

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

POSGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

**“La enzima transglutaminasa en la elaboración de carne de hamburguesa
estructurada de *Sus scrofa domestica*”.**

Perfil de trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Magíster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Autor: Evans Joseph Venegas Rubio

Tutora: Liliana Margoth Chamorro Hernández

Tulcán, 2023

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el maestrante Venegas Rubio Evans Joseph con el número de cédula 040132582-4 ha elaborado el trabajo de titulación: “La enzima transglutaminasa en la elaboración de carne de hamburguesa estructurada de *Sus scrofa domestica*”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuestas en el Reglamento de la Unidad de Titulación de Postgrado con RESOLUCIÓN N.º 150-CSUP- 2020, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva.

.....

MSc. LILIANA MARGOTH CHAMORRO HERNÁNDEZ

TUTORA

Tulcán, octubre 2023

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magister en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Yo, Venegas Rubio Evans Joseph con cédula de identidad número 040132582-4 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....

Ing. Evans Joseph Venegas Rubio

AUTOR

Tulcán, octubre 2023

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Venegas Rubio Evans Joseph declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: “La enzima transglutaminasa en la elaboración de carne de hamburguesa estructurada de *Sus scrofa domestica*” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

.....

Ing. Evans Joseph Venegas Rubio

AUTOR

Tulcán, octubre 2023

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por haberme dado vida, salud y mostrarme su amor y fidelidad todos los días de mi vida, cómo no agradecerle a él, si es por su misericordia y amor que estoy de pie y tengo lo más preciado que una persona puede tener, una familia.

A mis padres por brindarme siempre su apoyo incondicional, ser esa palanca de vida que me impulsa a cumplir todas mis metas, y sobre todo por mostrarme una sonrisa en cualquier adversidad que se me presente.

A mi gran amiga, docente y tutora la magister Lily Chamorro, que me ha asesorado siempre en mi proceso educativo, regalándome su amistad, confianza y conocimientos para poder culminar todo proceso educativo que me he propuesto seguir.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, que me ha brindado todas las facilidades académicas prestadas en todos sus campus en el transcurso de mi maestría.

Finalmente, al grupo de profesionales de la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, especialmente al PhD. Orlando Meneses por su excelente trabajo como coordinador, docente y amigo, ya que, gracias a la ayuda y enseñanza brindada logré culminar mi trabajo de investigación.

Ing. Joseph Venegas Rubio

DEDICATORIA

Mi investigación dedico de forma especial a Dios y a mis padres que son y siempre serán mi gran motor de vida, ya que siempre han hecho el mejor de los esfuerzos para que logre cumplir toda meta propuesta. LOS AMO.

Ing. Joseph Venegas Rubio

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Preguntas de investigación.....	17
1.4. Objetivos de investigación.....	17
1.4.1. General.....	17
1.4.2. Específicos.....	18
1.5. Justificación	18
CAPÍTULO II.....	22
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1. Antecedentes	22
2.2. Marco Teórico.....	25
2.2.1. La industria cárnica: Generalidades, factores de producción y comercialización	25
2.2.2. Clasificación de los productos cárnicos.....	29
2.2.3. Nuevas tecnologías cárnicas	33
2.2.4. Enzima transglutaminasa como nueva alternativa cárnica	35
2.2.5. Carnes estructuradas	38
2.2.6. Algunas aplicaciones de la Transglutaminasa en productos cárnicos	40
2.2.7. Efectos de la utilización de la enzima transglutaminasa en las propiedades bromatológicas, reológicas y sensoriales.....	42
2.2.8. Propiedades de calidad de los cárnicos.....	43
2.2.9. Nuevas Perspectivas y desafíos futuros en el área cárnica	46
2.3. Marco legal	47

CAPÍTULO III	49
METODOLOGÍA.....	49
3.1. Área de estudio	49
3.2. Enfoque y tipo de investigación.....	49
3.2.1. Enfoque.....	49
3.2.2. Tipo de investigación	49
3.3. Definición y operacionalización de variables	50
3.4. Procedimientos.....	52
3.4.1. Materia prima e ingredientes	52
3.5. Diagrama de flujo del proceso	53
3.5.1. Descripción del proceso de elaboración de la carne de hamburguesa estructurada de <i>Sus scrofa domestica</i>	53
3.5.2. Equipos y materiales.....	54
3.5.3. Fase 1. Análisis de los parámetros bromatológicos de la carne de hamburguesa estructurada de cerdo.....	54
3.5.4. Fase 2. Análisis reológicos de la carne de hamburguesa estructurada de cerdo.	59
3.5.5. Fase 3. Evaluación sensorial.....	60
3.5.6. Análisis estadístico:	61
3.5.7. Diseño experimental	62
CAPÍTULO IV	63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1. Resultados.....	63
4.2. Discusión	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1. Conclusiones.....	81
5.2. Recomendaciones	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

ANEXOS 94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de reacción de la TG en diferentes proteínas.	37
Tabla 2. Ventajas y desventajas de los productos estructurados	40
Tabla 3. Principales alimentos que se pueden preparar mediante la enzima TG	41
Tabla 4. Operacionalización de variables carne estructurada de cerdo.....	51
Tabla 5. Formulaciones de la carne de hamburguesa estructurada	52
Tabla 6. Parámetros bromatológicos, requisitos para cárnicos crudos.....	55
Tabla 7. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)	62
Tabla 8. Diseño del experimento de la investigación.....	62
Tabla 9. Análisis bromatológico general de la carne de hamburguesa estructurada.....	64
Tabla 10. Análisis proteínico de la carne de hamburguesa estructurada.....	65
Tabla 11. Análisis de la cantidad de grasa de la carne de hamburguesa estructurada.....	65
Tabla 12. Análisis de la cantidad de la capacidad de retención de agua	66
Tabla 13. Análisis del porcentaje de humedad de la carne estructurada	66
Tabla 14. Análisis de la cantidad de ceniza de la carne de hamburguesa estructurada...67	
Tabla 15. Análisis del pH de la carne de hamburguesa estructurada	67
Tabla 16. Análisis reológico general de la carne de hamburguesa estructurada	68
Tabla 17. Análisis de cohesividad de la carne de hamburguesa estructurada	68
Tabla 18. Análisis de dureza de la carne de hamburguesa estructurada.....	69
Tabla 19. Análisis de elasticidad de la carne de hamburguesa estructurada	69
Tabla 20. Análisis de masticabilidad de la carne de hamburguesa estructurada.....	70
Tabla 21. Resultados de inocuidad de los análisis microbiológicos	71
Tabla 22. Resultados del análisis de la evaluación sensorial	71
Tabla 23. Resultados en rango de edad y sexo de los parámetros más aceptados.....	71
Tabla 24. Porcentajes de los resultados más aceptados de la muestra 582 y 685	72
Tabla 25. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis del análisis sensorial	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Símbolo que aparece en productos irradiados.....	33
Figura 2 Clasificación de la radiación según la longitud de onda.....	34
Figura 3 Ejemplo de productos reestructurados	35
Figura 4 Formación de enlaces en los cruces de glutamina y lisina de la TG.....	38
Figura 5 Diagrama de flujo.....	53
Figura 6 Número de hombres y mujeres	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Acta de pre defensa	94
Anexo B Aval del CIDEN del abstract del TDT	95
Anexo C Norma técnica ecuatoriana 1346 Carne molida	97
Anexo D Norma técnica ecuatoriana 1217	98
Anexo E Norma técnica ecuatoriana 1338	99
Anexo F Marco administrativo.....	100
Anexo G Cronograma de actividades	101
Anexo H Ficha de evaluación sensorial	102
Anexo I Tabulaciones y gráficas proteína	103
Anexo J Tabulaciones y gráficas CRA.....	104
Anexo K Tabulaciones y gráficas humedad	105
Anexo L Informe de análisis reológico	106
Anexo M Tabulaciones y gráficas cohesividad y dureza	109
Anexo N Tabulaciones y gráficas elasticidad y masticabilidad	110
Anexo O Evaluación sensorial	111
Anexo P Proceso de elaboración	112

RESUMEN

La obtención de productos innovadores cárnicos libres de aditivos artificiales es el principal reto de la industria alimentaria. El objetivo principal de la investigación fue evaluar el efecto que tiene la enzima transglutaminasa al ser utilizada en la elaboración de carne estructurada de hamburguesa de cerdo, para obtener un nuevo producto innovador libre de aditivos sintéticos. Las variables para estudiar fueron (0,5 y 1,0%) de enzima transglutaminasa y (5 y 8 °C) de temperatura, con una muestra testigo sin enzima; el estudio se realizó por triplicado en cada muestra obtenida, distribuido bajo un diseño ANOVA multifactorial en los parámetros bromatológicos y reológicos; para los aspectos sensoriales se utilizó la prueba de comparación de Kruskal Wallis. Los análisis se realizaron a 12 unidades experimentales. Se analizó la calidad bromatológica, reológica y sensorial, tomando en cuenta el análisis microbiológico antes de realizar la evaluación sensorial, por inocuidad alimentaria. De acuerdo con la evaluación sensorial se logró determinar que el T1 con 0,5% de transglutaminasa a una temperatura de 5 °C, y el T4 con 1% de transglutaminasa a una temperatura de 8 °C fueron los tratamientos más aceptados por los consumidores en los parámetros: color, textura sensorial y aceptabilidad, y olor y sabor, respectivamente. En el aspecto bromatológico el tratamiento con mejor calidad fue el T4 con 1% de transglutaminasa a una temperatura de 8 °C con un contenido proteínico de 17%, grasa 11%, capacidad de retención de agua 61%, humedad 79%, cantidad de ceniza 2% y pH 6. En el aspecto reológico el T1 con 0,5% de transglutaminasa a una temperatura de 5 °C fue el tratamiento más adecuado con cohesividad de 0,42, dureza 54 N, elasticidad 0,83 y masticabilidad de 25 N. Concluyendo que el efecto de la enzima transglutaminasa favorece el perfil de textura, la calidad bromatológica y sensorial de la carne de hamburguesa, que, entre más concentración enzimática se necesita menor grado de temperatura, para una estructura cárnica adecuada, logrando evitar la utilización de aditivos aglutinantes, obteniendo un nuevo producto innovador.

Palabras clave:

Cárnicos, enzima transglutaminasa, inocuidad.

ABSTRACT

Obtaining innovative meat products free of artificial additives is the main challenge of the meat food industry, which is why the main objective of this research was to evaluate the effect that the transglutaminase enzyme has when it is used in the production of structured hamburger meat pork and thus obtain a new innovative product free of synthetic additives. The variables to study were (0.5 and 1.0%) transglutaminase enzyme and (5 and 8 °C) temperature, with a control sample without enzyme; The study was carried out in triplicate on each sample obtained, distributed under a multifactorial ANOVA design in the bromatological and rheological parameters; In the sensory parameters, the Kruskal Wallis comparison test was used. The analyzes were carried out on 12 experimental units. The bromatological, rheological and sensory quality was analyzed; taking into account the microbiological analysis before carrying out the sensory evaluation, for food safety. According to the sensory evaluation, it was determined that T1 with 0.5% transglutaminase at a temperature of 5 °C, and T4 with 1.0% transglutaminase at a temperature of 8 °C were the most accepted treatments by consumers in the parameters (color, sensory texture and acceptability) and (odor and flavor), respectively. In the bromatological aspect, the treatment with the best quality was T4 with 1.0% transglutaminase at a temperature of 8 °C, having a protein content of 17%, fat 11%, C.R.A. 61%, humidity 79%, ash amount of 2% and pH of 6. For the rheological aspect, T1 with 0.5% transglutaminase at a temperature of 5 °C was the most appropriate treatment with cohesiveness of 0.42, hardness 54 N, elasticity 0.83 and chewiness of 25 N. concluding that the effect of the transglutaminase enzyme favors the texture profile, the bromatological and sensory quality of the hamburger meat, determining that the higher the enzyme concentration, the lower the degree of temperature is needed, with T1 being the treatment that contains the most suitable concentration to structure meat, avoiding the use of binding additives, obtaining a new meat product.

Keywords:

Meat, transglutaminase enzyme, innovation.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La modernidad del mundo presenta demandas de productos cárnicos de elaboración rápida, donde el uso de aditivos es muy grande (Meijon, 2019). Alrededor del mundo la industria cárnica ha utilizado aditivos aglutinantes y estructurantes para mejorar la cohesividad y estabilidad de sus productos, que, a pesar de estar regido bajo normas de utilización nacionales, en consumo excesivo son perjudiciales en la salud (Márquez *et al.*, 2008; OMG, 2020). El principal reto que se presenta a los procesadores de alimentos para innovar el mercado alimentario es buscar nuevas maneras para mejorar la cohesividad, estabilidad y formación de geles estables sin provocar daños en la salud (Márquez *et al.*, 2008).

La industria alimentaria en los procesos de elaboración de productos cárnicos, lácteos y cerveceros para obtener texturas adecuadas y cumplir con los requerimientos de los consumidores, utilizan arginato de sodio o arginato sódico E401 (Hurtado *et al.*, 2020), aditivo alimentario, proveniente de forma natural y artificial (Avendaño *et al.*, 2022) que presenta efectos secundarios en la estabilidad (sensible al calor a temperaturas de cocción no aporta función de textura), calidad bromatológica (humedad, pH) y microbiológica del producto final (Hurtado *et al.*, 2020).

La escasa obtención de productos derivados cárnicos hace que se busque diferentes maneras de innovar donde se utilice nuevas tecnologías como las biológicas de estructuración, reconstitución y enriquecimiento (Arias, 2019). La industria cárnica busca diferentes medios para innovar y ampliar su mercado, donde por parte de los procesadores existe interés creciente de mejorar y realizar productos a menor costo, haciendo que exista mayor aprovechamiento de la materia prima y se utilice las nuevas tecnologías químicas y biológicas para alcanzar sus propósitos (Ruano *et al.*, 2021). Actualmente existe desconocimiento sobre las nuevas tecnologías que están en estudio constante como es la estructuración cárnica y utilización de enzimas de unión de enlace en los productos resultantes (Hernández *et al.*, 2015).

El limitado interés por aprovechar los derivados cárnicos de bajo valor comercial hace que no se induzca a la investigación, producción y variación de subproductos y nuevos productos de la carne, teniendo como resultado una minimización del rendimiento de la materia prima (Sepúlveda *et al.*, 2014). La demanda de los productos convencionales hace que no se incentive al desarrollo de nuevas tecnologías como es la estructuración utilizando material biológico enzimático para producir nuevos productos (Serrano, 2006).

La utilización de enzimas en la industria alimentaria es mínima, ya que no se conoce las funciones de este material biológico para la recuperación de subproductos, agilidad de fabricación, como también el mejoramiento de aspectos sensoriales (Caja, 2003). El desconocimiento de las propiedades de las enzimas a nivel industrial es creciente ya que no se tiene en cuenta que estas intervienen en la aceleración de procesos, formación de enlaces y diversas funciones que al ser utilizadas serían la solución a grandes procesos (Arroyo *et al.*, 2014).

Totosaus y Ortega. (2016) argumentan que el desconocimiento actual por parte de los consumidores en adquirir productos, donde se utilice nuevas tecnologías como las enzimáticas, radica principalmente en un problema donde el consumidor no conoce los términos científicos y las propiedades que las enzimas pueden aportar a los productos existentes y nuevos, como también esta problemática se origina en el miedo por parte de los consumidores al pensar que el material enzimático puede causar daño a la salud.

Actualmente existe muy pocos estudios referentes a la funcionalidad que aporta la transglutaminasa en el área alimentaria. Lo que conlleva a que el conocimiento industrial a nivel mundial sea mínimo cuando se trata de utilizar este material enzimático siendo esta la que aporta propiedades físicas revolucionarias de unión, estructuración y reestructuración en el área de la tecnología alimentaria (Hernández *et al.*, 2015). La falta de visualización sobre las funciones de la TG (catalizar reacciones de polimerización, modificación de proteínas, incorporación de aminos, unión y estructuración) hace que no se utilice esta enzima en diferentes procesos de producción obteniendo como resultado que no exista la creación de nuevos productos, como también que no se mejore los procesos de los productos existentes en la industria alimentaria (Barreiro y Seselovsky, 2003).

La falta de respuestas por parte de la industria cárnica en ofertar productos de fácil y rápida elaboración hace que se busque pronto resultados como estructurar carnes (Arias

et al., 2019) donde la excesiva manipulación en la estructuración, da paso a la contaminación biológica generando el acortamiento de la vida de anaquel (Marcela et al., 2019). Los diversos efectos que existen en los tratamientos de estructuración de productos cárnicos en su gran mayoría son por la utilización de aditivos artificiales tanto para lograr la unión (alginato de sodio), como para evitar una contaminación biológica en el producto (Serrano, 2006) lo cual hace que esto cause daños a la salud (OMS, 2020). En la actualidad el mundo presenta gran demanda de derivados cárnicos de fácil elaboración, donde para obtener estos productos el uso de aditivos crece a gran escala (Meijon, 2019) haciendo que se tome en cuenta las funciones de estos ingredientes artificiales y no la de las enzimas de unión como posible solución (Freixanet, 2006).

La falta de alternativas tecnológicas cárnicas por parte de los procesadores de alimentos hace que no se obtenga nuevos productos, por lo cual hay una explotación convencional de los productos existentes (Arias, 2019). No conocer sobre la variedad de productos que se puede obtener a partir de carnes estructuradas utilizando tecnologías biológicas, hace que exista un problema que radique en la falta de productos innovadores (Sep, 2019) que lleva al cliente a consumir productos convencionales que no cumplen con los estándares requeridos, provocando que la industria no produzca nuevas variedades cárnicas por esta escasa innovación.

1.2. Formulación del problema

¿La utilización de la TG en la elaboración de carne de hamburguesa estructurada de cerdo, reemplazará a los aditivos estructurantes obteniendo un nuevo producto de calidad?

1.3. Preguntas de investigación

¿Los parámetros bromatológicos de la carne de hamburguesa estructurada a base de cerdo se encontrarán dentro de las normativas de carne y embutidos ecuatoriana?

¿La enzima transglutaminasa afectará el perfil de textura de la carne de hamburguesa estructurada?

¿Será aceptada la carne de hamburguesa estructurada por parte de los consumidores?

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. General

- Evaluar el efecto de la enzima transglutaminasa en la elaboración de carne de hamburguesa estructurada a base de carne de cerdo.

1.4.2. Específicos

- Analizar los parámetros bromatológicos en la carne de hamburguesa estructurada de cerdo.
- Analizar los parámetros del perfil de textura reológico que presenta la carne de hamburguesa estructurada de cerdo.
- Determinar la aceptación de la carne de hamburguesa estructurada de cerdo mediante evaluación sensorial.

1.5. Justificación

Conforme avanza el tiempo, las exigencias y avances son mayores en el mercado de alimentos, por lo cual los productores, se ven en la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías con alimentos funcionales, estructurados, fortificados, reconstituidos y biotecnológicos con la finalidad de brindar al cliente, un producto que cumpla con sus estándares requeridos.

La estructuración cárnica es una de las principales innovaciones en el mundo cárnico, ya que se basa principalmente en brindar un nuevo valor o valor añadido a un producto final, con el objetivo de caracterizarlo y mejorarlo (Arias *et al.*, 2019). Inducir al interés de aprovechar derivados cárnicos de bajo valor comercial, hará que se investigue, varíe, produzca y mejore subproductos, maximizando el rendimiento de la carne como materia prima (Sepúlveda *et al.*, 2014). Un tipo de embutido o carne estructurada, a la que se le puede dar valor añadido y remplazar los aditivos aglutinantes que a largo plazo causan daño en la salud, es la carne de hamburguesa, siendo un producto preformado, elaborado con carne picada y aditivos permitidos (NTE INEN 1217).

En los últimos 5 años el consumo mundial de carne de hamburguesa aumentado más del 42%, donde los líderes de este mercado es McDonald's, El Corral y Presto (Ospina, 2023). En el Ecuador en los últimos 3 años se presentó un incremento a gran escala del consumo de comida rápida, donde las hamburguesas representan el 83% de estas; siendo adquiridas en franquicias como McDonald's, Carl's Jr y KFC, donde las estadísticas anuales de Uber Eats indica que en el año 2022 en las principales ciudades del país (Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato) se consumió más de 340000 hamburguesas. (González, 2023). Utilizar material biológico aprovechando la tecnología biológica por medio de las funciones de las enzimas, es una posible solución para mejorar y crear productos cárnicos, respondiendo a la demanda que existe por parte de los consumidores, de innovar el mercado cárnico (Serrano, 2022).

Sepúlveda *et al.* (2014) elaboraron carne estructurada utilizando alginato de sodio que es un aditivo espesante, obteniendo mucha dureza en su restructuración cárnica, ya que este aditivo aporta gran capacidad gelificante y espesante. La industria cárnica, utiliza en sus formulaciones estructurantes, aditivos de tipo espesantes, aglutinantes y en la mayoría de veces harinas, para que el producto final adquiera una buena textura; donde actualmente su mayor desafío es suspender o disminuir la cantidad de aditivos alimentarios en sus productos (Tonina *et al.*, 2018). Por lo cual se ve necesario el remplazo de este aditivo alimentario por una enzima de unión como es la Transglutaminasa, donde por medio de sus propiedades mejore y remplace la utilización de estos tipos de aditivos.

Las multifunciones que presentan las enzimas hacen que estas moléculas proteínicas, sean la revolución de los procesos de producción alimentaria (Arroyo *et al.*, 2014). En la actualidad, por las funciones tecnológicas de mejora, la industria alimentaria induce a la utilización de enzimas, para fabricar, preparar, transformar y tratar diferentes alimentos (Moral *et al.*, 2015). Siendo así que estas son las que aceleran procesos y forman enlaces; teniendo en cuenta, que hasta el momento, este material biológico no se considera tóxico, ya que no ha existido alteraciones en la salud de los consumidores (Materials *et al.*, 2021). Las ciencias tecnológicas, constantemente, trabajan en el descubrimiento de nuevas enzimas, que aporten por medio de sus funciones, diversas características y propiedades a los procesos alimentarios, estas nuevas tecnologías biológicas incluyen a la enzima Transglutaminasa, que en la actualidad, por sus diversas funciones (enlazar, estructurar y texturar), está revolucionando el mundo alimentario, al mejorar los procesos productivos al ser utilizada (Tonina *et al.*, 2018).

La tecnología biológica de la TG, hace que esta enzima sea un producto de alta capacidad de unión, viscosidad, gelificación y elasticidad para crear y mejorar los procesos de producción de la industria cárnica (Activa RM Transglutaminase, 2010). Esta enzima que proviene de origen natural, se puede utilizar para dar consistencia a emulsiones cárnicas y así cohesionar compactando estas mezclas, por su poder gelificante, ya que desnaturaliza y reestructura las proteínas (Barreiro y Seselovsky., 2003). La transglutaminasa se puede utilizar como un auxiliar en la producción de carnes estructuradas, remplazando los aditivos aglutinantes y mejorando sus estabilidad y capacidad de unión (Hernández *et al.*, 2015). Gracias a esta posibilidad de remplazo y a la capacidad de unir proteínas con diferentes propiedades, la TG se convierte en una

opción más saludable, con respecto a los productos obtenidos, en los diferentes procesos cárnicos.

Arroyo *et al.* (2014) reporta que cuando se utilice la enzima TG, la carne a unir y/o estructurar tiene que ser sin grasa, ya que este tipo de enzimas no crea enlaces en los tejidos grasos. Resultado que actualmente sigue en estudio, debido a que, nuevos estudios donde se utilizó la enzima TG, en una formulación de carnes estructuradas variando la cantidad de grasa; como también, en la elaboración de un fiambre de conejo y cerdo, variando la cantidad de tocino, se obtuvo como resultados, que por medio de la funcionalidad de la TG, si se puede enlazar estos dos tipos de carne mejorando su textura (Tonina *et al.*, 2018; Venegas, 2022). Por lo cual se debe incentivar, a la investigación y utilización de esta enzima para mejorar y obtener nuevos productos, innovando y aportando a la industria cárnica.

Argumenta Ramírez (2021) que la mejor estrategia utilizada como una palanca importante, para que una industria y un mercado prevalezcan a los diferentes cambios sociales, es la innovación. Una nueva manera de innovar el mercado cárnico es crear y mejorar los productos ya existentes, utilizando nuevos recursos y tecnologías como la estructuración de la carne, donde la materia prima a utilizar se aproveche de mejor manera y así se optimice procesos y costos (Ruano *et al.*, 2021).

Tomando en cuenta la falta de innovación de nuevos productos que existe en la industria cárnica, el desconocimiento sobre nuevas tecnologías al utilizar enzimas alimentarias estructurantes y como también la falta de investigación y de conocimientos sobre la enzima transglutaminasa en la industria cárnica, se realizará esta investigación, cuyo objetivo será elaborar una carne de hamburguesa estructurada, a partir de carne molida de cerdo utilizando la enzima TG, respondiendo a la necesidad no únicamente de los consumidores sobre nuevos productos prácticos y de fácil uso, sino también del mercado cárnico que utiliza este tipo de carne, en la fabricación de productos como materia prima.

