

**Utilización de la enzima transglutaminasa  
para la elaboración de un producto  
reestructurado de tilapia gris  
(*Oreochromis niloticus*)**

**Ana Rosa Huevo Sánchez  
Javier Andrés Hidalgo Abad**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Utilización de la enzima transglutaminasa  
para la elaboración de un producto  
reestructurado de tilapia gris  
(*Oreochromis niloticus*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieros en Agroindustria Alimentaria en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Ana Rosa Huevo Sánchez  
Javier Andrés Hidalgo Abad**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2015

# Utilización de la enzima transglutaminasa en la elaboración de un producto reestructurado de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)

Presentado por:

Ana Rosa Huezo Sánchez  
Javier Andrés Hidalgo Abad

Aprobado:

---

Claudia García, Ph.D.  
Asesora Principal

---

Luis Fernando Osorio Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria

---

Adela Acosta, Dra. C.T.A  
Asesora

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Patricio Paz, Ph.D  
Asesor

# Utilización de la enzima transglutaminasa para la elaboración de un producto reestructurado de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)

Ana Rosa Huevo Sánchez  
Javier Andrés Hidalgo Abad

**Resumen.** La tilapia es uno de los productos acuícolas de mayor valor comercial en el mundo. Actualmente, en el procesamiento de tilapia fresca hay residuos (52%) y filetes no aptos para exportación que pueden convertirse en productos con alto valor agregado. El objetivo de este estudio fue elaborar un producto reestructurado de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) utilizando la enzima transglutaminasa a partir de filetes no aptos para exportación. Inicialmente se estudiaron dos tipos de filetes (con cortaduras o de textura suave) y tres concentraciones de enzima transglutaminasa (0.0, 0.5 o 1.0%) en tres repeticiones, utilizando un diseño completamente al azar para obtener 18 unidades experimentales. Seguidamente se realizaron análisis sensoriales de aceptación, físicos, químicos y microbiológicos para los embutidos tipo jamones de tilapia elaborados con filetes con cortaduras y dos concentraciones de enzima transglutaminasa (0.0 o 1.0%), utilizando bloques completos al azar con medidas repetidas en el tiempo (0, 15 y 30 días). El uso de enzima transglutaminasa no afectó la textura, color, coliformes y aerobios totales, pero sí aumentó el porcentaje de humedad. Hasta los 30 días, la adición de enzima transglutaminasa en la formulación, no afectó las características sensoriales ni el crecimiento de coliformes y aerobios totales del embutido tipo jamón. Se pueden elaborar embutidos tipo jamones de tilapia con filetes de tilapia no aptos para exportación y con enzima transglutaminasa al 1.0%, obteniendo un producto aceptable para industria acuícola.

**Palabras clave:** Enlace proteico, embutido, producto acuícola, producto de pescado cocido.

**Abstract.** Tilapia is one of the most commercially valuable aquaculture products in the world. Currently, there are residues (52%) and fillets unfit for exports in the processing of fresh tilapia, which can become high value-added products. The aim of this study was to develop a gray tilapia (*Oreochromis niloticus*) restructured product using transglutaminase enzyme from fillets unfit for export. Initially two types of fillets (with cuts or soft texture) and three transglutaminase enzyme concentrations (0.0, 0.5 or 1.0%) were studied in three replicates using a completely randomized design for 18 units experimental. Finally, sensory acceptance, physical, chemical and microbiological analysis were performed for restructured product like hams tilapia prepared with fillets with cuts and two concentrations of enzyme transglutaminase (0.0 or 1.0%) using a complete randomized block design with repeated measures in time (0, 15 and 30 days). The use of transglutaminase enzyme did not affect texture, color, total coliforms and aerobics, but increased the percentage of moisture. The addition of transglutaminase enzyme in the formulation did not affect sensory traits nor the growth of coliforms and aerobics mesophile bacteria for up to 30 days. It is possible to develop acceptable restructured ham like tilapia products for the aquaculture industry from fillets unfit for export by adding 1% transglutaminase.

**Keywords:** Aquaculture product, cooked fish product, inlay, protein binding

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>7 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>29</b>
<b>8 ANEXOS .....</b>	<b>344</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Especificación de tratamientos .....	3
2. Formulación del producto reestructurado .....	4
3. Formulación del embutido tipo jamón de tilapia .....	6
4. Análisis de pH y temperatura de filetes frescos de tilapia gris tipo B y S .....	11
5. Promedio y desviación estándar (DE) de pH del embutido tipo jamón de tilapia .....	12
6. Promedio y desviación estándar (DE) del parámetro de fuerza de corte del embutido tipo jamón de tilapia .....	12
7. Promedio y desviación estándar (DE) de los parámetros de color, valores L, a y b, del embutido tipo jamón de tilapia .....	13
8. Promedio, desviación estándar (DE) y separación de medias del porcentaje del componente humedad del embutido tipo jamón de tilapia .....	14
9. Promedio, desviación estándar (DE) y separación de medias del porcentaje del componente ceniza del embutido tipo jamón de tilapia .....	15
10. Promedio y desviación estándar (DE) del porcentaje del componente grasa del embutido tipo jamón de tilapia .....	15
11. Promedio y desviación estándar (DE) del porcentaje del componente de proteína cruda del embutido tipo jamón de tilapia .....	16
12. Promedio y desviación estándar (DE) del porcentaje del componente carbohidrato presentes en el embutido tipo jamón de tilapia .....	17
13. Promedio y desviación estándar (DE) de coliformes y aerobios totales presentes en el embutido tipo jamón de tilapia .....	18
14. Promedio y desviación estándar (DE) del parámetro L de color del embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo .....	21
15. Promedio, desviación estándar (DE) y separación de medias del parámetro de valor a de color del embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo .....	21
16. Promedio y desviación estándar (DE) del parámetro b de color del embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo .....	22
17. Promedio y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de color para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo .....	24
18. Promedio y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de sabor para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo .....	25
19. Promedio y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de textura para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo .....	26
20. Promedio y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de aceptación general para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo .....	26

Figuras	Página
1. Flujo de proceso para la preparación de la enzima transglutaminasa, elaboración del producto reestructurado y embutido tipo jamón de tilapia. ....	5
2. Promedios de los valores de pH durante el almacenamiento del embutido tipo jamón de tilapia .....	19
3. Promedios de los valores de fuerza de corte durante el almacenamiento del embutido tipo jamón de tilapia .....	20
4. Promedios a través del tiempo de coliformes totales del embutido tipo jamón de tilapia .....	23
5. Promedios a través del tiempo de aerobios totales presentes en el embutido tipo jamón de tilapia .....	24
Anexos	Página
6. Hoja sensorial de prueba hedónica de aceptación .....	34
7. Cuadro para la determinación de correlación entre fuerza de corte y análisis químicos de los embutidos tipo jamón de tilapia.....	35
8. Cuadro de correlación entre fuerza de corte y análisis sensorial en los embutidos tipo jamón. ....	36

## 1. INTRODUCCIÓN

Los productos acuícolas con valor agregado derivados del pescado están incrementando su posición en el mercado, por ello es de vital importancia la creación de nuevos productos basados en materias primas de alta calidad y con menores costos (Guerra, 2013). Los productos acuícolas como el pescado, son alimentos que proveen proteínas de fácil digestión, así como un alto valor en micronutrientes, minerales, vitaminas A y D (FDA, 2009).

La industria acuícola de Honduras, especialmente la que produce tilapia, se encuentra en la posición tres de exportación de filetes frescos de tilapia al mercado estadounidense (Panorama acuícola, 2014). La tilapia es registrada en la balanza de pagos de Honduras como producto principal no tradicional desde el 2000 y se ha incrementado su exportación de US\$5,3 millones en el 2000 a 74,1 millones en el año 2014 (Banco Central de Honduras, 2014). La tilapia, es actualmente la especie que representa mayores índices de producción en la acuicultura debido a sus características. El rendimiento depende de la eficacia del trabajo manual o el uso de equipo automatizado para fileteado. Debido a esto, en el procesamiento de la tilapia el filete representa el 25% y los residuos el 75%, siendo estos: piel, vísceras y aletas. Los filetes que no cumplen con los estándares de exportación representan del 12 al 14% de la pesca total y se obtienen de peces que no alcanzan el tamaño adecuado (Guerra, 2013).

La tecnología de reestructuración de carne permite la producción de productos de carne con valor agregado partiendo de cortes y pedazos de baja calidad. Adicionalmente, esta tecnología puede mejorar las características de los productos como textura, contenido graso, cohesión y forma; al mismo tiempo, puede satisfacer la demanda creciente de productos de mayor conveniencia (Sun, 2009). Las ventajas de la elaboración de productos reestructurados por ajuste de proteínas reforzado por transglutaminasa (TG), es que ésta forma enlaces covalentes entre proteínas, que hace posible la obtención de productos mínimamente procesados en estado bruto que puede ser comercializado en productos frescos o cocidos (Brewer *et al.*, 2001).

La TG, es una enzima clasificada como transferasa la cual se encuentra en la naturaleza; y se encuentra en plantas, animales y microbios (*Streptovercillium mobaraense* o *Streptovercillium cinnamomeum*). Barreiro (2003) indica que la TG puede ser extraída de hígados y músculos de mamíferos y de ciertos tejidos vegetales. La TG utilizada en éste estudio fue la ACTIVA GS<sup>®</sup> que es una enzima independiente de calcio producida por vía de la fermentación microbiana capaz de enlazar dos aminoácidos (glutamina y lisina) produciendo enlaces covalentes entre proteínas de la misma naturaleza y otras externas (Ajinomoto, s.f.a). La ACTIVA GS<sup>®</sup>, funciona bajo condiciones de pH de 4-9 siendo el pH óptimo de 6-7. Así mismo, se activa en un amplio rango de temperatura incluso durante las primeras etapas de cocción lo que vuelve a la TG versátil para su uso en procesos en los que se requieren condiciones extremas. La enzima se desnaturaliza durante el proceso de cocción bajo la combinación del binomio tiempo por temperatura (Ajinomoto, s.f.c). Esta temperatura de inactivación puede variar con las condiciones y la composición de los sistemas de alimentación en el que se está utilizando (Ajinomoto, s.f.a).



El rendimiento potencial promedio de la genética de *Oreochromis niloticus* en Honduras es de 47 a 48% en carne para filete. A dicho porcentaje, se le resta 4% de piel y la misma cantidad entre recortes y espina. En síntesis se tiene un 8% de tilapia que aún posee recortes de carne roja al cual no se le da un aprovechamiento (López, 2014). Pelayo (2012) reportó que éste material residual se utiliza para crear productos como harinas, fertilizantes o biodiesel. Sin embargo, la mayoría de los mismos son desechados lo que produce, por un lado, contaminación ambiental y por el otro, pérdida de subproductos que proporcionen un valor agregado a la materia prima.

Guerra (2013) muestra resultados positivos con la utilización de TG microbiana al conservar las características nutricionales de la tilapia. Esta enzima siendo concentrada solo al 0.5% fue suficiente para obtener productos reestructurados de tilapia con una elevada aceptabilidad de consumo. Márquez *et al.* (2006), realizaron investigaciones sobre la utilización de TG en productos cárnicos de pollo y res reestructurados a concentraciones de 0.25, 0.50, 0.75 y 1.00%. Adicionalmente, evaluaron cuatro diferentes tiempos de reacción: 4, 8, 12 y 24 h, a una temperatura de 4 °C. Estos estudios indicaron que al aumentar la concentración de TG y el tiempo de reacción, aumentó la cohesión de las carnes y en consecuencia la estabilidad del producto final.

