

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Uso de la transglutaminasa (TG) en la formulación de jamón de pierna de cerdo con reducción parcial de los fosfatos


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Química

Autor:

Doménica Stephany Avilés Abadie

Director:

Servio Rodrigo Astudillo Segovia

ORCID: 0009-0001-5314-576X

Cuenca, Ecuador

2025-09-05

Resumen

Se evaluó el impacto en la calidad sensorial del jamón de pierna de cerdo con la adición de transglutaminasa y reducción parcial de fosfatos. Se formularon cinco tratamientos con diferentes proporciones de transglutaminasa y fosfatos, desarrollados bajo los requisitos establecidos por la norma técnica ecuatoriana INEN 1338:2016. Se realizó un análisis sensorial con 50 degustadores seleccionados por conveniencia, aplicando pruebas afectivas bajo escala hedónica. Los resultados se procesaron mediante análisis estadístico ANOVA en RStudio y se aplicó la prueba de Tukey para comparar las medias. El tratamiento óptimo (T2), con 5 g de transglutaminasa y 1 g de fosfatos, presentó mayores niveles de aceptación general y textura. Adicionalmente, se realizaron análisis microbiológicos, bromatológicos, de costos y una ficha de estabilidad del tratamiento óptimo. El producto cumplió con los parámetros microbiológicos exigidos por la norma INEN, mostrando seguridad para el consumo. El análisis bromatológico reveló un contenido proteico de 16,24 %, grasa del 4,8 % y humedad del 76 %, clasificándolo como un producto tipo 1. En términos económicos, se estimó un costo de \$1,67 por empaque (200 g), evidenciando una posible rentabilidad en el mercado. Finalmente, la ficha de estabilidad realizada a 25 °C y 50 % de HR mostró que el producto se mantuvo inocuo durante 30 días.

Palabras clave del autor: aditivos alimentarios, productos cárnicos, calidad sensorial



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

This study aimed to evaluate the impact on the sensory quality of pork leg ham by incorporating transglutaminase and partially reducing phosphates. Five formulations with varying ratios of transglutaminase and phosphates were developed, following the requirements of the Ecuadorian technical standard INEN 1338:2016. A sensory analysis was conducted with 50 convenience-selected panelists using affective tests and a hedonic scale. Results were analyzed through ANOVA in RStudio, and Tukey's post hoc test was applied to compare means. The optimal treatment (T2), that contained 5 g of transglutaminase and 1 g of phosphates, achieved the highest acceptance and texture ratings. Additionally, microbiological, bromatological, cost, and shelf-life stability analysis were conducted on the optimal treatment. The product met microbiological safety limits shown by INEN standards. The bromatological analysis showed a protein content of 16.24%, fat of 4.8%, and moisture of 76%, classifying it as a type 1 product. The estimated production cost was \$1.67 per 200 g package, showing potential market profitability. Lastly, the shelf-life evaluation under 25 °C and 50% relative humidity showed that the product remained safe for consumption for up to 30 days.

Author Keywords: food additives, meat products, sensory quality



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

1	Introducción	12
2	Objetivos	12
2.1	Objetivo General.....	12
2.2	Objetivos Específicos	13
3	Marco Teórico.....	13
3.1	Productos cárnicos	13
3.1.1	Carne.....	13
3.1.1.1	Estructura de la carne.....	13
3.1.1.2	Composición de la carne	14
3.1.1.2.1	Proteínas.....	14
3.1.1.2.2	Grasa	14
3.1.1.2.3	Carbohidratos.....	14
3.1.1.2.4	Agua.....	14
3.1.1.3	pH	15
3.1.1.4	Calidad de la carne y productos cárnicos.....	16
3.1.1.4.1	Calidad sanitaria.....	16
3.1.1.4.2	Calidad sensorial	16
3.1.1.4.3	Calidad nutritiva.....	17
3.1.1.5	Clasificación de productos cárnicos	17
3.1.1.5.1	Crudos	17
3.1.1.5.1.1	Crudos frescos.....	17
3.1.1.5.1.2	Crudos madurados.....	17
3.1.1.5.2	Escaldados.....	18
3.1.2	Jamón cocido.....	18
3.1.2.1	Proceso de elaboración	19
3.1.2.1.1	Recepción de la materia prima	19
3.1.2.1.2	Formulación.....	19
3.1.2.1.3	Cortado y molido	19
3.1.2.1.4	Masajeado.....	19
3.1.2.1.5	Embutido.....	20
3.1.2.1.6	Cocción.....	20

3.1.2.1.7	Enfriado.....	20
3.1.2.1.8	Refrigerado	20
3.1.2.1.9	Tajado.....	20
3.1.2.1.10	Empacado	20
3.1.2.1.11	Almacenado	21
3.1.3	Características indicadoras de calidad	21
3.1.3.1	Color.....	21
3.1.3.2	Textura	21
3.1.3.3	Aroma y sabor	21
3.2	Aditivos.....	21
3.2.1	Clasificación de los aditivos	23
3.2.2	Enzimas alimentarias	24
3.2.2.1	Aplicaciones de las enzimas en la industria alimentaria	24
3.2.2.1.1	Productos cárnicos.....	24
3.2.2.2	Transglutaminasa	25
3.2.2.2.1	Función	25
3.2.2.2.2	Factores que influyen en su actividad enzimática	26
3.2.2.2.2.1	Temperatura y pH	26
3.2.2.2.2.2	Inhibidores/Inactivadores	26
3.2.2.2.2.3	Actividad/Tiempo de reacción.....	26
3.2.2.2.2.4	Sustratos.....	26
3.2.2.2.3	Usos y aplicaciones.....	26
3.2.2.2.3.1	Proteínas no cárnicas como ingrediente.....	26
3.2.2.2.3.2	Carnes reconstituidas.....	27
3.2.2.2.4	Ventajas de su uso.....	27
3.2.2.3	Fosfatos.....	27
3.2.2.3.1	Función	27
3.2.2.3.2	Problemáticas que presentan en la salud	28
3.3	Análisis Sensorial	29
3.3.1	Prueba afectiva	30
3.3.1.1	Escala hedónica verbal.....	30
4	Metodología.....	30
4.1	Tipo de Investigación.....	30
4.2	Lugar de la Investigación.....	31

UCUENCA

	6
4.3 Protocolo experimental preliminar	31
4.3.1 Formación de la carne reconstituida	31
4.3.2 Elaboración del producto (embutido tipo jamón de pierna de cerdo)	34
4.4 Metodología definitiva del estudio	35
4.4.1 Elaboración del producto (embutido tipo jamón de pierna de cerdo)	37
4.4.2 Análisis sensorial	40
4.4.3 Análisis estadístico	42
4.4.4 Análisis microbiológico	42
4.4.5 Análisis bromatológico	42
4.4.6 Ficha de estabilidad	43
4.4.7 Análisis de costos	43
5 Resultados y Discusión	44
5.1 Resultados del análisis físico macroscópico	44
5.2 Resultados del análisis sensorial	47
5.3 Resultados del análisis estadístico ANOVA y selección del tratamiento óptimo	50
5.4 Resultados del análisis microbiológico	53
5.5 Resultados del análisis bromatológico	55
5.6 Resultados de la ficha de estabilidad	57
5.7 Resultados del análisis de costos de formulación	58
6 Conclusiones	59
7 Recomendaciones	61
8 Referencias	61
9 Anexos	66

Índice de figuras

Figura 1	Dosificación de la Transglutaminasa para procedimiento experimental	
protocolo.	.....	31
Figura 2	Disolución de la enzima en agua con batidora eléctrica	32
Figura 3	Materiales y equipo utilizados para la formación de la disolución.....	32
Figura 4	Materia prima mecánicamente ablandada con adición de solución de TG.	
	.....	33
Figura 5	Materia prima lista para reposo en congelación, cubierta para evitar	
quemaduras.	.....	33
Figura 6	Materia prima integrada con los aditivos, condimentos, en cúter.....	34
Figura 7	Embutido de masa en envoltura previamente hidratada.....	34
Figura 8	Cocción de los jamones obtenidos a 76°C.....	35
Figura 9	Enfriamiento rápido de los productos, posterior a la cocción.....	35
Figura 10	Almacenado en refrigeración	36
Figura 11	Pesado de la carne, cortada en medianos pedazos, para posterior	
molienda y uso en cada tratamiento.	.....	38
Figura 12	Dosificado de 5g de TG en 250ml de agua para preparación de	
disolución.	.....	38
Figura 13	Disolución de la TG en agua mecánicamente	39
Figura 14	Textura final deseada de la masa para posterior embutido	39
Figura 15	Cocción de dos de los tratamientos a 76°C.....	40
Figura 16	Preparación de los tratamientos para degustación.....	41
Figura 17	Degustación y calificación por parte del panel en encuesta virtual	42
Figura 18	Degustación y calificación de distinto grupo de evaluadores.	42
Figura 19	Tratamiento 1 (100% reducción).....	46
Figura 20	Tratamiento 2 (67% reducción).....	46
Figura 21	Tratamiento 3 (33% reducción).....	47
Figura 22	Tratamiento 4 (0% reducción).....	47
Figura 23	Tratamiento 5 (control)	47
Figura 24	Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 1	48
Figura 25	Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 2	49
Figura 26	Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 3	49
Figura 27	Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 4	49
Figura 28	Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 5	50
Figura 29	Información nutricional.....	57

Índice de tablas

Tabla 1	Cantidades de aditivos utilizados en la formulación de cada tratamiento.	37
Tabla 2	Formulación general de aditivos y condimentos utilizados en todos los tratamientos.	37
Tabla 3	Valores P obtenidos por cada parámetro mediante RStudio.	51
Tabla 4	Valores obtenidos de media para textura, por tratamiento	51
Tabla 5	Valores obtenidos de media para aceptación general, por tratamiento.	51
Tabla 6	Resultados obtenidos mediante prueba de Tukey para textura.	52
Tabla 7	Resultados obtenidos mediante prueba de Tukey para aceptación general.	53
Tabla 8	Resultados microbiológicos proporcionados por el laboratorio certificado MSV Lab. Cuenca	54
Tabla 9	Valores totales obtenidos mediante análisis bromatológico certificado (Número de FEDER)	56
Tabla 10	Requisitos bromatológicos para jamones cocidos.	56
Tabla 11	Resultados microbiológicos para ficha de estabilidad, proporcionados por el laboratorio certificado MSV Lab. Cuenca	58
Tabla 12	Costos de formulación para el tratamiento óptimo T2	59
Tabla 13	Costos de formulación para el tratamiento control T5 con formulación convencional.	59

Índice de ecuaciones

Ecuación. 1	43
Ecuación. 2	43
Ecuación. 3	44

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mis padres, por su esfuerzo incansable, su apoyo incondicional y su ánimo constante a lo largo de mi vida estudiantil, por siempre confiar en mí y en lo que he podido lograr. Su ejemplo de dedicación y amor, lo orgullosos que siempre se han sentido de mí y la forma tan pura en la que me lo han demostrado, ha sido el motor que me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Es tan reconfortante que de sus bocas salga siempre un “eres el orgullo de la casa, negrita”, me llenan completamente de fuerza y propósito.