La investigación realizada se relaciona con: el objetivo 12 de los ODS de la Agenda 2030 de acuerdo con la producción y consumo responsable, ya que promueve a la gestión sostenible y la utilización de los recursos alimentarios, reduciendo la generación de residuos y desperdicio de alimentos, lo cual va acompañado de buenas prácticas sostenibles. Como también con el plan de creación de oportunidades del Ecuador en el eje económico aportando al plan nacional de seguridad alimentaria haciendo referencia a

la producción de alimentos donde es importante considerar las características agroindustriales de la nación, las cuales son favorables para el desempeño de la actividad agroindustrial alimentaria. Y a la línea 1 de investigación de la UPEC que hace referencia a la tecnología, biotecnología, calidad e inocuidad en el procesamiento de alimentos, en la sublínea 1.3, enfocándose a los procesos biotecnológicos para la producción de alimentos, aportando al plan nacional de seguridad alimentaria.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes

La tecnología alimentaria cárnica y su afán por mejorar cada producto, busca nuevas alternativas, diferentes y tecnológicas que contribuyan a la mejora, con el fin, de aprovechar materias primas y minimizar costos, cumpliendo con los estándares de calidad que requieren los consumidores; por lo anteriormente expuesto se evidencia las siguientes investigaciones:

Barreiro y Seselovsky (2003) utilizaron por primera vez la enzima transglutaminasa estructurando y reconstruyendo dos tipos de carne, para lo cual realizaron el entrecruzamiento de proteínas, obteniendo la formación de enlaces covalentes en los aminoácidos lisina y glutamina, uniendo dos tipos de carne (res y ave). La base del experimento se basó en variar la concentración de TG (0,2 y 0,5%), a una temperatura de 4 °C, durante 3 horas de reacción, 7 repeticiones experimentales cada uno. Determinando temperaturas de activación enzimática y parámetros bromatológicos del producto resultante. Cabe resaltar que, en esta investigación, los autores solo utilizaron carnes magras (sin grasa), siendo la base de nuevos estudios, para utilizar la enzima TG en carnes que contengan grasa. De igual manera Ramírez *et al.* (2006) realizaron un estudio donde los filetes de pescado de Platija mexicana (*Cyclopsetta chittendeni*) fueron la materia prima de estructuración, utilizando la transglutaminasa microbiana como agente de aglutinante, para lo cual, la estructuración se realizó en 8 tratamientos duplicados, teniendo variación en la cantidad TG microbiana (0,5 y 1,0%), iniciando con un licuado de los filetes, obteniendo una pasta a la cual se le añadió las diferentes proporciones de TG sin ningún aditivo, bajo una temperatura de 15 °C y un tiempo de 1,5 horas. Donde se determinaron parámetros reológicos, microbiológicos y sensoriales, midiendo los cambios mecánicos de las propiedades en los productos finales. Estos dos estudios bases fueron corroborados con el análisis realizado por Márquez *et al.* (2006), donde el efecto de concentración y el tiempo de reacción de la TG con plasma de bobino, fue el objetivo de estudio determinando la estabilidad de cuatro tipos de carnes en porciones de 4 y 2 kilogramos cada una, utilizando concentraciones de TG (0,75 y 1,0%) para lograr una estabilidad en tiempos de 12 y 24 horas; para esta investigación se realizó un experimento

con 12 unidades experimentales siendo 4 tratamientos repetidos 3 veces, concluyendo que el plasma es una gran alternativa que se puede utilizar como ayuda en la estructuración cárnica al utilizar bajas concentraciones de TG.

Tomando en cuenta las investigaciones anteriores, Márquez *et al.* (2008) realizaron un nuevo estudio utilizando un diseño experimental de 12 tratamientos repetidos, 7 veces cada uno; realizaron esta investigación, donde varió la concentración de TG (0,25; 0,5; 0,75 y 1,0%) y el tiempo de reacción (4, 8, 12 y 24 h), para elaborar dos kilogramos de carne de bobino y ave estructurada respectivamente, a una temperatura de 4 °C, donde los resultados se midieron por medio de la eficiencia de estabilidad de la enzima, en cada producto al ser rebanado, bajo una temperatura de refrigeración. Determinando que, al aumentar la concentración y el tiempo de reacción de la TG, aumenta el valor de *p* estadístico, concluyendo que la enzima TG, es una gran alternativa para estructurar carnes crudas mejorando sus características reológicas, y así estas carnes puedan ser ofrecidas a temperaturas frías y de refrigeración. Al comparar estas concentraciones con las normas de uso de la TG (Activa RM Transglutaminase, 2010; Activa RM Transglutaminase, 2019) estas concentraciones son las óptimas para unir y estructurar cárnicos, por lo cual al analizar estas comparaciones con la investigación de Herrero *et al.* (2008), donde adicionaron diferentes niveles de la enzima transglutaminasa en diferentes productos cárnicos con el fin de determinar cuál es efecto de la enzima en su perfil de textura, utilizó diferentes niveles de TG (0,25 0,5 y 1,0%) en cada emulsión, teniendo como resultado de este diseño experimental un significativo de ($p < 0,05$) igual al del anterior estudio, lo que indica que la enzima aumenta la cohesión, elasticidad y dureza en los cárnicos, ya que en la espectroscopía Raman, se obtuvo cambios en las estructuras secundarias proteínicas, que significa que estas estructuras pueden adherirse a otras estructuras provocando uniones.

En la misma línea Ibars *et al.* (2010) al saber que la TG induce a la polimerización de miosina y actina, formando enlaces covalentes de unión difíciles de romper, realizaron un estudio donde incubaron proteínas miofibrilares, utilizando carne de pollo, a la cual añadió TG para estructurar y formar masas de mayor tamaño; en su diseño experimental realizó 5 tratamientos, 5 veces cada uno, donde variando los tiempos de reacción (10, 45 y 120 min) a una temperatura de 35 °C; por medio de la electroforesis SDS-PAGE con geles de 7 y 5% de poliacrilamida se analizó y controló cada muestra, donde como resultado se obtuvo la aparición de una banda nueva de proteína confirmando, que la

actividad de la TG forma nuevas estructuras al unir estos dos aminoácidos, análisis que confirma el estudio de Tarín (2000) que detectó la unión de miosina y actina, como también las transiciones de estructuración de unión del nucleosoma por medio de la TG, estos dos resultados son similares a los de Echavarría *et al.* (2013) que estructuraron carne utilizando la TG y alginato, donde el interés de aprovechar los derivados cárnicos de poco valor comercial fue el objetivo de estudio, incluyendo metodologías de estructuración de cortes molidos y con aditivos. Realizaron el experimento en una sola mezcla donde presentó una variación de cuatro tiempos (11,9; 15; 22,5 y 30 min) y cinco variaciones de concentración de TG y alginato (0,35; 0,5; 0,85; 1,2 y 1,8%), repetido 5 veces cada uno. Determinaron el esfuerzo de corte en el producto, concluyendo que la temperatura es inversamente proporcional al tiempo de reacción de la enzima y que utilizar alginato satura la textura de un embutido.

Valdez *et al.* (2015) utilizaron la transglutaminasa en carne estructurada de cabra, con el objetivo de evaluar la textura y estabilidad de esta carne, determinando el efecto de gelificación frío. En su diseño experimental utilizó dos formulaciones por triplicado, donde se varió la temperatura de reacción (2,6 y 50 °C) a una sola concentración del 1%. El resultado obtenido, demostró que la enzima TG, es óptima a temperaturas frías, para la estructuración, ya que los geles en frío presentaron menor pérdida de exudado, sin alterar la textura y firmeza, para la elaboración de productos estructurados, teniendo en cuenta que las pérdidas por cocción son las mismas en las dos temperaturas; hay que tener en cuenta que nuevos estudios de la TG nos indica que esta enzima es capaz de unir carnes grasas ya que en la investigación de Venegas (2022) realizó un fiambre utilizando la TG, para unir dos tipos de carne, una magra (conejo) y una con alto contenido de grasa (tocino), el experimento se basó en variar la concentración de TG (0,5 y 1,0%) y tocino (20, 25 y 30%) por triplicado cada uno, se analizaron parámetros bromatológicos, reológicos y sensoriales. Se determinó que, al comparar los parámetros bromatológicos con la NTE INEN 1338 y 1339, estos parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos, de acuerdo con los resultados reológicos, la TG mejora la dureza de los fiambres con mayor concentración. Concluyendo que, la TG no une solo carnes sin grasa, si no que, a una concentración del 1%, enlaza dos tipos de carnes (grasa y sin grasa).

Por lo cual, en la comparación de las metodologías y resultados de las anteriores investigaciones nombradas, se puede determinar concentraciones, tiempos y temperaturas, como también una determinación importante de elaboración, “la enzima

TG no necesita de aditivos para que exista efectividad en sus propiedades”. Por lo tanto, con los datos de las variaciones de concentración muy similares, la relación inversa de reacción tiempo-temperatura, y las características reológicas obtenidas, se podrá tener una base de investigación que servirán para este nuevo estudio, elaborando carne estructurada de hamburguesa de cerdo utilizando la enzima TG y así comparar la textura final de este nuevo producto, con las texturas de las anteriores investigaciones, determinando cómo influye esta enzima en cada cárnico, teniendo en cuenta estos parámetros de reacción, los cuales coinciden con la norma de utilización de la enzima TG.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. La industria cárnica: Generalidades, factores de producción y comercialización

En forma positiva la industria cárnica ha evolucionado en su desarrollo, iniciando desde la obtención de la materia prima, donde debe existir un proceso riguroso para que el ganado vacuno, aves y cerdo produzcan carnes seguras y así exista una buena producción y una segura comercialización.

La FAO (2001) indica que el proceso de sacrificio de un animal debe presentar dos procesos de revisión:

Proceso antes de la muerte (ante mortem), que es una inspección que se da antes del sacrificio del animal.

Proceso después de la muerte (post mortem), que es la inspección que se da cuando el músculo se convierte en carne.

Antes del sacrificio del animal, debe existir una inspección de los animales, estos deben estar en reposo, en movimiento y de pie, donde les llegue una adecuada luz, sea natural o artificial para proceder con el sacrificio. No se sacrificará animales que presenten enfermedades dudosas, para lo cual se debe identificar debidamente y de forma anticipada anomalías físicas, como también la revisión del informe de salud que emite el veterinario encargado. La FAO (2005) Nos indica que debe existir una cremación del animal, cuando se ha detectado que este, presenta o ha sido diagnosticado con una enfermedad o infección. La inspección ante mortem finalizará una vez que el veterinario haya concluido su revisión y emita un informe de autorización de matanza, denominación o aplazamiento de la matanza. De igual manera concuerda el manual de inspección de carne Nacional y

Animal (2020) donde se argumenta que la inspección ante mortem permite detectar que animal esté apto para ser sacrificado y así ser consumido por las personas, ya que en esta inspección se determina deficiencias en la salud del animal, factores que puedan ser perjudiciales para la salud del consumidor, presencia de zoonosis, presencias de sustancias ilegales en el animal, presencias de enfermedades que se declaran obligatorias.

En la inspección post mortem debe existir un informe veterinario en dos partes, la primera parte que hable de la inspección realizada en los órganos internos de la cabeza y tronco, juntamente con las vísceras, teniendo en cuenta que estas no deben ser retiradas del animal, y la segunda parte de los órganos secundarios (FAO, 2005). Esta definición coincide con lo que indica Zimmerman (2021) ya que la inspección post mortem es la complementación de la fase ante mortem siendo una comprobación de los despojos que se consumen y canales que se obtienen por la carnización de animales de res y cerdo para determinar si son aptos para el consumo humano.

La FAO indica que está rotundamente prohibido:

- Extracción de membranas serosas.
- Extracción, modificación de algún signo de enfermedad de un órgano, utilizando lavados, cortados y raspados.
- Eliminación de señales de la cabeza, apéndices y vísceras.
- El retiro de la zona de inspección partes del canal, órganos o vísceras.

Factores de la calidad de la carne

Para que la carne animal pueda ser procesada, existen diferentes parámetros que determinan si esta es adecuada para ser procesada o comercializada:

- Capacidad de retención de agua (CRA). – Álvarez (2018) indica que este factor es el indicador de la capacidad muscular, de retener agua libre por fuerza de tensión y capilaridad, y tiene una estrecha relación con la jugosidad y textura, ya que entre más jugosidad exista mayor es la CRA. Definición que concuerda con lo que indica Gonzales y Araujo (2018) donde nombra al CRA como el parámetro bromatológico más importante ya que este contribuye a la calidad de la carne y sus productos.
- Color. – Este parámetro en la argumentación de Bautista y Rincón (2010) dicen que es un resultado del porcentaje de mioglobina, la reacción de pigmento de la

oximioglobina y metamioglobina, y de la cantidad que se refleja por la superficie de la luz. Definición que es complementada con Gonzales y Araujo (2018), que dicen que el color es el factor que refleja tipo de especie, dieta, sexo y edad del animal.

- pH. – Zimerman (2021) en su libro “¿Calidad de la carne o carne de calidad?” dice que este factor debe estar en un rango de 5,4 – 5,6, para que sea idóneo y la carne sea consumible manteniéndose con estándares altos donde no exista el crecimiento de microorganismos, teniendo características bromatológicas adecuadas. Este rango de pH es muy similar al que indica Ranken (2021) en el manual de industrias de la carne, ya que aquí indica que el rango de pH de la carne debe ser de 5,4 a 5,86, y que este parámetro está conectado de manera rigurosa con el CRA.
- Dureza. – Una carne de calidad debe ser más firme que blanda dice Gonzales y Araujo (2018), ya que esta nunca debe perder su consistencia firme y no ser dura. Bautista y Rincón (2010) indican debe ceder a cualquier presión, pero jamás ser blanda, por lo cual el parámetro de dureza es uno de los indicadores de calidad en vida útil.
- Jugosidad. – Domenech *et al.* (2017) dice que este parámetro siempre va a depender de la cantidad de agua que un cárnico puede retener, este parámetro influye en el sabor, ternicidad y en el carácter reológico de masticabilidad, dependiendo básicamente del contenido lipídico del músculo. Esta definición es complementada con lo que dice Onega (2020) donde indica que la jugosidad es percibir la humedad de un producto cárnico al momento de ser consumido.

El CODES ALIMENTARIUS (2005) indica que la carne es “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y que son aptas para el consumo humano”; y que una carne elaborada es “los productos que resultan de la elaboración de la carne cruda, de manera que cuando esta se corte, el producto ya no tenga las características de una carne fresca”. Esto es corroborado por Gonzáles (2019) donde dice que la carne es la porción comible, limpia, sana y de calidad, de los músculos de los ovinos, caprinos, bovinos y porcinos, que se han declarado aptos después de una inspección, antes y después de la muerte.

Composición química de la carne

- Agua. – Indica Mamani *et al.* (2014) que la cantidad va a depender de la especie proveniente, sexo y el tejido atómico zonal; está relacionada con la cantidad de contenido graso, y oscila entre el 65% al 85% del peso. Argumentación que complementa Páez *et al.* (2019) al indicar que el agua de la carne está relacionada con la jugosidad y la textura.
- Proteínas miofibrilares. – Comprende la tercera parte de las proteínas del músculo (Curotto *et al.*, 2007). Mamani *et al.* (2014) indica que las más importantes son la actina y miosina.
- Miosina. – Se compone de meromiosina y cadenas ligeras en líneas de cuatro, Flores (2018) argumenta que la miosina es 50% de las proteínas miofibrilares; Curotto *et al.*, (2007) dice que las cadenas ligeras tienen como centro energético el adenosín tri fosfatasa, con un pH ligero ácido de 5,3.
- Actina. – Es la parte principal de los filamentos delgados (Flores, 2018). Andújar *et al.*, (2003) indica que contiene prolina o actina G. Mota *et al.* (2012) argumenta que la actina es el 25% de las proteínas miofibrilares con un pH ácido de 4,7.
- Proteínas sarcoplasmáticas. – Tienen una aproximación del 33% de la totalidad de proteínas musculares, están en la fibra citoplasmática. Curotto *et al.* (2007) indica que la más importante es la mioglobina que brinda coloración a la carne. Domenech *et al.* (2017) habla que la mioglobina indicando que se compone de globina y grupo hemo, donde la globina contiene al grupo hemo o protoporfina. Warriss (2003) atribuye a la mioglobina como el tetrámetro de la carne que llega al músculo a través de los capilares sanguíneos.
- Grasas. – Depende siempre de la relación agua – grasa. Flores (2018) indica que todo lo que contenga proteína, agua, sal aumentará o disminuirá la cantidad de grasa. De igual manera indica Conejo (2019) al decir que las grasas se van a acumular en 4 zonas: Cavidad corporal, intermuscular, intramuscular y subcutánea. Mamani *et al.* (2014) argumenta que la grasa está formada por triglicéridos principalmente.
- CHO. – Es el contenido que ocupa el 1% de la carne. Mayer y Aníbal (2013) argumenta que el CHO más importante es el glucógeno. Warriss (2003) indica que el glucógeno es la central energética muscular y que se consume en el rigor mortis.

- **Minerales.** – Argumentan Curotto *et al.* (2007) y Domenech *et al.* (2017) que la carne es la fuente de dieta más rica nutricional ya que aporta minerales esenciales que aportan Fe, Zn, Cu, I, P, entre otros. Indica Cseh (2015) que los minerales de la carne aportan grupos traza como Mg y Se. Sin embargo, Lou *et al.* (2013) indican que la carne presenta cantidades mínimas de Ca, pero el mineral más aportado es el Fe por su disponibilidad que no se altera en la cocción, como también este mineral forma parte del grupo hemo.

Tipos de animales para procesamiento

La industria cárnica es la industria que presenta la mayor parte de ventas en el mundo (Guardia-Puebla *et al.*, 2017). Este tipo de industria de alimentos utiliza como materia prima a la carne que procede del sacrificio de algunos tipos de animales así se tiene: Res, porcino, ave y en poca cantidad animales de corral. Argumentación que confirma Lou *et al.* (2013) y que indica que también en la actualidad se está procesando carne de equino y camellos.

2.2.2. Clasificación de los productos cárnicos

Los productos cárnicos destinados para transformarse son los productos alimenticios que provienen de algunas especies de carne animal (Galindo y Ramírez, 2018). Para su elaboración es necesario utilizar tecnologías para conservar o alargar su vida anaquel y así conservar su calidad (Cerdeño, 2018).

Las tecnologías cárnicas tienen como objetivos de mejorar y conservar por más tiempo sus productos, desarrollar nuevos sabores, elaborar nuevos productos con valores añadidos y hacer que partes de animales que no son comibles se puedan transformar para ser alimento (Rodríguez *et al.*, 2015).

Cerdeño (2018) indica que los productos cárnicos se clasifican en crudos, frescos, fermentados, salados, precocidos y cocidos.

- **Crudos.** – Utilizan la tecnología cárnica de conserva sin utilizar un tratamiento térmico, por lo cual para su consumo es necesario que pase por cocción (Espinoza *et al.*, 2015). Rodríguez *et al.* (2015) indica que los productos crudos tienen una vida útil más corta que los productos cocidos.
- **Frescos.** - Ospina *et al.* (2011) indica que este tipo de productos pueden ser ahumados, embutidos y curados. Ibáñez *et al.* (2003) argumenta que este tipo de productos se elaboran a partir de grasa molida y piezas de carne. Cerdeño (2018)

complementa estas argumentaciones indicando que dentro de los productos frescos se encuentran las hamburguesas, longanizas, butifarra, masas crudas.

- Fermentados. – Martín (2005) indica que como los productos frescos los fermentados están elaborados a partir de grasa que puede ser molida o picada y trozos de carne. También indica Peñaherrera (2018) que los productos fermentados también se elaboran a partir de embutidos que han sido madurados. Conejo (2019) dice que dentro de los cárnicos fermentados se encuentran los salamis, chorizos, pastas untables, jamones crudos, sobreasada, pepperoni, salchichones, entre otros.
- Salados. – Son embutidos que utilizan como tecnología de conservación el proceso del salado (Bernabé, 2013). Ibáñez *et al.* (2003) indica que dentro de este grupo se encuentran los curados, secados, ahumados como el tocino y tocineta.
- Embutidos y moldes. – Define Ospina *et al.* (2011) que son carnes procesadas a partir de carnes que son autorizadas, las cuales pueden ser picadas o no. Flores (2018) dice que los embutidos y moldeados son cárnicos que se los puede someter a procesos de salados y curaciones. Complementa Ibáñez *et al.* (2003) indicando que este tipo de productos se puede elabora de un solo tipo de carne, como también uniendo y procesando dos o más de dos tipos de carne que sean permitidas.
- Curados y ahumados. – Son productos cárnicos que han utilizado como medio de conservación el humo o algún tipo de aditivo permitido (Ranken, 2021). Graiver (2006) indica que dentro de este grupo se encuentra los jamones, carnes ahumadas, lomos ahumados, entre otros.
- Semielaborados. – Argumenta Torres *et al.* (2013) que los productos semielaborados son productos intermedios entre un bien de consumo y una materia prima. Martín (2005) define estos productos como productos elaborados de piezas como también de subproductos con aditivos permitidos. Peñaherrera (2018) de igual manera complementa esta argumentación indicando que los productos semielaborados deben recibir un tratamiento térmico en su proceso de elaboración. Ospina *et al.* (2011) dice que estos productos para ser consumidos deben se cocinados, dentro de estos se encuentran los apanados y nuggets.

Para el procesamiento y conservación de los diferentes productos cárnicos se utilizan tecnologías como:

- Curado: Donde define (Ranken, 2021) que el objetivo de este proceso es alargar la vida útil utilizando sal común, nitrito sódico o sustancias coadyuvantes. Jiménez (2013) complementa esta definición indicando que el curado conserva los parámetros sensoriales como color, sabor, olor, generando olores característicos.
- Salazón: Este método antiguo indica Sereno (2015) que es la adición de sal a las carnes con el fin de conservar su vida, y puede estar acompañado de otros métodos de conservación como secado y cocción. López (2012) define a la salazón como el método al que se puede añadir sal en seco o hidratada. Torres *et al.* (2013) indica que al utilizar este método de conservación se inhibe bacterias y ciertos microorganismos patógenos ya que la sal es bacteriostática. Bernabé (2013) dice que los factores de los que depende la salazón son pH y temperatura.
- Ahumado: Proceso de conservación donde se le inyecta humo a carnes crudas, en la cual se deseca y madura obteniendo aromas característicos (Sereno, 2015). Lipa (2016) complementa esta definición diciendo que el ahumado es el proceso en el que se le brinda a la carne un olor característico diferente a las demás tecnologías mejorando sus aspectos sensoriales como brillo en lo exterior y en lo interior ablandamiento. Peraza (2021) habla de los tipos de ahumado indicando que son de tres maneras: Caliente, directo e indirecto, que varían según la condición del humo.
- Acidificación: Herrera (2006) argumenta que en este método principalmente se utiliza el vinagre con el objetivo de inhibir microorganismos y así modificar el pH. López (2012) dice que existen dos tipos de acidificaciones: Naturales con especies y condimentos en seco como clavo de olor, pimienta negra, mostaza, cebolla, entre otros; y los artificiales donde se utiliza PBH, ácido benzoico, ácido ascórbico. Sirini *et al.* (2021) argumenta que los acidificantes se utiliza con el fin de inhibir la actividad bacteriana y oxidación de la carne.
- Fermentación: Utilización de microorganismos no perjudiciales que ayudan a descender el pH (Rubio, 2014). Indica Sampedro (2022) que en la fermentación se produce actividad microbiana donde se modifica en totalidad las características del producto. Al igual que las anteriores definiciones Sereno (2015) indica que la fermentación depende de la humedad, ventilación y temperatura.

- Escaldado y cocción: Son procesos en los que se somete a los productos cárnicos a temperaturas altas (escaldado 70 a 100 °C, cocción 75 a 80 °C) (Peraza, 2021). Bernabé (2013) argumenta que en estos procesos tecnológicos se desarrolla el sabor y aroma característicos de la carne. Rubio (2014) indica que la desventaja de estos métodos es que se pierde el valor nutritivo cárnico.

