T3)	22.4553 $\pm$ 0.0006 ^e	
Con enzima 1.0 %	30 % de tocino (T4)	23.6770 $\pm$ 0.0000 ^a	
	25 % de tocino (T5)	23.6437 $\pm$ 0.0006 ^c	
	20 % de tocino (T6)	23.6481 $\pm$ 0.0000 ^b	

En la tabla 5 se puede observar detalladamente como la dureza de los fiambres aumenta en los tratamientos con mayor concentración de TG, determinando que el tratamiento T4 (1.0 % de TG con 30 % de tocino de cerdo) presenta la mayor dureza con un valor de 23.68, mientras el blanco presenta la menor dureza con 19.57

Cantidad de proteína

Tabla 6. Resultados cantidad de proteína de los tratamientos. Letras distintas significa que no comparten el mismo rango de homogeneidad. El p valor es menor a 0.05 indicando que existe diferencias significativas en sus medias. Con un nivel de confianza del 95 %.

(Protein quantity results of the treatments. Different letters mean that they do not share the same range of homogeneity. The p value is less than 0.05 indicating that there are significant differences in their means. With a confidence level of 95%.)

Fiambres		Resultado	Valor de p
Sin enzima	Blanco	19.4401 $\pm$ 0.0000 ^f	
Con enzima 0.5 %	30 % de tocino (T1)	19.4453 $\pm$ 0.0011 ^c	0.0000
	25 % de tocino (T2)	19.4427 $\pm$ 0.0005 ^d	
	20 % de tocino (T3)	19.4520 $\pm$ 0.0000 ^a	
Con enzima 1.0 %	30 % de tocino (T4)	19.4447 $\pm$ 0.0000 ^c	
	25 % de tocino (T5)	19.4410 $\pm$ 0.0000 ^e	
	20 % de tocino (T6)	19.4401 $\pm$ 0.0000 ^f	

El contenido de proteína de los diferentes presenta el valor máximo el tratamiento T3 (0.5 % de TG con 20 % de tocino) con 19.4520 %, el tratamiento con menor cantidad de proteína fue el T5 (1.0 % de TG con 25 % de tocino) con 19.4410.

Cantidad de ceniza

Tabla 7. Resultados cantidad de ceniza de los tratamientos. El p valor es menor a 0.05 por lo cual existe diferencias significativas en sus medias, por

medio de la prueba de Tukey. Letras distintas significan que no comparten el mismo rango de homogeneidad.

(Results of ash quantity of the treatments. The p value is less than 0.05, so there are significant differences in their means, using the Tukey test. Different letters mean that they do not share the same range of homogeneity.)

Fiambres		Resultado	Valor de p
Sin enzima	Blanco	1.5408 $\pm$ 0.0000 ^f	
Con enzima 0.5 %	30 % de tocino (T1)	1.5413 $\pm$ 0.0006 ^b	0.0001
	25 % de tocino (T2)	1.5410 $\pm$ 0.0000 ^b	
	20 % de tocino (T3)	1.5436 $\pm$ 0.0006 ^a	
Con enzima 1.0 %	30 % de tocino (T4)	1.5430 $\pm$ 0.0000 ^a	
	25 % de tocino (T5)	1.5410 $\pm$ 0.0000 ^b	
	20 % de tocino (T6)	1.5413 $\pm$ 0.0006 ^b	

Los diferentes tratamientos presentan en la cantidad de ceniza un valor máximo en el tratamiento T3 (0.5 % de TG con 20 % de tocino) con 1.5436, y el valor mínimo lo presenta los tratamientos T2 (0.5 % de TG con 25 % de tocino) y T5 (1.0 % de TG con 25 % de tocino) con 1.5410, sin embargo, hay que tener en cuenta que los tratamientos T3 y T4 comparten el mismo rango como también los tratamientos T5, T2, T1 y T6 al compartir la misma letra.

Cantidad de grasa total

Tabla 8. Resultado contenido graso de los diferentes tratamientos. Letras iguales comparten el mismo rango de homogeneidad. Valor de p menor a 0.05 indica que existe diferencias significativas en sus medias. Nivel de confianza del 95 %.

(Fat content results of the different treatments. Equal letters share the same range of homogeneity. P value less than 0.05 indicates that there are significant differences in their means. 95% confidence level.)