La importancia de éste estudio se centró en demostrar la unión de las proteínas de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) con la enzima TG para crear un producto reestructurado dando así, una alternativa a la industria de elaborar un nuevo producto aprovechando los filetes de tilapia que no clasifican para exportación lo cual garantiza un uso más eficiente de la materia prima. No existe documentación científica sobre la utilización de TG en tilapia en la elaboración de subproductos reestructurados tipo jamón. Basado en lo anterior los objetivos planteados para la investigación fueron:

- Elaborar un producto reestructurado de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) tipo jamón con la utilización de la enzima transglutaminasa a partir de filetes no aptos para exportación.
- Evaluar el efecto a las 24 horas de la enzima transglutaminasa (0.0, 0.5 y 1.0%) en las características físicas y químicas de un embutido tipo jamón elaborado con dos tipos de filetes de tilapia gris no aptos para exportación.
- Determinar el efecto de la enzima transglutaminasa (0.0 y 1.0%) en las características sensoriales de un embutido tipo jamón elaborado con un tipo de filete de tilapia gris no apto para exportación.
- Caracterizar microbiológicamente el embutido tipo jamón elaborado con dos tipos de filete de tilapia gris no aptos para exportación a 0.0, 0.5 y 1.0% de transglutaminasa.
- Caracterizar física (color y textura), química (pH) y microbiológicamente el embutido tipo jamón elaborado con filetes de tilapia gris no aptos para exportación a 0.0 y 1.0% de transglutaminasa a los 0, 15 y 30 días.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** La investigación se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) y el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ), ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

**Primera fase.** La primera fase del estudio consistió en la preparación de la enzima TG, elaboración del producto reestructurado con tres concentraciones de enzima y dos tipos de filetes que fueron utilizados como materia prima para elaborar el embutido tipo jamón de tilapia y la selección del mejor tratamiento a ser sometido a análisis sensorial.

**Diseño experimental.** El diseño experimental fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 2 x 3. Se utilizaron dos tipos de filete y tres niveles de transglutaminasa para un total de seis tratamientos y tres repeticiones cada 15 días, con un total de 18 unidades experimentales.

**Tratamientos.** Se elaboró un producto reestructurado de tilapia, con el que se produjo un embutido tipo jamón con dos tipos de filete (B y S) y tres concentraciones de enzima TG (0.0, 0.5 y 1%) que se utilizó como materia prima, obteniendo seis tratamientos (Cuadro 1). El filete tipo B es aquel que posee cortaduras o deformaciones leves en su superficie y el filete tipo S es el que posee una carne demasiado suave debido a la alimentación y estrés sufrido por la tilapia, ambos productos no aptos para exportación. Los filetes se obtuvieron de la empresa Aquafinca, Honduras.

Cuadro 1. Especificación de tratamientos.

Filete*	Enzima Transglutaminasa (%)		
	0.0	0.5	1.0
Tipo B	B0 (control)	B0.5	B1
Tipo S	S0 (control)	S0.5	S1

\* B = con cortaduras o deformaciones leves en su superficie, S = filete con textura suave.

**Análisis estadístico.** Se utilizó el programa Statistical Analytical System (SAS<sup>®</sup>) versión 9.3 Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias LS Means con nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

**Preparación de la enzima transglutaminasa.** La enzima con el agua se mezclaron para los tratamientos con concentraciones de 0.5 y 1% de TG. Se utilizaron tazones de acero inoxidable para mezclar con un batidor metálico de mano durante 4 min hasta lograr la formación de espuma sobre la superficie. Las mezclas reposaron durante 1 h hasta que la espuma desapareció en su totalidad. Durante el reposo, la enzima se hidrató y alcanzó sus condiciones óptimas de acción para ser posteriormente utilizada en la reestructuración del producto.

**Formulación producto reestructurado.** La formulación para el producto reestructurado se encuentra en el Cuadro 2. Se utilizó 6.82 kg de filete de tilapia gris para cada uno de los seis tratamientos. Los tratamientos con 0, 0.5 y 1% de enzima se formularon en una relación carne:agua:enzima de 100:0:0, 97.5:2:0.5 y 95:4:1, respectivamente siguiendo las indicaciones del proveedor (Ajinomoto, s.f.b). Previo a la mezcla de los filetes de tilapia con la enzima ya preparada, se tomaron datos de pH y temperatura a los dos tipos de filetes utilizados para cada una de las repeticiones.

Cuadro 2. Formulación del producto reestructurado.

Ingredientes	Porcentaje de enzima en la formulación (%)					
	B0 (control)	S0 (control)	B0.5	S0.5	B1	S1
	Cantidad (kg)					
Filete de tilapia	6.82	6.82	6.82	6.82	6.82	6.82
Agua	0.00	0.00	0.31	0.31	0.63	0.63
Enzima	0.00	0.00	0.08	0.08	0.16	0.16

**Proceso de elaboración del producto reestructurado.** Previo a las actividades de producción, se limpió y desinfectó el área de trabajo y equipos (Figura 1). Se pesaron por separado los ingredientes cárnicos y no cárnicos en tazones de acero inoxidable utilizando una balanza (OHAUS, serie 5000).

Se procedió a mezclar manualmente la enzima preparada con los dos tipos de filete durante 3 min en un tazón de acero inoxidable. Cada tratamiento se embutió manualmente en fundas de poliamida (DIMEX S.A.) de 15 cm de diámetro y 75 cm de largo. El producto ya embutido se dejó reposar a 4 °C durante 24 h. Este mismo proceso se realizó sucesivamente para cada tipo de filete y cada concentración de enzima. Posteriormente el producto reestructurado se colocó en un cuarto frío durante 24 h a una temperatura de 4 °C.

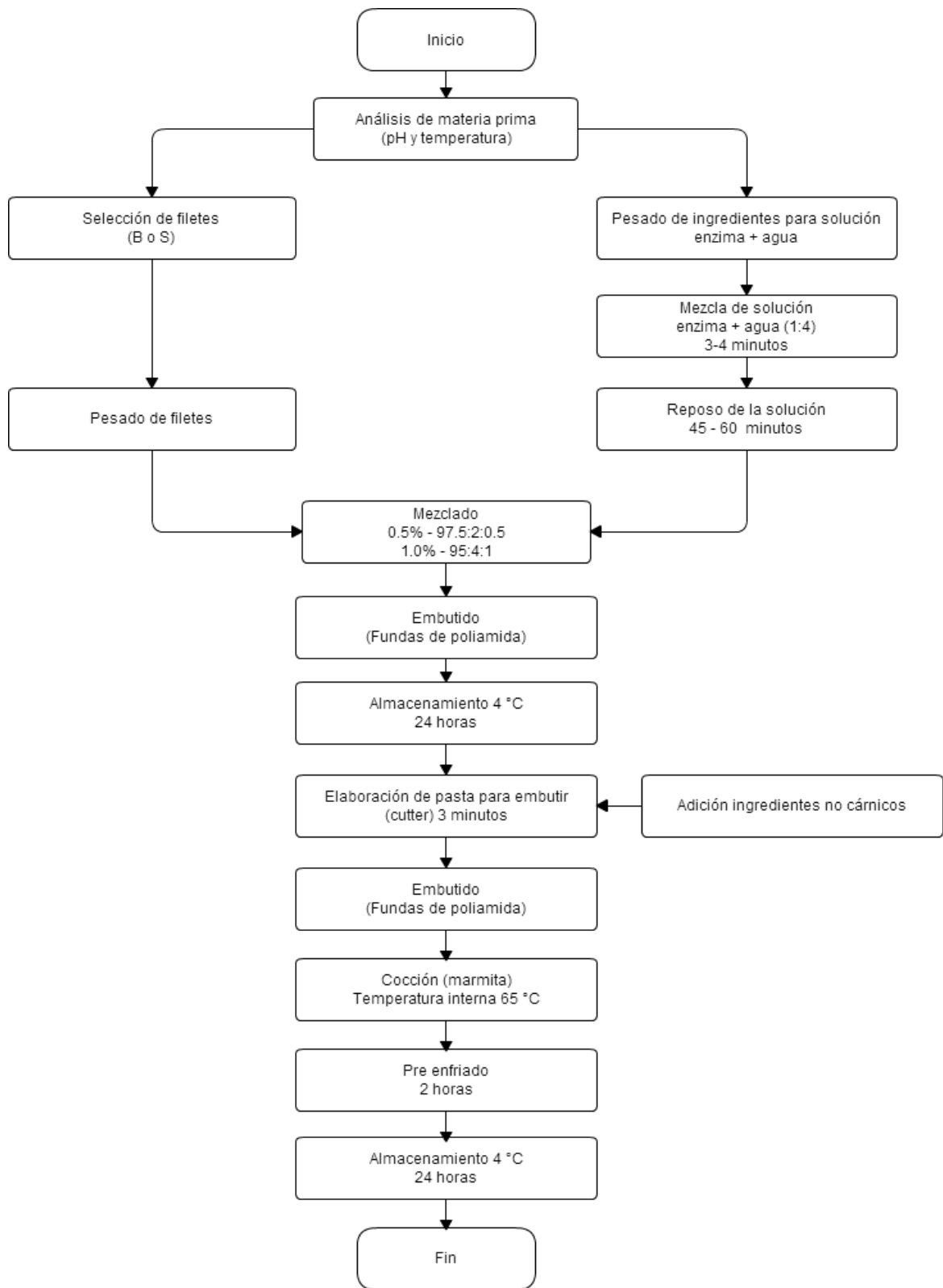


Figura 1. Flujo de proceso para la preparación de la enzima transglutaminasa, elaboración del producto reestructurado y embutido tipo jamón de tilapia (B = filete con cortaduras o deformaciones leves en su superficie, S = filete con textura suave).

**Formulación del embutido tipo jamón de tilapia.** Se elaboró el embutido tipo jamón de tilapia basado en la formulación del jamón de cerdo de la Planta de Cárnicos de Zamorano (Cuadro 3). Los ingredientes no cárnicos no variaron en la formulación del embutido tipo jamón de tilapia, no así el ingrediente cárnico que contenía diferentes concentraciones de enzima según tratamiento.

Cuadro 3. Formulación del embutido tipo jamón de tilapia.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Producto reestructurado de tilapia*	6.818	82.048
Azúcar	0.118	1.422
Condimento para jamón	0.060	0.722
Tripolifosfato de sodio	0.024	0.289
Eritorbato de sodio	0.003	0.044
Sal nitrificada	0.016	0.197
Sal yodada	0.083	0.996
Lactato de sodio	0.210	2.527
Agua	0.479	5.771
Hielo	0.497	5.982
<b>Total</b>	<b>8.308</b>	<b>100.000</b>

\*Proveniente de la reestructuración de filete B o S con la enzima transglutaminasa a 0.0, 0.5 o 1%.

**Proceso de elaboración del embutido tipo jamón de tilapia.** Transcurridas las 24 h de reposo del producto reestructurado se elaboró el embutido tipo jamón de tilapia (Figura 1). Se pesaron los ingredientes descritos (Cuadro 3) para cada uno de los tratamientos en una balanza (OHAUS serie 5000). Se utilizó un cutter (HOBART 84186) para la obtención de la pasta gruesa a embutir, agregando primeramente el filete seguido de los ingredientes no cárnicos para cada uno de los tratamientos. El proceso en el cutter duró 3 min logrando homogenizar la pasta. Se prosiguió a embutir la pasta gruesa en fundas de poliamida (15 cm de diámetro x 75 cm de largo) (DIMEX S.A.). Se colocaron los tratamientos en una marmita eléctrica (VULCAN-VEC6) para su cocción hasta 65 °C internamente (IFSIDS 2005). Una vez terminada la cocción, los tratamientos fueron pre enfriados en la marmita durante 2 h hasta alcanzar 24 °C y luego se colocaron en un cuarto frío durante 24 h a 4 °C.