Técnicas de conservación de las tecnologías cárnicas:

- Pasteurización: El principal objetivo de esta técnica es eliminar los patógenos de la microbiota (Szerman *et al.*, 2011). Complementando la definición dice Cruz (2014) al utilizar este método de conservación la carne o producto cárnico no se ve alterado en su calidad organoléptica. Rubio (2014) indica que las temperaturas a utilizarse en esta técnica son de 65 a 75 Celsius.
- Esterilización: Para Peraza (2021) esta técnica es una conservación más extrema que la pasteurización, ya que aquí se elimina completamente toda la microbiota (patógenos y no patógenos). Indica Rodríguez *et al.* (2010) que esta técnica utiliza temperaturas mayores a 100 °C en el centro de la masa cárnica.
- Dsecación: En esta técnica se controla la actividad de agua. Para Astráin *et al.* (2018) complementa esta definición indicando que otros factores que se controla en la dsecación también es la humedad, temperatura, pH, velocidad de aire. Como indica las definiciones anteriores argumenta López (2012) que el objetivo de esta técnica es evitar la aparición de bacterias perjudiciales para el consumidor.
- Refrigeración: El objetivo principal de esta técnica cárnica es conservar el producto por más tiempo. Jiménez (2013) clasifica a la refrigeración de tres tipos.
Rápida. – Con factores de temperatura – 1 °C con humedad del 90%.
Lenta. – Con temperaturas ambiente de 3 a 7 °C con humedad del 80%.
Por choque. – Utiliza temperaturas menores a los 0 °C.
- Congelación: A la argumentación de Salazar (2021) dice que esta técnica se la hace con el fin de transformar la mayor cantidad de agua en cristales. Indica Peraza (2021) que existen tres tipos de congelación:
Rápida. – Se utiliza temperaturas menores de los 18 °C.
Lenta. – Utiliza temperaturas menores al 1 °C.
Contacto. – Es la introducción del producto cárnico en placas de metal utilizando temperaturas menores a los 35 °C.

Todas estas técnicas de conservación nombradas se las considera como tecnologías tradicionales cárnicas que hasta la actualidad se utiliza para obtener diversos productos cárnicos.

2.2.3. Nuevas tecnologías cárnicas

Para Conejo (2019) también se las llama tecnologías emergentes, que presentan muchas ventajas en los productos obtenidos como también en los consumidores. Si se llegara a comparar las tecnologías tradicionales con las nuevas se podría existir un obstáculo de la aceptación debido a la falta de información en los consumidores (Batalha *et al.*, 2015).

El objetivo principal de las tecnologías emergentes es obtener productos cárnicos más saludables, económicos, seguros, donde no se dañe su textura sino al contrario se mejore juntamente con los parámetros sensoriales (Santamaría, 2010).

Entre las nuevas tecnologías emergentes se tiene:

- Irradiación: También llamada pasteurización en frío Conejo (2019) la define como un tratamiento que se da a algunos alimentos mediante la radiación ionizante de elementos radioactivos por medio de los rayos X y gamma. Heredia *et al.* (2014) indica que la irradiación cumple con el objetivo de preservar un alimento al exponerlo a cantidades controladas de radiación controlada.

Este método puede ser de forma directa e indirecta.

Directa. – Se destruye en totalidad los microorganismos ya que la radiación impide la multiplicación de las células ocasionando una colisión directa de la energía de radiación.

Indirecta. – Se ocasiona rupturas moleculares ya que existe una destrucción de los radicales libres.

Cada alimento u producto no alimenticio irradiado debe tener en su etiqueta el símbolo que lo representa tal como se mira en la figura 1.

Figura 1 Símbolo que aparece en productos irradiados.



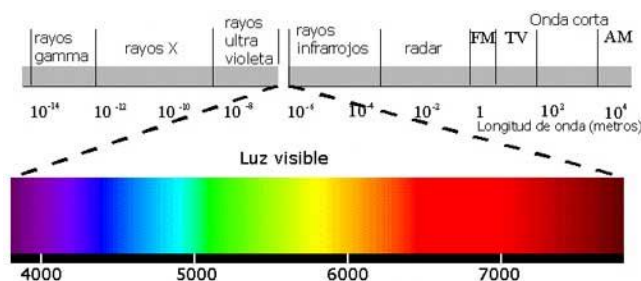
Fuente: Conejo, 2019

- Altas presiones: Conocida por sus siglas HHP Chanes *et al.* (2015) la define como un método de conservación que se utiliza en las tecnologías de alimentos para carnes. De igual manera Batalha *et al.* (2015) confirma la definición añadiendo

que actualmente las HHP han tomado gran relevancia en la industria cárnica para sus procesos de conservación. Indica Conejo (2019) que en el mundo existe más de 300 plantas de altas presiones que se reparten en todo el mundo. Argumentan en la definición de HHP Carballo *et al.* (2017) que para esta técnica se debe aplicar presiones que van de los 100 a los 1000 mega pascales que se transmiten por fluidos de forma indirecta, y depende de factores como presión principalmente, tiempos aplicados y mantenimientos de temperatura.

- Estimulación eléctrica: Conocido también como electro procesado. Esta alternativa tecnológica se utiliza para lograr la inocuidad de los alimentos (Heredia *et al.*, 2014). Define la estimulación eléctrica Conejo (2019) como una tecnología emergente que conserva las propiedades sensoriales utilizando electricidad mediante pulsos eléctricos que higienizan a los alimentos. Complementa estas definiciones Batalha *et al.* (2015) añadiendo los valores de voltaje que van de 20 a 80 kV/cm para inactivar m/o, y de 25 a 90 kV/cm para inactivar enzimas.
- Pulsos de luz: Con el objetivo de disminuir la microbiota patógena Oropeza *et al.* (2019) define a los PL como una tecnología no térmica que aplica pulsos luminosos de alta energía en los alimentos o superficies de los alimentos. Conejo (2019) indica que esta técnica utiliza pulsos de intensidad 1-5 kV en una corta duración de 100 – 400 μ s, con un espectro de emisión que oscila desde los 2000 nm llegando a la 1000 nm. La Food and drug administration a probó el uso de esta técnica para producir y procesar cárnicos (FDA, 1996). En la figura 2 se puede observar la clasificación de los rayos según su longitud de onda.

Figura 2 Clasificación de la radiación según la longitud de onda



- Ultrasonido: Técnica que utiliza las ondas acústicas con una frecuencia superiores a los 20 kHz (Ureta *et al.*, 2019). Para Carballo *et al.* (2017) el ultrasonido inactiva los microorganismos y enzimas, pero también se la utiliza para evaluar la textura, viscosidad y otros parámetros como la composición. Argumenta Conejo (2019)

que los ultrasonidos pueden ser de baja intensidad que evalúan productos cárnicos crudos y los ultrasonidos de alta intensidad que sirven para evaluar y controlar las microestructuras de las carnes.

- Estructuración o construcción: La estructuración cárnica es la técnica que elabora productos a partir de pedazos de carne que han pasado por un proceso de desintegración de su estructura (García, 2013). Corrobora esta definición Álvarez (2018) indicando que los reestructurados son procesos tecnológicos donde se obtienen productos con diferente composición química, que originan productos nuevos diferentes de la carne proveniente. De igual manera Vallejo *et al.* (2019) indica que estos productos son comercializados y conocidos como productos crudos y precocidos.

Ureta.*et al.* (2019) argumentan indicando que la construcción cárnica permite utilizar pequeños retazos de carne que por su tamaño no es posible utilizarlos para la producción gastronómica cárnica. La estructuración de carnes se basa en la formación de gelificados proteínicos presentes en la carne, con el fin de mejorar la solubilidad y así unir las proteínas entre sí. En la figura 3 se puede observar cómo es un producto reestructurado.

Figura 3 Ejemplo de productos reestructurados



Fuente: García, 2013

- Ablandamiento enzimático o mecánico: Esta tecnología muy utilizada en los últimos años es la aplicación de enzimas en productos cárnicos sin los microorganismos productores (Godoy, 2020). Argumenta García (2013) que la industria cárnica las utiliza para unir productos cárnicos de pequeño tamaño y así mejorar la presentación del alimento. Indica Sanz (2015) que las enzimas que más se utiliza en la industria cárnica están las proteasas, calpaínas, catepsinas, papaína, bromelina, ficina, actinidina, y en los últimos años para mejorar textura y uniones la transglutaminasa de las aciltransferasas.

2.2.4. Enzima transglutaminasa como nueva alternativa cárnica

Como se ha detallado anteriormente, ante la necesidad existen por parte de los consumidores, los procesadores buscan nuevas maneras para crear productos exitosos,

optimizando materia prima y costos. Una manera de alcanzar estos objetivos es utilizar nuevos ingredientes. Un ejemplo principal de estos ingredientes es la enzima TG, aprobada por USDA en cantidades osciladas hasta 65 ppm para su utilización en alimentos.

La transglutaminasa-Glutaminil-péptido gamma-glutamil es una enzima perteneciente al grupo de las transferasas que se encuentra en la naturaleza en los animales y ciertos alimentos, que está aportando propiedades y características excelentes en el ámbito de la industria alimentaria (Barreiro y Seselovsky, 2003; Vallejo *et al.*, 2019).

Sakamoto *et al.* (1994) indica que al descubrir la cepa *Streptoverticilium* (St.) *mobarraense* ha dado paso a que la TG se pueda extraer de forma industrial; esta cepa productora se obtuvo por mutagénesis al exponerla por largos procesos de tiempo a la química de los mutágenos. Gonzáles *et al.* (2010) indica que en la actualidad se estudia la obtención de la TG por medio de la bioquímica de la fermentación en medios que contengan almidón.

La forma de acción de la TG es en las terminaciones proteínicas de residuos de glutamina, ya que estos actúan como donadores de los grupos e-carboxamida, y como receptor el e-amino de residuo de lisina (Aguilar *et al.*, 2012). Corroboró esta afirmación Álvarez *et al.* (2019) al indicar que a la ausencia de estas terminaciones va a existir una reacción de unión con las aminas primarias. Valdez *et al.* (2015) argumenta que como resultado de la unión de proteínas por medio de la TG se obtendrá polímeros con peso molecular altos. Salica *et al.* (2015) indica que la TG puede enlazar las aminas de las glutaminas proteínicas en presencia de aminas primarias, y en ausencia de estos residuos el agua ayuda en la reacción resultante de la desaminación de glutaminas.

La TG se encuentra en los siguientes seres vivos:

- Vegetales formando parte del citoesqueleto y de la pared celular.
- Microorganismos uniendo las proteínas en el ensamblamiento de la pared celular.
- Plasma mamífero catalizando el cruce de la fibrina en la coagulación sanguínea.

Indica Hernández *et al.* (2015) que el cruzamiento de la fibrina en la coagulación se lo conoce como factor XIIIa, que ayuda a estabilizar el desangrado.

Factores de activación de la TG

Álvarez *et al.* (2019) indica que los factores de activación enzimática que necesita la TG son:

- pH: 5 a 9
- Temperatura: 4 a 75 °C de forma óptima en 50 °C
- Tiempo: 30 minutos a 120 minutos.

Especificidad de sustratos como gelatinas o caseínas ayudan completamente a la unión. Inactivadores como temperaturas mayores a los 78 °C por la presencia del polo -SH que hace que la enzima sea sensible a la oxidación.

En la tabla 1 se detalla el nivel de reacción de la enzima TG en diferentes proteínas.

Tabla 1

Niveles de reacción de la TG en diferentes proteínas.

Fuente	Proteína	Nivel de reacción
Leche	Caseína	Muy bien
	Caseinato de sodio	Muy bien
	Albúminas	De forma condicional
Huevo	Ovoalbúmina	De forma condicional
	Proteína de la yema	Bien
Carne	Mioglobina	De forma condicional
	Colágeno	Bien
	Gelatina	Muy bien
	Miosina	De forma condicional
	Actina	De forma condicional
Soja	Globulina	De forma condicional
Trigo	Gliadina	Bien
	Gluteína	Bien

Fuente: BDF Ingredientes (2018)

Formas de acción de la TG

Para que la enzima actúe y realice entrecruzamientos, además de cumplir con los factores mencionados es necesario que exista la exposición necesaria de los residuos de glutamina y lisina (Kaufmann, 2018). Complementando Álvarez *et al.* (2019) al indicar que si se va a utilizar la enzima en medios no cárnicos como gelatina y caseína la TG actúa de mejor manera por la disponibilidad amplia proteínica.

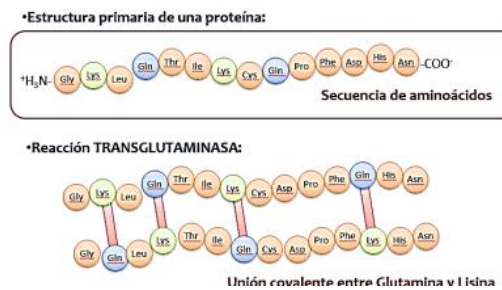
Reacciones de entrecruzamiento

- Entrecruzamiento no limitado proteínico. – Entrecruzar diferentes tipos de proteínas lleva a formar dímeros, trímeros y polímeros de gran tamaño; las reacciones de cruces terminarán hasta que ya no existe disponibilidad de la glutamina y de la lisina en la enzima (Barreiro y Seselovsky, 2003). Corroborando Álvarez *et al.* (2019) la definición anterior al indicar que la formación de una red de polímeros proteínica se limitará por el ingreso de aminoácidos y la movilidad

de la enzima. Argumenta Valdez *et al.* (2015) que cuando se forma el gel es el principal objeto que hace la TG, gel que es irreversible.

- Entrecruzamiento parcial proteínico. – Para ser óptimos en los resultados obtenidos de cruce y formaciones de gel se emplea la TG en cambios de funcionalidad proteínica, para obtener buen resultado en el entrecruzamiento de existir una prueba de funcionalidad deseada, para la cual se debe cambiar el pH o adicionar inhibidores de TG, El inhibidor más utilizado es el calentamiento (Álvarez *et al.*, 2019). En la figura 4 se puede determinar la formación de enlaces de la TG

Figura 4 Formación de enlaces en los cruces de glutamina y lisina de la TG



Fuente: Álvarez *et al.* (2019)

Funciones tecnológicas de la TG

Yokoyama *et al.* (2004) indica que las funciones que brinda la TG en los alimentos es la siguiente:

- Unión otorgando estructuras en los enlaces de unión de las terminaciones proteínicas.
- Gelificación brindando mejores texturas.
- Resistencia física al dar nuevas firmezas.
- Retención de humedad.
- Termoestabilidad.
- Valor nutricional mejorado de las proteínas.
- Elasticidad

2.2.5. Carnes estructuradas

Ya que existe una grande demanda de productos nuevos, nutritivos y de calidad a la industria cárnica por parte de los consumidores, por lo cual en la actualidad la industria cárnica está tratando de introducir la carne estructurada.

La NTE INEN 1338 para productos cárnicos y derivados indica que las carnes estructuradas son productos que se originan a partir de cortes que presentan un valor comercial bajo. De igual manera argumentan Álvarez *et al.* (2019) al definir las carnes estructuradas como productos pequeños que forman u originan carnes más valiosas y que se aplica en todo tipo de carnes como vacuno, cerdo, ave, cordero, entre otros.

Hernández *et al.* (2015) indican que la gran variedad de estructurados pueden ser pollo estructurado, carne estructurada para hamburguesa, chuletas de cerdo estructurado, entre, otros. Márquez *et al.* (2016) corroboran la definición anterior indicando que antiguamente se utilizaba el huevo como ligante en la carne picada para preparar carnes de hamburguesa. Unir carnes o trozos de carnes es el resultado de adicionar algún aditivo o sustituyente en las proteínas, en la actualidad se trata de incluir a la enzima TG para lograr esta unión con mejor facilidad, logrando obtener una mejor red proteica con excelente cohesividad, con el objetivo de lograr que la carne al ser cocida mantenga su integridad (Arias, 2019).

Formas de producción de la carne estructurada

La industria cárnica tradicionalmente ha utilizado para este proceso aditivos alimentarios como fosfatos y sal, que al realizar una fuerza mecánica ayudan a extraer las proteínas de miofibrilla, que en el proceso térmico sufre cambios que forman estructuras más estables. De igual manera corrobora García (2013) al indicar que la utilización de estos aditivos mejora la textura, CRA y algunos aspectos reológicos como la firmeza.

El proceso de estructurado entiende en mejorar la gelificación de los productos, favoreciendo la red tridimensional en las fibras y rigidez de la textura (Álvarez *et al.*, 2019). Indica Arias (2019) que al someter al calor a la miosina esta da lugar a enlaces semi estables por los diversos cambios en las estructuras donde se implica los puentes de hidrógenos que se dan después del desdoblamiento de las cadenas de los polipéptidos.

La utilización de alginatos por parte de la industria cárnica al mezclarse con carbonatos como el carbonato de calcio se emplean como enlazantes o ligantes favoreciendo la aceleración de la formación de geles (García, 2013). De igual manera indica Arias (2019) que los alginatos como alginato de sodio permite la manipulación y envasado de carnes estructuradas, con la desventaja que la integridad cárnica final no presenta una buena textura.

En la tabla 2 se detalla las ventajas y desventajas de la carne estructurada.

Tabla 2

Ventajas y desventajas de los productos estructurados

Ventajas	Desventajas
La calidad sensorial de los productos es excelente y jugosa. Tos los productos ya estructurados presentan el mismo tamaño. Cada producto estructurado se realiza de cortes pequeños, que presentan bajo valor comercial. Son productos con valor nutricional muy alto, con simulaciones de cortes delgados a finos. Evita desperdicios de la industria cárnica. Son productos de costo accesible y de aplicación sencilla.	Los productos reformados necesitan de más equipos y de tecnologías para poder manipular. Necesita de distintas materias primas para formar nuevos productos. El desconocimiento del término “estructurado” por el mercado.

Fuente: *Álvarez et al. (2019)*

Carne para hamburguesa

Para la NTE INEN 1338 (2012) para productos cárnicos y derivados indica que la hamburguesa es un producto de carne que proviene de los cortes de carne en cubos o también molida, que es mezclada con otros ingredientes como: aditivos y condimentos. De igual manera corrobora Arias (2019) que este producto estructurado debe ser moldeado en forma y espesor los cuales son determinados por el procesador. La OMS (2019) indica que estos productos deben estar envasados y sellados al vacío en temperaturas menores a los 18 Celsius y que para el consumo deben ser sometidos a cocción o freírse.

Indica *Álvarez et al. (2019)* que en la formulación de la carne de hamburguesa se puede añadir grasa, teniendo en cuenta que no debe ser de forma directa y no sobrepasando el 30% que es permitido para embutidos. Arias (2019) indica que la carne de hamburguesa puede ser proveniente de diferentes fuentes como la de bovino, cerdo, ave o combinadas.

2.2.6. Algunas aplicaciones de la Transglutaminasa en productos cárnicos

De forma inicial indican Barreiro y Seselovsky, (2003) que la reestructuración de las carnes se las hacía de forma directa obteniendo excelentes resultados. Arias (2019) completa esta argumentación indicando que de forma posterior la TG se la utiliza en proteínas no cárnicas encontrándose mejores resultados, al realizar reestructurados de mayor tamaño de piezas de diferentes animales. Para *Álvarez et al. (2019)* en la actualidad en los procesos de obtención de alimentos cocidos la acción enzimática se da en los tratamientos térmicos, teniendo la desventaja que pasado los 78 °C la enzima se inactiva.

Venegas (2022) en los resultados obtenidos determina que entre mayor concentración de TG se utilice, el resultado de la dureza es mayor y firme, lo cual es desfavorable en productos estructurados pero favorables en productos de unión. Ramírez *et al.* (2003) indica que, si existe un control de la cantidad de la enzima, como también de la temperatura y tiempo de reacción se obtiene texturas deseadas y adecuadas para estructurados y unidos.

Entre las muchas ventajas que se tiene al utilizar la TG en cárnicos es la preparación de alimentos saludables como productos de carnes con concentraciones de sales y fosfatos bajos (García, 2013). Arias (2019) no comparte la afirmación anterior ya que al obtener productos con baja cantidad de sal y fosfatos los estándares de calidad no son buenos.

Dentro del Codex Alimentarius la TG se encuentra autorizada como una sustancia biológica de coadyuvantes en procesamientos, y se la conoce con las siglas ICE de preparación enzimática; se la considera como segura por la FDA (Codex Alimentarius, 2012).

En la tabla 3. se detallan los principales productos finales al utilizar la enzima transglutaminasa.

Tabla 3

Principales alimentos que se pueden preparar mediante la utilización de la enzima TG

Materia prima	Producto	Función
Carne	Hamburguesas, embutidos, enlatados	Mejora unión, textura flexibilidad y características sensoriales.
Pescado	Surimis	Textura, apariencia y características sensoriales.
Trigo	Alimentos horneados	Aumento de volumen
Soja	Sustitos de carne	Textura
Vegetales y frutas	Aceleradores de sustancias minerales para absorción	Absorción
Grasas	Grasas sólidas	Sustituto de carne de cerdo.
Proteínas vegetales	Polvos proteínicos	Formaciones gelificadas y textura
Condimentos	Condimentos	Mejora sabores
Gel de proteína	Geles	Viscosidad
Arroz	Arroz para almacenamiento	Textura y sabor original
Proteínas lácticas	Leche	Viscosidad
Postres	Postres	Firmeza

Fuente: Barreiro y Seselovsky (2003)

Benavides (2018) indica que por medio de las funciones de la TG puede llegar a obtener filetes y productos de diferentes tipos de proteínas que se provengan de cortes variados que pueden ser de la misma especie o de diferentes. Álvarez *et al.* (2019) complementa

la afirmación anterior al indicar que se puede estructurar carnes realizando nuggets, filetes, embutidos, entre otros.

Componentes no cárnicos

Argumenta Arias (2019) que la TG al unirse con proteínas no cárnicas da excelentes resultados al reemplazar la sal y los tripolifosfatos, mejorando al cohesividad originando una mejor capacidad de retención de agua. De igual manera García (2013) complementa la anterior definición al indicar que al reemplazar los fosfatos y diferentes sales por la TG existe una mejora en la calidad bromatológica de diversos productos.

Industria láctea

La TG aporta elasticidad en los productos derivados de la leche como quesos y yogures, mejorando la reología de estos.

Industria de panificación

En el caso de la panificación la TG acelera la producción mejorando la efectividad de los productos obtenidos.

2.2.7. Efectos de la utilización de la enzima transglutaminasa en las propiedades bromatológicas, reológicas y sensoriales

Teniendo en cuenta lo que indica Chávez (2018) al decir que los ingredientes a utilizarse en los diferentes productos cárnicos en su mayoría son perjudiciales para la salud por lo cual ha existido una alta demanda por parte de los consumidores por productos que a largo plazo no dañen su salud. Una de las soluciones de esta demanda es reemplazar estos ingredientes por productos aprobados y seguros como por ejemplo la enzima TG que puede llegar a reemplazar los fosfatos, polifosfatos, trifosfatos y sales con sus funciones.

Propiedades bromatológicas

Argumentan Montero y Mercado (2018) que al utilizar la TG y analizar los efectos que produce en los diferentes productos, el aspecto bromatológico no se ve afectado ya que los parámetros como calidad de grasa, proteína, ceniza, y pH se mantienen sin alterarse al momento de elaboración y de obtención de producto. Corrobora Arias (2019) al indicar que cuando se utiliza la TG en productos cárnicos la humedad y CRA aumenta, lo que quiere decir que la TG es de gran ayuda para la calidad final de los productos. De igual manera Venegas (2022) en los resultados obtenidos de su estudio al enlazar dos tipos

diferentes de carne por medio de las funciones de la TG obtuvo que la TG ayuda y mejora la calidad bromatológica de los productos obtenidos.

Propiedades reológicas

En el aspecto reológico argumentan Montero y Mercado (2018) que los parámetros como firmeza, dureza y fuerza de corte presenta mejora en sus productos obtenidos, ya que la enzima principalmente tiene la función de mejorar la reología de la textura final. De igual manera indica Barreiro y Seselovsky (2003) y Salica *et al.* (2015) en los resultados de sus estudios obteniendo una dureza adecuada a los parámetros de las normas técnicas concluyendo que las texturas de los productos obtenidos es mucho mejor que la de los productos convencionales al utilizar aditivos. Corrobora Venegas (2022) al indicar que en su estudio obtuvo parámetros de dureza adecuados para embutidos al utilizar concentraciones del 0,5% y que al aumentar la TG se aumenta este parámetro.

Propiedades sensoriales

Salica *et al.* (2015) indica que los resultados sensoriales en los parámetros de color, olor, sabor, y textura sensorial mejoran al utilizar la transglutaminasa, ya que las propiedades que presenta la TG van directamente a mejorar el aspecto y sabor, por lo cual algunos procesadores utilizan la TG para remplazar el NaCl y fosfatos de embutidos. Tonina *et al.* (2018) corrobora la argumentación anterior, ya que, al comparar los resultados de los dos estudios, los parámetros sensoriales, al ser calificados, evaluados y comparados por consumidores y jueces sensoriales obtuvieron que la TG otorga calidad sensorial y que los productos se diferencian completamente de los productos que no contienen la enzima en su formulación.

2.2.8. Propiedades de calidad de los cárnicos

Calidad bromatológica

Las características de la calidad bromatológica para Briviesca *et al.* (2017) analizan, estudian y determinan la información de los alimentos, también se las encuentra en las literaturas como valor de nutrición, características fisicoquímicas, características sensoriales, características de la inocuidad alimentaria y/o análisis de toxicidad. Indica Torres *et al.* (2016) y la NTE INEN 1217 (2012) que los parámetros bromatológicos miden la calidad y que sirven como una prevención de vida útil, para ser complementados con la calidad microbiológica.