Fiambres		Resultado	Valor de p
Sin enzima	Blanco	5.9370 $\pm$ 0.0000 ^a	
Con enzima 0.5 %	30 % de tocino (T1)	5.9320 $\pm$ 0.0011 ^b	0.0000
	25 % de tocino (T2)	5.9290 $\pm$ 0.0005 ^d	
	20 % de tocino (T3)	5.9210 $\pm$ 0.0000 ^g	
Con enzima 1.0 %	30 % de tocino (T4)	5.9313 $\pm$ 0.0006 ^c	
	25 % de tocino (T5)	5.9283 $\pm$ 0.0006 ^c	
	20 % de tocino (T6)	5.9220 $\pm$ 0.0000 ^f	

En la tabla 8 se detalla, que el tratamiento con mayor contenido graso es el tratamiento T1 (0.5 % de TG con 30 % de tocino) con 5.9320 %, y el tratamiento con menor

contenido graso es el tratamiento T3 (0.5 % de TG con 20 % de tocino) con 5.9210 %.

Cantidad de humedad

Tabla 9. Resultados del contenido de humedad de los tratamientos. Valor p menor a 0.05 indica que existe diferencias estadísticas diferentes en sus medias. Letras iguales significa que comparte el mismo rango de homogeneidad.

(Results of the moisture content of the treatments. P value less than 0.05 indicates that there are different statistical differences in their means. Equal letters mean that it shares the same range of homogeneity.)

Fiambres		Resultado	Valor de p
Sin enzima	Blanco	57.2574 $\pm$ 0.0000 ^d	
Con enzima 0.5 %	30 % de tocino (T1)	59.8483 $\pm$ 0.0006 ^a	0.0000
	25 % de tocino (T2)	59.8437 $\pm$ 0.0006 ^c	
	20 % de tocino (T3)	59.8430 $\pm$ 0.0000 ^c	
Con enzima 1.0 %	30 % de tocino (T4)	59.8470 $\pm$ 0.0000 ^b	
	25 % de tocino (T5)	59.8491 $\pm$ 0.0006 ^a	
	20 % de tocino (T6)	59.8433 $\pm$ 0.0000 ^d	

La cantidad de humedad de los siguientes tratamientos indica que los tratamientos con la enzima presentan similar porcentaje de humedad donde el tratamiento T5 (1.0 % de TG con 25 % de tocino) con 59.8491 % presenta el mayor porcentaje de humedad, mientras el tratamiento blanco con 57.2574 presenta el porcentaje de humedad más bajo. Sin embargo, los tratamientos T5 y T1 como también los tratamientos T2, T3 y T6 presentan la misma letra indicando que se encuentran en el mismo rango de homogeneidad, y que los tratamientos T5 y T6 se encuentran en rango diferente.

Capacidad de retención de agua CRA

Tabla 10. Resultados del valor de CRA de los tratamientos. P valor menor a 0.05 indica que existe diferencias significativas en sus medias. Letras iguales comparten el mismo rango de homogeneidad. Nivel de confianza del 95 %.

(Results of the CRA value of the treatments. P value less than 0.05 indicates that there are significant differences in their means. Equal letters share the same range of homogeneity. 95% confidence level.)

Fiambres		Resultado	Valor de p
Sin enzima	Blanco	8.7685 ±0.0000 ^s	
Con enzima 0.5 %	30 % de tocino (T1)	14.5550 ±0.0000 ^c	0.0001
	25 % de tocino (T2)	14.9877 ±0.0006 ^b	
	20 % de tocino (T3)	15.7240 ±0.0000 ^a	
Con enzima 1.0 %	30 % de tocino (T4)	12.4697 ±0.0219 ^f	
	25 % de tocino (T5)	12.5510 ±0.0000 ^c	
	20 % de tocino (T6)	13.0687 ±0.0000 ^d	

En la tabla 10 se detalla los valores de CRA de los diferentes tratamientos donde el T3 (0.5 % de TG con 20 % de tocino) con 15.7240 presenta el valor máximo, mientras el T4 con (1.0 de TG con 30 % de tocino) con 12.4697 presenta el valor mínimo. N comparten el mismo rango de homogeneidad ya que tienen letras diferentes.

pH

En la tabla 11 se observa que existen diferencias significativas en por lo menos un par de tratamientos porque el p-valor es inferior al 5%. La prueba pos-hoc indica que hay diferencias entre todos los tratamientos ya que no comparten la misma letra. Además; el tratamiento con mayor valor de pH es el T1 (0.5 % de TG con 20 % de tocino) con un valor de 5.8911, mientras que el tratamiento con menor valor es el T6 (1.0 % de TG con 20 % de tocino) con un valor de 5.8441.