**Análisis físicos.** Se realizaron análisis de textura y color para el embutido tipo jamón de tilapia en cada uno de los tratamientos. El análisis de textura determinó la dureza y el color fue analizado para evaluar el potencial efecto de la enzima sobre el color del embutido tipo jamón.

**Análisis de textura.** Se midió la fuerza de corte (Texture Analyzer Brookfield CT3 4500), utilizando la muestra en forma de bloque de 2×2×2 cm con una carga de activación de 0.044 N, velocidad de 2 mm/s, sonda TA25/1000, elemento TA-RT-KI y una celda de 7 con carga de 4500 g (Gonzales *et al.*, 2009; Ruíz, 2005), el acople utilizado fue Warner Bratzel basado en las especificaciones del fabricante. Se obtuvieron tres mediciones por cada tratamiento.

**Análisis de color.** Para realizar las mediciones de color (Color Flex HunterLab, modelo 45 serie Cx0687) se extrajeron muestras del embutido tipo jamón de tilapia de 4.70 g cada una. El tamaño se realizó con base en al tamaño del acople (32 mm) para cubrir todo el diámetro y obtener una medición completa del producto, siguiendo las especificaciones del fabricante. Se realizaron tres mediciones para cada tratamiento.

**Análisis químicos.** Se realizaron análisis de pH, humedad, ceniza, grasa, fibra y proteína cruda. El análisis de los pH se realizó a los filetes frescos y el embutido tipo jamón. El resto de los análisis fueron realizados únicamente al embutido tipo jamón. El análisis de fibra cruda, se realizó con el fin de reducir costos para la obtención del contenido de carbohidratos por diferencia.

**Medición pH.** Se midió la concentración de hidrógeno (ORIO STAR) en muestras de  $300 \pm 10$  g, se obtuvieron cinco mediciones de pH de cada tratamiento.

**Análisis de humedad.** La humedad se determinó por el método oficial 952 (AOAC, 1990) de horno con aire forzado a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se secaron los crisoles (C) en el horno a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 1 h, posteriormente se dejaron enfriar en el desecador. Se añadieron  $3 \pm 0.0010$  g de muestra anotando el peso exacto Crisol más Muestra Húmeda (C + MH). Los crisoles con muestra pasaron durante 18 h en el horno a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Transcurridas las 18 h los crisoles se enfriaron durante 15 min. Se pesaron los Crisoles con la Muestra Seca (C + MS). El porcentaje de humedad (H) de cada tratamiento se determinó con la fórmula 1.

$$H = \frac{(C + MH) - (C + MS) \times 100}{(C + MH) - C} \quad [1]$$

**Análisis de ceniza.** La medición de minerales totales (cenizas) se realizó usando el método oficial 923.03 (AOAC, 2005) por incineración en seco. Se secaron los crisoles (C) en el horno a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 1 h, posteriormente se dejaron enfriar en el desecador. Se añadieron  $3 \pm 0.0010$  g de muestra anotando el peso exacto Crisol más Muestra Húmeda (C + MH). Los crisoles con muestra pasaron durante 18 h en el horno a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Transcurridas las 18 h los crisoles se enfriaron durante 15 min. Luego de retirar la humedad de cada muestra (C + MS), se incineraron a  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 8 h o hasta la obtención de cenizas color gris claro. Los crisoles con Ceniza (CZ) se dejaron enfriar y fueron pesados. El contenido de ceniza se obtuvo con la fórmula 2.

$$\% CZ = \frac{CZ \times 100}{MH} \quad [2]$$

**Análisis de grasa.** La determinación del porcentaje de grasa se realizó con el uso del equipo automático de extracción de grasa Foss SOXTEC 2050 utilizando el método 991.36. (AOAC, 1996) Se colocaron los anillos de metal a los dedales de celulosa; a cada dedal se le agregó 2 g de celite 545. Se homogenizaron muestras y se colocaron  $3 \pm 0.005$  g a cada dedal. El peso fue registrado como “peso muestra” (M). Dentro de las tazas de extracción

se colocaron cinco perlas, de vidrio luego las tazas fueron pesadas y registradas como “peso taza” (T).

Los dedales con muestra se secaron durante 1 h a 125 °C, luego se enfriaron y se mezcló la muestra con el celite 545 utilizando una varilla de vidrio. A los dedales se les colocó algodón, previo a ser transferidos al equipo de extracción. Las tazas se colocaron en el equipo de extracción y se agregaron 80 mL de éter de petróleo a cada muestra. La grasa se extrajo sumergiendo cada muestra en el solvente ebulviendo durante 25 min. Durante 30 min se lavaron las muestras con solvente; las tazas se secaron durante 30 min a 125 °C en el horno. Los registros de peso de la taza ya fría se anotó como “Taza más Extracto Etéreo” (T + EE). El contenido de grasa se calculó con la fórmula 3.

$$\% \text{ grasa} = \frac{EE \times 100}{M} \quad [3]$$

Donde:

T= Peso de la Taza (g).

EE= Peso Extracto Etéreo (g) = Peso Taza +EE – T.

M= Peso de la Muestra (g).

**Análisis de proteína cruda.** La determinación de proteína se realizó en base húmeda utilizando el Digestor FOSS Tecator 20 y Destilador FOSS Kjeltec 8100. Para la digestión de las muestras, se encendió el digestor dejándolo calentar hasta 420 °C. Se pesaron dos muestras previamente homogenizadas de  $1.000 \pm 0.005$  g por cada tratamiento sobre papel bajo en nitrógeno. Las muestras se transfirieron a un tubo de digestión enumerado. Dentro de la campana de gases se agregaron dos tabletas catalizadoras (kjeltabs) y 15 mL de ácido sulfúrico a cada tubo. Los tubos se colocaron en la rejilla de tubos digestores y sobre estos se colocó el exhaustor cuya válvula se abrió al máximo. Los tubos digestores se trasladaron al digestor precalentado, luego las muestras fueron digeridas durante 1 h hasta que las muestras presentaron una tonalidad verde. Los tubos se removieron del digestor y se enfriaron a temperatura ambiente.

En la etapa de destilación, las muestras se introdujeron al destilador con la ayuda de pinzas y se colocó un erlenmeyer al destilador. De acuerdo a las especificaciones del fabricante se seleccionó el programa de destilación. El tubo digestor se removió y se colocó de nuevo en la rejilla y se removió el erlenmeyer del destilador. Estos pasos se realizaron para todos los tratamientos.

Para la titulación se cargó la bureta con ácido clorhídrico al 0.1N. El erlenmeyer del destilador se colocó sobre un agitador magnético y agitó. La muestra fue titulada gota a gota hasta su punto de coloración violeta. El volumen en mL de ácido descargado por la bureta se anotó como “volumen de ácido”. Este procedimiento de titulación fue realizada para cada una de las muestras. Los cálculos se realizaron con las fórmulas 4,5 y 6.

$$B = \frac{B1 + B2}{2} \quad [4]$$

$$\% N = \frac{(T - B) \times N \times 14.007}{M \times 10} \quad [5]$$

$$\% \text{ proteína} = \% N \times 6.25 \quad [6]$$

Donde:

T= Volumen de ácido utilizado para la muestra.

B= Promedio del volumen de ácido utilizado para los blancos B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>.

N= Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado.

M= Peso de la muestra

**Análisis de carbohidratos.** El porcentaje de carbohidratos de los tratamientos se obtuvo por diferencia de componentes. Se utilizó la fórmula 7.

$$\% \text{ CHOs} = 100\% - (\% \text{ humedad} + \% \text{ ceniza} + \% \text{ proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ fibra cruda}) \quad [7]$$

**Análisis microbiológicos.** Se realizaron análisis de coliformes y aerobios totales para determinar la calidad del embutido tipo jamón de tilapia elaborado.

**Preparación de medios.** Se preparó el medio Agar Cuenta Estándar (ACE) de acuerdo a las especificaciones del fabricante (23.5 g /1000 mL con pH 7 ± 0.2 a 25 °C). Luego se preparó un buffer de fosfato, extrayendo de la solución madre 1.25 mL por 1000 mL y se calculó la cantidad del buffer de fosfato con base en la cantidad de muestra (90 mL/cada muestra) y al número de tubos de ensayo (9 mL/cada uno). El medio de ACE, frascos y tubos de ensayos con la solución buffer de fosfato y los utensilios se esterilizaron a 121 °C por 30 min en la autoclave. El medio Agar Bilis Rojo Violeta (ABRV) se elaboró el mismo día de la siembra de acuerdo a las especificaciones de fabricante (41.5 g /1000 mL con 7.4 ± 0.2 a 25 °C) y junto al medio ACE (previamente fundido en el autoclave) se colocaron en baño maría a 45 °C, para evitar solidificación.

**Mesófilos aerobios.** Para el análisis de aerobios totales se pesó 10 g de muestra y 90 mL de solución buffer de fosfato, las cuales se colocaron en bolsas para su homogenización en el Stomacher por un período de 2 min. Cada dilución antes de ser sembrada fue agitada en el Vortex (Vortex-Genie 2). Se sembró por el método de vaciado en placa con las diluciones 10<sup>-1</sup> y 10<sup>-2</sup>. En cada placa se colocó 1 mL de muestra para posteriormente colocar 15 mL de ACE en cada uno de los platos Petri (AgroBioTec) dejándolos reposar para su solidificación. Luego, los platos Petri se trasladaron a la incubadora durante 48 h a 35 °C. Una vez transcurrido las 48 h se procedió al conteo de los platos Petri.

**Coliformes totales.** Para el análisis de coliformes totales se pesó 10 g de muestra y 90mL de solución buffer de fosfato, lo cual se colocó en bolsas para su homogenización en el Stomacher por un período de 2 min. Cada dilución antes de ser sembrada era agitada en el Vortex (Vortex-Genie 2). Se sembró por el método de vaciado en placa con la dilución 10<sup>-1</sup>. En cada placa se colocó 1 mL de muestra para posteriormente colocar una doble capa de 15 mL de ABRV en cada uno de los platos petri dejándolos reposar para su solidificación.



Luego, los platos Petri se trasladaron a la incubadora donde estuvieron durante 24 h a 35 °C. Una vez transcurrido las 24 h se procedió al conteo de los platos Petri.

**Segunda Fase.** La segunda fase del estudio consistió en analizar sensorial, física y microbiológicamente el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo (0, 15 y 30 días), para lo cual se utilizó el filete tipo B. Este filete fue seleccionado por ser uno de los tratamientos que obtuvo una mayor fuerza de corte en conjunto con el embutido tipo jamón de tilapia S1. Debido a las limitantes presupuestarias del estudio no se elaboró con el filete tipo S.

**Diseño experimental.** El diseño experimental utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA). Se obtuvo un total de 18 unidades experimentales: dos tratamientos (filete B con 0 y 1% de TG), tres repeticiones cada 15 días y tres medidas repetidas en el tiempo (0, 15 y 30 días).