Para López *et al.* (2007) el principal objetivo que tienen estas propiedades es controlar el ingrediente a utilizarse como también la cantidad de uso en dosis recomendada regida bajo normas de consumo. La NTE INEN 1217 (2012) indica cada parámetro que se debe analizar según el alimento estudiado determinando cantidades, ingestas diarias, dosis referenciales, límites máximos y niveles de efectos adversos.

Briviesca *et al.* (2017) argumenta que los parámetros principales a analizar bromatológicamente son: determinación de humedad, cantidad de grasa y proteína, CRA, cenizas, pH, Determinación de vitaminas, propiedades térmicas y características reológicas.

Características reológicas

Marchetti (2014) indica que estas características se encuentran bajo el estudio de la reología, que determina la deformación y flujo de la materia. De igual manera corrobora Labari *et al.* (2020) definiendo que las características reológicas analizan y relacionan la estructura en el comportamiento de la materia; proporcionando referencias sobre el flujo viscoelástico siendo este un tema muy importante al momento de establecer las características en productos convencionales y productos nuevos.

Para Samaniego (2019) indica que la reología mide diferentes parámetros como dureza, masticabilidad, cohesividad, elasticidad, fuerza de corte, entre otros. López *et al.* (2007) argumenta que cuando se lanza un producto cárnico nuevo al mercado el parámetro más importante a medir es la dureza.

Dureza: Define Marchetti (2014) que este parámetro reológico se la conoce como la propiedad relativa a la fuerza que se requiere para que un alimento se deforme o que se penetre un objeto en este. Corrobora Laberi *et al.* (2020) al indicar que la dureza de un alimento es la propiedad que deforma un alimento cuando este es presionado con una fuerza exterior.

Características microbiológicas

En la microbiota alimentaria hay que tener en cuenta que existen microorganismos patógenos y no patógenos, cuando se tratan de los patógenos estos son los encargados de perecer el alimento, contaminándolo y acortando su vida de utilidad, por lo cual es de mucha importancia antes de lanzar un producto al mercado realizar análisis de microbiología (Tofiño *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta la inocuidad de un alimento es algo que no se negocia Vásquez (2015) indica que la inocuidad alimentaria mundial es la esencialidad en la salud pública. Para Willey y Sherwood (2009) la principal causa de muerte en el mundo es por la ingesta de animales contaminados por las ETAs (enfermedades transmitidas por los alimentos).

Principales microorganismos en los alimentos

La NTE INEN 1338 (2012) para productos cárnicos y derivados indica los requisitos microbiológicos que deben presentar los alimentos que no están contaminados. De igual manera Willey y Sherwood (2009) indica que los rangos microbiológicos que tiene un alimento es indicador de calidad. Existen microorganismos que se los consideran como microorganismos indicadores ya que detectan contaminación o previenen contaminaciones. Estos indicadores pueden ser:

Indicadores de manejo de productos los cuales no son perjudiciales para la salud, pero si en la vida de anaquel de los productos y son: Aerobios mesófilos, hongos y coliformes totales.

Indicadores de contaminación fecal y son: Coliformes F., Coli E., Perfringens CI.

Características sensoriales

▪ Evaluación Sensorial

Manfugaz (2020) indica que la evaluación sensorial es una ciencia que evalúa, evoca, mide y analiza a los alimentos por medio de los sentidos humanos. De igual manera corrobora Ift (1975) al indicar que la evaluación sensorial es una ciencia adecuada en el lanzamiento de nuevos productos, o para cambiar materias primas o proveedores. Manfugaz (2020) clasifica a la evaluación sensorial de la siguiente manera:

- Pruebas discriminativas de forma Duo-Trio, triangulas y pareadas analíticas
- Pruebas descriptivas de forma QDA, comparativas, Mapping y Sorting
- Pruebas afectivas de forma hedónica y aceptabilidad general.

Prueba pareada analítica

Mazón (2018) indica que una prueba pareada es analítica discriminativa, cuyo objetivo es determinar si existe una diferencia perceptible entre dos productos nuevos. Para Manfugaz (2020) este tipo de prueba la deben realizar jueces entrenados o conocedores de la ciencia sensorial de los alimentos. Congote (2010) define a la prueba pareada como

una prueba para productos nuevos donde se debe presentar a los jueces muestras codificadas que se les va a presentar de izquierda a derecha.

Prueba de preferencia

Angulo y O'Mahony (2009) indica que las pruebas de preferencia son utilizadas para productos nuevos que van a ser lanzados al mercado. Manfugaz (2020) corrobora la definición anterior al indicar que las pruebas de preferencias se califican por medio de escalas hedónicas calificadas en parámetros de color, olor, sabor, textura sensorial, y aceptabilidad. Congote (2010) argumenta que este tipo de pruebas la realizan consumidores y no necesitan de jueces conocedores. Marchisano *et al.* (2003) indican que las escalas hedónicas de 9 puntos no son muy recomendadas ya que exhibe mayor número de falsas preferencias, el autor recomienda aplicar escalas de 5 puntos ya que en estas escalas los consumidores no se desvían de la calificación.

2.2.9. Nuevas Perspectivas y desafíos futuros en el área cárnica

Para Reyna (2021) indica que la industria cárnica mundialmente procesó en el año 2020 un aproximado a de 26000 millones de dólares esperando un crecimiento del 3,5% en los años 2021 a 2028. Este aumento, se espera en las nuevas tecnologías cárnicas, donde las valoraciones se den en productos no convencionales y poco utilizados (Andúgar *et al.*, 2021).

La demanda de los consumidores en la actualidad para Huerta *et al.* (2015) indica que se espera que el lanzamiento de productos innovadores de fácil preparación lleve la delantera de los productos convencionales, y que sean estos los que impulsen el crecimiento de la industria cárnica.

Andúgar *et al.* (2021) argumenta que el desperdicio de alimentos de origen cárnico siempre va a ser un problema de gran importancia. Para lo cual Quintan (2017) recomienda la utilización al máximo de todo tipo de carne, hasta incluso los pequeños cortes que los procesadores cárnicos desechan y no utiliza. Reyna (2021) indica que aprovechar todos los alimentos y no desecharlos es una ayuda importante para el cambio climático donde el procesamiento de carnes presentará un papel protagónico importante.

Las tendencias actuales cárnicas demandan nuevos productos donde los ingredientes principales sean los que contienen bajos niveles de grasa, sal y colesterol y que sean enriquecidos con en fibras, minerales, omegas, antioxidantes y que sobre todo sean amigables con el ambiente (Burgueño de la Cal, 2020). De igual manera corrobora Vega

(2021) al indicar que aparte de utilizar ingredientes funcionales y sanos también es necesario la utilización de tecnologías que faciliten la obtención de productos nuevos para que la industria cárnica convencional se convierta en la industria cárnica saludable y sostenible.

2.3. Marco legal

Constitución de la república del Ecuador

La Asamblea Constituyente del Ecuador (2008), indica que la soberanía ecuatoriana de la constitución tiene un objetivo principal, que es garantizar, ejercer y hacer que se cumplan los derechos y obligaciones de los ecuatorianos, por medio de sus decretos, por lo tanto, en la elaboración de esta investigación se va a citar los siguientes artículos:

Sección primera: Agua y alimentación

Art. 13. – Todas las personas tienen derecho a un acceso de seguridad con permanencia de alimentos inocuos y nutritivos, que sean producidos con preferencia local, el estado brindará soberanía alimentaria.

Sección séptima: Salud

Art. 32. – El Estado garantiza la salud como un derecho, el cual está vinculado a otros derechos como: Alimentos, educación, agua trabajo, seguridad social y otros que sustentan el buen vivir.

Título IV: Régimen de desarrollo

Capítulo tercero: Soberanía alimentaria

Art. 281. – El Estado garantiza impulsar la producción agro alimentaria, fortaleciendo la diversificación y la introducción tecnológica, precautelando que todos los animales que van a ser destinados para la alimentación y producción estén sanos y criados en ambientes adecuados, asegurando toda investigación científica e innovaciones científicas garantizando la soberanía de alimentación, regulando bajo normas de bioseguridad el uso de desarrollo biotecnológico, previniendo y evitando que el estado ecuatoriano consuma alimentos contaminados determinando que cada producto alimentario producido sea con materia prima de primera.

La Asamblea del Ecuador , en sus artículos 13, 32 y 281, indica que para elaborar este nuevo producto hay que seguir todas las normativas, basándose en la integridad del

consumidor, teniendo en cuenta que el estado, al asegurar la integridad, indica que al realizar un producto nuevo se debe generar inocuidad y seguridad al consumidor, siendo un derecho obligatorio, que fortalezca la producción nacional y seguridad al consumidor, garantizando la soberanía de alimentación en los diferentes proceso productivos, tanto al obtener la materia prima como al procesarla.

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN

Las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 1338 y 1217 determina todos los lineamientos que se deben realizar para producir productos. Su eficacia se ejecuta en “Los productos crudos, cárnicos curados. madurados y precocidos – cocidos” (NTE INEN, 2012).

Las propiedades bromatológicas que se van a determinar en la carne estructurada son proteína, grasa total, humedad, ceniza, pH, CRA) donde la referencia será la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1217:2013 y 1338:2012. Ver Tabla 1.

Agua: “El agua empleada en la elaboración de los productos cárnicos (salmuera, hielo), en el enfriamiento de envases o productos, en los procesos de limpieza, debe cumplir con los requisitos de la NTE INEN 1108” La que indica que debe ser potabilizada con hipoclorito de calcio o de sodio.

En este estudio se tomará como referencia las Normas Técnicas Ecuatorianas “NTE INEN” para determinar los parámetros de calidad, y así obtener un producto inocuo con estándares de calidad altos, siguiendo todos los lineamientos de elaboración y comparando los resultados obtenidos con los requisitos de las tablas de elaboración.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

La elaboración de la carne estructurada de hamburguesa de cerdo, se la realizó de la siguiente manera:

Obtención del producto: La primera parte de obtención de los tratamientos del producto, fue en la Finca pedagógica experimental “San Francisco” de la UPEC, que está ubicada en la J7JF+696, de San Pedro de Huaca en la provincia del Carchi, utilizando el laboratorio de tecnología cárnica (Ver anexo F).

Análisis del producto: Los análisis de los tratamientos obtenidos, se realizaron en los laboratorios de la U.P.E.C., ubicados en las instalaciones de la universidad, en la ciudad de Tulcán. Se utilizarán los siguientes laboratorios: Microbiología, análisis de calidad y evaluación sensorial. El análisis de perfil de textura se realizó en el DECAP de la Universidad Politécnica Nacional.

3.2. Enfoque y tipo de investigación

3.2.1. Enfoque

Cuantitativo: Esta investigación es cuantitativa, ya que se realizará un análisis y procesamiento estadístico de los datos obtenidos al examinar los aspectos de los parámetros bromatológicos y reológicos del nuevo producto. Fernández (2019) define al enfoque cuantitativo como una referencia a las diversas metodologías que existen para receptar los datos, utilizando la consecución verídica y certera en la que se basan las cifras numéricas, con el objetivo de resolver una problemática.

3.2.2. Tipo de investigación

Experimental

Educarplus (2019) indica que este tipo de investigación permite la recolección de información mediante la manipulación práctica de situaciones en particular. Como también permite la medición y el control de los resultados y variables, obteniendo un resultado de conocimiento que se basa en la relación directa de causa y efecto del problema resuelto.

Ya que el objetivo principal de este estudio es, variar la concentración de TG en la carne de cerdo y su influencia en la estructuración de la hamburguesa, determinando las características bromatológicas, reológicas y sensoriales del nuevo producto, esta investigación es de tipo experimental, ya que busca relaciones de causa y de efecto con más certeza y seguridad.

3.3. Definición y operacionalización de variables

Para esta investigación se definirá las siguientes variables:

Independientes:

Temperatura de activación de la enzima

A1. 5 °C

A2. 8 °C

Concentración de enzima transglutaminasa

B1. 0,5%

B2. 1,0%

Dependientes:

Características bromatológicas

Características reológicas

Características sensoriales

Tabla 4*Operacionalización de variables carne estructurada de hamburguesa de cerdo*

	Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
VI	Transglutaminasa	Carne de hamburguesa	0,5 y 1,0%	Técnica usada por (Ramírez <i>et al.</i> , 2006)	Procedimiento de obtención en laboratorio según transglutaminase.Activa.RM
	Temperatura de activación enzimática en frío	Carne de hamburguesa	5 y 8 °C	Técnica usada por (García, 2013; Arias, 2019)	Registro de datos
VD	Características bromatológicas	Calidad bromatológica	Grasa total	Determinación de grasa por Soxhlet	NTE INEN 778
			Proteína	Determinación de proteínas por Kjeldahl	NTE INEN 781
			Cantidad de ceniza	Calcinación por mufla	NTE INEN 786
			Humedad	Desecación por balanza infrarroja	NTE INEN 1338
			CRA	Separación por centrifugadora	NTE INEN 1338
			pH	Potenciómetro	NTE INEN 783
	Características reológicas	Calidad reológica	Cohesividad Dureza Masticabilidad Elasticidad	Texturómetro (MCR 302e)	NTE INEN 1217
	Características sensoriales	Calidad sensorial	Aceptación Color Olor Sabor Textura sensorial Aceptabilidad	Prueba afectiva con escala hedónica (Manfugás, 2020)	Ficha técnica de cata codificadas

3.4. Procedimientos

Elaboración de la hamburguesa

Para la obtención de la hamburguesa estructurada se utilizó lo siguiente:

3.4.1. Materia prima e ingredientes

Como materia prima se utilizó carne de cerdo de raza pietrán, enzima transglutaminasa, agua, hielo, condimentos y especias. Para la formulación base de esta investigación, se adaptó a la metodología de Ramírez *et al.* (2006) y Activa RM Transglutaminase, (2019).

Tabla 5

Formulaciones de la carne de hamburguesa estructurada con concentraciones de 0,5 y 1,0%

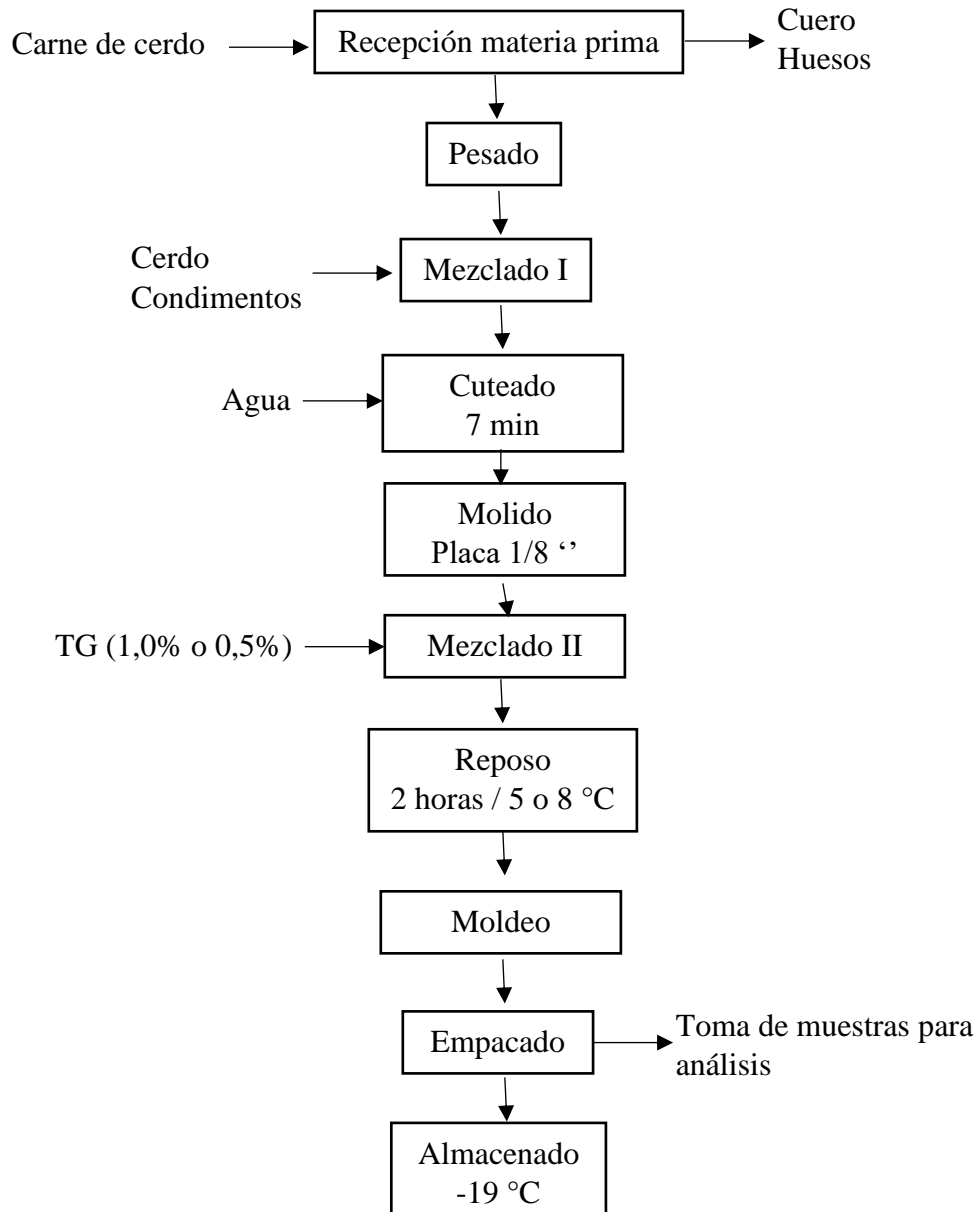
Ingrediente	Concentración 0,5%		Concentración 1,0%	
	Gramos	%	Gramos	%
Carne	1000	91,18	1000	90,73
Transglutaminasa	5,46	0,50	10,91	0,99
Agua	28,48	2,60	28,48	2,58
Sal	5,5	0,51	5,5	0,50
Ajo en polvo	11,11	1,01	11,11	1,01
Cebolla en polvo	8,88	0,81	8,88	0,81
Pimienta en polvo	3,33	0,30	3,33	0,30
Paprika	5,55	0,51	5,55	0,50
Nuez Moscada	5,55	0,51	5,55	0,50
Hielo	22,82	2,07	22,84	2,08
Σ	1 096,68	100	1 102,14	100

Fuente: Adaptado de Ramírez *et al.* (2006)

3.5. Diagrama de flujo del proceso

Diagrama de flujo para la elaboración de carne estructurada de hamburguesa de *Sus scrofa domestica*

Figura 5 Diagrama de flujo



3.5.1. Descripción del proceso de elaboración de la carne de hamburguesa estructurada de *Sus scrofa domestica*

Para la elaboración del producto de esta investigación, como base de elaboración se tomó la metodología usada por (Ramírez *et al.*, 2006), y la técnica de proceso y mezclado que utiliza la fábrica “BigMc” que provee la carne de hamburguesa a McDonald’s red de

restaurantes de comida rápida mundial que se especializa en la elaboración de hamburguesas.

El proceso de obtención de la carne estructurada empezó con la recepción de la materia prima (cerdo), condimentos, agua, enzima transglutaminasa y materiales a utilizar; posteriormente se realizó una separación del cerdo (cuero y huesos) dejando únicamente la carne con la grasa procediendo a pesar todos los ingredientes nombrados en la tabla 5. Se realizó el primer mezclado donde interfiere la carne y condimentos; se colocó esta mezcla en el cúter procesándose por 7 minutos donde se añadió hielo para evitar el incremento de temperatura. La mezcla cutedada se molió en un molino de placas de molienda de 1/8 pulgadas; posteriormente en la carne molida se realizó una segunda mezcla donde se colocó las diferentes concentraciones de TG según los tratamientos a realizar. Una vez que se integró la TG se deja la nueva mezcla en reposo por 120 minutos controlando la temperatura de los tratamientos (5 y 8 °C); al transcurrir el tiempo de reposo se colocó la mezcla en moldes de 11 centímetros de diámetro por 1 centímetro de alto y se presionó para darle forma a las hamburguesas. Como paso final se empacó al vacío las hamburguesas, tomando las muestras para análisis y congelar para conservar su inocuidad.

3.5.2. Equipos y materiales

Para la obtención de la carne estructurada de hamburguesa se utilizó: cúter, molino, moldes anillo de 12 cm de diámetro, balanza analítica, refrigerador, cocina, equipo Soxhlet, equipo Kjeldahl, centrifugadora, potenciómetro, estufa, mufla, desecador y empacadora al vacío. Además, otros materiales como fundas para empaque al vacío, papel film, cuchillo y toallas absorbentes.

3.5.3. Fase 1. Análisis de los parámetros bromatológicos de la carne de hamburguesa estructurada de cerdo

El desarrollo de la fase 1 se la realizó a través de la aplicación de la norma NTE INEN 1338, que indica la calidad bromatológica de cárnicos no cocidos, que se basa en el análisis de los parámetros fisicoquímicos, donde se indica los ensayos de estos requisitos de calidad, que se debe realizar a un producto cárnico crudo, como indica la tabla número 4 de la página 3.

Tabla 6*Parámetros bromatológicos, requisitos para cárnicos crudos*

Requisitos	Métodos de ensayo
Grasa total	NTE INEN – ISO 1443 extracción por medio de n-hexano
Proteína	Método de Kjeldahl / digestión con ácido sulfúrico concentrado
Ceniza	NTE INEN 786
CRA	Centrifugación
Humedad	NTE INEN 1442
pH	NTE INEN 783

Fuente: *NTE INEN 1338*

Se tomará una muestra de cada producto, se rotulará y se realizará los diferentes análisis:

Análisis de proteína total mediante el método de determinación de proteínas de Kjeldahl.

Porcentaje de humedad cárnica a través de secado por estufa.

Determinación de ceniza según el 920.153. AOAC, de calcinación por mufla.

Determinación de grasa total a través del equipo Soxhlet.

Análisis de CRA a través de centrifugación y arrastre de papel filtro.

Determinación de pH a través de potenciómetro.

- Determinación de proteínas totales

Por medio del método de Kjeldahl se lo realizará de la siguiente manera:

Fundamento:

Este método de determinación proteínica, mide el contenido de nitrógeno de una muestra con titulación de ácido fuerte (Segovia, 2020).

Procedimiento:

Se pesó 0,5 gramos de la muestra en una balanza de exactitud para la digestión. Seguidamente se pesó 22 g, d= 0,1mg de los reactivos y se colocó en los tubos digestores. Las pastillas de Kjeldahl que contienen (3,5 g K₂SO₄; 0,105 g CuSO₄.5H₂O; 0,105 g TiO₂) se colocaron en los digestores con 20 mililitros de ácido sulfúrico a una concentración del 96%. Se enciende el equipo a una temperatura de 420 Celsius. Una vez que termine la digestión se deja enfriar los tubos por 10 minutos y se coloca agua destilada en una cantidad de 100 mL.

Se hace una transferencia del contenido de los tubos a los balones para realizar la destilación, y se añadió 100 mL de NaOH 40% p/v que es preparado a partir de 400

gramos de NaOH de grado analítico. Posteriormente se colocó 25 mililitros de solución de ácido bórico de concentración 4% preparado a partir de 10 gramos de ácido bórico analítico. Se colocan 5 gotas de indicador Tashiro y se destila la muestra durante 25 minutos hasta que exista el cambio de coloración de rojo a verde.

Para realizar la titulación se preparó una solución de HCl 0,1 N, a partir de 8,23 mililitros de HCl a una concentración del 37% de grado analítico, y se afora en un balón de 1000 ml. Posteriormente se valoró la solución utilizando carbonato de sodio y se tituló utilizando una bureta, hasta que exista el cambio de coloración. Los datos obtenidos se utilizaron en la ecuación (1) y (2) para determinar la proteína bruta y el porcentaje de nitrógeno.

Cálculos:

$$\%NT = \frac{V_a * 1,4007 * M}{m} * 100 \quad (1)$$

$$\%P = \%NT * F \quad (2)$$

Donde:

NT= Porcentaje de nitrógeno

P= Proteína bruta

Va= Volumen en ml de HCl 0,1 normal que se gasta en la titulación

1,4007 = Equivalente Mili en peso de N x 100 %

M= Molaridad del HCl

m= Peso de la muestra en gramos

F= 6,25 = Factor de conversión de proteína.

- Determinación de la humedad

Se determinará por medio de energía (radiación infrarroja) en termo balanza.

Fundamento:

Este método determina la humedad utilizando la termo balanza por medio de la radiación del espectro electromagnético de la energía infrarroja cercana, midiéndose los enlaces

oxígeno – hidrógeno, carbono – hidrógeno y nitrógeno – hidrógeno es decir la humedad dada por la diferencia de la cantidad húmeda inicial y el extracto seco (Cury *et al.*, 2011).