A mi Mami Ani, por estar siempre presente, por su apoyo inquebrantable y por buscar siempre asegurarse, al igual que mis padres, que nunca me faltara nada para poder culminar con éxito este proceso académico. Su amor inmenso, sus palabras de apoyo y admiración, el orgullo que logros pequeños o grandes generan en su ser, ha sido una bendición y motivación invaluable todo este tiempo.

A esos pequeños corazones que me llaman ñaña Mome, Joaqui y Arturo, porque al decir que quieren ser como yo cuando crezcan me regalan el mayor título que puedo tener: el de su ejemplo.

A toda mi familia que creyeron en mí desde el inicio de mis pasos, que confiaron en mis capacidades y que, con sus palabras llenas de fe, me ayudaron a creer y crecer. Su compañía ha hecho que este camino sea más llevadero y significativo.

A Dios, por su protección y cuidado que ha permitido terminar esta etapa con bienestar. Se que desde lo alto me acompañas también con mi Papi Nardo guiando cada paso que doy.

Finalmente, quiero agradecer a mi tutor Mgtr. Servio Astudillo por compartir su vasto conocimiento, brindarme de su tiempo y guía paciente durante todo este proceso. Su orientación fue fundamental para alcanzar los objetivos propuestos.

Dedicatoria

A ti Papi Nardo, que fuiste, eres y serás siempre mi mayor ejemplo de amor puro. Aunque físicamente no estés, sé que siempre me miras y me cuidas desde allá arriba, en la nube más grande o en la estrella más brillante. Estoy segura de que estás muy orgulloso de la mujer que soy y que me esperas con un espacio a tu lado con uvitas peladas para cuando llegue a ti; mientras tanto aquí, tu negra Tomasa va a seguir siendo el vivo recuerdo de tu ausencia.

1 Introducción

La industria de alimentos procesados, especialmente los embutidos, ha experimentado un notable crecimiento impulsado por la alta demanda de productos convenientes, de fácil acceso, preparación y conservación. En este contexto, los aditivos alimentarios desempeñan un papel fundamental en extensión de su vida útil y la seguridad de estos durante su transporte y almacenamiento. Además, contribuyen a mejorar características sensoriales como apariencia, sabor, textura, las cuales influyen directamente en la decisión de compra del consumidor.

Sin embargo, el uso de fosfatos en la elaboración de jamones de pierna, y embutidos en general, ha generado preocupación debido a los posibles efectos adversos para la salud, como son la hipertensión y otros problemas cardiovasculares (Mazuecos, 2019). Como consecuencia, los consumidores han comenzado a reducir su consumo, reconsiderando la elección de alimentos procesados debido a los aditivos químicos que contienen, buscando adoptar una alimentación más saludable y equilibrada. Esta tendencia ha impulsado la necesidad de investigar alternativas que permitan mejorar las propiedades funcionales de productos cárnicos sin depender completamente de los fosfatos.

En este sentido, el uso de la transglutaminasa surge como una posible alternativa, ya que su incorporación en la formulación de jamón de pierna podría contribuir a reducir el contenido de fosfatos sin comprometer la calidad del producto. Además, su uso se alinea con las tendencias actuales del mercado hacia productos más saludables, favoreciendo el desarrollo de alimentos con menor contenido de aditivos químicos. A su vez, al proporcionar una alternativa viable a los fosfatos se fomentarían prácticas más sostenibles en la industria cárnica al promover la utilización de ingredientes considerados seguros y aceptables para los consumidores.

Por ello, esta investigación busca evaluar la incorporación de la transglutaminasa en la formulación de jamones de pierna como una reducción parcial de los fosfatos, con el objetivo de mantener o mejorar su textura y retención de agua sin afectar sus propiedades organolépticas. Asimismo, se prevé que esta sustitución contribuya a mejorar el perfil nutricional del producto, haciéndolo más atractivo para los consumidores.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Evaluar el impacto en la calidad sensorial del jamón de pierna de cerdo con la adición de transglutaminasa (TG) y la reducción parcial de fosfatos en la formulación.

2.2 Objetivos Específicos

- Formular y desarrollar un jamón de pierna con adición de transglutaminasa y reducción parcial de fosfatos, según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1338:2016.
- Evaluar la calidad sensorial de los tratamientos mediante un análisis estadístico ANOVA.
- Realizar los análisis físicos, microbiológicos, bromatológicos y la ficha de estabilidad, y un análisis de costos de formulación del producto seleccionado.

3 Marco Teórico

3.1 Productos cárnicos

Se definen como productos cárnicos a aquellos que incluyan carne proveniente de mamíferos o aves de corral, apta para el consumo humano. Estos pueden tener distintas clasificaciones en donde se incluyen varios de los productos que son comercializados; los jamones de pierna se encuentran en la clasificación de piezas íntegras curadas y/o ahumadas: productos elaborados a partir de piezas anatómicas completas y aditivos autorizados, pudiendo contener o no ingredientes extensores, donde los métodos de ahumado, curado y cocción cumplen una función predominante en su preparación. Aquí, se incluyen los jamones, tocineta, lomo ahumado y otros (Venegas Fornias & Valladares Diaz, 1999). Para su elaboración, es esencial que en su formulación existan ciertos aditivos que sean capaces de conferirles propiedades químicas, físicas organolépticas, así como beneficios para alargar su vida útil, manteniendo un producto final de calidad para el consumidor.

3.1.1 Carne

Se define a la carne como “la porción comestible, sana y limpia de los músculos de los bovinos, ovinos, porcinos y caprinos declarados aptos para la alimentación humana por la inspección veterinaria oficial, antes y después de la faena” (Hebbel, 1984).

3.1.1.1 Estructura de la carne

El tejido muscular está formado por grandes células, denominadas como fibras, las cuales están unidas y rodeadas por una membrana de tejido conjuntivo conocida como sarcolema. En el interior de estas fibras, inmersas en sarcoplasma, se encuentran numerosas miofibrillas, responsables del mecanismo contráctil del músculo. Mediante microscopía electrónica se ha mostrado que estas miofibrillas contienen dos tipos distintos de filamentos: unos gruesos, compuestos de proteína miosina, y otros más delgados, formados por actina (Hebbel, 1984). La carne presenta una estructura heterogénea, lo que se evidencia en su comportamiento físico durante las diferentes fases en la que se encuentra. Justo después del sacrificio, tiene una consistencia elástica y capacidad de retención de agua. Sin embargo, tras el proceso de

rigor mortis o maduración, adquiere una textura sólida con características de viscosidad plástica. Esta transformación permite que la carne, gracias a sus propiedades mecánicas, pueda ser comprimida y transportada por tubos para llenar envolturas o tripas de forma automática, según el tipo de producto cárnico que se elabore. (Hebbel, 1984).

3.1.1.2 Composición de la carne

Principalmente, la carne está compuesta por proteínas, grasa, carbohidratos, agua y sales minerales en menor proporción.

3.1.1.2.1 Proteínas

Además de su importancia nutritiva, cumple con una función tecnológica al . En la carne, se distinguen proteínas como la miosina, actina, mioglobina y elastina (Hebbel, 1984).

3.1.1.2.2 Grasa

La grasa se encuentra en la carne de distintas maneras: fuera de las células, como en el tejido subcutáneo y graso de reserva; dentro del músculo, aportando al marmoleo característico; y en forma de pequeñas gotas dentro del sarcoplasma. Existe una relación inversa entre la cantidad de grasa y el contenido de agua, ya que son los componentes más variables en el organismo. Resultan importantes su punto de fusión y su tendencia a volverse rancia (Hebbel, 1984).

3.1.1.2.3 Carbohidratos

Los hidratos de carbono están presentes únicamente como glucógeno. En el animal vivo, este representa alrededor del 1% en el ganado vacuno, pero prácticamente desaparece antes de que la carne sea cocinada. En cambio, en la carne de equino puede alcanzar entre un 4 y 5%, quedando una pequeña cantidad residual que permite su identificación mediante análisis químicos (Hebbel, 1984).

3.1.1.2.4 Agua

El agua de hidratación está firmemente unida a las proteínas solubles en agua mediante puentes de hidrógeno, lo que impide su congelación incluso a temperaturas tan bajas como -70 °C. Sin embargo, esta forma de agua representa solo entre el 4 y 5% del contenido total de agua en la carne. Por otro lado, el agua libre, aunque no está químicamente unida, se mantiene bien incorporada gracias a la microestructura del tejido muscular, que actúa como una estructura sólida y elástica (Hebbel, 1984).

El poder de retención de agua varía dependiendo de la etapa del procesamiento y de la edad del animal. Inicialmente, tras el sacrificio, la retención es alta, luego disminuye y vuelve a incrementarse durante la maduración, aunque sin alcanzar los niveles iniciales. Estas variaciones se deben a la interacción entre las cargas eléctricas de las proteínas y el carácter dipolar del agua, una relación que está influenciada por el pH de la carne (Hebbel, 1984).

3.1.1.3 pH

Es considerado como un indicador de la calidad de la carne, esta puede verse alterada si los animales se han sometido a situaciones de estrés previos al sacrificio, durante el transporte hacia el matadero y las operaciones conexas al mismo, influye también la alimentación y la presencia de enfermedades. Cuando el bienestar del animal es respetado, los niveles de glucógeno en los músculos serán altos lo cual producirá una gran cantidad de ácido láctico, el cual, determinará el pH de la canal. De esta forma, el pH ideal a las 24 horas de sacrificio debe encontrarse entre 5,6 y 6,2; una desviación de estos valores podría indicar que el animal ha estado estresado, enfermo o lesionado antes del sacrificio (Dorado, 2023).