Tabla 11. Resultado pH de los tratamientos. Letras diferentes no comparten el mismo rango de homogeneidad. Valor de p menor a 0.05 indica que existe diferencias significativas en sus medias. Valor de confianza 95 %.

pH result of the treatments. Different letters do not share the same range of homogeneity. P value less than 0.05 indicates that there are significant differences in their means. Confidence value 95%.)

Fiambres		Resultado	Valor de p
Sin enzima	Blanco	5.8491 ±0.0000 ^s	
Con enzima 0.5 %	30 % de tocino (T1)	5.8911 ±0.0011 ^a	0.0000
	25 % de tocino (T2)	5.8541 ±0.0005 ^c	
	20 % de tocino (T3)	5.8491 ±0.0000 ^e	
Con enzima 1.0 %	30 % de tocino (T4)	5.8521 ±0.0000 ^d	
	25 % de tocino (T5)	5.8581 ±0.0000 ^b	
	20 % de tocino (T6)	5.8441 ±0.0000 ^f	

Análisis microbiológico

Tabla 12. Resultados de la microbiología de los tratamientos basados en la norma NTE INEN 1338 para productos cárnicos cocidos.

Microbiology results of treatments based on the NTE INEN 1338 standard for cooked meat products.

Microorganismos	Resultado (UFC/g)
<i>Aerobios mesófilos</i> *	Menos de 1/d microorganismos por gramo
<i>Escherichia coli</i> *	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i> *	Ausencia
<i>Samonella</i> ¹	Ausencia

La tabla 12 se indica que los tratamientos no presentaron contaminación microbiológica y que son aptos para ser evaluados sensorialmente al panel de jueces y consumidores.

Análisis sensorial

Prueba analítica discriminativa pareada

Tabla 13. Resultados prueba analítica discriminativa pareada, realizada al panel de 11 jueces con conocimientos en evaluación sensorial.

(Results of paired discriminative analytical test, carried out on a panel of 11 judges with knowledge in sensory evaluation.)

Muestra	Número de jueces
777 con TG	10
778 sin TG	1
717 con TG	11
718 sin TG	0
727 con TG	9
728 sin TG	2
737 con TG	9
738 sin TG	2
747 con TG	10
748 sin TG	1
757 con TG	11
758 sin TG	0

Prueba afectiva de preferencia

Tabla 14. Resultados prueba afectiva de preferencia, realizada a 52 consumidores. Tratamiento ganador T2 (0.5 % de TG con 25 % de tocino)

Results of affective preference test, carried out on 52 consumers. T2 winning treatment (0.5% TG with 25% bacon)

Parámetro	Media	Criterio	Valor p
Color	4.28 ±0.73	Me gusta	0.00
Olor	4.15 ±0.83	Me gusta	
Sabor	4.46 ±0.71	Me gusta	
Textura S.	4.50 ±0.81	Me gusta mucho	
Aceptabilidad	4.58 ±0.71	Me gusta mucho	

La formulación de los fiambres con transglutaminasa, han mostrado un efecto positivo desde el punto de vista, bromatológico, reológico y sensorial.

Al modo visual, cada fiambre con diferentes concentraciones de TG, presenta una textura homogénea, uniforme y compacta, con apariencia lisa, lo cual es atractivo para los consumidores. Como argumenta Barreiro y Seselovsky (2003) quienes utilizaron la enzima TG en un cárnico por primera vez, determinaron que la enzima otorga a cada producto final firmeza y una estructura difícil de romper, argumentación comprobada en esta investigación ya que la textura de cada fiambre es la adecuada para este tipo de embutidos.

Barreiro y Seselovsky (2003); Activa RM Transglutaminase (2010), determinan tiempo y temperatura de activación enzimática que pueden ser: de 2 a 4 Celsius por 120 minutos; 50 Celsius por 30 minutos; o combinar ellos los tiempos y temperatura, es decir primero en frío y después en calor. Como indican los autores y la norma de utilización, para la obtención de este embutido de conejo se trabajó de la forma combinada, la cual fue óptima para la obtención de un buen resultado, ya que la textura de los embutidos no se vio afectada.