Procedimiento:

Se pesó en la termo balanza 3 a 5 gramos de la muestra triturada a analizar. Se tomó el valor del contenido húmedo inicial. Se tomó el valor del extracto seco. Se realiza los cálculos correspondientes de la ecuación (3).

Cálculo:

$$\%H = EH - ES \quad (3)$$

Donde:

EH= Extracto húmedo (peso)

ES= Extracto seco (peso)

- Determinación de grasa total

Se utilizará gravimetría y el aparato de Soxhlet.

Fundamento:

La grasa total se determinará por medio del método de Soxhlet que utiliza el principio de extracción sólido líquido en medio de solventes no polares como el ciclo hexano (Bravo y Pozo, 2015).

Procedimiento:

Se pesó los vasos digestores en una balanza de exactitud y se colocó de 3 a 5 gramos de la muestra analizar en cada uno, se colocó en los tubos digestores y seguidamente se llenó los tubos con el solvente n - hexano y se puso en funcionamiento el aparato digestor. Posteriormente se dejó actuar en los tres ciclos para al final salvar el solvente restante. Una vez frío el digestor se colocó los vasos con la grasa extraída en la estufa por una hora aproximadamente. Los vasos secos se colocaron en el desecador para enfriar y se pesan en una balanza analítica. Los valores obtenidos se utilizaron en la ecuación (4) para obtener el contenido graso.

Cálculo:

$$\%G = \frac{P_1 - P_2}{PM} * 100 \quad (4)$$

Donde:

P_1 = Balón más muestra grasa (peso).

P_2 = Balón vacío (peso).

PM = Peso de la muestra.

- Determinación de cenizas

Se lo realizará por medio de la incineración

Fundamento:

Este método se refiere a la determinación de peso de ceniza calcinada por medio de muflas a temperaturas que oscilan temperaturas de 500 a 600 °C (Romero y Mejía, 2017).

Procedimiento:

Se colocó el crisol en una estufa a una temperatura de 100 Celsius por una hora, seguidamente se dejó enfriar el crisol en un desecador y se lo pesa en una balanza analítica, seguidamente se colocó de 1,5 a 2,0 gramos de la muestra y se ingresó en la mufla a una temperatura 550 Celsius de 3 a 5 horas. Finalmente se pesó las cenizas del crisol en una balanza de exactitud. Los pesos resultantes se utilizaron en la ecuación (5) para determinar el contenido de ceniza.

Cálculos:

$$\% \text{ Ceniza} = (W_1 - W_2) * WM * 100 \quad (5)$$

Donde:

W_1 = Crisol con la muestra (peso)

W_2 = Crisol (peso)

WM = Peso de la muestra

- Capacidad de retención de agua

Se realizará por medio de la centrifugación.

Fundamento:

La determinación del CRA sirve para saber la cantidad de agua que puede contener un alimento y así predecir la vida útil (Guevara, 2016).

Procedimiento:

Se pesó los tubos de centrifugación en una balanza analítica colocándose en cada uno 3 gramos de muestra, se adicionó 6 mL de agua destilada con 10 mL de NaCl al 5% relación peso volumen. Posteriormente se agitó cada tubo y se ajustó el pH a 5,5, se centrifugó por 10 minutos a 2000 rpm. Finalmente se pesó los tubos sin tampón con las miofibrillas sedimentarias. La diferencia de pesos se utilizaron en la ecuación (6).

Cálculo:

$$CRA = \frac{P_f - P_i}{P_i} \quad (6)$$

Donde:

P_f = Peso final

P_i = Peso inicial

pH

- Se lo realizará utilizando el potenciómetro

Fundamento:

Este factor es muy importante en un embutido ya que determina la estabilidad y determina el crecimiento de m/o específicos, en los cárnicos el pH debe ser neutro (Zepeda *et al.*, 2009).

Procedimiento:

Se calibró el potenciómetro usando las soluciones tampón de pH 4 y pH 7, se insertaron los electrodos en el producto y se efectúa tres lecturas diferentes. Finalmente se limpió los electrodos con agua destilada.

3.5.4. Fase 2. Análisis reológicos de la carne de hamburguesa estructurada de cerdo.

Análisis reológico

El análisis de perfil de textura se lo realizó en el departamento de ciencia de alimentos y biotecnología DECAB de la Universidad Politécnica Nacional en el texturómetro de carnes utilizando la texturometría de plato de compresión de acero inoxidable de 75 milímetros donde se midió los parámetros de dureza, cohesividad, masticabilidad y elasticidad y cuyos resultados se encuentran en el Anexo L.

3.5.5. Fase 3. Evaluación sensorial

Antes realizar la evaluación sensorial se realizó el análisis microbiológico a todas las muestras para brindar a los consumidores un producto inocuo

- Análisis microbiológicos

Se lo realizó por medio de siembra de muestras en placas Petrifilm.

Fundamento:

Los análisis microbiológicos sirven para determinar inocuidad y contaminación de un alimento, como también es un método predictivo de vida útil. (Peña *et al.*, 2015)

Procedimiento:

El método de siembra se realiza esterilizando todo el material de vidrio a utilizar y colocándolo dentro de la cámara de flujo laminar.

Se preparó la muestra homogénea de carne estructurada y se toma 10 g de la muestra y colocarla en un frasco con 90 mililitros de agua peptona. En la placa Petrifilm (E. coli/coliformes, y aerobios mesófilos) dentro de la cámara de flujo laminar y con la ayuda de una pipeta descargó 1 ml de muestra en el centro de la placa y se coloca las placas en la incubadora, a 37 °C por 24 horas para recuento de E. coli/coliformes, y Aerobios mesófilos a 37 °C por 48 horas. El recuento de colonias existentes se lo realizó a través de la guía de interpretación de resultados para placas Petrifilm. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por (UFC/g) para sólidos donde se utilizó la ecuación (7).

Cálculos:

$$\frac{UFC}{g} = \frac{\text{número de colonias} \cdot \text{inverso de alicuota}}{\text{volumen de siembra}} \quad (7)$$

- Evaluación Sensorial

Por medio de una prueba afectiva escalar, se evaluó los diferentes aspectos sensoriales por los consumidores.

Prueba afectiva escalar

La prueba afectiva se realizó en consumidores, utilizando una escala hedónica de 5 puntos, se calificará aspectos sensoriales de color, olor, sabor, aceptabilidad y textura sensorial.

Fundamento:

Argumenta Manfugás (2020), que una prueba afectiva es aquella que es realizada por jueces no entrenados y permiten conocer la aceptación, preferencia o rechazo calificando atributos donde participan los órganos de los sentidos

Procedimiento:

Se pesará 15 gramos de cada tratamiento juntamente con el blanco o muestra sin TG previamente codificadas, posteriormente se elaboró las hojas de cata, se especificó a cada consumidor como se evaluará las muestras y como se utilizará los datos obtenidos, finalmente se codificó los resultados mediante el programa estadístico Statgraphics Centurion 1.0.

3.5.6. Análisis estadístico:

En el presente estudio se evaluó la calidad bromatológica (proteína, grasa, ceniza, humedad, C.R.A. y pH), reológica (cohesividad, dureza, masticabilidad y elasticidad) y sensorial de los 4 tratamientos incluido el testigo. La investigación se encuentra bajo un nivel de confianza estadístico del 95%, el diseño experimental es completamente aleatorizado para determinar las diferencias estadísticas significativas existentes en los 4 tratamientos triplicados, y además se utilizó la prueba de Tukey que permitió probar todas las diferencias en las medias de los tratamientos. El diseño experimental para probarse en la elaboración de la carne estructurada de hamburguesa consta de 2 factores con 2 niveles triplicados dando como resultado un total de 4 tratamientos y 12 unidades experimentales. Para la calidad sensorial al ser esta una variable estadística cualitativa ordinal se utilizó el conteo general de puntaje y relaciones según sexo y edad de los consumidores; en lo referente a la calidad bromatológica y reológica en cada parámetro de los tratamientos se midió el SD (desviación estándar estadística) para determinar el mejor tratamiento en cuanto a características bromatológicas, reológicas, sensoriales y funcionales de acuerdo a las normas NTE INEN 1338-2 y 1346 requisitos para productos cárnicos crudos.

El software para emplear: STATGRAPHICS Centurion XVI.I

Se utilizó el siguiente modelo matemático: $y_{ijl} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + AB_{ij} + E_{ijl}$

Con el modelo matemático descrito, se detalla en tabla 7 el esquema para análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 7*Esquema de análisis de varianza (ANOVA)*

Fuente de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (S.C.)	Cuadrados medios (C.M.)	F Calculado F exp
Factor A	a - 1	SCA	CMA	CMA/CMR
Factor B	b - 1	SCB	CMB	CMB/CMR
A x B	(a - 1) (b - 1)	SC(AB)	CM(AB)	CM(AB)/CMR
Error	ab (r - 1)	SCR	CMR	
Total	abr - 1	SCT	CMT	

3.5.7. Diseño experimental

El diseño experimento de la presente investigación se detalla en la siguiente tabla 8 que servirá para las tres fases de investigación.

Tabla 8*Diseño del experimento de la investigación*

Tratamiento	Esquema del experimento (%)	R	TUE
A	5 °C temperatura de activación + 0,5 de TG	3	1000 g
	8 °C temperatura de activación + 0,5 de TG	3	1000 g
B	5 °C temperatura de activación + 1,0 de TG	3	1000 g
	8 °C temperatura de activación + 1,0 de TG	3	1000 g
UE		12	

Nota. T.U.E. = Tamaña de la unidad experimental, R. = Repeticiones y U.E. = unidad experimental

1 testigo o blanco sin Transglutaminasa de referencia

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 3

Unidades experimentales: 12

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En los siguientes puntos se visualiza los resultados de las tres fases de estudio obtenidas en los tratamientos triplicados de la carne de hamburguesa estructurada. Para la fase 1 y 2 se realizó un análisis ANOVA multifactorial, mediante una prueba de Tukey, y para la fase 3 se realizó comparación estadística de los tratamientos y el testigo mediante la prueba de Kruskal Wallis a través del software Statgraphics centurión 19.

FASE 1: Análisis bromatológicos

En la tabla 9 se presenta en las medias estadísticas obtenidas y el error estándar (\pm) de los muestreos (T0, T1, T2, T3, T4) de los análisis de proteína, grasa, capacidad de retención de agua humedad, ceniza y pH, donde las codificaciones corresponden a la variación de temperatura y tiempo de la carne de hamburguesa estructurada con transglutaminasa.

Tabla 9*Análisis bromatológico general de la carne de hamburguesa estructurada*

Tratamiento	Proteína %	Grasa %	C.R.A. %	Humedad %	Ceniza %	pH
T0	17,264±0,001 ^a	10,914±0,001 ^a	47,101±0,001 ^a	54,011±0,000 ^a	1,941±0,000 ^a	5,701±0,015 ^a
T1	17,294±0,002 ^a	10,988±0,001 ^b	57,111±0,000 ^b	77,845±0,000 ^b	1,999±0,001 ^b	5,933±0,058 ^b
T2	17,298±0,001 ^a	10,921±0,001 ^b	56,989±0,001 ^c	77,801±0,000 ^c	2,001±0,001 ^c	5,801±0,015 ^c
T3	17,292±0,001 ^a	10,919±0,000 ^b	61,111±0,001 ^d	79,777±0,000 ^d	2,052±0,001 ^d	6,011±0,000 ^d
T4	17,311±0,001 ^a	10,919±0,001 ^c	60,952±0,002 ^e	79,008±0,001 ^e	2,052±0,000 ^d	6,003±0,001 ^d
Valor <i>p</i>	0,161	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. C.R.A. (capacidad de retención de agua). T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

- **Proteína**

Tabla 10

Análisis proteínico de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Proteína %	Valor <i>p</i>
T0	17,264±0,001 ^a	0,161
T1	17,294±0,002 ^a	
T2	17,298±0,001 ^a	
T3	17,292±0,001 ^a	
T4	17,311±0,001 ^a	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e}, indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

En la tabla 10 se presenta el contenido proteínico de los diferentes tratamientos realizados incluyendo el testigo T0, donde, las medias de cada muestra de proteína es igual para todos los tratamientos siendo el valor máximo el del tratamiento 4 (8 °C con 1,0% de TG) con un porcentaje de 17,31% y el valor mínimo lo presenta el T0 (testigo) y T1 (5 °C con 0,5% de TG) con un valor de 17,26% y 17,29%, respectivamente; existiendo un porcentaje de diferencia entre el T4 con respecto al testigo de 0,28%, y una medida de variación de muestreo de 0,001 en cada tratamiento. Solo se identificó un grupo homogéneo lo que indica que no existe diferencias estadísticas entre ellos. Puesto que el *p* valor es mayor a 0,05, ninguno de los factores tiene efecto estadístico significativo sobre este parámetro.

- **Grasa**

Tabla 11

Análisis de la cantidad de grasa de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Grasa %	Valor <i>p</i>
T0	10,914±0,001 ^a	0,000
T1	10,988±0,001 ^b	
T2	10,921±0,001 ^b	
T3	10,919±0,000 ^b	
T4	10,919±0,001 ^c	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e}, indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

El porcentaje de grasa total obtenido en los diferentes tratamientos presenta un valor máximo en el tratamiento 1 (T1) (5 °C con 0,5% de TG) con 10,99% y valor mínimo lo tiene el T0 (testigo) con 10,92%, existiendo un porcentaje de diferencia entre los dos de 0,73%. El valor de *p* es menor a 0,05 indicando que si existe un efecto estadístico sobre

este parámetro. Se identificó tres grupos homogéneos, los tratamientos 1,2 y 3 comparten la misma letra, entre ellos no existe diferencias significativas como se detalla en la tabla 11.

- **Capacidad de Retención de agua**

Tabla 12

Análisis de la cantidad de la capacidad de retención de agua de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	C.R.A. %	Valor <i>p</i>
T0	47,101±0,001 ^a	0,000
T1	57,111±0,000 ^b	
T2	56,989±0,001 ^c	
T3	61,111±0,001 ^d	
T4	60,952±0,002 ^e	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. C.R.A. (capacidad de retención de agua). Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

Los resultados de la capacidad de retención de agua detallados en la tabla 12 indican que el valor máximo lo presenta el T3 (5 °C con 1,0% de TG) con 61,11% mientras que el mínimo valor lo tiene el T2 (8 °C con 0,5% de TG) con 56,99% y el T0 (testigo) con 47,1, donde el porcentaje de diferencia que existe entre el T3 y el testigo es 21,98%, sin embargo, ningún tratamiento comparte el mismo rango homogéneo. El *p* valor es menor a 0,05 lo que demuestra que existe significancia estadística de cada uno de los parámetros en la capacidad de retención de agua con un nivel de confianza del 95%.

- **Humedad**

Tabla 13

Análisis del porcentaje de humedad de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Humedad %	Valor <i>p</i>
T0	54,011±0,000 ^a	0,000
T1	77,845±0,000 ^b	
T2	77,801±0,000 ^c	
T3	79,777±0,000 ^d	
T4	79,008±0,001 ^e	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

El porcentaje húmedo de los diferentes tratamientos presenta un máximo en el tratamiento 3 (5 °C con 1,0% de TG) con un porcentaje del 79,78%, mientras los valores mínimos lo presentan el tratamiento 2 (8 °C con 0,5% de TG) con 77,8% y el T0 (testigo) con 54,01%,

existiendo una diferencia porcentual del 3,60% entre el T3 con respecto al testigo. Todos los tratamientos presentan homogeneidad diferente, sin embargo, el valor de p es menor a 0,05 indicando que si existe significancia estadística en cada una de las muestras sobre este parámetro como se muestra en la tabla 13.

- **Ceniza**

Tabla 14

Análisis de la cantidad de ceniza de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Ceniza	Valor p
T0	1,941±0,000 ^a	0,000
T1	1,999±0,001 ^b	
T2	2,001±0,001 ^c	
T3	2,052±0,001 ^d	
T4	2,052±0,000 ^d	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de p menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

En la tabla 14 el resultado de ceniza varía de un valor máximo de 2,05% del T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG), respectivamente, el valor mínimo de 1,94% pertenece al T1 (5 °C con 0,5% de TG) y al T0 (testigo) con 1,94%, existiendo un porcentaje de diferencia entre el T3 y T4 con respecto al testigo de 5,67%. Se encontró 4 grupos homogéneos, los tratamientos 3 y 4 comparten un mismo grupo ya que presentan el mismo rango y se diferencian de los demás tratamientos, lo que indica que no existe diferencias entre estos, diferenciándose de los otros tratamientos. Puesto que el valor de p es menor a 0,05 este factor tiene un efecto estadístico significativo en cada tratamiento sobre el parámetro de ceniza.

- **pH**

Tabla 15

Análisis del pH de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	pH	Valor p
T0	5,701±0,015 ^a	0,000
T1	5,933±0,058 ^b	
T2	5,801±0,015 ^c	
T3	6,011±0,000 ^d	
T4	6,003±0,001 ^d	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de p menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

El potencial hidrógeno de los diferentes tratamientos presenta un pH máximo de 6.01 en el T3 (5 °C con 1,0% de TG), y un valor mínimo 5,8 en el T2 (8 °C con 0,5% de TG) y el T0 (testigo) con 5,7, existiendo un porcentaje de diferencia entre el T3 con respecto al testigo de 5,44%, sin embargo, el T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG) presentan el mismo rango de homogeneidad determinando que no existe diferencias estadísticas entre ellos, pero si se diferencian de los otros tres grupos homogéneos. El *p* valor es menor a 0,05 existiendo un efecto significativo sobre cada muestra como se muestra en la tabla 15.

Fase 2: Análisis reológico

Los muestreos de los tratamientos (T0, T1, T2, T3, T4) de los análisis de textura de cohesividad, dureza, elasticidad y masticabilidad se presentan en la tabla 10 donde las codificaciones corresponden a la variación de temperatura y tiempo de producto obtenido con transglutaminasa.

Tabla 16

Análisis reológico general de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Cohesividad adimensional	Dureza N	Elasticidad adimensional	Masticabilidad N
T0	0,038 ± 0,002 ^a	50,968 ± 0,106 ^a	0,820 ± 0,001 ^a	23,010 ± 0,042 ^a
T1	0,418 ± 0,002 ^b	53,903 ± 0,106 ^b	0,828 ± 0,001 ^a	24,893 ± 0,042 ^b
T2	0,448 ± 0,002 ^c	57,043 ± 0,106 ^c	0,820 ± 0,001 ^b	28,218 ± 0,042 ^c
T3	0,478 ± 0,002 ^d	59,933 ± 0,106 ^d	0,840 ± 0,001 ^b	29,785 ± 0,042 ^d
T4	0,500 ± 0,002 ^e	63,310 ± 0,106 ^e	0,830 ± 0,001 ^c	32,100 ± 0,042 ^e
Valor <i>p</i>	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG), T4 (8 °C con 1,0% de TG).

- **Cohesividad**

Tabla 17

Análisis de cohesividad de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Cohesividad adimensional	Valor <i>p</i>
T0	0,038 ± 0,002 ^a	0,000
T1	0,418 ± 0,002 ^b	
T2	0,448 ± 0,002 ^c	
T3	0,478 ± 0,002 ^d	
T4	0,500 ± 0,002 ^e	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG), T4 (8 °C con 1,0% de TG).

La tabla 17 indica que el tratamiento que presenta mayor cohesividad es el T4 (8 °C con 1,0% de TG) con un valor de 0,5, mientras el tratamiento que presenta menor cohesividad es el T1 (5 °C con 0,5% de TG) y el T0 (testigo) con un valor de 0,42 y 0,038%, respectivamente. Existe un porcentaje de diferencia entre el T4 y el T0 (testigo) de 19,05%. El *p* valor es menor a 0,05 debido a que si existe efecto estadístico significativo sobra cada muestra; ninguna muestra comparte el mismo rango de homogeneidad.

- **Dureza**

Tabla 18

Análisis de dureza de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Dureza N	Valor <i>p</i>
T0	50,968 ± 0,106 ^a	0,000
T1	53,903 ± 0,106 ^b	
T2	57,043 ± 0,106 ^c	
T3	59,933 ± 0,106 ^d	
T4	63,310 ± 0,106 ^e	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG), T4 (8 °C con 1,0% de TG).

El tratamiento 4 (T4) (8 °C con 1,0% de TG) presenta la mayor dureza medida en Newtons con un valor de 63,31 N mientras que el tratamiento 1 (5 °C con 0,5% de TG) y el T0 (testigo) presentan un valor de 53,90 y 50,968 N, respectivamente, siendo estos valores los menores de los tratamientos, sin embargo, la diferencia porcentual entre el T4 y el T0 es de 23,80%. En cuanto a la homogeneidad los tratamientos no presentan ningún grupo homogéneo, siendo diferentes estadísticamente entre ellos. Todos los tratamientos presentan efecto estadístico sobre la dureza puesto que el valor de *p* es menor a 0,05 como se detalla en la tabla 18.

- **Elasticidad**

Tabla 19

Análisis de elasticidad de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Elasticidad adimensional	Valor <i>p</i>
T0	0,820 ± 0,001 ^a	0,000
T1	0,828 ± 0,001 ^a	
T2	0,820 ± 0,001 ^b	
T3	0,840 ± 0,001 ^b	
T4	0,830 ± 0,001 ^c	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de *p* menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del

95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG), T4 (8 °C con 1,0% de TG).

Como muestra la tabla 19 el tratamiento que presenta el valor más alto en la elasticidad es el T3 (5 °C con 1,0% de TG) con un valor de 0,84, y los tratamientos que presenta el menor valor en la elasticidad son el T2 (8 °C con 0,5% de TG) y el T0 (testigo) con un valor de 0,82, respectivamente, existiendo un porcentaje de diferencia entre el T3 y el T0 (testigo) de 2,44%. Existen tres grupos homogéneos el T0 con el T1 y el T2 con el T3 y el T4 determinando que en cada grupo no existen diferencias estadísticas. El valor de p es menor a 0,05 demostrando que existe diferencias estadísticas entre cada tratamiento ya que la elasticidad presenta efecto ellos.

- **Masticabilidad**

Tabla 20

Análisis de masticabilidad de la carne de hamburguesa estructurada

Tratamiento	Masticabilidad N	Valor p
T0	23,010 ± 0,042 ^a	0,000
T1	24,893 ± 0,042 ^b	
T2	28,218 ± 0,042 ^c	
T3	29,785 ± 0,042 ^d	
T4	32,100 ± 0,042 ^e	

Nota. Letras diferentes ^{a,b,c,d,e} indican que no se comparte el mismo rango de homogeneidad. Valores de p menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en sus medias, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG), T4 (8 °C con 1,0% de TG).

En la tabla 20 se detalla que el tratamiento con el valor máximo de masticabilidad es el T4 (8 °C con 1,0% de TG) con 32,10 N, y los tratamientos que presenta el valor mínimo es el T1 (5 °C con 0,5% de TG) con 24,89 N y el T0 (testigo) con 23,01 N, teniendo un porcentaje de diferencia entre el T4 y el T0 (testigo) de 38,96%. No presentan grupos homogéneos, sin embargo, el valor de p es menor a 0,05 ya que la masticabilidad presenta efecto sobre cada tratamiento presentando diferencias estadísticas entre ellos.

Análisis microbiológico

El presente análisis se realizó con la finalidad de ofrecer a los catadores un producto de calidad e inocuo libre de cualquier agente microbiológico que altere la salud del consumidor. Los diferentes tratamientos con sus réplicas, como también la muestra testigo fueron sometidos a los requisitos microbiológicos de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1346 donde se analizó microbionas, tales como: aerobios mesófilos,

Escherichia coli, *Staphilococcus aureus* y *Salmonella spp.* En la Tabla 11 se puede visualizar que no existió UFC de los m/o analizados, indicativo que no existió contaminación alguna en la materia a procesar, como también en el proceso hasta obtener el producto.

Tabla 21

Resultados de inocuidad de los análisis microbiológicos realizados en los productos obtenidos

Microorganismo	Resultado (UFC/g)
Aerobios mesófilos	Menor a $1,0 \times 10^5$ microorganismos por gramo
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia
<i>Staphilococcus aureus</i>	Ausencia
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia

Nota. UFC (unidades formadoras de colonia)

Fase 3: Análisis de la evaluación sensorial

Tabla 22

Resultados del análisis de la evaluación sensorial

Tratamiento	Color	%	Olor	%	Sabor	%	Textura S.	%	Aceptabilidad	%
T0	222	13,6	244	15,0	264	15,2	211	13,6	219	14,3
T1	397	24,4	356	21,9	394	22,8	387	24,9	387	25,6
T2	303	18,6	306	18,8	351	20,3	330	21,7	289	18,9
T3	372	22,8	347	21,3	317	18,3	274	17,7	254	16,6
T4	335	20,6	374	22,9	406	23,4	350	22,6	381	24,9
Σ	1629	100	1627	100	1732	100	1552	100	1530	100

Nota. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG), T4 (8 °C con 1,0% de TG).