Desde el punto de vista sanitario y tecnológico, que la carne posea un pH adecuado es importante por los siguientes motivos:

a) Sanitarios

- Evita el crecimiento de microorganismos sensibles a ambientes ácidos.
- Inhibe el crecimiento de microorganismos encargados de la producción de olores rancios en la carne.
- Favorece la conservación.

b) Tecnológicos

- Relacionado a la capacidad de retención de agua.
- Permite una mayor difusión de sustancias en la salazón ya que las sales, nitritos y nitratos son solubles a este valor de pH.
- Favorece la reducción de nitrato a nitrito y mejora el desarrollo del color.
- Potencia el efecto bactericida de los nitritos (Dorado, 2023).

Es importante recalcar en el punto de vista tecnológico que se tienen dos tipos de carne: PSE (Pálida, Blanda y Exudativa) y DFD (Oscura, Firme y Seca). La carne PSE presenta una baja capacidad de retener agua debido a una rápida caída del pH por debajo de 5,8, lo que provoca una desnaturalización parcial de las proteínas. Sin embargo, esta carne permite una buena penetración de la sal durante el curado en seco, lo que la hace útil en la elaboración de embutidos crudos, siempre que se mezcle hasta en un 30% con carne de cerdo o vacuno en condiciones normales. En cambio, la carne DFD, con un pH elevado entre 6,2 y 7, es muy propensa al deterioro microbiano, aunque posee buena retención de agua. Por esta razón, su uso se limita a embutidos escaldados y únicamente en combinación con carne estándar (Hebbel, 1984).

Para productos cárnicos crudos, el pH ideal de trabajo se sitúa entre 5,5 y 5,8, ya que en este rango la carne adopta una estructura más "abierta", donde las fibras musculares están más separadas, lo que facilita la penetración de aditivos y condimentos (Hebbel, 1984).

En los procesos de curado, ese mismo intervalo de pH (5,5 a 5,8) es óptimo, ya que favorece una curación adecuada, mejora y estabiliza el color, y prolonga la vida útil del producto. Esto se debe a que un pH más ácido genera la exudación de jugos cárnicos, lo que disminuye su valor y limita el desarrollo de microorganismos que causan deterioro (Hebbel, 1984).

Por todo ello, la medición del pH es una herramienta esencial tanto para identificar carnes con características extremas como PSE o DFD, como para seleccionar correctamente la carne y evaluar el nivel de acidificación durante la maduración de productos cárnicos (Hebbel, 1984).

3.1.1.4 Calidad de la carne y productos cárnicos

La calidad de un producto cárnico corresponde a un conjunto de atributos físicos, químicos y sensoriales que permiten diferenciar unidades individuales del producto, y que condicionan su grado de aceptación por parte del consumidor. Para mantener uniforme o constante esta calidad, se requiere de especificaciones correspondientes para materias primas o ingredientes utilizados en la formulación, procesos tecnológicos aplicados, producto final y condiciones de almacenamiento y distribución. Un producto se considera de calidad cuando cumple con todas las especificaciones establecidas, dentro de rangos o tolerancias aceptables (Hebbel, 1984).

3.1.1.4.1 Calidad sanitaria

La evaluación de la calidad sanitaria abarca todos los aspectos vinculados con la protección de la salud del consumidor y está regulada por normativas legales en cada país. Constituye un requisito esencial e incluye parámetros como el estado microbiológico, la presencia de aditivos prohibidos y el nivel de residuos contaminantes (Hebbel, 1984).

3.1.1.4.2 Calidad sensorial

Los atributos sensoriales influyen directamente en la decisión de compra del consumidor, por lo que deben ser cuidadosamente controlados para conservar o ampliar la cuota de mercado. Es importante evaluar factores externos como la uniformidad y ausencia de defectos visibles (acumulación de grasa, textura pegajosa, grietas), la homogeneidad del color (evitando tonos anormales como verde o amarillo), la consistencia del tamaño en productos picados y la limpieza del corte (Hebbel, 1984).

3.1.1.4.3 Calidad nutritiva

El análisis bromatológico del producto cárnico debe considerar componentes como humedad, proteínas, grasas y cenizas. Entre ellos, el contenido proteico es clave por su relevancia nutricional en una alimentación equilibrada (Hebbel, 1984).

3.1.1.5 Clasificación de productos cárnicos

Los productos cárnicos son clasificados en base a diferentes criterios, basados en tipos de materias primas que los componen, estructura de su masa, embutidos o no, sometidos o no a acción del calor u otro proceso característico en la tecnología utilizada en su elaboración, etc; siendo la más común la última mencionada, distinguiéndose así entre productos cárnicos crudos, escaldados y cocidos (Gámez, 2017).

3.1.1.5.1 Crudos

Productos elaborados a partir de materias primas crudas, que no han sido sometidas a un tratamiento térmico durante su proceso productivo. Fabricados a partir de carne y tocino crudo y picado, con adición de sal, agentes curantes, especias, condimentos y otros aditivos, embutidos (o no) en tripas de origen natural o artificial, y sometidos o no a ahumado (Gámez, 2017).

Aquí, se pueden diferenciar:

3.1.1.5.1.1 *Crudos frescos*

Se elaboran a partir de carnes picadas mezcladas con aditivos, embutidas en tripas naturales o sintéticas y sometidas a un breve secado y ahumado en frío. Son productos de conservación limitada que requieren refrigeración, y su durabilidad depende en gran parte de la higiene de las materias primas utilizadas.

De acuerdo con la textura del producto final, los embutidos pueden clasificarse en aquellos de pasta gruesa, como los chorizos frescos y longanizas, y los de pasta fina o con consistencia untable, como el salchichón o la pasta de jamón. La untabilidad de estos últimos depende, en parte, de la textura de la grasa utilizada y del método de elaboración (Hebbel, 1984).

3.1.1.5.1.2 *Crudos madurados*

La elaboración de este tipo de embutidos tiene como propósito principal obtener a partir de dos materias primas en estado crudo, carne y grasa, que presentan comportamientos fisicoquímicos distintos, un producto cárnico uniforme y cohesionado. Para ello, se emplean aditivos específicos y técnicas de procesamiento adecuadas. La mezcla triturada de carne y grasa es introducida en tripas naturales o artificiales y atraviesa un proceso de maduración y secado, con o sin aplicación de humo, tras el cual debe mostrar un color atractivo y estable, buena cohesión estructural y una consistencia firme al corte. Además, se requiere que el producto final posea una estabilidad que permita su conservación sin la necesidad de refrigeración (Hebbel, 1984).

3.1.1.5.2 Escaldados

Son elaborados a partir de carne fresca, grasa de porcino, especias, condimentos, hielo y aglutinantes mezclados uniformemente, el llenado puede realizarse en tripas naturales o en envolturas artificiales. Este tipo de embutidos, se someten a un tratamiento térmico antes de su comercialización: este proceso, realizado con agua caliente a 75 °C, reduce la carga microbiana, mejora la conservación y permite la coagulación de las proteínas para formar una estructura firme y consistente, el tiempo varía dependiendo del calibre del embutido. El aspecto de un embutido escaldado debe tener color rosado o rojo, de buena consistencia y atractivo aspecto al corte. Dentro de este grupo se encuentran las salchichas, mortadela y jamón cocido (Mora, 2010).

La carne utilizada para la elaboración de estos debe tener una elevada capacidad fijadora de agua, asimismo una elevada capacidad de formar emulsiones por lo que es preciso emplear carnes de animales jóvenes, fresca y nunca aquella carne que se encuentre en rigor-mortis. Estas carnes permitirán aumentar el poder aglutinante gracias a sus proteínas las cuales se desprenderán con mayor facilidad, además que sirven como una sustancia ligante durante el proceso de escaldado. Con respecto a la grasa, debe ser fresca, dura, firme, de color blanco, no rancia y que tenga una alta capacidad emulsionante (Mora, 2010).

Las tripas o envolturas que se utilizan pueden ser naturales como las tripas delgadas de ovino y vacuno, tripas del intestino ciego de vacuno, vejiga de ternera, etc, estas en su mayoría para embutidos como salchichas y salchichones. Se utilizan también tripas artificiales de forma más común en embutidos de corte como mortadelas y jamones, entre ellas se pueden citar a las tripas de colágeno, celulosa, poliéster, poliamida, etc (Mora, 2010).

3.1.2 Jamón cocido

El jamón cocido es producido a partir del despiece parcial o total de las extremidades posteriores del cerdo, separadas de la semicanal a partir de un punto no anterior al borde externo del hueso coxal. En su elaboración, queda excluido el uso de carne triturada o picada, y se somete a un tratamiento térmico suficiente para inducir la coagulación de las proteínas cárnicas, garantizando su estabilidad durante el almacenamiento y la conservación (Mora, 2010).

La clasificación de estos productos puede realizarse según diversos criterios, como el tipo de carne utilizada, la composición de la salmuera (incluyendo el empleo de aditivos como fosfatos, almidones o carragenatos), el rendimiento tecnológico alcanzado y su presentación comercial (con o sin hueso, en piezas o entero) (Mora, 2010).

3.1.2.1 Proceso de elaboración

3.1.2.1.1 Recepción de la materia prima

Para la elaboración de jamón cocido, la adecuada elección de la materia prima es fundamental para la obtención de un producto óptimo; en este sentido, hay dos factores que deben considerarse: las características microbiológicas de la materia prima y la aptitud tecnológica de la carne para el tratamiento al que va a ser sometida.

En cuanto a aptitudes tecnológicas de la carne que debe ser utilizada, el valor de pH resulta importante, esto debido a que este valor permitirá predecir la retención de agua en la carne, que influye directamente en las pérdidas que se producen al cocinarla, y la jugosidad final del jamón; por lo tanto, solo deberán seleccionarse piezas con un pH entre 5,8 y 6,2, proporcionando así jamones con textura blanda, jugosa y con un buen rendimiento en la fabricación (Mora, 2010).

Se puede considerar como una de las etapas más importantes en el proceso ya que de la calidad y las condiciones en la que se encuentre la carne dependerán las características del producto final. En cuanto a los parámetros sensoriales, es fundamental que se revise la tonalidad de la carne: rosada intensa y homogénea, con una textura firme y un olor característico a cerdo, sin presencias de materias extrañas o ajenas a la pieza.