Activa RM Transglutaminase (2010) indica que las concentraciones óptimas de uso de la enzima en productos cárnicos de origen animal están en un rango del 0.5 al 1.0 % de concentración del peso total. Como indica la norma de uso, para esta investigación se varió dos concentraciones de TG en cada tratamiento, la una de 0.5 % y la otra de 1.0 %, en la cual como resultado se pudo obtener que la enzima no afecta los parámetros bromatológicos y sensoriales de un embutido, sino mejora sus atributos de calidad. Resultados óptimos y parecidos a los de Barreiro y Seselovsky (2003), en su reestructuración cárnica.

Cifuentes y Cols., (2017) en el estudio realizado, indica, que la baja capacidad emulsionante que tiene la carne de conejo es un impedimento para que se pueda enlazar con carnes grasas y así procesarla como materia prima en la industria cárnica. Al estudiar el efecto de la enzima TG, al ser utilizada en este embutido de carne de conejo y tocino, se puede comprobar

que la revolucionaria función de la TG, si permite el enlazamiento, de una carne sin grasa con una de alto contenido graso, sirviendo de base para más estudios, en donde, se utilice la TG para unir, estructurar y reestructurar diferentes cárnicos con varias concentraciones de grasa en su composición.

Los resultados de calidad bromatológica de los tratamientos de los fiambres presentaron excelentes resultados, siendo estos en promedio de: Proteína 19.5 %, cantidad de grasa 5.95 %, ceniza 1.54 %, humedad 59.9 %, CRA 15.72 % y pH 5.88; resultados que se encuentran dentro los requisitos obligatorios de la Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1339 para productos cárnicos cocidos “fiambre”; si se compara estos resultados con los obtenidos de diversos autores, estos resultados bromatológicos coinciden, al utilizar la carne de conejo para realizar algunos tipos de embutidos, teniendo en cuenta, que la calidad reológica de dureza en la textura de los fiambres es adecuada para embutidos cocidos esto es por la adición de la TG, mientras que los embutidos de carne de conejo de los autores se han visto afectados en su textura por la baja capacidad de emulsión de este tipo de carne (Espinoza y col., 2018; Cifuentes y col., 2017; Zapata y col., 2014; Cury y col., 2011; Ramírez, 2004; NTE INEN 1339, 2012).

Al comparar los resultados microbiológicos con los requisitos microbiológicos de la Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1339 y 1338, para embutidos cocidos, los resultados se encuentran dentro de los límites de la microbiota sin presentar contaminación (NTE INEN 1339, 2012).

Los resultados del análisis sensorial, en la primera fase, al comparar los resultados tabulados, con la tabla de probabilidad de aciertos en una cola, para evaluación sensorial analítica pareada de Lidia (2006), determinan que con un nivel de significancia del 0.05, si hay diferencias estadísticas en sus muestras, lo que indica que si hay diferencia entre los tratamientos con TG del blanco. En lo referente a la segunda fase, la NTE INEN 1238 y 1239 con base de investigación en la NTE INEN 1217 para derivados cárnicos, argumenta que el color y sabor de los embutidos deben ser apropiados a la carne de la cual se derriban y que deben presentar olor característico sin ninguna alteración de olores extraños, al comparar lo que indica la norma técnica con el tratamiento más aceptado T2 se puede determinar que este tratamiento si cumple con lo establecido ya que en los atributos presentó: Color 4.3, olor 4.2, sabor 4.5, textura sensorial 4.4 y aceptabilidad 4.6, parámetros que se clasifican dentro de la escala hedónica de 5 puntos como “me gusta mucho”

5 Conclusiones

- El efecto de la enzima TG al ser utilizada en un fiambre, permitió enlazar, una carne de baja capacidad emulsionante y gelificante como es la carne de conejo con el tocino de cerdo, y así lograr obtener un producto nuevo e innovador con características de calidad altas. Se determinó que la enzima no altera la calidad bromatológica de un embutido sino más bien mejora uno de sus parámetros importantes como es la capacidad de retención de agua y humedad.
- El uso de la transglutaminasa en las concentraciones 0.5 y 1.0%, son adecuados para formar geles de

- unión y emulsión. La textura de los fiambres obtenidos es mayor y adecuada, el poder de enlazamiento de la TG hace que aumente la dureza a un producto cárnico dejándolo en un estado bueno para el consumo, generando subproductos con mejor forma y aspecto.
- Este proceso investigativo ha permitido acentuar las bases tecnológicas cárnicas para el desarrollo de derivados cárnicos de unión, estructuración y restructuración de diferentes tipos de carne. Se requiere nuevos estudios para determinar hasta qué punto reológico y bromatológico puede enlazar y estructurar la TG a los cárnicos.