Tabla 23

Resultados en rango de edad y sexo de los parámetros más aceptados de las muestras (582, 685) por los consumidores

Edad	Hombres y mujeres, muestra 582 (T1)			Hombres y mujeres, muestra 685 (T4)		
	Color	Textura sensorial	Aceptabilidad	Olor	Sabor	
18-28	256		250	250	241	265
29-39	38		35	36	37	38
40-50	93		92	91	87	93
50-62	10		10	10	9	10
Σ	397		387	387	374	406

Tabla 24

Porcentajes de los resultados más aceptados de la muestra 582 y 685 según sexo y rango de edad

	Edad	Muestra 582 (T1)			Muestra 685 (T4)	
		C. %	T. S. %	A. %	O. %	S. %
Hombre	18-28	21,4	20,9	21,2	20,6	21,2
Mujer		43,1	43,7	43,4	43,9	44,1
Hombre	29-39	5,8	5,4	5,7	6,1	5,9
Mujer		3,8	3,6	3,6	3,7	3,4
Hombre	40-50	1,3	1,3	1,0	1,3	1,2
Mujer		22,2	22,5	22,5	21,9	21,7
Hombre	50-62	1,3	1,3	1,3	1,1	1,2
Mujer		1,3	1,3	1,3	1,3	1,2

Nota. (C. color), (T.S. textura sensorial), (A. aceptabilidad), (O. olor) y (S. sabor)

Figura 6 Número de hombres y mujeres

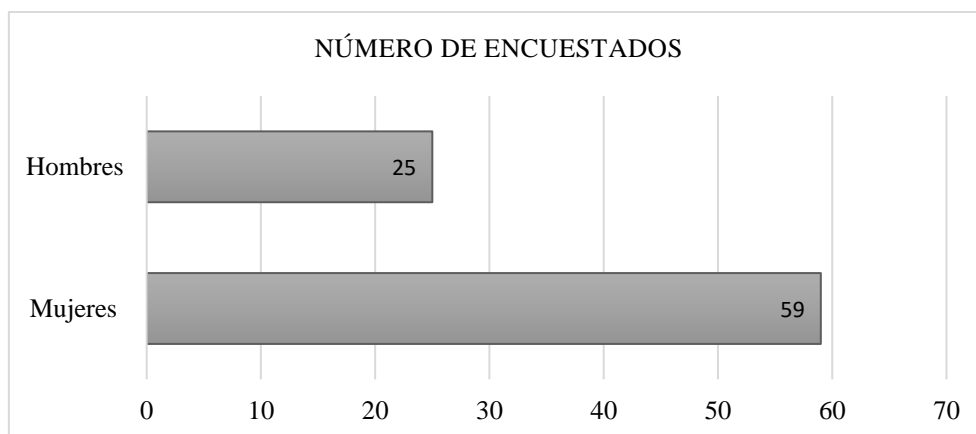


Tabla 25

Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis del análisis de evaluación sensorial

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Textura S.	Aceptabilidad
582 (T1)	5a	4b	5a	5a	5a
685 (T4)	4b	4b	5a	4b	5a
468 (T2)	4b	4b	4b	4b	3c
345 (T3)	4b	4b	4b	3c	3c
777 (T0)	3c	3c	3c	3c	3c
Valor de p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota. Valor de p menores a 0,05 indican que existen diferencias estadísticas significativas, con un nivel de confianza del 95%. T0 (tratamiento sin TG), T1 (5 °C con 0,5% de TG), T2 (8 °C con 0,5% de TG), T3 (5 °C con 1,0% de TG) y T4 (8 °C con 1,0% de TG).

En la tabla 12 tomando en cuenta el criterio de 84 consumidores, el tratamiento con mejor calificación en los parámetros de color, textura sensorial y aceptabilidad es el tratamiento 1 (T1) (5 °C con 0,5% de TG), presentando un porcentaje de 24, 25 y 26%,

respectivamente, mientras que en los parámetros de olor y sabor el tratamiento con mejor puntuación es el tratamiento 4 (8 °C con 1,0 de TG) con 23%, respectivamente; por otro lado el tratamiento menos aceptado es el T0 (testigo) ya que en los parámetros evaluados presenta 24% en color, 15% en olor, 15% en sabor, 14% en textura sensorial y 14% de aceptabilidad. La figura 6 indica que fueron evaluadas 59 mujeres y 25 hombres; mientras que la figura 7 detalla la edad de los hombres y mujeres que realizaron la evaluación sensorial. Resultados corroborados por la prueba de Kruskal Wallis que indica que el tratamiento más aceptado es el T1, el valor de p es de 0,000 existiendo diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95% como se detalla en la tabla 25.

4.2. Discusión

De acuerdo con la argumentación de Barreiro y Seselovsky (2003) y de Ramírez *et al.* (2006) variar concentraciones de TG en un rango de 0,2 a 1,0% es adecuado para todo producto alimenticio y así lograr obtener un producto adecuado, no duro, con correcta adhesividad y que no afecte el parámetro de masticabilidad para el consumo. De igual manera la guía de utilización (Activa RM Transglutaminase, 2010; Activa RM Transglutaminase, 2019) indican que la concentración enzimática máxima recomendada de TG para unir y estructurar es 1,0%. Tomando en cuenta las argumentaciones anteriores se utilizó concentraciones de 0,5 y 1,0% debido a que estas concentraciones se encuentran en un rango intermedio y máximo de uso de la TG determinándose que la mejor concentración para obtener la hamburguesa estructurada es de 0,5%, la cual genera una dureza reológica adecuada de 53,90 N de acuerdo con el análisis sensorial de los consumidores.

Ibars *et al.* (2010) y Echavarría *et al.* (2013), al estructurar carne de pollo y carne de res de bajo valor comercial utilizando alginato, respectivamente, en su experimento utilizaron temperaturas de 4 y 35 °C determinaron que si se utiliza temperaturas altas el tiempo de reacción es menor (30 minutos), mientras que si se utiliza temperaturas bajas el tiempo de reacción es mayor (2 horas), concluyendo que el tiempo y temperatura de reacción son inversamente proporcionales, ya que si se trabaja de forma diferente se obtendría un producto final, duro. En la presente investigación con la finalidad de aportar a la inocuidad alimentaria, se utilizó temperaturas bajas en la reacción enzimática, Mercado, (2022) indica que el frío es un gran aliado para los alimentos como método de conservación ya que permite controlar el desarrollo de los posibles microorganismos; en

este contexto se utilizó temperaturas de 5 y 8 °C, confirmando lo indicado por los autores, ya que para obtener la carne estructurada de hamburguesa con estas dos temperaturas fue necesario dos horas de reacción, donde no se tuvo la presencia de contaminación microbiológica y una adecuada cohesividad como se detalla en las tablas 10 y 11.

Fase 1: Análisis bromatológicos

Teniendo en cuenta que no existen estudios donde se haya estructurado carne de hamburguesa utilizando únicamente una enzima biológica sino más bien utilizando aditivos estructurantes y proteínas vegetales, donde en la mayoría de los casos los resultados obtenidos han tomado la vía reológica y no fisicoquímica, se tomará como referencia estudios similares para tomar sus resultados, y así comparar con los resultados obtenidos, en esta investigación.

- **Proteína**

Herrero *et al.* (2008) en su investigación sobre el efecto espectroscópico Raman estructural de la transglutaminasa en sistemas cárnicos, plantean que las emulsiones de carne a estructurarse como también los productos obtenidos donde se ha utilizado la TG presentan composiciones químicas de proteína muy similares; esto se debe a que la enzima no interfiere en el aumento o disminución de este parámetro sino más bien interfiere en el entrecruzamiento proteínico para lograr nuevas texturas. De igual manera corrobora Andrade, (2012) ya que en su investigación al estructurar carne de alpaca la adición de TG no presentó cambios en el parámetro proteínico argumentando que la TG evita la proteólisis cárnica mas no el aumento proteínico. De acuerdo con lo que argumentan los autores, en esta investigación al utilizar la TG para estructurar la carne de hamburguesa de cerdo no se alteró la cantidad de proteína en el producto final afirmación que se comprueba al comparar los tratamientos replicados con el testigo. De igual manera los resultados obtenidos al ser comparados con los requisitos bromatológicos de la NTE INEN 1338-2 para productos cárnicos crudos – hamburguesa, indica que se encuentra dentro de los límites requeridos (mínimo 14% y sin límite máximo) ya que como se detalla en la tabla 9 el producto final presenta un porcentaje de proteína del 17% y al no contener proteína vegetal se considera un embutido de tipo I.

- **Grasa**

Arias, (2019) enfatiza en su estudio sobre las características que otorga la TG a los nuevos productos cárnicos, que el extracto etéreo (grasa) es un parámetro que no altera la enzima mientras el producto no haya sido sometido a algún agente externo como el calor, ya que este material biológico actúa en la unión de proteínas y no la degradación de grasa. Esta afirmación se comprueba con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que, como se detalla en la tabla 9, se observa que la grasa total de los tratamientos con TG es similar al tratamiento cero que no contiene TG corroborando lo que indica el autor en su estudio. La NTE INEN 1346 en sus requisitos bromatológicos indica que la cantidad de grasa de un producto a partir de carne molida no debe superar el 30% de extracto etéreo, teniendo en cuenta los requisitos de la norma ecuatoriana el porcentaje de grasa obtenido en esta investigación es apto debido a que se encuentra en el rango permitido ya que es de 11%. En la misma línea Tonina *et al.* (2018) argumentan que el contenido total de grasa aumenta si se logra la unión entre dos carnes diferentes y se disminuye si el producto cárnico obtenido se somete, a calor, ya que; en los resultados obtenidos, utilizaron la TG para estructurar carne de cerdo y res donde se logró el aumento del contenido graso por la unión de las dos carnes, sin embargo, al someter el producto a cocción este parámetro descendió.

- **Capacidad de retención de agua (C.R.A.)**

Mayulema, (2020) señala que la C.R.A. es un indicador de calidad en la carne de cerdo, en su estudio realizado en los tres tipos de cerdo que se vende en el Ecuador (pietrán, mestizo y york shire), indica que la capacidad de retención de agua del cerdo pietrán (cerdo que se entrega en los mercados del país) tiene un porcentaje aproximado del 49%. Para esta investigación se utilizó carne de cerdo de raza pietrán y se obtuvo en los porcentajes de C.R.A. un porcentaje máximo de 61% y un porcentaje mínimo de 57% de los tratamientos 4 y 1, respectivamente, lo que indica que la TG ayuda a la retención de agua mejorando la calidad del producto, argumentación confirmada por Olivas *et al.* (2017) quienes en su estudio relacionan la concentración de TG con la C.R.A., donde señala que la enzima mejora la calidad de retención debido a que los puentes proteínicos generados por la enzima dan como resultado que no exista pérdida por goteo en la carne.

- **Humedad**

La cantidad de humedad de la carne de cerdo piestrán tiene un porcentaje aproximado del 61% (Mayulema, 2020). En esta investigación como se detalla en la tabla 9 la cantidad de humedad se encuentra entre el 77 y 79% teniendo el porcentaje máximo el tratamiento 3, parámetro beneficioso ya que es aquí donde se conoce el grado de dilución de los nutrimentos y componentes; señalando que esto se debe a que en la formulación de la hamburguesa se encuentra agua añadida y esto aumenta la humedad del producto. Los resultados de esta investigación son muy parecidos a los obtenidos por Arias, (2019) quien realizó carne estructurada utilizando la TG como coadyuvante de elaboración obteniendo un porcentaje de humedad del 71% donde indica que este parámetro mejora por la utilización de la enzima, agua y retención de agua.

- **Ceniza**

La carne de hamburguesa estructurada presentó un promedio de ceniza de 2 como se explica en la tabla 9, este parámetro de calidad al ser comparado con la NTE INEN 1338-2 en los requisitos mínimos y máximos bromatológicos señala que el valor máximo de ceniza debe ser 3, por lo cual se determina que el producto obtenido presenta calidad bromatológica. Arias, (2019) en su investigación donde estructuró carne de res obtuvo un valor de 1,96% siendo este menor al obtenido en esta investigación, por otro lado, Valdez *et al.* (2015) en su estructurado de carne de cabra obtuvieron un valor de ceniza de 2,57% presentando un porcentaje mayor al de la carne de hamburguesa estructurada.

- **pH**

Dentro de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 783 para productos derivados cárnicos crudos indica que la carne de hamburguesa debe presentar un pH entre 5,5 a 6,2; al comparar los requisitos de la norma ecuatoriana con los resultados obtenidos de los tratamientos replicados en esta investigación se indica que los tratamientos están dentro de los rangos establecidos, ya que se encuentran en el rango de 5,8 y 6,0 por lo cual se señala que la TG no altera pH del producto final. Resultados similares reportó Tonina *et al.* (2018) ya que indican que el pH de la carne de la carne de hamburguesa cruda es de 5,73 a 6,11 resultados que obtuvo al realizar hamburguesas de bobino.

Respondiendo a la primera pregunta de investigación planteada en este estudio, se puede señalar que, en la carne estructurada, los principales parámetros bromatológicos donde actúa la TG, es la capacidad de retención de agua, humedad, pH y ceniza, mientras que

en los parámetros de grasa y proteína la TG no actúa como se demostró en los resultados obtenidos. Sin embargo, se confirma que todos los parámetros estudiados se encuentran dentro de los requisitos específicos de elaboración de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN.

Fase 2: Análisis reológico

- **Cohesividad**

Los resultados de la tabla 10 indican que el tratamiento 4 tiene el valor más alto de cohesividad (0,5) valor inferior a los resultados obtenidos por Márquez *et al.* (2008) quienes utilizaron plasma de bobino en las carnes estructuradas obteniendo un valor cohesivo de 0,93, señalando que el plasma es una ayuda para mejorar la cohesión del producto resultante según el origen de la materia prima; sin embargo, Valdez *et al.* (2015) indican, en su investigación sobre la textura y estabilidad de la carne, que las propiedades de la TG no necesitan de aditivos para lograr la estructuración, ya que la gelificación como también la unión proteínica final, hacen que se obtenga como resultado productos extremadamente duros. Por otro lado, Andrade, (2012) indica que la cocción es un agente que afecta la cohesión de la carne y por ende la funcionalidad de la TG ya que en su estudio señala que al someter su estructurado de carne de alpaca y someterlo al calor, la cohesión descendió de 0,53 a 0,46.

- **Dureza**

En el análisis de perfil de textura del efecto que causa la TG en los geles de carne estructurada de jaiba cocida realizado por Hernández *et al.* (2015) se obtuvo un promedio de dureza de 38,25% donde el tratamiento más aceptado por los consumidores presenta un valor de 39,42 N, esto se debe a que las propiedades de la materia prima y el proceso de cocción que sufrió la carne de jaiba, desnaturalizan las propiedades de las proteínas sufriendo proteólisis o ruptura proteínica, que es en donde actúa la enzima. Los resultados de esta investigación indican que la dureza obtenida en la carne estructurada de hamburguesa es mayor como se detalla en los resultados reológicos ya que el promedio de dureza de los tratamientos es de 58,55% donde el tratamiento con mejor aceptabilidad por los consumidores tiene un valor de 53,90 N según el análisis TPA. De igual manera los resultados de dureza nombrados anteriormente corroboran la investigación de Tonina *et al.* (2018) debido a que en los análisis de perfil de textura realizados en su estructurado

de res y cerdo los parámetros dureza mostraron cambios estadísticos significativos aumentando el valor de dureza, llegando a su valor máximo de 35,4 N en concentraciones de TG del 1,0%.

- **Elasticidad**

El porcentaje promedio de elasticidad que presentó el estudio de Tonina *et al.* (2018) sobre el efecto que provoca la TG en la carne estructurada de res y cerdo baja en sodio es de 0,78%, que, al ser comparado con el porcentaje promedio de elasticidad de esta investigación, es similar, ya que es de 0,82% como se detalla en la tabla 10, resultados que corroboran Panuncio *et al.* (2013) ya que en los resultados de su investigación estructuraron desmenuzado de merluza señalando que la elasticidad de la merluza es similar a la merluza estructurada con un valor porcentual de 0,89% por lo cual se señala que la TG permite mantener la estabilidad elástica de los nuevos productos sin variar del valor elástico de su materia prima.

- **Masticabilidad**

Panuncio *et al.* (2013) al estudiar la estructuración de desmenuzado de merluza señala que con la adición de la enzima TG aumenta la masticabilidad del producto final obteniendo resultados que ascienden de 8,72 a 9,02 N. Estos resultados coinciden con los obtenidos en esta investigación ya que como detalla la tabla 10 la masticabilidad aumenta de 23,01 a 32,10 N por lo cual se indica que esta afirmación es correcta ya que al añadir diferentes concentraciones de TG los diferentes tratamientos aumentan la masticabilidad. Hernández *et al.* (2015) corroboran estos resultados ya que obtuvieron un incremento de masticabilidad en su investigación sobre el efecto de la TG en las propiedades mecánicas de geles de carne de jaiba cocida partiendo de 7,06 N a 13,73 N, donde se señala que la TG al mejorar la dureza y resortividad aumenta la masticabilidad.

Tomando en cuenta la segunda pregunta de investigación se señala que, la TG tiene gran influencia en los parámetros de perfil de textura (reológicos), debido a que, en esta investigación se comprobó que la TG actúa directamente en la estructuración cárnica, demostrándose que, la concentración enzimática y temperatura de reacción tiene influencia directa en la dureza, elasticidad, masticabilidad y cohesividad de la carne estructurada, ya que, se encontró que existe diferencias estadísticas en sus medias.

Fase 3: Evaluación sensorial

Señala Ríos y Luberth (2008) que la percepción de los atributos sensoriales en un alimento es la referencia de la calidad total de este, donde se desarrollan respuestas que satisfagan las necesidades de los consumidores. De igual manera argumentan Sánchez y Albarracín (2010) que para evaluar un alimento es necesario definir atributos o parámetros como: Sabor, flavor, color, aceptabilidad, aroma y aceptabilidad donde se utilice los sentidos, con la finalidad de caracterizar el alimento a consumir. Tal como señalan los autores, para esta investigación se evaluó sensorialmente los tratamientos obtenidos incluido el testigo por medio de 84 consumidores (59 mujeres y 25 hombres) donde como resultado se obtuvo que en el tratamiento mejor evaluado con la sumatoria más alta en su categoría para los atributos de color, textura sensorial y aceptabilidad es el tratamiento 1 (T1) (5 °C con 0,5% de TG) con porcentajes respectivos de 24, 25 y 26%, mientras el tratamiento 4 (T4) (8 °C con 1.0 de TG) en los atributos de olor y sabor es el más aceptado con 23% cada uno. En la tabla 14 se detalla como los consumidores (hombres y mujeres) entre 18 y 28 años presentan el mayor porcentaje de puntuación, seguidos de los consumidores (mujeres) entre 40 y 50 años, y los consumidores hombres entre 29 y 39 años, en los 5 parámetros evaluados de las muestras 582 (T1) y 685 (T4); sin embargo, hay que tomar en cuenta que la adición de la enzima TG no altera los parámetros de olor, sabor y aromas, sino el de la textura sensorial, lo que se comprueba en los resultados obtenidos en la tabla 12 del análisis sensorial. La norma ecuatoriana NTE INEN 1238 con su base de elaboración en la NTE INEN 1217 para derivados cárnicos crudos señala que el color y sabor del subproducto cárnico debe ser adecuado y característico de la carne proveniente, como también el olor debe ser fresco alejado de olores extraños impropios de la materia prima; como señala la norma técnica los atributos de color, olor y sabor de la carne estructurada de hamburguesa son propios y característicos del cerdo que es la materia prima de elaboración.

Respecto a la tercera pregunta de investigación, de acuerdo con los criterios de los consumidores, se destaca que, la aceptación en cada muestra obtenida donde se utilizó la TG es muy buena, ya que como se detalla en los resultados se indica que, en los parámetros de color, olor, sabor, textura sensorial y aceptabilidad global presenta puntajes altos de calificación, por lo que se señala que la carne de hamburguesa estructurada es un excelente producto para lanzar al mercado e innovar la industria cárnica, indicando que el T1 es el tratamiento más apto para elaborar estructuración cárnica.

Teniendo en cuanto los resultados obtenidos en las tres fases estudiadas y comparándolos con las normativas de elaboración nacional y consumo se indica que, en el aspecto bromatológico los tratamientos más adecuados son el T1 en los parámetros fisicoquímicos de grasa, proteína, humedad, pH y ceniza ya que estos presentan niveles óptimos en el rango normativo, y el T4 por la capacidad de retención de agua debido a que, entre más alto sea el porcentaje de este parámetro la jugosidad es mayor alargando la vida útil del embutido; para el aspecto reológico se indica que, el tratamiento más adecuado es el T1 por la cohesividad, dureza, masticabilidad y elasticidad obtenida; y de igual manera en el aspecto sensorial los tratamientos con mejor calificación en escala hedónica son el T1 en los aspectos de color, textura sensorial y aceptabilidad y el T4 en los aspectos olor y sabor determinado por los 84 consumidores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La funcionalidad de la enzima transglutaminasa permitió estructurar la carne de cerdo para obtener carne de hamburguesa, mejorando su estructura y logrando evitar la utilización de aditivos artificiales estructurantes, brindando un nuevo producto a la industria cárnica.
- Al analizar el efecto de la TG en la bromatología de la carne de hamburguesa se indica que, las funciones de la enzima no alteran los parámetros de proteína y grasa, sino, los parámetros de ceniza, pH, humedad y principalmente la capacidad de retención de agua mejorándolos y adaptándolos para que el producto final presente mejor calidad y sea apto para el consumo.
- El análisis reológico de la carne estructurada de hamburguesa indica que, las propiedades y funciones de la TG mejoran el perfil de textura de los parámetros de masticabilidad, dureza y cohesividad, haciendo que la textura obtenida sea apta y adecuada para el consumo, mientras que, en la elasticidad, la TG no presenta cambios significativos; siendo el tratamiento 1 el más adecuado en su reología según la normativa ecuatoriana aumentando la cohesividad (0,038 a 0,418), masticabilidad (23,010 a 24,893) y dureza (50,968 a 53,903).
- Se determinó mediante evaluación sensorial que el tratamiento 1 (0,5% de TG a 5 °C) en los parámetros de color, textura sensorial y aceptabilidad con puntajes de (394, 387 y 387), respectivamente, y el tratamiento 4 (1,0% de TG a 8 °C) en los parámetros de olor y sabor con puntajes de (374 y 406) son los más aceptados por los consumidores, determinándose que, una concentración de 0,5% TG es más adecuada para los consumidores en el aspecto sensorial.

5.2. Recomendaciones

- Realizar nuevas investigaciones de concentraciones límites de TG para determinar cómo influye estos nuevos porcentajes enzimáticos en la cohesividad y dureza del nuevo producto estructurado.
- Desarrollar nuevos tipos de estructurado donde se utilice dos o más tipos de carne para obtener nuevos productos y así aprovechar en su totalidad la materia prima.

- Controlar y tener exactitud con las temperaturas y tiempos de actividad para evitar tener texturas no deseadas en el producto final.
- Tener en cuenta la ficha y requisitos de elaboración cárnica según la norma vigente para la realización de las formulaciones a estructurar, para así tener buenos resultados en los productos finales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajinomoto.s.f.a. Activa® General Information: Transglutaminase Basics. Itasca, United States of America.
- Ajinomoto. s.f.b. Activa®, Seafood Application. Itasca, United States of America.
- Ajinomoto. s.f.c. Transglutaminasa. Itasca, United States of America.
- Ajinomoto. 2010. Transglutaminasa, una herramienta innovadora en la industria alimentaria. *Información tecnológica*, 18(3), 3-12.
- Aguilar, P., Aguilar, M., Inungaray, M., y Rivera, O. (2012). Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. *Revista Científica*, 4(8).
- Angulo, O., y O'Mahony, M. (2009). Las pruebas de preferencia en alimentos son más complejas de lo imaginado. *Interciencia*, 34(3), 177-181.
- Álvarez, C. (2018). Elaboración de un producto tipo jamón a partir de Carajito. (*Diplectrum conceptione*).
- Andúgar, L., Celdrán, E., Lull, V., Pérez, R. M., Oliart, C., y Herrada, C. R. (2021). Las ofrendas de fauna en tumbas argáricas: nuevas perspectivas desde La Almoloya y La Bastida (Murcia). *Trabajos de Prehistoria*, 78(1), 104-120.
- Andrade, D. (2012). *Efecto de la inclusión de nuez común (Juglans regia L.) y transglutaminasa en la elaboración de un reestructurado de carne de alpaca (Vicugna pacos L)* (Doctoral dissertation, Tesis de Magister en tecnología de alimentos. Lima. Univ. Nac. Agraria La Molina).
- 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. Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2013.)
- Arroyo, M., Acebal, C., y De la Mata, I. (2014). Biocatálisis y biotecnología. *arbor*, 190(768), a156-a156.