Además, se debe realizar el adecuamiento o acondicionamiento de la materia prima, esto con el objetivo de que se encuentre lista para la siguiente etapa. Se deberá despojar de la carne al tejido conectivo, coágulos de sangre y restos de piel que pueda tener. También es necesario realizar cortes en forma de cubos para que esta pueda ser llevada al molino (Rojas, 2003).

3.1.2.1.2 Formulación

Aquí se debe realizar el ajuste de los pesos respectivos de cada insumo y aditivo que se vaya a utilizar en el proceso; es importante tener en cuenta las cantidades permitidas de los mismos por la Norma INEN 1338:2016, esto debido a que los límites permitidos de los aditivos significarían irregularidades en el producto.

3.1.2.1.3 Cortado y molido

La etapa de cortado se realiza mecánicamente. Luego, el molido se realiza con un disco de calibre N°22. Aquí, se obtendrá una carne en forma de pasta la cual hará que sea posible una mejor incorporación de los insumos y aditivos (Rojas, 2003).

3.1.2.1.4 Masajeado

Esta operación se realiza en la mezcladora, o masajeadora, que permite la incorporación de aditivos y condimentos, y la extracción de las proteínas solubles de las piezas de carne a través del trabajo mecánico (Rojas, 2003).

3.1.2.1.5 Embutido

Aquí se realiza el llenado del pastón que se obtiene como resultado de la etapa anterior. Para ello, es recomendable el uso de boquillas lisas, no exageradamente largas para que así la masa no se caliente, por ello, la presión deberá ser mayor a la atmosférica. Es importante la ausencia de aire ya que, sin esto, existirá la formación de irregularidades o cavidades conocidas como defectos los cuales causan decoloraciones en el producto final (Narvaez, 2022).

Otra manera de formar el jamón es mediante prensado, la carne masajeadada es dispuesta en moldes de metal con tapa, la cual al ser puesta hace presión sobre el producto dentro de los moldes que son posteriormente llevados a la operación de cocción en donde el calor hará que los trozos de carne se adhieran unos a otros tomando forma del molde (Rojas, 2003).

3.1.2.1.6 Cocción

La etapa de cocción puede efectuarse por inmersión en agua caliente o a vapor, dependiendo de la disponibilidad de equipos. Tiene la finalidad de distribuir el calor a todo el producto para así lograr obtener una consistencia firme como resultado de la coagulación de las proteínas. La temperatura en esta etapa no deberá sobrepasar los 80°C ya que esto significaría una desnaturalización de las proteínas, afectando la calidad del producto terminado (Narvaez, 2022).

3.1.2.1.7 Enfriado

Su finalidad es ocasionar un choque térmico en las piezas de jamón, esto para lograr la inhibición de la acción microbiana, por un tiempo determinado según el tamaño de las piezas a enfriar, a 10°C (Narvaez, 2022).

3.1.2.1.8 Refrigerado

Una vez enfriado, se almacena en cámaras de refrigeración a temperaturas de 5°C por un periodo de 12 horas.

3.1.2.1.9 Tajado

Consiste en la obtención del jamón en rebanadas, con la finalidad de facilitar su comercialización. Para esto, se emplea una tajadora la cual consta de un disco giratorio que rebana el producto según el espesor requerido (Rojas, 2003).

3.1.2.1.10 Empacado

Para productos cárnicos, el sistema que se utiliza es el empacado al vacío el cual consiste en introducir al producto dentro de bolsas plásticas especiales que son luego colocadas en una cámara, en esta se produce el vacío y se sella el extremo abierto de la bolsa gracias a la acción del calor; así, se protege del ambiente externo al jamón con el fin de evitar su contaminación (Rojas, 2003).

3.1.2.1.11 Almacenado

Etapa final del proceso productivo del jamón. Aquí, el producto empacado se almacena en cámaras de producto terminado a una temperatura de 5°C. Su finalidad es evitar la actividad microbiana que puede ser desatada por oscilaciones de luz o temperatura (Narvaez, 2022).

3.1.3 Características indicadoras de calidad

3.1.3.1 Color

El color rosáceo característico del jamón se da como consecuencia de la adición de nitritos, el nitrito se reduce a óxido nítrico que reacciona con la mioglobina, formando nitrosomioglobina, responsable de su color rojizo. El color cambia de rojo a rosa durante el proceso de cocción, especialmente a temperaturas por encima de los 65°C, debido a la formación de nitrosohemocromo que da una coloración rosa claro (Chasco et al., 1996; Arneht, 1998, como se citó en Mora, 2010).

3.1.3.2 Textura

Depende de factores tales como el contenido de humedad, presencia de tejido conectivo, el tratamiento térmico aplicado y el grado de hidrólisis al que hayan llegado las proteínas microfibrilares. Además, factores del proceso como son la etapa de enfriamiento que puede afectar a la jugosidad, textura global y el color (Desmond et al., 2000, como se citó en Mora, 2010).

3.1.3.3 Aroma y sabor

Durante su elaboración, el jamón experimenta varios cambios bioquímicos como consecuencia de reacciones principalmente enzimáticas como la proteólisis, lipólisis y en menor grado la glucólisis, también tienen lugar reacciones químicas como son las reacciones de Maillard, degradaciones de Strecker u oxidaciones lipídicas. Estos tipos de reacciones son las que contribuyen al desarrollo del sabor y aroma del producto final, ocurren de forma simultánea con mayor o menor intensidad, dependiendo de las características del proceso (Flores et al., 1998, como se citó en Mora, 2010).

3.2 Aditivos

Etimológicamente, se define aditivo como cualquier sustancia extraña agregada de manera voluntaria a un alimento, distinguiendo de forma clara a este concepto del de “contaminante” el cual es extraño, pero como resultado de su manejo inadecuado durante todas las etapas de su proceso productivo.

Se ha llegado a pensar de forma sensacionalista que estos, al estar relacionados con la química, pueden llegar a ser nocivos o “venenosos”, partiendo de un desconocimiento total de lo que la denominación “química” implica; debido a esto, organizaciones a nivel internacional como la FAO/OMS, CEE y FDA, han procedido a restringir el concepto de aditivo alimentario como una sustancia de carácter no nutritivo, de composición perfectamente

conocida que es incorporado en cantidades pequeñas y minuciosamente controladas para que así se cumplan determinados objetivos tecnológicos dentro del alimento, ya sean mejoramientos de su estabilidad (calidad tecnológica) o su presentación en donde se incluyen sus características organolépticas (calidad estética) (Schmidt-Hebbel, 1990).

Es importante resaltar que, no todos los aditivos que son autorizados para el uso alimentario son sustancias del todo artificiales, por ejemplo: la lecitina de la yema de huevo como emulsionante, carotenos y derivados como colorantes, etc. Sin embargo, no se debe dejar de lado la idea de que, dentro del amplio espectro de aditivos autorizados recurridos actualmente, su mayoría corresponden a productos químicos como tal, los cuales deben ofrecer la garantía necesaria de inocuidad y pureza para poder ser ingeridos, además de que su aplicación debe ser correcta y específicamente autorizados al alimento deseado por las reglamentaciones sanitarias (Schmidt-Hebbel, 1990).

El uso de aditivos, como se mencionó anteriormente, debe estar regido bajo regulaciones legales: el uso generalizado de aditivos que actualmente da la industria alimentaria hace que estén obligadas a establecer mecanismos de control que regulen su correcta utilización y que a su vez verifiquen sus resultados. Para que una sustancia sea aceptada como aditivo, es indispensable que esté debidamente identificada desde el punto de vista químico y que haya superado las evaluaciones toxicológicas exigidas por las autoridades sanitarias competentes, además de estar demostrada su necesidad de tal modo que su uso suponga beneficios al consumidor y ventajas tecnológicas. Estas necesidades implican:

- Conservación de la calidad.
- Proporcionar alimentos que suplan necesidades dietéticas especiales de ciertos grupos de consumidores.
- Mejorar propiedades organolépticas.
- Aumentar la estabilidad.
- Favorecer procesos de fabricación, transformación o almacenamiento de un alimento sin enmascarar materias primas en estado defectuoso o prácticas inadecuadas de fabricación (C. Ibañez, Torre, & Irigoyen, 2003).

Estos sistemas de regulación pueden basarse en las llamadas listas positivas o listas negativas: las listas positivas pueden ser horizontales cuando se enumeran las sustancias que son admitidas como aditivos, pero sin establecer dosis ni alimentos a los cuales pueden ser añadidos; o verticales si presentan a estas sustancias señalando los alimentos aptos para su incorporación, así como las dosis máximas permitidas. En el caso de que se use una sustancia no incluida en la lista, o en su caso que se encuentre en la lista, pero se añada a un alimento no autorizado o en una dosis superior a la indicada, se identifica como una infracción de la reglamentación (C. Ibañez, Torre, & Irigoyen, 2003).

Es importante recalcar que, al recoger legalmente la posibilidad de utilización de aditivos, no significa que sea obligatorio, sino que, si es que su adición fuese necesaria podrán éstos ser empleados en los alimentos señalados. Actualmente, en el campo de la industria alimentaria se busca incorporar lo menos posible de cualquier sustancia y recurrir a métodos físicos que permitan una mejor manipulación y procesado de materias primas y una conservación óptima del producto al final del proceso productivo (C. Ibañez, Torre, & Irigoyen, 2003).

Estas regulaciones son basadas en pruebas que aseguren su inocuidad a las dosis idóneas para su uso: debido a la toxicidad de las sustancias, la cual depende de factores como dosis, frecuencia de administración, grado de toxicidad y tiempo de manifestación de los efectos, es necesario someter a los aditivos a estudios de toxicidad aguda, de corta duración y crónica, así como teratogénesis, carcinogénesis y mutagénesis. Para establecer la cantidad máxima permisible de consumo diario durante toda la vida sin que estos puedan causar un riesgo apreciable en la salud humana se tienen definidas tablas como son la Ingesta Diaria Aceptable, en donde se expresa en mg de aditivo por kg de peso corporal; pruebas y tablas establecidas por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (C. Ibañez, Torre, & Irigoyen, 2003).