**Tratamientos.** Se elaboró un producto reestructurado de tilapia, con el que se produjo un embutido tipo jamón con un tipo de filete (B) y dos concentraciones de enzima TG (0 y 1%) que se utilizaron como materia prima para elaborar el embutido tipo jamón.

**Análisis estadístico.** Se utilizó el programa Statistical Analytical System (SAS®) versión 9.3 Se realizó un análisis por tiempo y una separación de medias LS Means con nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

**Elaboración del producto reestructurado y embutido tipo jamón de tilapia.** La preparación de la enzima, la formulación del producto reestructurado y la formulación y elaboración del embutido tipo jamón de tilapia, se realizó bajo los mismos parámetros utilizados en la fase uno del estudio.

**Análisis físicos, químicos y microbiológicos.** Para los días 0, 15 y 30 se efectuaron los análisis físicos (textura y color), pH y microbiológicos utilizando los métodos descritos en la primera fase.

**Análisis sensorial.** Se efectuaron análisis sensoriales de aceptación del embutido tipo jamón de tilapia a los 0, 15 y 30 días en dos tratamientos (B0% y B1%) con 60 panelistas (estudiantes y empleados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano). Los atributos evaluados fueron: color, textura, sabor y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente). En el anexo 1 se encuentra la escala hedónica.

Se utilizó agua y galletas de soda para limpiar el paladar al momento de cambio de muestra. Las muestras se presentaron en bandejas con códigos de tres dígitos escogidos al azar. El orden en que se presentaron las muestras se escogió aleatoriamente para disminuir el error experimental.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Primera Fase

**Análisis de pH y temperatura del filete fresco.** El pH y temperatura de los filetes tipo B y S no fueron diferentes ( $P>0.05$ ). Los valores de pH obtenidos para los filetes frescos (Cuadro 4), se encuentran dentro del rango de acción óptima de pH (5 a 7) de la enzima transglutaminasa. Los valores de pH (Cuadro 4) concuerdan con Cardona (2013), quien señaló que el pH de filete de tilapia fue de 5.5 a 6.5. Fattah y Sayed (2006) expresaron que la temperatura de refrigeración de la tilapia recomendada es de 0 a 8 °C, siendo la óptima 4 °C. La temperatura promedio de los filetes B y S se encontró en un rango de 6.07 a 6.21 °C (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de pH y temperatura de filetes frescos de tilapia gris tipo B y S previo al proceso de reestructuración.

Filete	pH	Temperatura
	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)
Tipo B	5.96 $\pm$ 0.12	6.07 $\pm$ 0.10
Tipo S	5.93 $\pm$ 0.02	6.21 $\pm$ 0.23
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>1.39</b>	<b>2.97</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = no significancia ( $P>0.05$ )

**Medición de pH.** La presencia de TG en los diferentes embutidos tipo jamones de tilapia no afectó ( $P>0.05$ ) los valores promedios de pH obtenidos (Cuadro 5). El rango de pH para los embutidos tipo jamones de tilapia fue de 6.3 a 6.4, promedios similares a los expresados por Hleap y Velazco (2012), quienes reportaron un pH de 6.18 para embutidos a base de tilapia con una única concentración de almidón de sagú como agente para ligar proteínas. Al mismo tiempo, los pH de los embutidos tipo jamones de tilapia fueron menores a los que Velásquez *et al.* (s.f.) reportaron para carne de hamburguesa elaborada con tilapia que fue de 6.8.

Cuadro 5. Promedios y desviación estándar (DE) de pH del embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	pH
	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	6.30 $\pm$ 0.07
B0.5	6.35 $\pm$ 0.07
B1	6.39 $\pm$ 0.03
S0 (control)	6.32 $\pm$ 0.06
S0.5	6.34 $\pm$ 0.10
S1	6.40 $\pm$ 0.07
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>1.09</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = no significancia (P>0.05)

**Análisis de textura.** Aunque los valores promedio de fuerza de corte fueron superiores en los tratamientos con una concentración de enzima de 1% sin importar el tipo de filete, no se encontró diferencia (P>0.05) entre el embutido tipo jamón de tilapia con y sin enzima TG (Cuadro 6). Los valores obtenidos fueron contrarios a los que Suksomboon y Rawdken reportaron en el 2010 y Pietrasik y Li-Chan (2002), quienes indicaron que la mayor fuerza de corte aplicada se observó en los productos a los cuales se les agregó mayor cantidad de enzima. La variabilidad y diferencia en textura de los embutidos tipo jamones de tilapia de este estudio y los reportados por Suksomboon y Rawdken (2010) radica probablemente en el método de embutido, siendo el de ellos un embutido mecánico lo que disminuye la cantidad de burbujas de aire que quedan atrapadas en el producto. Para nuestro estudio, la presencia de burbujas de aire dentro del producto pudo ser el factor influyente en el coeficiente de variación el cual está por encima del 10%. Por otro lado Saavedra (2013) reporto valores similares a los del Cuadro 6 en jamones de cerdo reestructurados con diferentes porcentajes de TG y sal lo que indica que la fuerza de corte para embutidos tipo jamones de tilapia se asemeja a la aplicada para jamones reestructurados de cerdo.

Cuadro 6. Promedios y desviación estándar (DE) del parámetro de fuerza de corte del embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	Fuerza de Corte (N)
	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	19.30 $\pm$ 1.23
B0.5	22.84 $\pm$ 4.13
B1	26.74 $\pm$ 3.85
S0 (control)	18.84 $\pm$ 1.99
S0.5	22.29 $\pm$ 3.19
S1	25.15 $\pm$ 4.29
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>14.72</b>

€ Coeficiente de Variación

N = Newtons

NS = no significancia

P>0.05

**Análisis de color.** Los valores de color L, a y b de los embutidos tipo jamón de tilapia para cada tratamiento se encuentran en el Cuadro 7. No se encontró diferencia ( $P>0.05$ ) para la luminosidad (L) encontrándose los valores promedios en un rango de 72.61 a 75.06. Adicionalmente, no se observó diferencia ( $P>0.05$ ) en los parámetros de color a (0.68 – 2.30) y b (7.64 – 9.85) siendo estos positivos; indicando una tonalidad roja y amarilla, respectivamente. El CV para los parámetros de color a y b se encontraron por encima del máximo permitido para laboratorio (10%) este aumento pudo provocarse por la muestra utilizada para los análisis ya que la presencia de burbujas de aire en el mismo, afectó la toma de datos. La tonalidad del embutido tipo jamón de tilapia se encuentra en el cuadrante I del modelo cromático del CIE  $L^*a^*b^*$  (CIE, 1976).

Al ver que los valores L, a y b se encuentran dentro del cuadrante I del modelo cromático CIE  $L^*a^*b^*$  y sabiendo que la coloración en los jamones cocidos es dada por la adición de nitritos y el contenido de mioglobina presente en la carne (Toldra, 2010), se puede explicar la coloración rosada obtenida en el embutido tipo jamón de tilapia a la adición de nitrito de sodio en la formulación del producto. Pérez y Andújar (2000), indicaron que el cambio de color se debe a que el nitrito es reducido a óxido nítrico el cual al reaccionar con la mioglobina forma nitrosilhemocromo (después del tratamiento térmico) que brinda un color rojizo, el cual cambia a rosado como consecuencia del proceso térmico recibido (65 °C).

Cuadro 7. Promedios y desviación estándar (DE) de los parámetros de color, valores L, a y b, del embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	L	a	b
	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	72.61 $\pm$ 1.02	1.04 $\pm$ 0.89	7.64 $\pm$ 0.98
B0.5	73.99 $\pm$ 1.25	2.30 $\pm$ 0.80	7.89 $\pm$ 0.39
B1	74.53 $\pm$ 2.34	1.50 $\pm$ 0.33	9.38 $\pm$ 1.54
S0 (control)	72.61 $\pm$ 2.83	1.55 $\pm$ 1.11	7.50 $\pm$ 2.76
S0.5	72.72 $\pm$ 1.09	0.68 $\pm$ 0.24	7.72 $\pm$ 1.03
S1	75.06 $\pm$ 1.86	2.29 $\pm$ 1.05	9.85 $\pm$ 1.50
<b>CV (%)</b>	<b>2.53</b>	<b>52.05</b>	<b>18.59</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = no significancia

$P>0.05$

**Análisis de humedad.** El contenido de humedad del embutido tipo jamón de tilapia fue diferente ( $P<0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 8). Los promedios obtenidos son cercanos a los expresados por Marengoni *et al.* (2009), quienes reportaron un contenido de humedad de 76.86% en carne para hamburguesa a base de tilapia mecánicamente separada. Se evidencia en el Cuadro 8, que los embutidos tipo jamones de tilapia elaborados sin enzima, en comparación con los tratamientos con enzima, presentaron menores contenidos de humedad. Esta diferencia puede explicarse por la capacidad de retención de agua de la enzima TG (Ajinomoto, 2010). Los valores promedios obtenidos (Cuadro 8), fueron inferiores a los descritos por Marengoni *et al.* (2009); diferencia que pudo deberse al

contenido de sal utilizado en la formulación (1.5 vs 1.0%) la cual ayuda en la retención de agua.

Al realizar el análisis de correlación, se encontró una correlación ( $P < 0.05$ ,  $r = 0.6724$ ), entre el porcentaje de humedad y la fuerza de corte del embutido tipo jamón (Anexo 2) de modo que al aumentar el porcentaje de humedad, aumentó la fuerza de corte.

Cuadro 8. Promedios, desviación estándar (DE) y separación de medias del porcentaje del componente humedad del embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	Humedad (%)
	Promedio $\pm$ DE
B0 (control)	73.24 $\pm$ 0.42 bc
B0.5	73.77 $\pm$ 0.29 ab
B1	74.98 $\pm$ 0.91 a
S0 (control)	72.93 $\pm$ 0.48 c
S0.5	74.51 $\pm$ 0.21 a
S1	74.60 $\pm$ 0.39 a
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>0.68</b>

€ Coeficiente de Variación

abc Promedios con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

**Análisis de ceniza.** En el Cuadro 9, se observa diferencia ( $P < 0.05$ ) en el contenido de ceniza de los embutidos tipo jamones de tilapia. No obstante, los tratamientos B0.5 y S0 presentaron diferencia significativa, la cual es difícil de explicar ya que no se encontró relación alguna entre el tipo de filete y la concentración de enzima TG utilizada para dichos tratamientos. Se puede observar en el Cuadro 9, que el Coeficiente de Variación (CV) obtenido fue mayor al 10% (porcentaje máximo permitido para análisis de laboratorios), debido al mal estado de la mufla en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ).

En los embutidos tipo jamones de tilapia, el contenido de ceniza se encontró en el rango de 2.92 a 5.72%, valores cercanos a los reportados por Loyola (2013), quien reportó promedios entre 3.27 a 4.12% en cinco marcas de jamones reestructurados. Por otro lado, el contenido de ceniza de los embutidos tipo jamones de tilapia está por encima de los reportados por Hleap y Velasco (2011) quienes determinaron un promedio de ceniza en salchichas frankfurt de tilapia elaboradas con almidón de sagú fue de 2.90%.