- Astráin, L., Álvarez, I., y Cebrián, G. (2018). Aplicación de los Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje en productos cárnicos: evaluación de su potencial en procesos de curado.
- Avendaño, G., López, A., y Paolu, E. (2022). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 87-96.
- Barreiro, F., y Seselovsky, R. (2003). Usos de la transglutaminasa en la industria alimentaria. Elaboración de carne reconstituida. *Invenio*, 6(10), 157-164.
- Batalha, M., Gomide, L., y César, A. (2015). Tecnologías emergentes para o setor de alimentos: segmento de carnes. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 87-96.
- Bautista, J., y Rincón, F. (2010). ¿Calidad de la carne o carne de calidad? *Nacameh*, 4(1), 1-10.
- Bravo, F., y Pozo, P. (2015). Determinación del perfil de ácidos grasos en embutidos y mayonesas de mayor consumo en el Distrito Metropolitano de Quito por cromatografía de gases. *Info ANALÍTICA*, 3(1), 41-52.
- Briviesca, N., Cuesta, A., y Chabela, M. (2017). Efecto de las bacterias lacticas termotolerantes probioticas sobre las características fisicoquimicas, microbiologicas y sensoriales en batidos carnicos cocidos. *Nacameh*, 11(1), 1-17.
- Burgueño de la Cal, C. (2020). Marketing y tendencias en la industria alimentaria: algo más que comer. *Nacameh*, 11(1), 1-17
- Carballo, J., y Cofrades, S. (2017). Aplicación industrial de la alta presión en la industria cárnica. *Nacameh*, 11(1), 1-17
- Cerdeño, V. (2010). Consumo de carne y productos cárnicos. *Distribución y consumo*, 20(111), 5-23.
- Chamorro, L. (2020). Tecnología de Productos Cárnicos. Guía Didáctica. UPEC: Tulcán.
- Chanes, J., Gallardo, C., y García, R. (2015). Innovación en el desarrollo y mejora de productos cárnicos a través del uso de altas presiones hidrostáticas. *Nacameh*, 9(1), 19-53.
- Chávez Velarde, K. (2018). Efecto de la Adición de Enzima Transglutaminasa en el Desarrollo de un Muffin a Base de Harina de Arroz (*Oryza sativa* L.).

- Comisión del Codex Alimentarius. (2012). Inventario de sustancias utilizadas como coadyuvantes de elaboración (ICE), lista actualizada. Hangzhou: Comité del CODEX sobre Aditivos Alimentarios.
- Conejo, Á. (2019). Evaluación de las nuevas tecnologías en el desarrollo de productos cárnicos saludables.
- Congote, P. (2010). Entrenamiento del panel sensorial de la compañía de galletas Noel SA en pruebas discriminativas y descriptivas. Informe de práctica empresarial para optar al título de ingeniera de alimentos. Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Colombia, 59.
- Cseh, S. (2015). Deficiencias minerales en bovinos para carne. Diagnóstico, caracterización y control. *Maskana*, 6, 143-148.
- Cury, K., Martínez, A., Aguas, Y., y Olivero, R. (2011). Caracterización de carne de conejo y producción de salchicha. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 3(2), 269-282.
- Curotto, E., Dondero, M., Muñoz, C., y Álvarez, L. (2007). Extracción, caracterización parcial y termoestabilidad de la enzima transglutaminasa en surimi, en músculo blanco de jurel y en miofibrillas de carne de vacuno. *Información tecnológica*, 18(3), 3-12.
- Domenech, K., Rivera, A., Casas, A., Cianzio, D., y Pérez, P. (2017). Efecto de la edad cronológica y sexo sobre las características de ternura y jugosidad de la carne de vacunos criados en Puerto Rico. *J. Agric. Univ. PR*, 101(1), 35-49
- Echavarría, E., Restrepo, A., y Sepúlveda, T. (2013). Restructurado de carne usando enzima transglutaminasa transferasa y alginato. *Journal of Agriculture & Animal Sciences*, 2(2).
- Espinoza, T., Mesa, F., Valencia, E., y Quevedo, R. (2015). Tipos de fraudes en carnes y productos cárnicos: una revisión. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 223-233.
- Freixanet, L. (2010). Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero. *Metalquimia SA Artículos tecnológicos. Editado por Metalquimia SA Gerona, España.*

- Flores, J. (2018). Actividad proteolítica de la papaína extraída de la papaya (carica papaya) variedad común en el ablandamiento de la carne de sajino (Tayassu tajacu). *TZHOECOEN*, 10(4), 610-629.
- Galindo, V., y Ramírez, N. (2018). Cadena productiva de Carnes y Productos Cárnicos. *Obtenido de Cadena productiva de Carnes y Productos Cárnicos: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/471>*.
- Godoy Astelarra, J. (2020). Ablandamiento de carne de cefalópodo (*Todarodes sagittatus*) mediante papaína. Efecto del tratamiento de cocción.
- Gómez, A., y Araujo, B. (2021). Frecuencia de aditivos alimentarios en productos cárnicos procesados bolivianos expedidos en la ciudad de Cochabamba, Bolivia. *Journal Boliviano de Ciencias*, 17(Especial), 28-37. Gonzales y Araujo (2018)
- Gonzales, L. (2019). Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco.
- Gonzales, M. (2019). Plan de asignatura para la materia: Tecnología de Cárnicos.
- Graiver, N. (2006). *Procesos difusionales en el curado de la carne* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Green, R. (2017). Trazabilidad de carnes en el mercado mundial: plataforma tecnológica regional hacia el fortalecimiento competitivo de la cadena de carne bovina en la región del MERCOSUR ampliado.
- Guardia, Y., Rodríguez, Y., y Benítez, O. (2017). Diseño de un biodigestor anaerobio para el tratamiento de los residuales sólidos del procesamiento cárnico (original). *Redel. Revista granmense de Desarrollo Local*, 1(2), 174-186.
- Guevara Frias, M. (2016). Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) en productos derivados del calamar gigante *dosidicus gigas* (d orbigny 1835).
- González, L., Cabrera., E., Turcios, S., Galván, J., Rodríguez, J., Espinosa, T., y Díaz, O. (2010). Anticuerpos antitiroperoxidasa y antitransglutaminasa en familiares de primer grado de personas con diabetes tipo 1 y su relación con algunas características clínicas, bioquímicas e inmunológicas. *Revista Cubana de Endocrinología*, 21(2), 126-144.

- González, M. (2023). Uber Eats en región Andina y el Caribe.
- Heredia, N., Aviña, J., Soto, L., y García, S. (2014). Productos cárnicos: principales patógenos y estrategias no térmicas de control. *Nacameh*, 8(1), 20-42.
- Hernández, V., Uresti, R., Martínez, M., y Velazquez, G. (2015). Efecto de la transglutaminasa microbiana sobre las propiedades mecánicas de geles de carne de jaiba cocida. *CienciaUAT*, 10(1), 93-103.
- Herrero, A., Cambero, M., Ordóñez, J., De la Hoz, L., y Carmona, P. (2008). Estudio de espectroscopía Raman del efecto estructural de la transglutaminasa microbiana en los sistemas cárnicos y su relación con las características texturales. *Química de los alimentos*, 109 (1), 25-32.
- Herrera, E. (2006). Bacterias ácido-lácticas (BAL): aplicaciones como cultivos estárter para la industria láctea y cárnica. *Pamplona. Norte de Santander, Colombia*.
- Huerta, S., Arana, O., y Sagarnaga, M. (2015). Nuevas tendencias del consumidor rural de cárnicos. *Estudios Socioeconómicos y Ambientales de la Ganadería*, 211-230.
- Hurtado, A., Selgas, R., y Serrano, Á. (2020). El alginato y sus inmensas aplicaciones industriales. *Nereis*, (12), 137-149.
- Ibáñez, F., Torre, P., y Irigoyen, A. (2003). Aditivos alimentarios. *Área de Nutrición y Bromatología, Universidad Pública de Navarra*, 3-5.
- Jimenez, E. (2013). *Caracterización de la calidad de productos cárnicos crudo-curados mediante ultrasonidos de señal* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Kaufmann, V. (2018). Puesta a punto de la expresión heteróloga de la enzima transglutaminasa microbiana de grado alimenticio en *Lactococcus lactis*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Labari, M., Company, P., Juan, J., Muñoz, S., y Rodríguez, T. (2020). ¿Cómo modificar la textura de los alimentos? FMC-Formación Médica Continuada en Atención Primaria, 27 (2), 96-105.
- La ganadería México es generadora de riqueza Autor: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural Fecha de publicación: 06 de marzo de 2019

- León, R., y González, S. (2020). *El proceso de investigación científica*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Lipa, L. (2016). Monitoreo de benzo (a) pireno por HPLC en productos cárnicos ahumados de la ciudad de Arequipa, 2016.
- Lou, L., Caverni, A., Arnaud, L., Vercet, A., Gimeno, J., Sanz, A., y Luzón, M. (2013). Impacto del procesamiento de los productos cárnicos y pescados en la ingesta de fósforo en los pacientes con enfermedad renal crónica. *Nefrología (Madrid)*, 33(6), 797-807.
- López, M. (2012). *Elaboración de curados y salazones cárnicos*. IC editorial.
- López, L., Greco, C., Pellegrino, N., Giacomino, S., y Valencia, M. (2007). Control bromatológico de productos cárnicos, verificación del cumplimiento de la legislación. *Industria Cárnica Latinoam*, 147, 62-5.
- Manfugás, J. E. (2020). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Mamani, L., Cayo, F., y Gallo, C. (2014). Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama: una revisión. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(2), 123-150.
- Marchetti, L. (2014). *Alternativas tecnológicas para el desarrollo de productos cárnicos emulsionados saludables* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- 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.
- Martín, B. (2005). *Estudio de las comunidades microbianas de embutidos fermentados ligeramente acidificados mediante técnicas moleculares. Estandarización, seguridad y mejora tecnológica*. Universitat de Girona.
- Mayer, F., y Anibal, C. (2013). Influencia de los carbohidratos solubles de los forrajes frescos encañados sobre la producción de carne. *Revista Investigación Pecuaria investig*, 2(2), 13-21.

- Mercado, R. (2022). Inocuidad de los Alimentos. *Fondonorma*. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es>.
- Montero, P., y Mercado, B. (2018). Utilidad de la enzima transglutaminasa en la industria la industria cárnica. Universidad de Cartagena. Ingeniería en Alimentos.
- Moral, S., Ramírez, L., y García, M. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 87-102.
- Mota, D., Trujillo, M., Becerril, M., y Roldan, P. (2012). Efecto del método de sacrificio sobre variables críticas sanguíneas y consecuencias sobre la bioquímica de la carne de cobayo (*Cavia porcellus*). *Revista Científica*, 22(1), 51-58.
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1217: 2013 Segunda revisión
- Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1338: 2012, productos, madurados, curados Segunda revisión.
- Olivas, J., Tenorio, L., Xochihua, J., y Barrios, R. (2017). Indicadores de calidad en carne de cerdo de diferentes centros comerciales de Ciudad Obregón, Sonora". *Nacameh*, 11(2), 50-51.
- Onega, M. (2020). Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales.
- Oropeza, D., Ventura, J., y Aguilar, C. (2019) Desarrollo e Innovación Tecnológica para Conservación de Carne de Cerdo.
- Ospina, D. (2023). Consumo mundial de hamburguesa. LR La República.
- Ospina, S., Restrepo, D., y López, J. (2011). Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 163-172.
- Paez, S., Calloni, J., Bianciotti, A., Banchio, L., y Scharff, L. (2018). Modelo de interoperabilidad entre sistemas para trazabilidad de procesos internos de la industria cárnica empleando nuevas tecnologías de identificación. In *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)*.
- Panuncio, A., Cardeza, L., Quintero, M., Solé, M. L., Barrios, S., y 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.
- Peña, M., Méndez, O., Guerra, M., y Peña, S. (2015). Desarrollo de productos cárnicos funcionales: utilización de harina de quinua.
- Peñaherrera, P. (2018). *Manual de charcutería enfocado en la elaboración de fiambres y embutidos* (Doctoral dissertation, Quito: Universidad de Los Hemisferios, 2018).
- Peraza, G. (2021). Elaboración y caracterización de productos cárnicos ahumados. *Instituto de Ciencias Biomédicas*.
- Ramírez J., Addo K., Xiong Y. (2005). “Gelation of mixed myofibrillar/wheat gluten proteins treated with microbial transglutaminase” *Food Research. Int.*, 38, p. 1143 – 1149.
- Ramírez, J., Del Ángel, A., Velázquez, G. (2006) Producción de productos pesqueros reestructurados bajos en sal a partir de platija mexicana (*Cyclopsetta chittendeni*) utilizando transglutaminasa microbiana o concentrado de proteína de suero como aglutinantes. *Eur Food Res Technol* 223, 341–345. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0210-z>
- Ramiro, C. (2021). Corporate Venture Builder.
- Ranken, M. (2021). Manual de industrias de la carne.
- Ribas, A., Pagán, A., Défigier, S., Pagán, J., y Garza, S. (2010). Actividad de transglutaminasa en el proceso de productos cárnicos. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, (335), 81-86.
- Ríos, K., y Luberth, M. (2008). Caracterización sensorial de los productos cárnicos de la Unidad Tecnológica de Alimentos de la Universidad de Caldas. *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)*, 2(1), 42-46.
- Rodríguez, Á., Fernández, B., Palatsi, J., y Flotats, X. (2010). Efecto de los pretratamientos térmicos en el potencial de producción de metano de residuos cárnicos.
- Rodríguez, H., Restrepo, L., y Amparo, L. (2015). Caracterización del consumo de productos cárnicos en una población universitaria de la ciudad de Medellín, Colombia. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(2), 90-96.

- Romero, E., y Mejía, V. (2017). Determinación del valor nutritivo de carne y macerado de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. “suri”, procedentes de Moyobamba–Región de San Martín.
- Ruano, L., Echeverri, R., Rodríguez, H., Castellanos, T., y Pineda, D. (2021). Política Pública para la promoción de la Innovación del Sector Alimentos en Colombia. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, 32(56), 100-114.
- Rubio, R. (2014). *Productos cárnicos fermentado-curados funcionales y seguros. Nueva vía de ingestión de probióticos* (Doctoral dissertation, Universitat de Girona).
- Samaniego, A. (2019). *Análisis nutricional de la hoja de moringa (moringa oleifera) y su aplicación como conservante natural en la elaboración de productos cárnicos cocidos (chorizo artesanal)* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Sánchez, I., y Albarracín, W. (2010). Análise sensorial da carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(2), 227-239.
- Sanz, P. (2015). *Evaluación del uso de diferentes enzimas sobre la calidad de productos cárnicos* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Santamaria, M. (2010). *Industria alimentaria. Tecnologías emergentes*. Univ. Politèc. de Catalunya.
- Salazar, T. (2021). Diseño de una cámara de congelación para el almacenamiento de productos cárnicos en el Hotel Baldi Hot Springs durante temporada alta.
- Sepúlveda, T., Echavarría, E., y Restrepo, A. (2014). Restructurado de carne usando enzima transglutaminasa transferasa y alginato. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 2(2).
- Sereno, C. (2015). *UF0354-Elaboración de curados y salazones cárnicos*. Editorial Elearning, SL.
- Serrano, M. (2022). Desarrollo de reestructurados cárnicos potencialmente funcionales mediante la incorporación de nuez.
- Sirini, N., Loyeau, P., Ordoñez, V., Ribero, G., Rossler, E., Walker, G., y Pérez-Álvarez, J. A. Efecto del agregado del probiótico *Lactiplantibacillus plantarum* sobre los



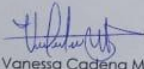

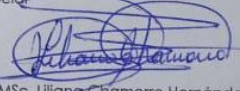
- parámetros fisicoquímicos de un producto cárnico argentino. In *Actas del III Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria 2021* (p. 84). Universidad Miguel Hernández.
- Swatland, H. (2018). Evaluación de la carne en la cadena de producción.
- Szerman, N., Ormando, P., y Vaudagna, S. (2011). Tecnología sous vide aplicada en la cocción-pasteurización de productos cárnicos.
- Tarín, E. (2000). *La reacción catalizada por la transglutaminasa en el análisis estructural y dinámico del nucleosoma* (Tesis de doctorado, Universitat de València).
- Tofiño, D., Ortega, M., Herrera, B., Fragoso, P., y Pedraza, B. (2017). Conservación microbiológica de embutido carnico artesanal con aceites esenciales *Eugenia caryophyllata* y *Thymus vulgaris*. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(SPE2), 30-41.
- Tonina, F., Fernández, C., y Hartman, M. Uso de transglutaminasa en la formulación de hamburguesas reducidas en sodio.
- Torres, M., Ovono, D., Hugues, B., y Amaro, B. (2013). Incidencia de Salmonella en diferentes tipos de productos cárnicos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 14(11B), 1-5.
- Torres, J., González, K., Acevedo, D., y Jaimes, J. (2016). Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha. *Tecnura*, 20(49), 15-28.
- Totosaus, A., y Ortega, T. (2020). Carne y productos cárnicos como fuente de péptidos bio-activos Meat and meat products as a source of bioactive peptides.
- Ureta, M., Salvadori, V., y Olivera, D. (2017). Aplicación de ultrasonido en carnes: efecto sobre la calidad tecnológica. *La Alimentación Latinoamericana*.
- Vallejo, M., Prado, C., y Ospina, M. (2019). Comparación de los factores de estructuración en la producción a partir de recortes generado en el desposte de cerdo. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 10(2), 50-62.

- Valdez, K., Esparza, J., Alvarado, M., Roldán, H., Licon, E., y Soto, A. (2015). Estabilidad y textura de reestructurados de carne de cabra adicionados con inulina gelificados en frío. *Interciencia*, 40(8), 576-580.
- Vásquez, R. (2015). Influencia de tratamiento térmico en el valor nutritivo y características microbiológicas en preparados cárnicos.
- Venegas, J. (2022). Uso de la enzima Transglutaminasa (TG) en la elaboración de un fiambre de carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y tocino de cerdo (*Sus scrofa domestica*). UPEC.
- Warriss, P. (2003). Ciencia de la carne.
- Willey, J., Sherwood, L., y Woolverton, C. (2009). Microbiología de Prescott, Harley y Klein. (7 ed.). Madrid: EDITEC.
- Yokoyama, K., Nio, N. y Kikuchi, Y. (2004). Propiedades y aplicaciones de la transglutaminasa microbiana. *Microbiología aplicada y biotecnología*, 64 (4), 447-454.
- Zepeda, L., Méndez, G., De la Caza, L., Vela, J., y Chabela, M. (2009). Utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos. *Nacameh*, 3(2), 71-82.
- Zimmerman, M. (2021). pH de la carne y factores que lo afectan. *Aspectos estratégicos para obtener carne de ovino de calidad en el cono sur americano*, 1.

ANEXOS

Anexo A

Acta de predefensa

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI POSGRADO UNIDAD DE TITULACIÓN	
	Reporte de la predefensa del Trabajo de Titulación	SGC-UPEC
Código UPEC-P09-S07-REPO5; Versión: 03; 23 de agosto del 2023		
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS Primera cohorte		
Opción de titulación: Proyecto con componentes de investigación aplicada y /o de		
Estudiante	Evans Joseph Venegas Rubio	
Cédula de Identidad:	0401325824	
Lugar:	Edificio de posgrado, primer piso, sala de defensa de Posgrado	
Tema del Trabajo de Titulación:	La enzima transglutaminasa en la elaboración de carne de hamburguesa estructurada de <i>Sus scrofa domestica</i>	
	CATEGORÍA	NOTA PROMEDIO
	I. Organización de la información	9,00
	II. Exposición oral	9,00
	III. Referencias	9,00
	IV. Dominio	9,67
	V. Lenguaje Técnico	10,00
	VI. Lenguaje corporal	8,67
	VII. Argumentación	9,00
	NOTA FINAL (aproximado al inmediato superior)	9,19
El maestrante:		APRUEBA
Observaciones a la presentación del Trabajo de Titulación: Mejorar el problema o enfatizar en por que se desconoce la tecnología de la aplicación de la trasglutaminasa. Consolidar la discusión de odas las fases de investigación Revisar el diagrama de flujo. Poner el tamaño de poro de molidad Revisar la operacionalización de variables. Analizar la influencia e la temperatura en los diferentes parámetros y tratamientos En la exposición registre más al tiempo. (Incluir todas las temáticas de la tesis)		
 MSc. Vanessa Cadena Maffa Examinador 2 0401888573	 PhD. Orlando Meneses Quelal Examinador 1 0401474820	 MSc. Liliana Chamorro Hernández Tutor 0401023791

Anexo B

Aval del CIDEN del abstract del TDT



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Evans Joseph Venegas Rubio

Fecha de recepción del abstract: 28 de octubre de 2023

Fecha de entrega del informe: 28 de octubre de 2023

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



EDISON BOAHERGIES
PEÑAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Evans Joseph Venegas Rubio				
DATE: 28 de octubre de 2023				
TOPIC: "La enzima transglutaminasa en la elaboración de carne de hamburguesa estructurada de <i>Sus scrofa domestica</i> "				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Jativa Edwin Andrés,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	

Anexo C

Norma técnica ecuatoriana 1346 Carne molida



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 1346
Segunda revisión
2015-XX

CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. CARNE MOLIDA. REQUISITOS.

MEAT AND MEAT PRODUCTS. GROUND MEAT. REQUIREMENTS.

DESCRIPTORES: Carne y productos cárnicos
ICS: 67.120.10

5
Páginas

Anexo D

Norma técnica ecuatoriana 1217



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

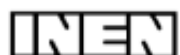
NTE INEN 1217:2013
Segunda revisión

CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. DEFINICIONES.

Primera edición

MEAT AND MEAT PRODUCTS.DEFINITIONS.

Firstedition



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1338:2012
Tercera revisión

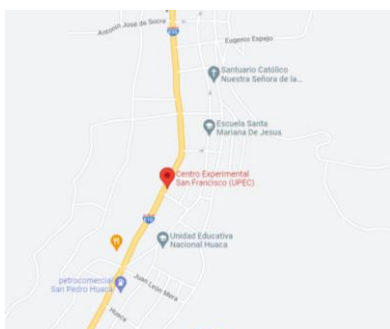
**CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. PRODUCTOS CÁRNICOS
CRUDOS, PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS - MADURADOS Y
PRODUCTOS CÁRNICOS PRECOCIDOS - COCIDOS.
REQUISITOS.**

Primera Edición

MEAT AND MEAT PRODUCTS. RAW MEAT PRODUCTS, CURED MEAT PRODUCTS AND PARTIALLY COOKED - COOKED
MEAT PRODUCTS. REQUIREMENTS.

Anexo F

Ubicación finca San Francisco y Marco administrativo



MARCO ADMINISTRATIVO

En la tabla 7, 8, 9 y 10 se detallan los recursos, equipos, reactivos e instrumentos que se utilizarán en la investigación.

Tabla 8. Recursos que se utilizarán en la investigación

	Recursos
Elaboración del producto	Laboratorio de Tecnología Cárnica, Finca experimental "San Francisco"
Análisis	Laboratorio de análisis de alimentos Laboratorio de microbiología Laboratorio de evaluación sensorial

Tabla 9. Equipos de la investigación

	Equipos
Grasa	Saxhlet SX-6 (Teula Bona)
Proteína	Digestor DK6 (digestor de análisis de proteína)
Humedad	Estufa (EA/009)
CRA	Centrifugadora (x 206 A)
pH	Potenciómetro
Ceniza	Mufa EDG (EA/009)
C. Reológicos	Reómetro (MCR 302e)

Tabla 10. Reactivos que se utilizarán en la investigación

	Reactivos
Proteína	12 pastillas digestores 120 ml de ácido sulfúrico 600 gr de hidróxido de sodio 50 gr de ácido bórico
Grasa	360 ml de ciclo hexano
Análisis	10 litros de agua destilada

Tabla 11. Instrumentación que se utilizará en la investigación.

	Instrumentos	
Proteína	Soporte universal Pinzas para bureta Bureta de 50 mL. 2 vasos de precipitación de 250 mL. 1 probeta de 50 mL. 1 probeta de 100 mL.	
Grasa	Pinzas Espátula.	Balanza gramera Balanza analítica
Humedad	21 cápsulas Pinzas para cápsulas	Cuchillo Espátula.
CRA	2 vasos de precipitación de 250 mL. 21 tubos para centrifugación	
pH	Vaso de precipitación 250 mL.	
Ceniza	21 crisoles Pinzas para crisoles	
Dureza y firmeza	2 vasos de precipitación de 250 mL.	