3.2.1 Clasificación de los aditivos

Los aditivos pueden clasificarse de forma general en:

- Sustancias modificadoras de características organolépticas: colorantes, potenciadores de sabor, edulcorantes artificiales, aromas.
- Sustancias que impiden las alteraciones químicas biológicas: antioxidantes, conservantes y sinérgicos de antioxidantes.
- Sustancias estabilizadoras de las características físicas: emulsionantes, espesantes, gelificantes, antiespumantes, antiapelmazantes, antiaglutinantes, reguladores de pH, humectantes.
- Sustancias correctoras de las cualidades plásticas: reguladores de maduración, mejoradores de la panificación, correctores de vinificación.

Además, existen categorías de aditivos por su uso en la industria alimentaria:

- Aromatizantes
- Antioxidantes
- Acidulantes
- Colorantes
- Conservantes
- Derivados del almidón
- Edulcorantes

- Espesantes
- Emulsionantes (ALIMENTARIOS S.A, 2014).

3.2.2 Enzimas alimentarias

Las enzimas se encuentran presentes en todos los seres vivos debido a que estas son moléculas esenciales para su funcionamiento, de esto, se destaca una de sus características más sobresalientes que es la elevada especificidad que hace que tengan una amplia aplicación dentro de diversos sectores industriales.

El uso de enzimas en alimentos data de siglos atrás, utilizando estas en productos fermentados como son la cerveza, el vino, queso y pan. En los años 80, del siglo XX, son incorporadas por primera vez a nivel industrial las preparaciones enzimáticas comerciales destinadas al incremento del contenido nutritivo y digestibilidad de alimento para ganado. Actualmente, las enzimas son consideradas como aditivos en la industria de alimentos, utilizadas para modificar la apariencia, textura, valor nutricional, generar sabores y aromas, y acelerar su tiempo de proceso (del Moral, Ramírez-Coutiño, & García Gómez, 2015).

Estas enzimas pueden ser obtenidas a partir de los tejidos animales, vegetales o mediante procesos de fermentación con el uso de microorganismos seleccionados. En la industria, su uso se ve limitado debido a la disponibilidad y costo, es por ello que los microorganismos como fuente de enzimas a comparación de plantas y animales ofrecen ventajas importantes como son: espacios de producción reducidos, no son estacionales, rápido crecimiento sobre medios de cultivo relativamente económicos en donde la mayoría de las enzimas son secretadas facilitando así su recuperación, son más estables y su producción se considera más segura y conveniente. Por esta razón, las enzimas utilizadas como aditivos, 50% son producidas por hongos y levaduras, 35% por bacterias y 15% por plantas y animales; la mayoría de las enzimas utilizadas en alimentos son producidas por organismos pertenecientes a los géneros *Bacillus* y *Aspergillus* (del Moral, Ramírez-Coutiño, & García Gómez, 2015).

3.2.2.1 Aplicaciones de las enzimas en la industria alimentaria

En esta industria, se utilizan más de 59 diferentes enzimas de acuerdo con la AMFEP (Asociación de Manufactureros y Formuladores de productos enzimáticos). Sus usos y aplicaciones pueden ser:

3.2.2.1.1 Productos cárnicos

Para el procesamiento de la carne, las enzimas que presentan una mayor utilidad son las proteasas, las cuales tienen como principal función suavizar la carne. Estas denominadas ablandadoras de carne, idealmente deben ser enzimas proteolíticas específicas para el proceso de hidrólisis del colágeno y la elastina del tejido conectivo al pH de la carne.

Entre las proteasas más utilizadas se pueden encontrar a las de origen vegetal tales como la bromelina y la papaína, y las de origen microbiano como la elastasa. Además, se utilizan proteasas como la actinidina, sin embargo, aunque presenta utilidad en el ablandamiento de la carne, se ha encontrado que es posible causante de alergias en adultos y niños. Actualmente, se están haciendo esfuerzos para la producción de péptidos bioactivos contra la hipertensión, a partir de productos cárnicos, reduciendo así la alergenicidad de los mismos (del Moral, Ramírez-Coutiño, & García Gómez, 2015).

3.2.2.2 Transglutaminasa

La enzima Transglutaminasa (TG), -Glutaminil-péptido gamma-Glutamil Transferasa-, se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, especialmente en el hígado y los músculos de los mamíferos, así como en ciertos tejidos vegetales. Estas fuentes han contribuido con propiedades físicas que se consideran innovadoras dentro del campo de la tecnología alimentaria. Inicialmente, esta sustancia se obtenía a partir de tejidos u órganos, pero en cantidades limitadas, con una calidad moderada y con dificultades para su uso en alimentos. Sin embargo, el hallazgo de la cepa *Streptoverticillium mobaraense*, un actinomiceto aislado de una muestra de suelo en Japón permitió su producción a escala industrial (Mendoza, 2018).

3.2.2.2.1 Función

La principal es mejorar las características funcionales de las proteínas, proporcionando así al producto una mejor textura y sabor. Estas catalizan la interconexión de las microfibrillas de los productos cárnicos, mejorando la elasticidad y cohesividad de la carne; se aplica directamente en esta mediante aspersión o en una mezcla con agua, una vez que entra en contacto con la proteína empieza la unión y formación del nuevo gel. Con esta acción, es posible estabilizar la preparación sin ningún problema, además de cortarla y servirla sin que ésta se desmonte. Así, es posible preparar una gran variedad de productos cárnicos frescos como son hamburguesas, albóndigas o procesados como jamones, salchichas, etc, disminuyendo las mermas o desperdicios de la industria alimentaria (del Moral, Ramírez-Coutiño, & García Gómez, 2015).

Además, es importante recalcar que las piezas de carne, incluyendo la molida, pueden mantenerse unidas sin necesidad de adición de sal y fosfatos, dando así como resultado productos cárnicos saludables (del Moral, Ramírez-Coutiño, & García Gómez, 2015).

3.2.2.2 Factores que influyen en su actividad enzimática

3.2.2.2.1 Temperatura y pH

Su actividad depende directamente de la temperatura: altas temperaturas requieren tiempos de reacción más cortos. La actividad enzimática alcanza su punto óptimo a una temperatura de entre 50 y 55 °C, y puede funcionar eficazmente en un amplio rango de pH, desde 4,5 hasta 9, siendo el intervalo ideal entre 6 y 7 (Jozami Barreiro & Seselovsky, 2003).

3.2.2.2.2 Inhibidores/Inactivadores

La función enzimática de la TG puede ser inactivada por temperaturas que se encuentran por encima de los 75°C, específicamente manteniendo a 65°C por 2 horas, a 70°C por 15 minutos, a 75°C por 5 minutos o a 80°C por 1 minuto.

Además, esta enzima es sensible a la oxidación, por lo que su actividad se verá afectada por la presencia de un absorbedor de oxígeno (Jozami Barreiro & Seselovsky, 2003).

3.2.2.2.3 Actividad/Tiempo de reacción

La actividad se mide en unidades por gramo, y la duración de la reacción está directamente influenciada por la temperatura (Jozami Barreiro & Seselovsky, 2003).

3.2.2.2.4 Sustratos

Son habitualmente buenos sustratos las proteínas que presentan estructuras muy variables, de igual forma, proteínas que múltiples terminales en Lisina o Glutamina son excelentes sustratos. Preferiblemente se debe utilizar la TG en solución acuosa debido a que algunos solventes orgánicos, como el etanol, pueden llegar a desnaturalizar a la enzima (Jozami Barreiro & Seselovsky, 2003).

3.2.2.3 Usos y aplicaciones

3.2.2.3.1 Proteínas no cárnicas como ingrediente

Son principalmente incorporadas en carnes reconstituidas con el objetivo de dar cohesión entre trozos de carne y/o cumplir la función de captura de agua. Entre estos encontramos a la TG, la proteína de soja o al suero de proteína concentrado, caseinatos.

La TG en combinación con proteínas no cárnicas dan buenos resultados en carnes y hamburguesas de ave como sustituto del cloruro de sodio y del tripolifosfato, mejora la fuerza de cohesión, la capacidad de retención de agua y su funcionalidad; en cambio, proteínas no cárnicas comunes como son la soja, el suero, etc, no permiten esta reducción del contenido de cloruro de sodio y fosfatos como lo hace la TG (Jozami Barreiro & Seselovsky, 2003).

3.2.2.2.3.2 Carnes reconstituidas

La adición de proteínas no cárnicas y/o transglutaminasa, seguida de un almacenamiento a bajas temperaturas durante un periodo nocturno, propicia la unión de los fragmentos cárnicos para la obtención de una estructura reconstituida. La red proteica formada y la cohesividad resultante demuestran estabilidad durante el proceso de cocción, asegurando la integridad estructural del producto final.

Esta carne reestructurada se encuentra sujeta a un procesado mínimo y no hace falta la adición de sal ni polifosfatos para que se induzca la retención de agua; la integridad del músculo no se ve alterada, y por lo tanto, ni el sabor ni la textura se ven afectadas (Jozami Barreiro & Seselovsky, 2003).

3.2.2.2.4 Ventajas de su uso

El uso de esta enzima en el ámbito alimentario trae consigo varias ventajas como:

- No altera ni modifica el sabor, ni textura, de alimentos a los que es añadida.
- Los geles que forma tienen consistencia térmica mucho más estable en productos industriales.
- Es posible la obtención de filetes apetitosos de distintos productos cárnicos formados de diferentes cortes que no precisamente tienen que ser de la misma especie, sin dejar de lado que los tipos de proteína animal seleccionados se asemejen en su temperatura interna de cocción.
- Brinda una mayor cantidad de aminoácidos a un alimento.
- Carnes reestructuradas crean un mejor rendimiento de utilidad.
- Se puede aprovechar al máximo las mermas que se generan en la industria de alimentos, optimizando procesos dentro de estas.
- Se pueden formar nuevas piezas cárnicas a un menor precio.

Es importante que, al momento de realizar productos con el uso de esta enzima, procurar que el consumidor tenga conocimiento real del mismo y de los ingredientes por los que está compuesto, antes de su compra o consumo. Además, debe ser manejada y utilizada de manera adecuada, respetando cantidades, tiempos y procedimientos para impedir el desarrollo de bacterias (Mendoza, 2018).