Cuadro 9. Promedios, desviación estándar (DE) y separación de medias del porcentaje del componente ceniza del embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	Ceniza (%)
	Promedio ± DE
B0 (control)	4.61 ± 0.46 b
B0.5	5.72 ± 6.26 a
B1	3.79 ± 0.45 cd
S0 (control)	5.72 ± 1.15 a
S0.5	3.83 ± 0.45 bc
S1	2.92 ± 1.37 d
<b>CV (%)</b>	<b>20.870</b>

€ Coeficiente de Variación

abc Promedios con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)

**Análisis de grasa.** Ni el tipo de filete de tilapia (B o S) ni la concentración de enzima TG presente en los embutidos tipo jamones de tilapia, afectó el porcentaje de grasa (P>0.05). En el Cuadro 10, se observa que el contenido de grasa encontrado en los embutidos tipo jamones de tilapia osciló en un rango de 1.05 a 1.29%. El porcentaje obtenido es similar a los de un filete de tilapia crudo (1.95%) pero inferiores a los que Sary *et al.* (2009) reportaron para hamburguesas y pasteles con carne de tilapia lavada y mecánicamente separada obteniendo 6.75 y 5.89% de grasa, respectivamente. La diferencia entre los valores promedios obtenidos en los embutidos tipo jamones de tilapia y los reportados por Sary *et al.* (2009) probablemente se debió a la adición de aceite vegetal en sus formulaciones.

Cuadro 10. Promedios y desviación estándar (DE) del porcentaje del componente de grasa del embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	Grasa (%)
	Promedio ± DE (NS)
B0 (control)	1.16 ± 0.07
B0.5	1.29 ± 0.20
B1	1.05 ± 0.08
S0 (control)	1.12 ± 0.05
S0.5	1.21 ± 0.18
S1	1.14 ± 0.13
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>11.18</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = no significancia

P>0.05

**Análisis de proteína cruda.** En el Cuadro 11 se muestra que ni el tipo de filete utilizado ni el porcentaje de enzima TG no influyó (P>0.05) en el contenido de proteína de los embutidos tipo jamón de tilapia lo que se atribuye a la función de la enzima TG la cual es mejorar la estabilidad de las proteínas (Ajinomoto, 2010). Los promedios obtenidos que se encontraron en un rango de 16.33 a 17.66% (Cuadro 11), fueron similares a los expresados

por Crespo (2009), quien reportó un contenido proteico de 16.5% en medallones de tilapia y a los reportados por Hleap y Cortés (2008), cuyo contenido de proteína cruda en salchichas a base de tilapia fue de 15 a 24%. Marengoni *et al.* (2009), encontraron que el porcentaje de proteína en hamburguesas a base de carne mecánicamente separada de tilapia gris en promedio fue de 16.14% lo cual se asemeja a los promedios obtenidos en los diferentes tratamientos del embutido tipo jamón de tilapia (Cuadro 11).

Cuadro 11. Promedios y desviación estándar (DE) del porcentaje del componente de proteína cruda del embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	Proteína Cruda (%)
	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	16.47 $\pm$ 0.99
B0.5	16.89 $\pm$ 0.44
B1	17.66 $\pm$ 0.13
S0 (control)	16.33 $\pm$ 1.18
S0.5	16.86 $\pm$ 0.64
S1	16.67 $\pm$ 0.64
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>4.47</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = no significancia

P>0.05

**Análisis de carbohidratos.** Los valores obtenidos de carbohidratos para el embutido tipo jamón de tilapia se determinaron por diferencia de los componentes químicos, obteniendo valores entre 1.79 a 4.19% (Cuadro 12), los cuales no presentaron diferencia (P>0.05) entre tratamientos. Loyola (2013), reportó valores de carbohidratos entre 3.53 a 6.98% en jamones reestructurados, los cuales son similares a los promedios obtenidos en los tratamientos de este estudio (Cuadro 12). USDA (2015), demostró que en tilapia cocida hay ausencia de carbohidratos, por lo que se evidencia que el porcentaje promedio obtenido en los embutidos tipo jamones de tilapia (Cuadro 12) se da por los ingredientes no cárnicos utilizados en la formulación del producto, los cuales proporcionan azúcares añadidos.

Cavenaghi *et al.* (2013), reportó que el contenido de carbohidratos en salchichas frankfuters a base de carne de tilapia mecánicamente separada fue de 2.36%, el cual es cercano a los promedios de los tratamientos B0.5 y B1, los cuales presentaron valores de 2.21 y 1.79, respectivamente. La variabilidad (CV) presentada en éste análisis (>10%), pudo deberse a la variación existente en cada uno de los análisis químicos que fueron utilizados para la obtención de carbohidratos por diferencia de componentes.

Cuadro 12. Promedios y desviación estándar (DE) del porcentaje del componente de carbohidrato presente en el embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	Carbohidratos (%)
	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0	4.19 $\pm$ 0.51
B0.5	2.21 $\pm$ 0.26
B1	1.79 $\pm$ 1.92
S0	3.66 $\pm$ 1.21
S0.5	3.28 $\pm$ 0.33
S1	4.02 $\pm$ 0.43
<b>CV<sup>ε</sup> (%)</b>	<b>44.53</b>

<sup>ε</sup> Coeficiente de Variación

NS = No Significancia

P>0.05

**Análisis aerobios y coliformes totales.** En el Cuadro 13 se evidencia que no existió diferencia (P>0.05) entre tratamientos y la cantidad de Log de Unidades Formadoras de Colonias (Log<sub>10</sub> UFC) presentes en el embutido tipo jamón de tilapia. Bravo (2004), expresó que el límite de coliformes totales aceptables según el Diario Oficial de la Federación mexicana (DOF, 1995) en productos cocidos (carnes de mamíferos, aves, pescados, mariscos crustáceos, moluscos, etc.) es <10 UFC/g (<1 Log<sub>10</sub> UFC/g). Para este estudio, los conteos de coliformes totales para los tratamientos B0, S0 y S1 fueron mayores a 1 Log<sub>10</sub> UFC/g (Cuadro 13) por lo que se afirma que los embutidos tipo jamones de tilapia para estos tratamientos fueron mayores al límite permisible expresados DOF (1995). Estos valores mayores al límite permitido se dieron por malas prácticas de manufactura o por error experimental al momento de la siembra. Por otro lado, para los tratamientos B0.5, B1 y S0.5 (Cuadro 13) las UFC se encontraron dentro del límite permisible por el DOF (1995). Debido al error experimental en el conteo de cada uno de los microorganismos, el CV se encontró por encima del 10%.

En promedio, el conteo de aerobios totales se encuentra en el rango de 2.82 a 3.02 Log<sub>10</sub> UFC/g (Cuadro 13). La presencia de enzima TG y el tipo de filete no afectó el conteo de aerobios en ninguno de los tratamientos (P>0.05). Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2012), el límite máximo permisible para productos cárnicos cocidos es de 5 x 10<sup>5</sup> UFC/g, lo cual equivale a 5.7 Log<sub>10</sub> UFC/g, por lo cual se afirma que todos los tratamientos cumplen con el límite máximo permisible de esta norma. Por otro lado, Félix *et al.* (2005), indicaron que el límite máximo permisible para productos cocidos a base de pescados es de 5.17 Log<sub>10</sub> UFC/g, lo cual concuerda con el INEN, afirmando que todos los tratamientos se encuentran por debajo del límite máximo permisible.



Cuadro 13. Promedios y desviación estándar (DE) de coliformes y aerobios totales presentes en el embutido tipo jamón de tilapia.

Tratamiento	Coliformes Totales	Aerobios Totales
	(Log <sub>10</sub> UFC/g)	(Log <sub>10</sub> UFC/g)
	Promedio ± DE (NS)	Promedio ± DE (NS)
B0 (control)	1.20 ± 0.43	2.82 ± 0.48
B0.5	0.96 ± 0.03	2.94 ± 0.48
B1	0.96 ± 0.03	2.99 ± 0.71
S0 (control)	1.42 ± 0.83	2.66 ± 1.51
S0.5	0.95 ± 0.00	2.90 ± 0.62
S1	1.10 ± 0.17	3.02 ± 0.78
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>35.17</b>	<b>29.11</b>

€ Coeficiente de Variación

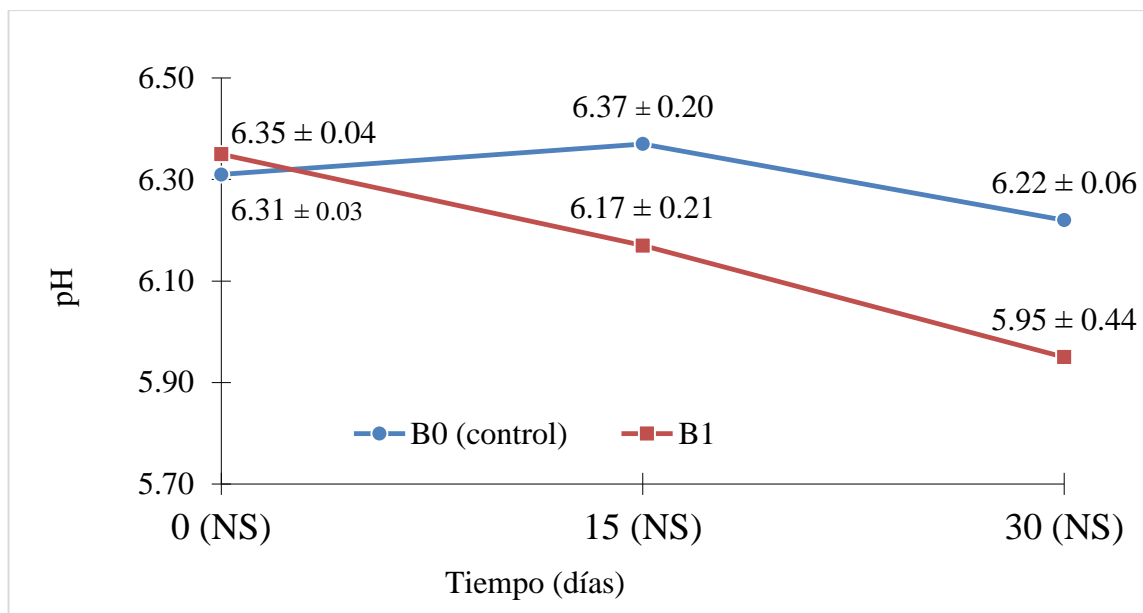
NS = no significancia

P>0.05

## Segunda Fase

**Medición de pH.** La enzima TG no afectó significativamente (P>0.05) los valores de pH de los embutidos tipo jamones de tilapia, a pesar que los valores de pH de los tratamientos cambiaron en el tiempo (Figura 2). Para el día 15, el tratamiento B0 mostró un aumento en su concentración de hidrógenos, para el día 30 ambos tratamiento mostraron una tendencia descendente en su valor de pH.

El aumento de pH del tratamiento B0 para el día 15 pudo deberse a la acción catalítica en los residuos de proteínas presentes en el embutido tipo jamón, conocido como fragmentación de las proteínas que se da por enzimas proteasas capaces de romper moléculas peptídicas lo que produce un aumento en el pH (Morales Sánchez y Gallo Ramírez, 2006). El tratamiento B1 no siguió este comportamiento lo que se atribuye al uso de la enzima TG cuya acción se da uniendo proteínas presentes en la carne brindándoles mayor estabilidad (Ajinomoto, 2010), evitando la fragmentación de proteínas.



Coefficiente de Variación (%): Día 0: 0.61; Día 15: 3.45; Día 30: 5.18.