Anexo G

Cronograma de actividades

Cronograma de actividades

Tabla 12. Cronograma de actividades de la investigación

ACTIVIDADES		2023					
		Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Fase 1	Diseño experimental						
	Objetivo 1						
Fase 2	Objetivo 2						
Fase 3	Objetivo 3						
Capítulo V y VI							

Anexo H

Ficha de evaluación sensorial



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
CENTRO DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nota: Los datos recopilados de esta evaluación sensorial serán utilizados para fines académicos del proyecto de titulación denominado "La enzima transglutaminasa en la elaboración de carne de hamburguesa estructurada de cerdo *Sus scrofa domestica*".

Prueba de aceptabilidad

Nombre: _____ **Fecha:** _____
Género: _____ **Edad:** _____

INSTRUCCIONES

A continuación, se presentan 5 muestras de carne de hamburguesa. Pruebe las muestras en orden, de izquierda a derecha y califique los atributos (color, olor, sabor, textura sensorial y aceptabilidad) de cada muestra de acuerdo con la escala.

Coloque la valoración que más le parezca sabiendo que:

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

Código	CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO				
	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
177					
582					
468					
345					
685					

Comentarios:

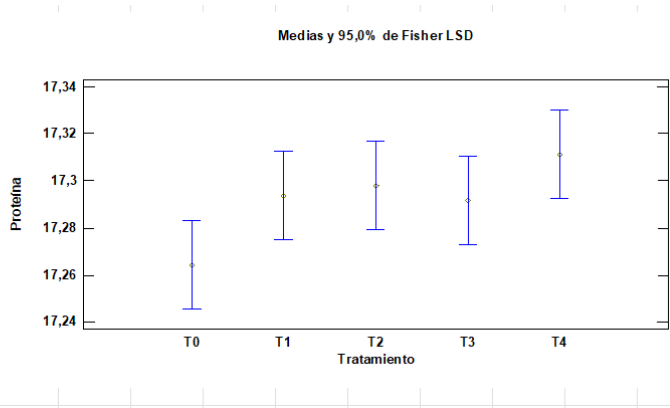
.....

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

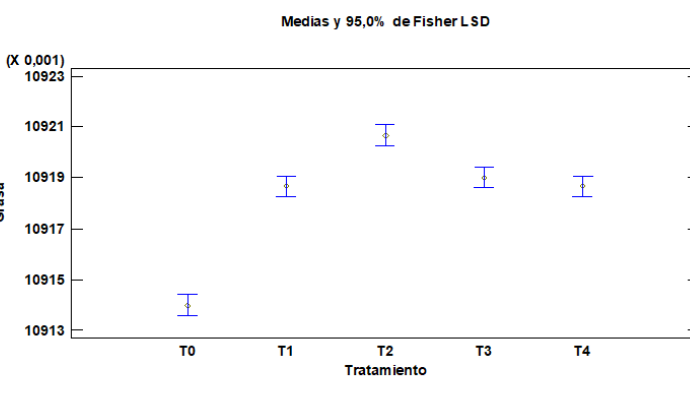
Anexo I

Tabulaciones y gráficas proteína

PROTEÍNA		
	Repetición	Porcentaje
Testigo		17,211
T1	R1	17,291
	R2	17,295
	R3	17,295
T2	R1	17,299
	R2	17,299
	R3	17,296
T3	R1	17,291
	R2	17,292
	R3	17,292
T4	R1	17,311
	R2	17,311
	R3	17,312
Tratamiento	Proteína	SD
Testigo	17,211	
T1	17,294	
T2	17,298	
T3	17,292	
T4	17,311	



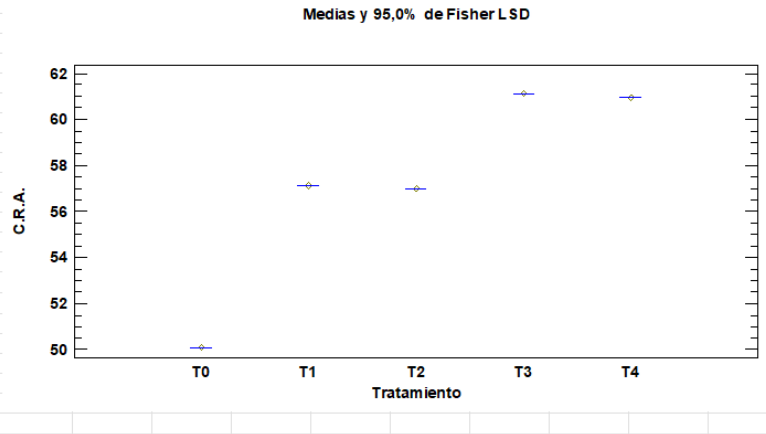
GRASA		
	Repetición	Porcentaje
Testigo		10,914
T1	R1	10,919
	R2	10,919
	R3	10,918
T2	R1	10,921
	R2	10,921
	R3	10,92
T3	R1	10,919
	R2	10,919
	R3	10,919
T4	R1	10,919
	R2	10,919
	R3	10,918
Tratamiento	Grasa	SD
Testigo	10,914	
T1	10,919	
T2	10,921	
T3	10,919	
T4	10,919	



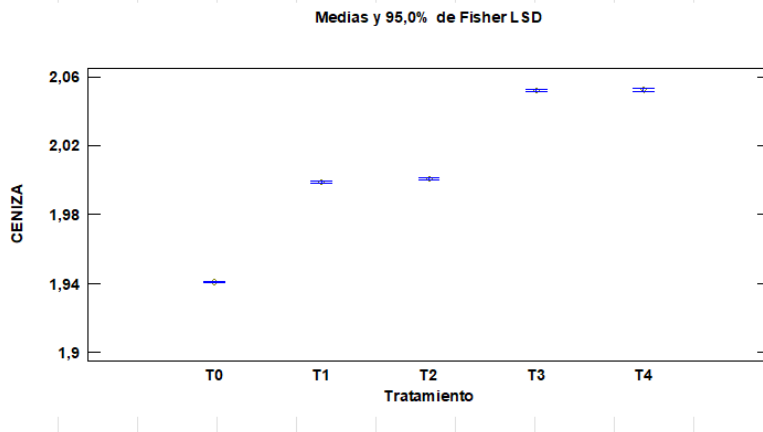
Anexo J

Tabulaciones y gráficas CRA

C.R.A.		
Testigo	Repetición	Porcentaje
		50,101
T1	R1	57,111
	R2	57,111
	R3	57,111
T2	R1	56,988
	R2	56,988
	R3	56,99
T3	R1	61,11
	R2	61,109
	R3	61,109
T4	R1	60,951
	R2	60,951
	R3	60,954
Tratamiento	C.R.A.	SD
Testigo	50,101	
T1	57,111	
T2	56,989	
T3	61,109	
T4	60,952	



CENIZA		
Testigo	Repetición	Porcentaje
		1,941
T1	R1	1,999
	R2	1,999
	R3	1,998
T2	R1	2,001
	R2	2,001
	R3	2
T3	R1	2,051
	R2	2,051
	R3	2,053
T4	R1	2,052
	R2	2,052
	R3	2,052
Tratamiento	CENIZA	SD
Testigo	1,941	
T1	1,999	
T2	2,001	
T3	2,052	
T4	2,052	

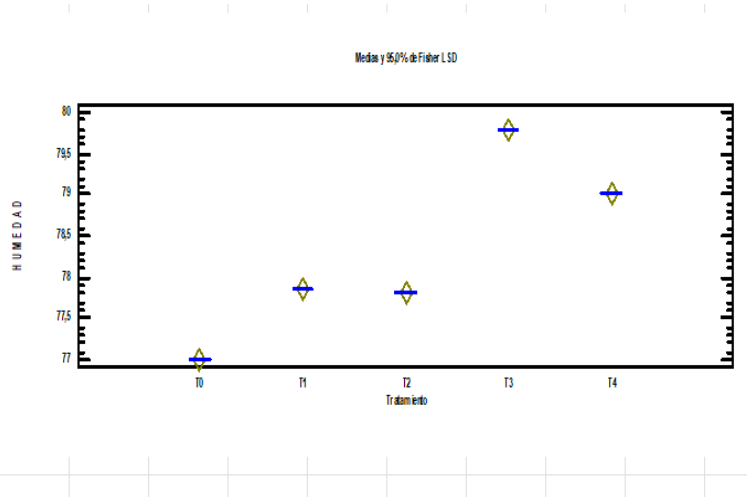


Anexo K

Tabulaciones y gráficas humedad

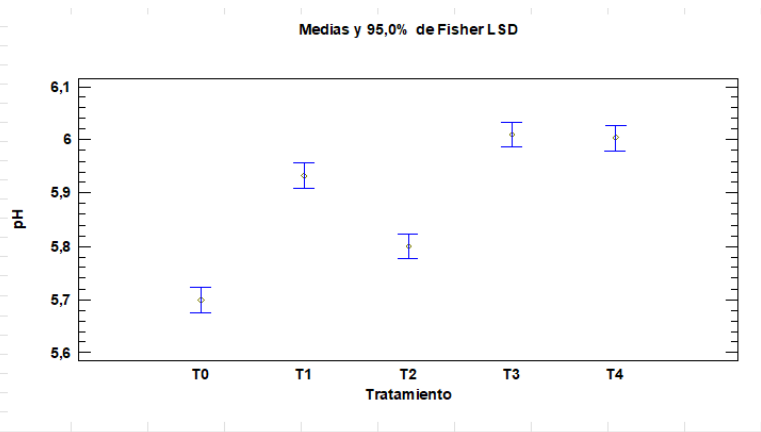
HUMEDAD		
	Repetición	Porcentaje
Testigo		77,011
T1	R1	77,845
	R2	77,844
	R3	77,845
T2	R1	77,801
	R2	77,801
	R3	77,801
T3	R1	79,777
	R2	79,777
	R3	79,777
T4	R1	79,009
	R2	79,007
	R3	79,007

Tratamiento	HUMEDAD	SD
Testigo	77,011	
T1	77,845	
T2	77,801	
T3	79,777	
T4	79,008	





Ph		
	Repetición	Porcentaje
Testigo		5,7
T1	R1	5,9
	R2	6
	R3	5,9
T2	R1	5,8
	R2	5,8
	R3	5,8
T3	R1	6,01
	R2	6,01
	R3	6,01
T4	R1	6
	R2	6,01
	R3	6

Tratamiento	pH	SD
Testigo	5,70	
T1	5,93	
T2	5,80	
T3	6,01	
T4	6,00	



Anexo L

Informe de análisis reológico

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrión de Guayusa E11-253, Edificio 19 – segundo piso Telf: 2976300 ext-4236, email: decab@upc.edu.ec PO BOX 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
	ISO/IEC 17025	FECHA DE VIGENCIA: 12-12-2019	
		VERSIÓN: 02	

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO O TRABAJO

CLIENTE/EMPRESA: Evans Joseph Venegas Rubio **INFORME No:** IE-LIA-23-007
Persona de contacto: Joseph Venegas **Teléfono:** 0984387210
Dirección cliente: Las Graditas **Fax:** N/A
 Tulcán - Carchi
Correo electrónico: giuseppe_01@hotmail.com **Tipo de muestra:** Sólida
Fecha de muestreo: N/A (proporcionada por el cliente)
Referencia al plan y método de muestreo: N/A (proporcionada por el cliente)
Fecha de recepción muestra en SC: 14/06/2023
Fecha de realización análisis: 16/06/2023
Fecha de emisión informe: 21/06/2023
Condiciones ambientales (T, HR): Refrigeración (4 °C)

ORDEN DE TRABAJO: DC-OT0033-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)



No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU8821	Carne de Hamburguesa: T0	Textura (Dureza, Elasticidad, Cohesividad y Masticabilidad)	Ingeniería de Alimentos
2	DC-MU8822	Carne de Hamburguesa: T1	Textura (Dureza, Elasticidad, Cohesividad y Masticabilidad)	Ingeniería de Alimentos
3	DC-MU8823	Carne de Hamburguesa: T2	Textura (Dureza, Elasticidad, Cohesividad y Masticabilidad)	Ingeniería de Alimentos
4	DC-MU8824	Carne de Hamburguesa: T3	Textura (Dureza, Elasticidad, Cohesividad y Masticabilidad)	Ingeniería de Alimentos
5	DC-MU8825	Carne de Hamburguesa: T4	Textura (Dureza, Elasticidad, Cohesividad y Masticabilidad)	Ingeniería de Alimentos

RESULTADOS



ID MUESTRA	Servicio/analito	Resultado	Promedio	Desviación estándar	Unidades	Método
DC-MU8821	Textura (Cohesividad)	0.38	0.38	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		0.38				
		0.38				
		0.38				
DC-MU8821	Textura (Dureza)	50.90	50.97	0.11	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		50.90				
		50.51				
		50.49				

INFORME No: IE-LIA-23-007

Página 1 de 3

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 – segundo piso Telf: 2976309 ext:4236, email: decab@uon.edu.ec PO BOX 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 12-12-2019	
ISO/IEC 17025		VERSIÓN: 02	

ID MUESTRA	Servicio/analito	Resultado	Promedio	Desviación estándar	Unidades	Método
	Textura (Elasticidad)	0.82	0.82	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		0.81				
		0.81				
		0.82				
	Textura (Masticabilidad)	23.01	23.01	0.04	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		23.01				
23.01						
DC-MU8822	Textura (Cohesividad)	0.42	0.42	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		0.42				
		0.42				
		0.41				
	Textura (Dureza)	53.80	53.90	0.11	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		54.01				
		54.00				
		53.80				
	Textura (Elasticidad)	0.83	0.83	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		0.83				
		0.83				
		0.82				
Textura (Masticabilidad)	24.79	24.90	0.04	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)	
	25.00					
	24.99					
	24.79					
DC-MU8823	Textura (Cohesividad)	0.45	0.45	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		0.45				
		0.45				
		0.44				
	Textura (Dureza)	57.01	57.04	0.11	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		57.01				
		57.05				
		57.10				
	Textura (Elasticidad)	0.82	0.82	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		0.82				
		0.82				
		0.82				
Textura (Masticabilidad)	28.31	28.22	0.04	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)	
	28.27					
	28.19					
	28.10					
DC-MU8824	Textura (Cohesividad)	0.48	0.49	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		0.48				
		0.48				
		0.47				
	Textura (Dureza)	59.91	59.93	0.11	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de ϕ)
		59.91				
		59.91				
		60.00				
	Textura (Elasticidad)	0.84	0.84	0.00	Adimensional	Texturometría
		0.84				

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Garcera E11-253, Edificio 19 – segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@upae.edu.ec PO BOX 17-01-2799 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 12-12-2019	
ISO/IEC 17025		VERSIÓN: 02	

ID MUESTRA	Servicio/analito	Resultado	Promedio	Desviación estándar	Unidades	Método
		0.84	29.79	0.04	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de φ)
		0.84				
	29.81					
	29.81					
	29.74					
DC-MU8825	Textura (Masticabilidad)	29.78				
		0.50	0.50	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de φ)
		0.51				
		0.50				
	0.50					
	Textura (Dureza)	63.10	63.31	0.11	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de φ)
		63.10				
		63.99				
		63.05				
	Textura (Elasticidad)	0.83	0.83	0.00	Adimensional	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de φ)
		0.83				
		0.83				
		0.83				
Textura (Masticabilidad)	32.09	32.10	0.04	Newton	Texturometría (plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de φ)	
	31.98					
	32.09					
	32.24					

COMENTARIOS:

Realizado por:

Aprobado por:

SILVIA PATRICIA ALBA UL CUANGO
Analista DECAB


 Firmado digitalmente por
 Silvia Patricia Alba Ul Cuango
 CN=Silvia Patricia Alba Ul Cuango
 C=EC
 Responsable de Calidad DECAB

NOTAS:

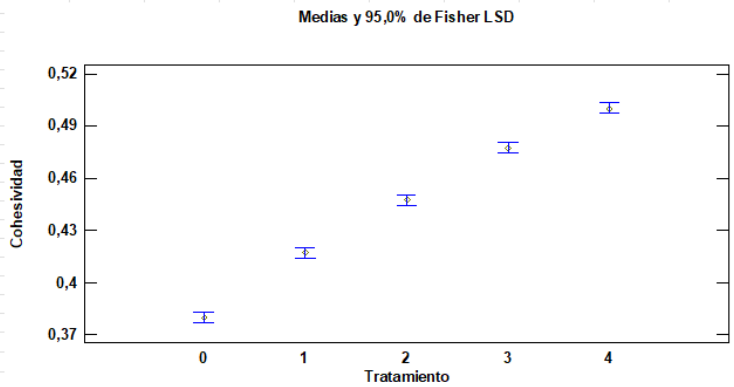
- El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.
- El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero si se responsabiliza de las muestras recibidas, tal como se la recibe.
- Los resultados reportados en este informe son únicamente referentes al ítem ensayado.

Anexo M

Tabulaciones y gráficas cohesividad y dureza

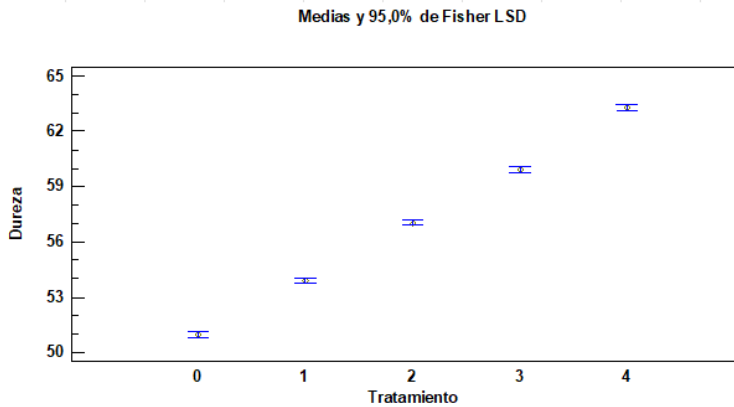
Cohesividad		
Testigo	Repetición	Porcentaje
		0,38
T1	R1	0,42
	R2	0,42
	R3	0,42
	R4	0,41
T2	R1	0,45
	R2	0,45
	R3	0,45
	R4	0,44
T3	R1	0,48
	R2	0,48
	R3	0,48
	R4	0,47
T4	R1	0,50
	R2	0,50
	R3	0,50
	R4	0,50

Tratamiento	Cohesividad	SD
Testigo	0,380	
T1	0,418	
T2	0,448	
T3	0,478	
T4	0,500	



Dureza		
Testigo	Repetición	Porcentaje
		50,90
T1	R1	53,80
	R2	54,01
	R3	54,00
	R4	53,80
T2	R1	57,01
	R2	57,01
	R3	57,05
	R4	57,10
T3	R1	59,91
	R2	59,91
	R3	59,91
	R4	60,00
T4	R1	63,10
	R2	63,10
	R3	63,99
	R4	63,05

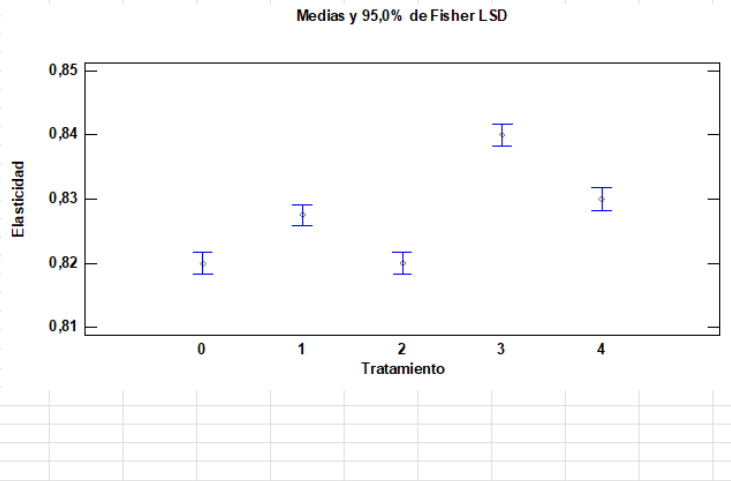
Tratamiento	Dureza	SD
Testigo	50,900	
T1	53,903	
T2	57,043	
T3	59,933	
T4	63,310	



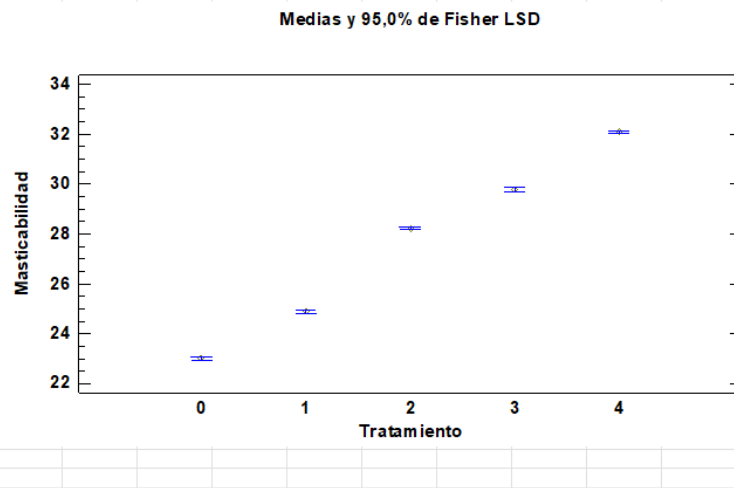
Anexo N

Tabulaciones y gráficas elasticidad y masticabilidad

Elasticidad		
	Repetición	Porcentaje
Testigo		0,82
T1	R1	0,83
	R2	0,83
	R3	0,83
	R4	0,82
T2	R1	0,82
	R2	0,82
	R3	0,82
	R4	0,82
T3	R1	0,84
	R2	0,84
	R3	0,84
	R4	0,84
T4	R1	0,83
	R2	0,83
	R3	0,83
	R4	0,83
Tratamiento	Elasticidad	SD
Testigo	0,820	
T1	0,828	
T2	0,820	
T3	0,840	
T4	0,830	



Masticabilidad		
	Repetición	Porcentaje
Testigo		23,01
T1	R1	24,79
	R2	25,00
	R3	24,99
	R4	24,79
T2	R1	28,31
	R2	28,27
	R3	28,19
	R4	28,10
T3	R1	29,81
	R2	29,81
	R3	29,74
	R4	29,78
T4	R1	32,09
	R2	31,98
	R3	32,09
	R4	32,24
Tratamiento	Masticabilidad	SD
Testigo	23,010	
T1	#iREF!	
T2	28,218	
T3	29,785	
T4	32,100	



Anexo O

Evaluación sensorial

Edad	(Varios elementos)	▼
Sexo	(Todas)	▼
Etiquetas de fila		
582		
Suma de COLOR		10
Suma de ACEPTABILIDAD		10
Suma de TEXTURA S.		10
Suma de SABOR		10
Suma de OLOR		7
685		
Suma de COLOR		7
Suma de ACEPTABILIDAD		9
Suma de TEXTURA S.		8
Suma de SABOR		10
Suma de OLOR		9
Total Suma de COLOR		17
Total Suma de ACEPTABILIDAD		19
Total Suma de TEXTURA S.		18
Total Suma de SABOR		20
Total Suma de OLOR		16

Muestra 582 (T1)																				
Hombre 582				Mujer 582				Hombres				Mujeres								
Edad	Color	Textura	aceptabilidad	Edad	Color	Textura	aceptabilidad	Edad	Color	% Textura	% aceptabilidad	%	Color	% Textura	% aceptabilidad	%				
18-28	85	81	82	18-28	171	169	168	18-28	85	33,20	81	32,40	82	32,80	171	66,80	169	67,60	168	67,20
29-39	23	21	22	29-39	15	14	14	29-39	23	60,53	21	60,00	22	61,11	15	39,47	14	40,00	14	38,89
40-50	5	5	4	40-50	88	87	87	40-50	5	5,38	5	5,43	4	4,40	88	94,62	87	94,57	87	95,60
50-62	5	5	5	50-62	5	5	5	50-62	5	50,00	5	50,00	5	50,00	5	50,00	5	50,00	5	50,00

Muestra 685 (T4)														
Hombre 685			Mujer 685			Hombre 685			Mujeres					
Edad	Olor	Sabor	Edad	Olor	Sabor	Edad	Olor	% Sabor	%	Olor	% Sabor	%		
18-28	77	86	18-28	164	179	18-28	77	31,95	86	32,45	164	68,05	179	67,55
29-39	23	24	29-39	14	14	29-39	23	62,16	24	63,16	14	37,84	14	36,84
40-50	5	5	40-50	82	88	40-50	5	5,75	5	5,38	82	94,25	88	94,62
50-62	4	5	50-62	5	5	50-62	4	44,44	5	50,00	5	55,56	5	50,00

Hombres y mujeres T1						Hombres y mujeres T4	
Edad	Color	Textura	aceptabilidad	Olor	Sabor	Olor	Sabor
18-28	256	250	250	241	265		
29-39	38	35	36	37	38		
40-50	93	92	91	87	93		
50-62	10	10	10	9	10		
Σ	397	387	387	374	406		

Anexo P

Proceso de elaboración