3.2.2.3 Fosfatos

3.2.2.3.1 Función

Los fosfatos en productos cárnicos se emplean como emulsionantes, que son aditivos diseñados para mejorar la textura, entendida como la propiedad de un alimento relacionada con su consistencia, viscosidad y apariencia. Desde una perspectiva fisicoquímica, un

embutido constituye un sistema complejo compuesto por varios elementos: sales y proteínas hidrosolubles que forman una solución molecular; proteínas musculares en estado de gel; partículas de tejido muscular y graso en suspensión; y grasa libre dispersa en forma de emulsión. Al ser, en su mayoría, productos en donde la carne es destruida mecánicamente y así, se comporta como un líquido viscoso por lo que la adición de emulsionante, como los fosfatos, resulta altamente conveniente (Schmidt-Hebbel, 1990).

Sus funciones pueden ser múltiples:

- Mejora la capacidad de unión entre los componentes, incrementando así la resistencia del producto frente a procesos mecánicos.
- Previene la separación de la grasa y su migración a través de la envoltura o tripa.
- Potencia las características organolépticas generales del producto.
- Retrasa la pérdida de agua durante el almacenamiento (Schmidt-Hebbel, 1990).

Específicamente, los fosfatos se clasifican como agentes tensioactivos, ya que reducen la tensión interfacial y permiten la formación de sistemas finamente dispersos a partir de fases que normalmente no se mezclan. Por ello, se consideran sales con uniones de diversa complejidad, que actúan como complejantes mediante quelación o como intercambiadores iónicos. En productos cárnicos, se emplean ortofosfatos mono-, di- y tri-metálicos, así como pirofosfatos de sodio o potasio; estos se utilizan en cantidades de 0,3 a 0,5% agregándoles junto con la salmuera disueltos en el agua, posterior a la sal, por la menor solubilidad que tienen los fosfatos (Schmidt-Hebbel, 1990).

Proporcionan así ventajas como:

- Incremento de la ternura y cohesión del producto.
- Mayor retención de agua retenida por las proteínas.
- Optimización de la emulsión de la grasa.
- Aceleración de los procesos de curado (Schmidt-Hebbel, 1990).

3.2.2.3.2 Problemáticas que presentan en la salud

Los fosfatos son nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del organismo, están formados por fósforo el cual es un elemento esencial para el buen funcionamiento de nuestro organismo: forma parte del ADN, ayuda a la distribución de la energía, necesario para mantener una buena salud ósea, previene ciertos problemas gastrointestinales, filtra desechos, mantiene la memoria, y entre otras funciones. Basta de una dieta equilibrada para poder conseguir los fosfatos que necesita nuestro organismo, consumiendo alimentos que lo contienen como son las legumbres, frutos secos, lácteos, carnes, etc (Borja, 2021).

El problema de estos nace a partir de su uso en la industria alimentaria como un aditivo común para desempeñar las funciones antes mencionadas en una gran variedad de

productos procesados, tales como son los embutidos, los cuales al ser productos de fácil acceso su consumo llega a ser elevado incluso por encima de lo necesario, convirtiendo así al fosfato en una sustancia dañina para nuestro organismo. Un consumo prolongado puede provocar problemas de salud a largo plazo por varios motivos: uno de ellos es que, además de estos al encontrarse en cantidades mayores a las necesarias, son más simples y se absorben de mejor manera, los fosfatos o fósforo de los alimentos naturales se absorben de forma correcta solamente entre el 40 y 60% mientras que los artificiales lo hacen en un 90%, haciendo que exista acumulación en nuestro organismo (Borja, 2021).

Los problemas de salud que provocan pueden ser:

- Aumento de la presión sanguínea.
- Mayores probabilidades de padecer enfermedad renal. Personas mayores y quienes ya padecen de algún tipo de enfermedad renal son más vulnerables frente al exceso de consumo de fosfatos.
- Aumento de las posibilidades de enfermedades cardíacas.
- Mayor riesgo de sobrepeso y aceleración del envejecimiento (Borja, 2021).

3.3 Análisis Sensorial

Se considera una función primaria del ser humano, ya que desde la infancia, de manera consciente, acepta o rechaza los alimentos según las sensaciones que experimenta al consumirlos. Así, se establecen criterios para la selección de alimentos que influyen directamente en una de las dimensiones de la calidad global del producto: la calidad sensorial. La evaluación de esta calidad se realiza mediante una disciplina científica denominada análisis sensorial, cuyo principal instrumento de medición es el propio ser humano.

Según la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de los Alimentos (1975, como se citó en Ibañez Moya & Barcina Angulo, 2001), se define a análisis sensorial como la disciplina científica dedicada a la obtención, medición, análisis e interpretación de las respuestas a ciertas características de los alimentos y materiales, tal como son percibidas a través de los sentidos: vista, olfato, gusto, tacto y oído. Es importante recalcar que, el hecho de medir las respuestas ante ciertos estímulos no significa que de esto se obtenga información subjetiva, ya que tanto los estímulos como las respuestas se dan en condiciones bien establecidas y controladas.

Existen actualmente métodos instrumentales físicos o químicos para la medición de atributos tales como olor, textura, aroma, etc., y que son de gran utilidad en el control rutinario de la industria alimentaria. Estos métodos son caracterizados debido a su rapidez, reproducibilidad y por la gran cantidad de análisis que pueden ser realizados. Sin embargo, estos pueden presentar limitaciones e inconvenientes frente a determinados componentes de un alimento,

esto puede ser debido a que éstos son numerosos o porque las interacciones entre ellos son complejas (C. Ibañez, Torre, & Irigoyen, 2003).

3.3.1 Prueba afectiva

Son pruebas en las que el panelista manifiesta, mediante niveles, su grado de agrado, preferencia y aceptación hacia un producto alimenticio. Para ello, se emplean escalas de puntuación para evaluar las muestras (Alarcón, 2005).

3.3.1.1 Escala hedónica verbal

El principio de esta escala consiste en solicitar a los panelistas que expresen su nivel de satisfacción respecto a un producto, utilizando una escala hedónica o de preferencia que va desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo” o expresiones equivalentes. Entre sus ventajas destaca la claridad para los consumidores, la mínima instrucción requerida y la posibilidad de aplicar la escala por atributos específicos (Alarcón, 2005).

El análisis estadístico que se emplea comúnmente incluye el ANOVA clásico o el método de rangos de Tukey con tablas consolidadas de datos. Para la comparación de solo dos muestras, se pueden utilizar pruebas de t de Student sobre las puntuaciones totales. Este método es especialmente útil para el desarrollo de nuevos productos, así como para mejorar, igualar o evaluar preferencias en relación con productos de la competencia y las expectativas del consumidor (Alarcón, 2005).

4 Metodología

4.1 Tipo de Investigación

Para el desarrollo del presente proyecto, se planteó una metodología en la cual se elaboraría una investigación netamente de tipo aplicada y experimental. Dicha metodología fue elegida debido a que se buscó resolver una problemática práctica dentro de la industria cárnica. Para esto, se inició con la consulta bibliográfica necesaria dentro de proyectos de investigación, informes académicos, libros, que hicieran mención del uso de la enzima en productos de la misma línea. Esta indagación permitiría desarrollar, mediante una metodología protocolo, las bases necesarias para diseñar, elaborar y poner en marcha la fase experimental y lograr cumplir con los objetivos planteados.

Por otro lado, la recolección de datos para obtención de resultados fue de tipo cuantitativo. El análisis sensorial proporcionó datos numéricos al evaluar características organolépticas mediante escalas hedónicas, lo que permitió su posterior tratamiento estadístico. Asimismo, las pruebas bromatológicas, microbiológicas, físicos, de costos y la ficha de estabilidad aportaron resultados cuantitativos relevantes para la interpretación objetiva de los parámetros evaluados.

4.2 Lugar de la Investigación

Los tratamientos de jamón de pierna de cerdo fueron elaborados en la planta piloto de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. El análisis microbiológico y ficha de estabilidad fueron efectuados por el laboratorio MSV Lab Cia. Ltda ubicado en Cuenca, Ecuador.

4.3 Protocolo experimental preliminar

Previamente a la definición de la metodología final, se realizaron pruebas preliminares para evaluar la viabilidad de uso de la TG y su cantidad óptima en cada tratamiento, para esto, basándose en bibliografías relacionadas que han hecho uso de la enzima en productos cárnicos y no cárnicos. Se evaluó la cantidad de enzima, pH de la carne, método de mezclado, forma de aplicación de la enzima, moldeado.

4.3.1 Formación de la carne reconstituida

Para la formación de la base de carne reestructurada o reconstituida, que sería utilizada para cada uno de los tratamientos de jamón de pierna de cerdo, se inició por seleccionar materia prima de calidad y preparar la solución de agua con transglutaminasa. Esta solución se elaboró añadiendo una cantidad de TG correspondiente a lo que sería un tratamiento con el 100% de TG: en base a revisión bibliográfica se estableció que para 3 kg de carne de pierna de cerdo se necesitarían 0,07 kg de la enzima y 0,277 kg de agua; para evaluar la experimentación (*Figura 1*).

Figura 1 Dosificación de la Transglutaminasa para procedimiento experimental protocolo.



Con la ayuda de una batidora de mano eléctrica (*Figura 3*), se disolvió la enzima por un tiempo de 4 minutos en la configuración de velocidad más baja (*Figura 2*); se observó la formación de una gran cantidad de espuma que desapareció inmediatamente al momento de dejar de batir. Se pesaron además los aditivos y condimentos de la formulación de jamón de pierna de cerdo, sin variar sus cantidades por cada tratamiento debido a que estos no eran de interés en dicha formulación.

Figura 2 Disolución de la enzima en agua con batidora eléctrica.



Figura 3 Materiales y equipo utilizados para la formación de la disolución.



Posteriormente, se procedió con la preparación de la carne de cerdo, la cual antes de ser sometida a un proceso de ablandado mecánico (*Figura 4*), fue cortada en filetes del ancho ideal para que cupieran en la entrada de alimentación de la máquina. Luego, los filetes de carne ablandados se colocaron de manera uniforme y bien distribuida en una bandeja, garantizando así que toda la carne pudiera absorber la solución de transglutaminasa. La solución se incorporó homogéneamente sobre la materia prima mediante un flujo fino y constante, asegurando una distribución uniforme en toda la carne; teniendo esto, se masajéó por un tiempo permitiendo la absorción de la solución y favoreciendo la unión de las piezas, luego se colocó a la misma en un bol en reposo en congelación por 24 horas (como se observa en la *Figura 5*) para proceder con la elaboración del tratamiento de jamón.