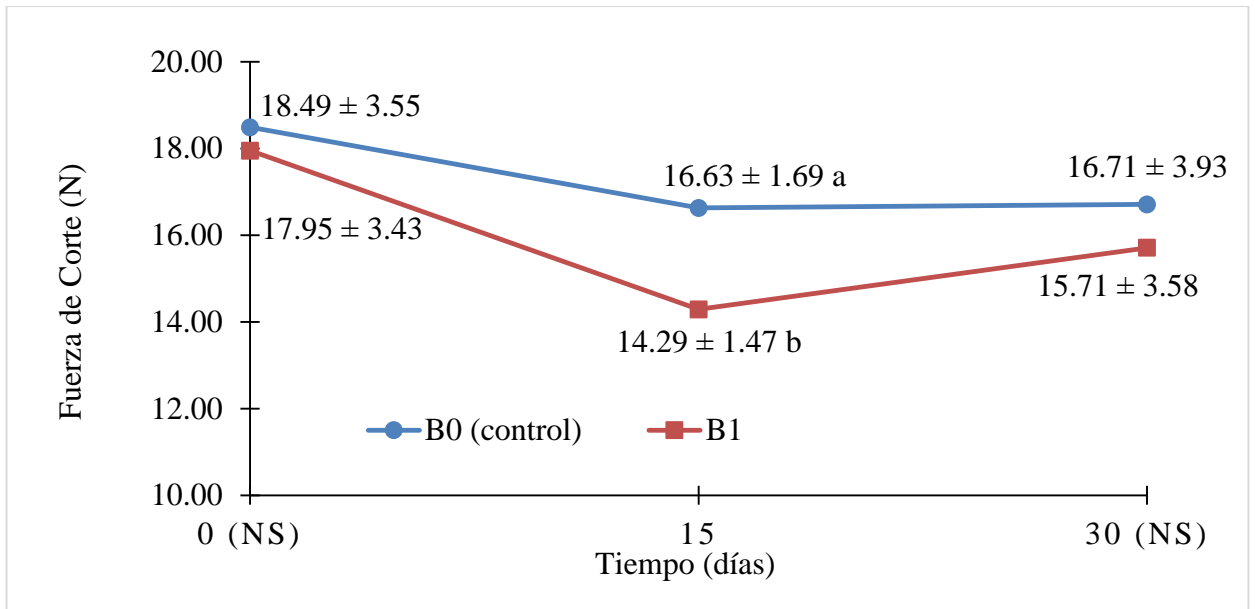
NS = no significancia

P>0.05

Figura 2. Promedios de los valores de pH durante el almacenamiento del embutido tipo jamón de tilapia.

**Análisis de textura.** La fuerza de corte de los embutidos tipo jamones de tilapia fue diferente entre tratamientos en el día 15 ( $P < 0.05$ ) pero no en los días 0 y 30 ( $P > 0.05$ ). La Figura 3, muestra una disminución de fuerza de corte para cada tratamiento del día cero al 30. Esta disminución puede atribuirse a la purga presentada por el producto la cual representa el lavado de valiosas proteínas resultando en la pérdida de importantes propiedades de la carne como la textura (Roseiro *et al.*, 1994). La explicación de por qué baja la fuerza de corte y luego sube del día 15 al 30 pudo deberse a la muestra utilizada en el análisis, ya que al embutirse manualmente quedaron burbujas de aire atrapadas en el producto.

Por otro lado, para el tratamiento B0 la fuerza de corte aplicada fue mayor a la del tratamiento B1 para cada una de las mediciones a través del tiempo (Figura 3); datos que contradicen los resultados que Pietrasik y Li-Chan (2002), quienes reportaron que a mayor concentración de enzima TG mayor fue la fuerza de corte aplicada.



Coefficiente de Variación (%): Día 0: 17.20; Día 15: 13.47; Día 30: 21.03.

NS = no significancia

abc Promedios con letras distintas en el mismo día son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

Figura 3. Promedios de los valores de fuerza de corte durante el almacenamiento del embutido tipo jamón de tilapia.

**Análisis de color.** Los valores obtenidos para los parámetros de color L y b en los diferentes tratamientos no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ), lo cual fue contrario para el parámetro a (rojo) que mostró diferencia en el día 15 ( $P < 0.05$ ).

El valor de la luminosidad en los embutidos tipo jamones de tilapia no fue afectado ( $P > 0.05$ ) por la enzima TG, ya que ésta no proporcionó color a los productos, iguales resultados fueron obtenidos por Dimitrakopoulou *et al.* (2005). Los valores de L obtenidos para el embutido tipo jamón de tilapia se encuentran en un rango entre 72.80 a 77.53 (Cuadro 14), valores que fueron mayores a los reportados por Loyola (2013) en cinco marcas de jamones reestructurados con datos de luminosidad entre 60.22 y 61.53. Esta diferencia en el valor de L pudo darse por efecto de la cantidad de agua presente en la superficie, variable relacionada con la cantidad de purga de un producto (Alarcón *et al.*, 2007).

Cuadro 14. Promedios y desviación estándar (DE) del parámetro L de color del embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo.

Tratamiento	L		
	Día 0	Día 15	Día 30
	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	76.98 $\pm$ 2.44	77.53 $\pm$ 2.52	72.81 $\pm$ 1.92
B1	76.86 $\pm$ 3.93	77.48 $\pm$ 1.86	72.80 $\pm$ 1.40
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>1.42</b>	<b>2.58</b>	<b>2.59</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = No Significancia

P>0.05

Los valores de a (Cuadro 15) en el día cero fueron diferentes (P<0.05) a los valores de los días 15 y 30 para el tratamiento control (B0). El tratamiento B1 no presentó diferencia (P>0.05) a través del tiempo, por lo que es notorio que la enzima TG por su capacidad de retención de agua disminuye la purga en el embutido tipo jamón de tilapia en el tiempo (Ajinomoto 2010). Los valores del parámetro de color a se encuentran entre un rango de 0.33 a 2.05 (Cuadro 15), los cuales son similares a los reportados por Hinojosa e Intriago (2012), quienes obtuvieron valores del parámetro a en un rango entre 1.60 a 3.30 en un embutido a base de carne de tilapia. Los valores promedio de a presentes (Cuadro 15) fueron resultados que se esperaban debido a la baja concentración de pigmentos de mioglobina en el músculo del pescado (Cardoso *et al.*, 2008). Este bajo contenido de mioglobina para el producto representa una coloración más pálida en comparación a un jamón de cerdo el cual posee mayor contenido de mioglobina.

Cuadro 15. Promedio, desviación estándar (DE) y separación de medias del parámetro a de color del embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo.

Tratamiento	a		
	Día 0	Día 15	Día 30
	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	2.05 $\pm$ 1.60 x	0.86 $\pm$ 1.51 y	0.33 $\pm$ 0.81 y
B1	1.63 $\pm$ 0.62 x	1.17 $\pm$ 0.94 x	0.53 $\pm$ 0.84 x
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>1.36</b>	<b>1.41</b>	<b>0.93</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = No Significancia

<sup>xyz</sup> Promedios con letras distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05)

A pesar que los valores de b para el día 30 fueron menores a los reportados en el día 1 no existió diferencia (P>0.05) en el parámetro de color b. Los valores de b (Cuadro 16) están dentro del rango de 5.70 a 8.33, valores que no fueron afectados por la enzima TG (P>0.05), ya que ésta no proporciona color en un producto cárnico (Tseng *et al.*, 2000). Los valores del embutido tipo jamón de tilapia son similares a los reportado por Válková *et al.* (2007),

quienes indicaron que los valores de b en jamones cocidos tenían un rango entre 6.60 a 9.70.

Cuadro 16. Promedios y desviación estándar (DE) del parámetro b de color del embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo.

Tratamiento	b		
	Día 0 Promedio $\pm$ DE (NS)	Día 15 Promedio $\pm$ DE (NS)	Día 30 Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	7.30 $\pm$ 2.20	6.35 $\pm$ 1.58	5.70 $\pm$ 0.74
B1	8.33 $\pm$ 0.80	8.62 $\pm$ 1.49	7.29 $\pm$ 0.16
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>1.81</b>	<b>2.12</b>	<b>1.15</b>

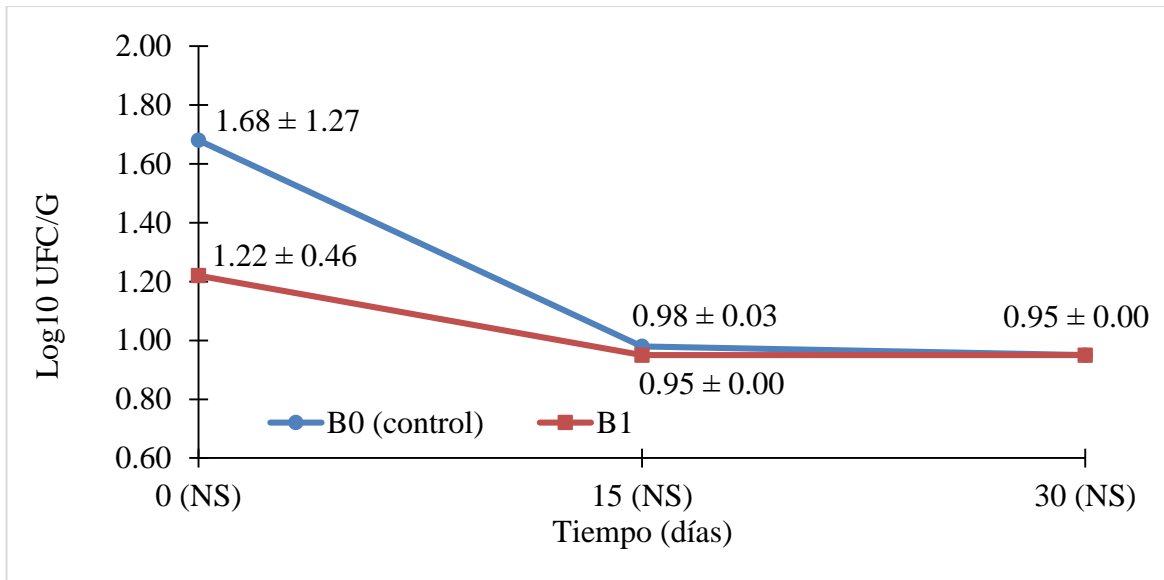
€ Coeficiente de Variación

NS = No Significancia

P>0.05

**Análisis microbiológicos.** Los valores obtenidos de coliformes totales (Figura 4) fueron iguales a través del tiempo (P>0.05). En la Figura 4, se observa una tendencia descendente para ambos tratamientos a través del tiempo, esa disminución progresiva puede estar relacionada con la acidez de los embutidos tipo jamón de tilapia ya que el pH actúa limitando el crecimiento microbiano, variable que puede ser relacionada también con la Aw y temperatura del alimento (Hernández y Sastre, 1999).

Para los jamones de tilapia, el conteo de coliformes totales osciló entre 0.95 a 1.68 Log<sub>10</sub> UFC/g, valores cercanos a los reportados por Saavedra (2013) en la elaboración de jamones reestructurados con diferentes concentraciones de sal y enzima TG. Banwart (1989) reportó un conteo de 1.3 log<sub>10</sub> UFC/g de coliformes totales en un producto cárnico cocido, el cual es cercano a los valores obtenidos en los embutidos tipo jamón de tilapia (Figura 4). Para el día cero, los tratamientos se encontraron por encima del límite máximo permisible establecido el cual es de 1 Log<sub>10</sub> UFC/g (DOF, 1995). El aumento en el conteo de UFC pudo deberse a una inadecuada manipulación al momento de la siembra ya que para los días 15 y 30 los conteos de coliformes totales se encontraron por debajo del límite máximo permisible.