Referencias

- Aguilar, P., Aguilar, M., Carrillo, I., Portilla, O. (2012) Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. En: *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 4(8):1-17
- Arias, A. (2019). Pruebas de incorporación de la enzima transglutaminasa (probind mb 1.0) en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa como coadyuvante de elaboración.
- Cifuentes, T., Del Toro Ramírez, G., Pérez, D., y Aparicio, R. (2017). Elaboración de salchichas a partir de carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*).
- Díaz, K. (2020). Saberes culinarios tradicionales de platillos elaborados con carne de conejo y sus beneficios nutricionales.
- Hernández, V., Uresti, M., Martínez, M., y Velázquez, G. (2015). Efecto de la transglutaminasa microbiana sobre las propiedades mecánicas de geles de carne de jaiba cocida. *CienciaUAT*, 10(1), 93.
- Herrero, A., Cambero, M., Ordóñez, J., De la Hoz, L., y Carmona, P. (2008). Raman spectroscopy study of the structural effect of microbial transglutaminase on meat systems and its relationship with textural characteristics. *Food Chemistry*, 109(1), 25- 32.
- López, J. (2017). Carne de conejo como alimento funcional: Una alternativa para la población.
- López, J. (2021). Ingredientes de origen natural como alternativa para incrementar la vida útil de los productos cárnicos: Una revisión sistemática.
- Manfugás, E. (2020). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Márquez, E., Arévalo, E., Barboza, Y., Benítez, B., Rangel, L., Archile, A. (2006). Efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. En: *Revista Científica, FCV-LUZ*.
- Márquez, E., Arévalo, E., Barboza, Y., Benítez, B., Rangel, L., y Archile, A. (2008). Estabilidad de productos cárnicos reestructurados crudos con agregado de transglutaminasa y plasma de bovino. *Revista Científica*, 18(5), 618-623.
- Panuncio, A., Cardeza, L., Quintero, M., Solé, M. L., Barrios, S. & Gámbaro, A. (2013). Efecto de la incorporación de transglutaminasa microbiana en las propiedades sensoriales de hamburguesas de desmenuzado de merluza (*Merluccius hubbsi*). *Innotec*, (8), 39-43.
- Polanco, I., Martín, M. y Larrauri, J. (2001). Relación de los anticuerpos IgA anti-transglutaminasa tisular con la situación morfológica de la mucosa intestinal en niños con enfermedad celíaca. *Pediatríka (Madri.)*, 43-54.
- Rodríguez, G. (2013). Desarrollo de un nuevo procedimiento para la obtención de un aditivo alimentario que contiene transglutaminasa microbiana a partir de residuos de la industria agroalimentaria (Doctoral dissertation, Universidade de Santiago de Compostela).
- Ruano, D., Echeverri, D., Rodríguez, A., Castellanos, S. y Pineda, L. (2021). Política Pública para la promoción de la Innovación del Sector Alimentos en Colombia. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, 32(56), 100-114.
- Sánchez, A. (2015). Creación de un producto de exportación, carne de conejo que permita el desarrollo de la matriz productiva (Doctoral dissertation).
- Tipantasig, V. (2013). Estudio de prefabricabilidad para la producción y comercialización de carne de conejo

(*Oryctolagus cuniculus*) en Sierra Centro del Ecuador (*Bachelor's thesis*, Quito, 2013).

Recibido: 23 de junio 2023

Aceptado: 30 de octubre 2023

Evans Joseph Venegas Rubio. Profesor de educación continua en la Universidad la Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Autor de artículos científicos enfocados al área de la tecnología cárnica. Ponente en congresos referentes al área alimentaria. Ingeniero en alimentos graduado de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi; Magíster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

 <https://orcid.org/0009-0007-7399-931X>

Liliana Chamorro Hernández. Profesora Titular de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, con experiencia en docencia de grado y posgrado. Autora/coautora de artículos científicos enfocados al área de alimentos. Ponente en Congresos nacionales e internacionales. Máster en Tecnología y Calidad en las Industrias Agroalimentarias por la Universidad Pública de Navarra – España. Ingeniera Agroindustrial por la Universidad Técnica del Norte Ibarra – Ecuador. Maestrante de Estadística Aplicada en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

 <http://orcid.org/0000-0003-0870-8970>.