Figura 4 Materia prima mecánicamente ablandada con adición de solución de TG.



Figura 5 Materia prima lista para reposo en congelación, cubierta para evitar quemaduras.



4.3.2 Elaboración del producto (embutido tipo jamón de pierna de cerdo)

Después del tiempo de reposo en congelación, se procedió a colocar la carne con transglutaminasa en el cutter en conjunto con los aditivos y condimentos (*Figura 6*), aquí la carne fue cortada y mezclada con los mismos de manera simultánea, obteniendo así el pastón para el embutido realizado.

Figura 6 Materia prima integrada con los aditivos, condimentos, en cutter.



Se prepararon las envolturas de jamón (envoltura poliamida) hidratándolas con agua tibia, además de agua caliente en la cocina industrial y agua fría en una marmita para el escaldado (el agua caliente a 76 °C para poder iniciar con el tratamiento).

Una vez que se dispuso el pastón, este fue colocado en una embutidora hidráulica, con la boquilla N°26 destinada para embutido de jamones (*Figura 7*). Por los 3kg de carne utilizados, se obtuvieron tres unidades de jamón de 1kg cada una.

Figura 7 Embutido de masa en envoltura previamente hidratada.



Se colocaron los jamones en el agua a 76 °C (*Figura 8*) hasta que la temperatura en el punto frío de los jamones sea de 72 °C, y se los trasladó al agua fría por 15 minutos (*Figura 9*). Una vez finalizado el proceso, se almacenan en refrigeración (*Figura 10*).

Figura 8 Cocción de los jamones obtenidos a 76°C.



Figura 9 Enfriamiento rápido de los productos, posterior a la cocción.



Figura 10 Almacenado en refrigeración.



4.4 Metodología definitiva del estudio

Para determinar la dosis óptima de los aditivos de estudio, luego de realizar la metodología protocolo, se determinaron los distintos tratamientos que se realizarían posteriormente. En estos, se estableció la variación de las cantidades de los aditivos teniendo en cuenta lo siguiente: para la enzima, se establece en su ficha técnica que su dosis óptima de trabajo es del 0,1 al 0,5% por cada kilogramo de carne (cantidad que se mantendría constante utilizando 5 gramos por cada kilogramo de carne para asegurar su efectividad); por otro lado, para la dosis de fosfatos se basa en que, en una formulación convencional de jamón de pierna de cerdo, y bajo las cantidades permitidas según la Norma INEN 1338, se usan 3 gramos de fosfatos por kilogramo de carne. Con estas consideraciones, se tienen cinco tratamientos propuestos de la siguiente manera:

- **T1:** 100% de reducción. Muestra si la transglutaminasa puede sustituir completamente los fosfatos sin que esta afecte la calidad del jamón.
- **T2:** 67% de reducción. Mayor merma de los fosfatos con transglutaminasa evaluando si sus características deseadas se siguen manteniendo.
- **T3:** 33% de reducción. Disminución de 1 gramo de fosfatos con transglutaminasa en cantidades constantes.
- **T4:** 0% de reducción (control experimental). Base comparativa con transglutaminasa sin que exista disminución de fosfatos, permite evaluar si la TG aporta beneficios por sí mismo.
- **T5:** Testigo o control tradicional, formulación de jamón de pierna de cerdo convencional que permite comparar con los tratamientos que contienen TG.

Dichos tratamientos pueden verse expresados en cantidades por kilogramo de carne en la *Tabla 1*.

Tabla 1 *Cantidades de aditivos utilizados en la formulación de cada tratamiento.*

Tratamiento	TG (g)	Fosfatos (g)
T1	5	0
T2	5	1
T3	5	2
T4	5	3
T5	0	3

4.4.1 Elaboración del producto (embutido tipo jamón de pierna de cerdo)

Para la formulación general de los jamones, se siguió un estándar (*Tabla 2*) en el cual los aditivos y condimentos no variaban sus cantidades al momento de variar el número de tratamiento, cada uno con cantidades por kilogramo de carne utilizada:

Tabla 2 *Formulación general de aditivos y condimentos utilizados en todos los tratamientos.*

Condimento/Aditivo	Gramos x kg de carne
Condimento para jamón	5
Glutamato Monosódico	1
Eritorbato de Sodio	1
Sal Cura	2
Lactato de Sodio	20

Teniendo la formulación base, se procedió a preparar la materia prima (carne de pierna de cerdo) la cual debía encontrarse en el rango de pH ideal de trabajo de la TG: 5,8 a 6,2; esto con el objetivo de que la enzima desempeñe de forma correcta su función al momento de compactar los pedazos de carne.

Para medir el pH de la carne, se picaron 20 gramos en pequeños pedazos para colocarlos en 20 mililitros de agua destilada, esto, al agitar y dejar reposar por 5 minutos, nos proporcionaría una solución en donde el electrodo del pH-metro podría medir el mismo sin problema alguno. Al medir el pH de la carne, este se encontraba inicialmente en 6,4, un valor por encima del rango ideal, por lo que fue necesario que este sea ajustado dentro del rango: para esto, se

dejó salar en congelación por 24 horas a la carne en sal Cura utilizando 20 gramos por cada kilogramo de carne. Ya que el pH debía ser disminuido, se preparó además una solución de ácido láctico al 2% de la cual para determinar la cantidad a agregar sin que disminuyera demasiado el pH, se realizaron pruebas mediante un proceso de ensayo y error con 500 ml de agua potable de red la cual tenía un pH similar al de la carne (6,42) y se determinó que la cantidad necesaria era de 0,7 ml de la solución para disminuir el pH de forma correcta.

Teniendo la carne lista para la producción del jamón, se procedió a cortar (*Figura 11*) y moler la carne, 1 kilogramo de carne por cada uno de los tratamientos. Se pesaron los aditivos y condimentos; la transglutaminasa se adicionaría a la mezcla en forma de solución para la cual se pesaron 5 gramos de la enzima (*Figura 12*), posteriormente se disolvió con la ayuda de una batidora manual mecánica, en la velocidad más baja, en 250 mililitros de agua fría por 4 minutos (*Figura 13*).

Figura 11 Pesado de la carne, cortada en medianos pedazos, para posterior molienda y uso en cada tratamiento.



Figura 12 Dosificado de 5g de TG en 250ml de agua para preparación de disolución.



Figura 13 Disolución de la TG en agua mecánicamente.



Se integraron los condimentos, aditivos y la enzima de manera mecánica en el equipo de mezcladora industrial hasta obtener un pastón con la consistencia deseada, lo suficientemente pegajosa antes del formado (*Figura 14*). Una vez obtenida esta, se la colocó en la embutidora para insertarla en la envoltura previamente hidratada, se dejó reposar en refrigeración durante 24 horas. Es necesario que el jamón previo a la cocción sea embutido a presión, compactado en la envoltura y refrigerado por un día para permitir que la TG tenga un tiempo de acción suficiente en la carne ya moldeada.

Figura 14 Textura final deseada de la masa para posterior embutido.



Posterior al tiempo de reposo, se somete a escaldado en agua a una temperatura de 76°C por 1 hora 15 minutos cada tratamiento (*Figura 15*), hasta alcanzar una temperatura interna de 72°C. Seguido a ese tiempo, se lleva a un enfriamiento rápido en baño de agua fría por 15 minutos; finalmente, se almacenan en refrigeración para pruebas posteriores.

Figura 15 Cocción de dos de los tratamientos a 76°C.



Este proceso se repitió, bajo las mismas condiciones, para cada uno de los tratamientos, variando entre estos únicamente la cantidad de fosfatos tal cual como se menciona en el diseño experimental.

4.4.2 Análisis sensorial

Al obtener los cinco productos finales, se procedió con el análisis sensorial. Para este, se seleccionaron 50 evaluadores mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Este número fue considerado adecuado debido a que se encuentra dentro del rango comúnmente

utilizado en estudios sensoriales afectivos sobre productos alimenticios en general, incluyendo a los productos cárnicos. Además, este tamaño de muestra permite asegurar una sensibilidad estadística suficiente para la detección de diferencias significativas entre tratamientos mediante la aplicación de ANOVA, y su posterior análisis vía software (RStudio), aumentando la confiabilidad de los resultados. Este enfoque es especialmente útil en estudios exploratorios donde se comparan formulaciones con variaciones en aditivos funcionales.

Dicha evaluación fue llevada a cabo asegurándose de que la iluminación y el espacio sean los adecuados, sin interferencias de olores extremos (*Figura 16*).

Cada uno de los participantes del panel de degustadores (*Figura 17*), evaluaron las muestras de los tratamientos de jamón de pierna de cerdo correspondientes a las cinco formulaciones distintas, inicialmente sin conocer la composición específica de los dos aditivos estudiados en cada uno de los tratamientos, evitando así el sesgo o inclinación hacia un tratamiento en específico; además, con el fin de evitar la contaminación cruzada de sabores, se proporcionó a los evaluadores agua para que así pudieran limpiar y preparar nuevamente sus papilas gustativas entre cada muestra (*Figura 18*). Cada uno de ellos, mediante una ficha de evaluación sensorial proporcionada digitalmente, calificaron atributos organolépticos como color, olor, sabor, textura, apariencia y aceptación general, mediante una escala hedónica de 5 puntos (1 siendo la calificación más baja y 5 la más alta, ajustando sus denominaciones dependiendo del atributo).

Figura 16 Preparación de los tratamientos para degustación.



Figura 17 Degustación y calificación por parte del panel en encuesta virtual.



Figura 18 Degustación y calificación de distinto grupo de evaluadores.



4.4.3 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos, se siguió con su tabulación de forma organizada en una tabla de Excel para poder ser posteriormente analizados estadísticamente en el software de RStudio, esto mediante un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%, con el objetivo de determinar si es que existían diferencias significativas entre los cinco tratamientos de jamón de pierna de cerdo evaluados. El análisis fue codificado a que sea aplicado individualmente a cada uno de los atributos organolépticos mencionados; en los casos en donde se identificaron diferencias significativas, se procedió a aplicar la prueba post hoc de Tukey HSD con la finalidad de poder comparar las medias entre los tratamientos y sus atributos, y así

establecer cuáles de ellos presentaban diferencias significativas entre sí que nos indicaría el efecto de la enzima y fosfatos en sus características.