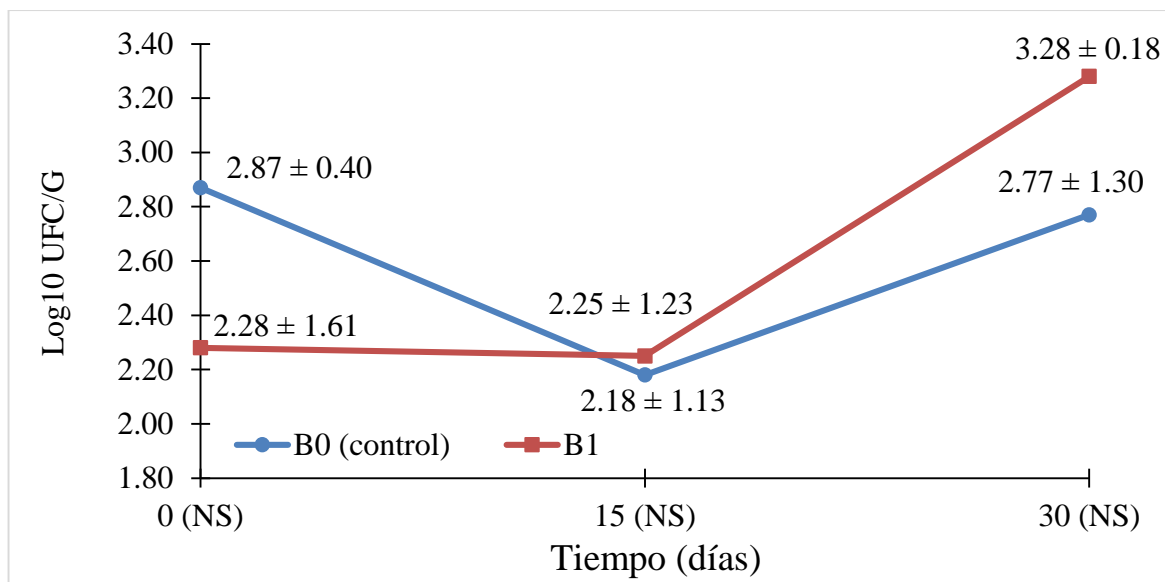
Coefficiente de Variación (%): Día 0: 61.55; Día 15: 2.67; Día 30: 0.00.

NS = no significancia

P>0.05

Figura 4. Promedios a través del tiempo de coliformes totales del embutido tipo jamón de tilapia.

El conteo de aerobios totales no mostró diferencia ( $P>0.05$ ) a través del tiempo por lo que no se identificó un efecto de los niveles de enzima utilizados en el conteo de aerobios totales (Figura 4). Según INEN (2012) y Félix *et al.* (2005), el conteo máximo permisible para productos cárnicos cocidos y alimentos cocidos a base de carne de pescado es de  $5 \times 10^5$  UFC/g ( $5.7 \log_{10}$  UFC/g) y  $5.7 \log_{10}$  UFC/g, respectivamente; límites que al ser comparados con los valores de aerobios totales a los días cero, 15 y 30 del embutido tipo jamón de tilapia permiten afirmar que cumplen con los máximos permisibles. Para los embutidos tipo jamones de tilapia en la Figura 5, puede observarse durante los primeros 15 días una disminución en el conteo de UFC, caso contrario para los días del 15 al 30, donde la carga microbiana aumentó para ambos tratamientos lo cual se atribuye a una mala manipulación de las muestras previo a la siembra.



Coefficiente de Variación (%): Día 0: 17.25; Día 15: 47.83; Día 30: 28.95.

NS = no significancia

P>0.05

Figura 5. Promedios a través del tiempo de aerobios totales presentes en el embutido tipo jamón de tilapia.

**Análisis sensorial.** Los valores reportados de color para cada tratamiento no fueron diferentes a través del tiempo ( $P>0.05$ ) ya que la enzima no aporta color al producto (Dimitrakopoulou *et al.*, 2005). El atributo color fue evaluado desde 5.78 a 6.13 (Cuadro 17) valores calificados como me gusta de manera leve y moderada, respectivamente. Los resultados son contrarios a los reportados por Saavedra (2003), quien concluyó que en el día 14 los jamones reestructurados de cerdo presentaron mejor coloración lo que se debió a la perspectiva del consumidor y la manera en que se le presentaron las muestras. La diferencia dada entre ambos estudios se debió al ingrediente cárnico utilizado, ya que la tilapia presenta menor contenido de pigmentos de mioglobina (Cardoso *et al.*, 2008).

Cuadro 17. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de color para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo.

Tratamiento	Color		
	Día 0	Día 15	Día 30
	Promedio ± DE (NS)	Promedio ± DE (NS)	Promedio ± DE (NS)
B0 (control)	6.10 ± 0.19	5.78 ± 0.18	6.02 ± 0.20
B1	6.13 ± 0.28	6.04 ± 0.38	6.06 ± 0.16
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>1.31</b>	<b>3.58</b>	<b>3.79</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = No Significancia ( $P>0.05$ )

Escala hedónica de 9 puntos, 1 “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”.

El uso de enzima TG para la elaboración de embutidos tipo jamones de tilapia no afectó ( $P>0.05$ ) el sabor de los embutidos tipo jamones de tilapia a los 0, 15 y 30 días. Al agregar enzima TG se esperaba que ésta no afectara el sabor, ya que la enzima no aporta dicho atributo a los productos (Dimitrakopoulou *et al.*, 2005). Los valores promedios de sabor para ambos tratamientos se encontraron en un rango entre 6.37 a 6.66 (Cuadro 18) y fueron inferiores a los obtenidos por Tseng *et al.* (2000), quienes reportaron para el atributo sabor en productos cárnicos reestructurados una calificación de “me agrada moderadamente”, la cual en la escala hedónica del uno al nueve es equivalente a un valor de siete (Liria, 2007). Esta diferencia en calificación del atributo sabor pudo darse por el uso de diferentes ingredientes cárnico en su formulación.

Cuadro 18. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de sabor para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo.

Tratamiento	Sabor		
	Día 0	Día 15	Día 30
	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	6.52 $\pm$ 0.68	6.55 $\pm$ 0.13	6.37 $\pm$ 0.26
B1	6.64 $\pm$ 0.25	6.66 $\pm$ 0.23	6.63 $\pm$ 0.18
<b>CV<sup>e</sup> (%)</b>	<b>5.07</b>	<b>2.82</b>	<b>4.74</b>

<sup>e</sup> Coeficiente de Variación

NS = No Significancia ( $P>0.05$ )

Escala hedónica de 9 puntos, 1 “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”.

La aceptación de los consumidores en cuanto al atributo textura (Cuadro 19), no presentó diferencia entre tratamientos a través del tiempo ( $P>0.05$ ). En cuanto a la escala hedónica utilizada, los valores obtenidos se encuentran entre igual (ni me gusta ni me disgusta) y me gusta extremadamente. Estos valores obtenidos en el atributo textura para los embutidos tipo jamones de tilapia coinciden con lo reportado por Dimitrakopoulou *et al.* (2005), quienes concluyeron que los niveles de enzima utilizados en jamones reestructurados no tuvo un efecto significativo entre los productos. Sin embargo, los valores para este atributo fueron contrarios a los de Tseng *et al.* (2000) quienes encontraron diferencia entre productos debido al uso de fibrógeno en sus tratamientos, el cual al unirse con la trombina (enzima peptidasa) se transforma en monómero de fibrina que actúa igual que la enzima TG ligando proteínas y proporcionando mayor firmeza en el producto (Hernández, 2003).

Al realizar el análisis de correlación, no se encontró correlación ( $P>0.05$ ,  $r=-0.3383$ ) entre la fuerza de corte y la textura sensorial en los embutidos tipo jamón de tilapia.



Cuadro 19. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de textura para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo.

Tratamiento	Textura		
	Día 0	Día 15	Día 30
	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	7.01 $\pm$ 0.25	7.05 $\pm$ 0.12	6.82 $\pm$ 0.17
B1	6.98 $\pm$ 0.08	7.02 $\pm$ 0.39	6.75 $\pm$ 0.33
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>3.29</b>	<b>3.05</b>	<b>2.54</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = No Significancia (P>0.05)

Escala hedónica de 9 puntos, 1 “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”.

En el Cuadro 20 se observa que los panelistas aceptaron ambos tratamientos por igual (P>0.05). Los embutidos tipo jamones de tilapia con 1% de TG, recibieron una calificación de siete que puede ser calificada como “me gusta moderadamente” mientras que los tratamientos con 0% de TG se calificaron como “me gusta levemente” o un valor de seis en la escala hedónica. Los resultados obtenidos, concuerdan con los de Saavedra (2013) quien no obtuvo diferencia en la aceptación de los jamones reestructurados de cerdo con diferentes concentraciones de TG y sal obteniendo calificaciones de seis y siete en la escala hedónica de aceptación.

Cuadro 20. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de aceptación general para el embutido tipo jamón de tilapia a través del tiempo.

Tratamiento	Aceptación General		
	Día 0	Día 15	Día 30
	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)	Promedio $\pm$ DE (NS)
B0 (control)	6.98 $\pm$ 0.23	6.98 $\pm$ 0.04	6.99 $\pm$ 0.21
B1	7.01 $\pm$ 0.16	7.10 $\pm$ 0.28	7.14 $\pm$ 0.18
<b>CV<sup>€</sup> (%)</b>	<b>0.96</b>	<b>2.93</b>	<b>1.80</b>

€ Coeficiente de Variación

NS = no significancia (P>0.05)

Escala hedónica de 9 puntos, 1 “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”.

### 3 CONCLUSIONES

- La utilización de la enzima transglutaminasa al 0.5 y 1% no afecta las características físicas y microbiológicas del embutido tipo jamón de tilapia, pero sí afecta el porcentaje de humedad.
- La enzima transglutaminasa al 1% no afecta el pH, parámetro de color a, crecimiento microbiano y las características sensoriales de los embutidos tipo jamón de tilapia en almacenamiento hasta 30 días, pero sí afecta la fuerza de corte en almacenamiento a los 15 días.
- Se puede elaborar el embutido tipo jamón de tilapia con filetes con cortaduras en su superficie (B) y filetes de textura suave (S).

#### 4 RECOMENDACIONES

- Analizar física, química y microbiológicamente los filetes frescos de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) para medir calidad y cómo ésta influye en la calidad del producto final.
- Equipar con maquinaria (rebanadora, embutidora y empacadora al vacío) e instrumentos básicos de medición (termómetro) la Planta de Innovación de Alimentos de Zamorano (PIA) para evitar la variabilidad en la toma de datos de textura y color.
- Asignar áreas para el desarrollo e investigación de proyectos relacionados al procesamiento de productos acuícolas.
- Realizar investigaciones utilizando residuos de productos acuícolas dándoles valor agregado para generar documentación para futuros estudios.

## 5 LITERATURA CITADA

Ajinomoto.s.f.a. Activa® General Information: Transglutaminase Basics. Itasca, United States of America. 2 p

Ajinomoto. s.f.b. Activa®, Seafood Application. Itasca, United States of America. 2 p.

Ajinomoto. s.f.c. Transglutaminasa. Itasca, United States of America. 11 p.

Ajinomoto. 2010. Transglutaminasa, una herramienta innovadora en la industria alimentaria. Bogotá, Colombia.

Alarcón, A., Pérez, C., García, J. y Janacua, H. 2007. Propiedades físico-químicas de jamones elaborados con carne pálida, suave y exudativa de cerdo. *Tecnociencia. Chihuahua, México.* 1(1): 17-25.

Banco Central de Honduras, 2014. Las exportaciones de filete de tilapia. Tegucigalpa, Honduras.

Barreiro, F. 2003. Usos de la transglutaminasa en la Industria Alimentaria. *Invenio* 6(10): p 157 - 168.

Banwart J.G. 1989. *Basic Food Microbiology*. 2ed. New York. Chapman and Hall. 736 p.

Bravo Martínez, F. 2004. El manejo higiénico de los alimentos. Noriega Editores. Limusa. México D.F. México. 79 p.

Brewer M., Zhu L., Bidner B., Meisinger D., McKeith F. 2001 Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science.* 57:176-196.

Cardona, D. 2013. Ficha técnica: Filetes de Pescado. México (en línea). Consultado el 10 de septiembre de 2015. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/148534827/Ficha-tecnica-Filetes-de-Pescado>

Cardoso, C. Mendes, R. y Leonor, M. 2008. Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fibre. 2 ed. Results and discussion. Effect of pork meat replacement. Color evaluation. *International Journal of Food Science & Technology.* s.l. Vol. 43. s.p.

Cavenaghi, A., Alcade, L. y Fonseca, G. 2013. Low-fat frankfurters from protein concentrates of tilapia viscera and mechanically separated tilapia meat. *Food Science and Nutrition* 1(6): 445-451.

Crespo, G. 2009. Desarrollo de un prototipo de medallón de tilapia (*Oreochromis sp.*) evaluando dos tipos de empanizado y dos niveles de harina de soya. Tesis Ing. en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 1995. Apéndice informativo B, especificaciones sanitarias. México DF. México. 13p.

Dimitrakopoulou, M., Ambrosiadis J., Zetou F., y Bloukas J. 2005. Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Meat Science* 70:743-749.

Fattah, A y Sayed, M. 2006. Tilapia culture. Cabi publishing. Alejandría, Egipto. 163 p.

Food and Drugs Administration (FDA). 2009. Summary of Published Research on the Beneficial Effects of Fish Consumption and Omega-3 Fatty Acids for Certain Neurodevelopmental and Cardiovascular Endpoints. Consultado 24 de junio de 2014. Disponible en <http://www.fda.gov/food/foodborneillnesscontaminants/metals/ucm153051.htm>

Félix, A., Campas, O. y Meza, M. 2005. Calidad sanitaria de alimentos disponibles al público de Ciudad Obregón, Sonora, México. *RESPYN* 6(3)

González, M., Suárez H. y Martínez O. 2009. Análisis estructural de la carne de jamón durante el proceso de cocción y temperatura de almacenamiento. *SciELO Revista MVZ Córdoba* 14(3).

Guerra, M. 2013. Aproveitamento de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para elaboração de novos produtos com valor agregado. Tesis M.Sc Medicina Veterinaria. Niterói, Brazil, Universidad Federal Fluminense. 178 p.

Hernández, C. 2003. Pegamento biológico de fibrina. Hospital Clínico San Carlos, Madrid. Consultado en línea: <http://www.seclaendosurgery.com/secla/seclan2/tecno.htm>

Hernández, M. y Sastre, A. 1999. Tratado de nutrición. Díaz de Santos. Madrid. 508 p.

Hinojosa, J. e Intriago, M. 2012. Evaluación de dos fuentes de carbohidratos y de grasa vegetal en la elaboración de un embutido a base de carne de tilapia negra (*Oreochromis mossambicus*). Tesis Ing. en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.

Hleap, J y Cortés, A. 2008. Manual de transferencias tecnológica: Proceso de elaboración de salchichas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp*) con adición de almidón de sagú (*Marantha arundinacea*). Parlmira, Colombia. 12 p.

Hleap, J. y Velazco, V. 2012. Parámetros fisicoquímicos durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Colombia. Scielo Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 10(1): 42-50.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). 2012. Carne y productos cárnicos. Productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados - madurados y productos cárnicos precocidos - cocidos. Norma técnica Ecuatoriana 1338:2012. Tercera revisión, primera edición. 5 p.

Integrated Food Safety Information Delivery System (IFSIDS). 2005. Temperaturas seguras de cocción. Consultado el 5 de marzo 2015. Disponible en: <http://www.profoodsafety.org/images/spanish/Safe%20Cooking%20Temperatures%20fact%20sheet-spa.pdf>

Liria, M. 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Lima, Perú. En línea. Consultado el 10 de septiembre 2015. Disponible en: <http://es.slideshare.net/evytaguevara/gua-para-la-evaluacin-sensorial-de-alimentos>.

López, F. 2014. Rendimiento de Tilapia. Honduras, Aquafinca. Comunicación personal realizada en mayo.

Loyola, E. 2013. Evaluación sensorial y de composición proximal de jamón de cerdo en cinco marcas comercializadas en Honduras. Tesis Ing. en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.

Marengoni, N., Pozza, M., Braga, G., Lazzeri, D., Casthila, L., Bueno, G., Pasquetti, T. y Polese, C. 2009. Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de fishburgers de carne de tilápia mecanicamente separada. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. Salvador. 10(1). p 168-176.

Marquéz, E., Arévalo E., 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 16(6), Maracaibo, Venezuela, p 662-667.

Morales Sánchez, D. y L.E. Gallo Ramírez. 2006. Métodos físico-químicos en Biotecnología. Plataformas de Proteómica. 52 p.

Official Methods of Analysis (AOAC). 1990. Determinación de humerdad 15ed.

Official Methods of Analysis (AOAC). 1996. Analysis of total fat.

Official Methods of Analysis (AOAC). 2005. Analysis of ash. 18ed. 2 p.

Panorama acuícola, 2014. Cultivo de tilapia en Honduras: Una industria en movimiento. Revista Acuícola 20(6), Noruega.

Pelayo, M. 2012. Aprovechar Residuos: Una prioridad en el sector agroalimentario (en línea). Consultado 5 de junio de 2014. Disponible en <http://www.consumer.es/seguridadalimentaria/cienciaytecnologia/2012/04/05/208521.php>

Pérez, D. y Andújar, G. 2000. Cambios de coloración de los productos cárnicos. Instituto de investigaciones para la Industria. 14(2): p 114-123.

Pietrasik, Z. y Li-Chan, E. 2002. Response surface methodology study on the effects of salt microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties. *Food Research International* 35:287-396.

Roseiro, L; Santos, C; Melo, R. 1994. Muscle pH 6.0, colour (L.a.b) and water-holding capacity and the influence of postmortem meat temperature. *Meat Sci.* 38: p 353-359.

Ruíz Ramírez, J.L. 2005. Textura de músculos de cerdo y jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua. p 76.

Saavedra, I. 2013. Efecto de la disminución de sal y uso de transglutaminasa en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo. Tesis Ing. en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.

Sary, C., Phabiano, J., Dallabona, B., Freitas, R., Nakaghi, L. y Gaberz, P. 2009. Influência da lavagem da carne mecanicamente separada de tilápia sobre a composição e aceitação de seus productos. Brasil.

SAS® 9.3 TS1M2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Suksomboon, K. y Rawdken S. 2010. Effect of microbial transglutaminase on physicochemical properties of ostrich meat ball. *Asian Journal of Food and Agro-industry* 3(5):505-515.

Sun, X. 2009. Utilization of restructuring technology in the production of meat products. *Journal of Food* 7(2). Taylor & Francis, London, England, p 153-162.

Toldrá, F. 2010. Handbook of meat processing. Ames, Iowa, USA. Blackwell Publishing. 566 p.

Tseng, T.F., D.C. Liu y M.T. Chen. 2000. Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls. *Meat Science* 55:427-431.

USDA (United States Department of Agriculture). 2015. National Nutrient Database for Standard Reference: Fish, tilapia, cooked, dry heat. (En línea). Consultado 03 sept. 2015. Disponible en [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl)

Válková, V., Saláková, A. Buchtová H. y Tremlová. B. 2007. Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. *Meat Science* 77:608-615.

Velásquez, F., Sánchez, A. y Trujillo, N. s.f. Elaboración de hamburguesas a partir de *Oreochromis mossambicus* X ssp. “Tilapia Roja”. Ibagué, Colombia. 6 p.



## 6 ANEXOS

### Anexo 1. Hoja sensorial de prueba hedónica de aceptación.

Muestra: \_\_\_\_\_

#### INSTRUCCIONES

Por favor tome una mordida de galleta simple de soda seguido de un sorbo de agua antes de evaluar el producto. Luego, comience a evaluar el producto y marque con una "X" en el casillero que represente su respuesta para cada una de las preguntas a continuación:

1. ¿Qué tanto le gusta o le disgusta el color del jamón?  

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta				Igual				Me gusta
Extremadamente								Extremadamente
2. ¿Qué tanto le gusta o le disgusta el sabor del jamón?  

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta				Igual				Me gusta
Extremadamente								Extremadamente
3. ¿Qué tanto le gusta o le disgusta la textura del jamón?  

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta				Igual				Me gusta
Extremadamente								Extremadamente
4. ¿Qué tanto le gusta o le disgusta el jamón en general?  

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta				Igual				Me gusta
Extremadamente								Extremadamente

**Anexo 2.** Cuadro para la determinación de correlación entre fuerza de corte y análisis químicos de los embutidos tipo jamón de tilapia.

	*Fuerza de corte	Fibra	Grasa	*Humedad	Ceniza	Proteína
*Fuerza de corte	1.0000	0.4712	-0.4338	<b>0.6724</b>	-0.3739	0.1752
		0.0484	0.0721	<b>0.0022</b>	0.1264	0.4870
Fibra	0.4712	1.0000	-22998	0.2762	-0.0026	-0.2215
	0.0484		0.3586	0.2673	0.9917	0.3770
Grasa	-0.4338	-22998	1.0000	-0.2426	0.1364	0.1136
	0.0721	0.3586		0.3321	0.5896	0.6535
*Humedad	<b>0.6724</b>	0.2762	-0.2426	1.0000	-0.0355	0.6287
	<b>0.0022</b>	0.2673	0.3321		0.8888	0.0052
Ceniza	-0.3739	-0.0026	0.1364	-0.0355	1.0000	-0.1227
	0.1264	0.9917	0.5896	0.8888		0.6277
Proteína	0.1752	-0.2215	0.1136	0.6287	-0.1227	1.0000
	0.4870	0.3770	0.6535	0.0052	0.6277	

\*Datos seleccionados para discusión de su correlación.

**Anexo 3.** Cuadro de correlación entre fuerza de corte y análisis sensorial en los embutidos tipo jamón.

	*Fuerza de corte	Color	Sabor	*Textura	Aceptación general
*Fuerza de corte	1.0000	0.0636 0.8020	0.2036 0.4179	<b>-0.3383</b> <b>0.1697</b>	-0.5194 0.0272
Color	0.0636 0.8020	1.0000	0.5272 0.0246	0.3486 0.1562	0.4266 0.0775
Sabor	0.2036 0.4179	0.5272 0.0246	1.0000	0.4871 0.0404	0.5544 0.0170
*Textura	<b>-0.3383</b> <b>0.1697</b>	0.3486 0.1562	0.4871 0.0404	1.0000	0.5743 0.0127
Aceptación general	-0.5194 0.0272	0.4266 0.0775	0.5544 0.0170	0.5743 0.0127	1.0000

\*Datos seleccionados para discusión de su correlación.