4.4.4 Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico, se preparó el jamón de pierna de cerdo determinado como tratamiento óptimo con la cantidad de los aditivos problema correspondientes al mismo. Posteriormente, se enviaron cuatro muestras de 100 g (requerimientos del laboratorio) al laboratorio certificado de análisis de aguas, alimentos y suelos *MSV Laboratorios* en Cuenca, Ecuador, quienes serían los responsables de realizar la evaluación de los parámetros microbiológicos, analizados conforme a los métodos establecidos en la Norma Técnica INEN 1338:2016, que son:

- Recuento de aerobios mesófilos
- Presencia de *E. coli*
- Recuento de *Staphylococcus aureus*
- Presencia de *Salmonella spp* (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016).

Los resultados proporcionados por el laboratorio presentaron un informe en donde fueron comparados con dichos parámetros con los límites máximos establecidos en la norma correspondiente.

4.4.5 Análisis bromatológico

Para la estimación del perfil nutricional del jamón de pierna formulado óptimo, se utilizó un simulador en Excel basado en el número de FEDER (Factores de Equivalencia Derivados del Etiquetado de Referencia). Dicha herramienta permite calcular el contenido estimado de macronutrientes como proteína, grasa, carbohidratos, además de energía y otros parámetros bromatológicos, a partir de las cantidades y tipos de ingredientes empleados en la formulación.

Dicho número, establece la capacidad que tienen las proteínas miofibrilares de la carne para retener agua; y, sabiendo que la proteína cárnica tiene una capacidad de retención de 3,58 veces su peso, se puede establecer la relación expresada en la *Ecuación. 1*:

$$\text{Humedad en la carne} = 3,58 \times P \quad (\text{Ecuación. 1})$$

Considerando que la composición de la carne es:

Proteína: %P

Grasa: %G

Humedad: %H

Minerales: 1% (valor constante)

Y teniendo en cuenta que su sumatoria equivaldría al 100%, se expresa como se puede ver en la *Ecuación. 2*.

$$100 = \%P + \%G + \%H + 1\% \quad (\text{Ecuación. 2})$$

Reemplazando la relación de H inicialmente establecida:

$$\begin{aligned}100 &= \%P + \%G + 3,58P + 1\% \\99 &= 4,58P + \%G \\P &= \frac{99 - \%G}{4,58} \quad \text{(Ecuación. 3)}\end{aligned}$$

La aplicación de la *Ecuación 3* en la creación del simulador mencionado permitirá la obtención de datos que se consideraron como una aproximación teórica.

4.4.6 Ficha de estabilidad

Las muestras enviadas al laboratorio sirvieron también para realizar el análisis de estabilidad del producto. La ficha de estabilidad incluye la evaluación de parámetros microbiológicos durante un periodo de observación de 30 días.

La finalidad de este es estimar la vida útil del producto, asegurando de que cumpla con las condiciones de calidad y seguridad requeridas.

4.4.7 Análisis de costos

Se estimará, a partir de los insumos utilizados, el valor final por kilogramo de jamón obtenido, además del costo que supondría una presentación de un empaque de 200 gramos con 8 rebanadas (presentación de venta común en el mercado); incluyendo materia prima, aditivos, condimentos, envolturas y empaque para el producto/tratamiento seleccionado como óptimo. Además para su comparación, se estimarán de igual manera los costos de la formulación convencional, bajo las mismas condiciones mencionadas. Esta permitirá evaluar si la inclusión de TG representa un aumento en los mismos, y si fuera viable para su comercialización, sin incluir costos indirectos como mano de obra o servicios básicos.

5 Resultados y Discusión

En este apartado se presentan y analizan los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo experimental del presente estudio. Se incluyen datos provenientes del análisis sensorial (así como su interpretación estadística correspondiente), del análisis bromatológico, microbiológico y de ficha de estabilidad. Los resultados se discuten en función de su relevancia técnica, comparación con la Norma NTE INEN 1338:2016 y literatura científica, además de su contribución a la determinación del tratamiento óptimo en la formulación de jamón de pierna de cerdo.

5.1 Resultados del análisis físico macroscópico

Aplicando la metodología protocolo, se obtuvo un jamón de textura indeseable: posterior a la cocción, se observó una pérdida significativa de agua dentro de la envoltura, lo que indica que existió una baja capacidad de retención de humedad. Esta humedad exuberante es atribuida al exceso de transglutaminasa con el que se trabajó inicialmente: un mayor

contenido de la enzima no necesariamente implica una mejor funcionalidad, de hecho, concentraciones elevadas de la transglutaminasa pueden provocar una estructura demasiado compacta lo que limita el espacio para que se retenga el agua dentro de la red proteica.

Esto tiene concordancia con lo que se reporta en la literatura, se señala que una sobredosis de la enzima hace que disminuya la resistencia a la gelificación, rotura y deformación de los productos, lo que puede generar una textura excesivamente firme reduciendo la jugosidad de estos (Serdaroğlu & Turp , 2003). Es por esto que es necesario que exista un equilibrio en la dosis, de que esta sea adecuada dependerá la eficacia de la enzima, logrando una buena cohesión sin afectar negativamente la retención de agua y la aceptabilidad sensorial.

Además, este comportamiento también fue el resultado de un procesamiento mecánico incorrecto, su secuencia y condiciones del proceso: al aplicar inicialmente un proceso de ablandamiento de carne, posteriormente la adición de la enzima transglutaminasa y luego trituración en cutter, hicieron que exista una degradación parcial de las proteínas miofibrilares ya activadas interrumpiendo la acción enzimática antes que esta alcanzara su efecto estructurante máximo; dando como resultado una textura menos firme y cohesiva.

Una vez establecidas las dosis equilibradas, para los cinco tratamientos realizados se obtuvieron productos de mayor calidad aparente. De aquellos se puede resaltar que el T1 (*Figura 19*), formulado únicamente con transglutaminasa sin la adición de fosfatos, presentó mayor liberación de exudado durante la cocción. Esto sugiere que, aunque la enzima contribuye a la formación de una red proteica, por si sola no es suficiente para garantizar una adecuada retención de agua; y aunque este exudado no fue excesiva en términos cuantitativos, la presencia de líquido libre en el producto final podría representar un riesgo potencial desde el punto de vista microbiológico al este actuar como un medio favorable para el crecimiento microbiano, especialmente si se queda atrapado en el empaque, comprometiendo la inocuidad y acortando la vida útil del jamón. Además, la presencia de líquido libre en el empaque podría significar una desviación de los requisitos específicos que se indican en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1338:2016 en el literal 6.1.1 en donde se establece que los requisitos organolépticos deben ser característicos y estables durante la vida útil del producto.

Por lo tanto, mediante la literatura y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1338:2016, se evidencia que es necesaria una formulación equilibrada que combine tanto la enzima funcional como aditivos, ambos permitidos, para cumplir con los requisitos de calidad e inocuidad especialmente en cuanto a estabilidad del producto se refiere.

Por otro lado, el T4 (*Figura 22*) que contenía en su formulación 100% de TG y 100% de la dosis habitual de fosfatos, en este se observó que presentaba una textura significativamente

más firme que el resto de los tratamientos, tanto al corte como en la percepción sensorial. Si bien esta combinación favoreció al producto con una alta cohesión y compactación, la firmeza que se obtuvo superó los niveles aceptables que un jamón de consumo habitual supondría. Este resultado sugiere que el uso combinado de ambos aditivos en sus concentraciones máximas (dentro de lo permitido y establecido) puede provocar una red proteica excesivamente densa, dificultando así su masticación; aspecto que podría ser interpretado como poco natural o a su vez un tanto artificial, afectando la aceptabilidad del consumidor. Lo que esto evidencia es que el uso simultáneo de estos dos aditivos funcionales debe ser dosificado de forma equilibrada, ya que su sinergia, si bien mejora su capacidad de retención de agua y cohesión, puede perjudicar las propiedades sensoriales; reforzando así la necesidad de formular productos que puedan poseer un equilibrio funcional sin que este sacrifique la palatabilidad en función a la eficiencia tecnológica.

Figura 19 Tratamiento 1 (100% sustitución).



Figura 20 Tratamiento 2 (67% sustitución).



Figura 21 Tratamiento 3 (33% sustitución).

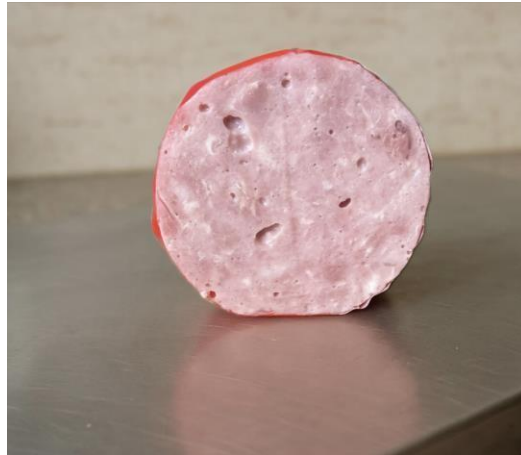


Figura 22 Tratamiento 4 (0% sustitución).



Figura 23 Tratamiento 5 (control).



5.2 Resultados del análisis sensorial

Este análisis fue llevado a cabo con el objetivo de evaluar la aceptabilidad de los distintos tratamientos de jamón de pierna de cerdo en función a sus características organolépticas, con un enfoque mayoritario en la textura debido a las funciones tecnológicas que poseen la transglutaminasa y los fosfatos sobre las proteínas miofibrilares de la carne utilizada como materia prima.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de una encuesta virtual en *Google Forms* (*Anexo C*) con la escala hedónica de calificación de características organolépticas, fueron recopilados y organizados en Microsoft Excel para posteriormente elaborar gráficos de barras (*Figura 24, 25, 26, 27 y 28*); aquí, las calificaciones proporcionadas por los catadores revelaron la existencia de diferencias perceptibles en el parámetro de textura entre los tratamientos: distinguiendo así al Tratamiento 2 (T2) (*Figura 25*) con calificaciones en los valores más altos de la escala hedónica (4 y 5: buena y excelente respectivamente), indicando con esto una mayor aceptación por parte del panel en cuanto a la firmeza al momento de la masticación, sin desviarse de una firmeza aceptable que se mantenga en concordancia a un embutido tipo jamón de pierna de cerdo normalmente consumido.

Figura 24 Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 1.

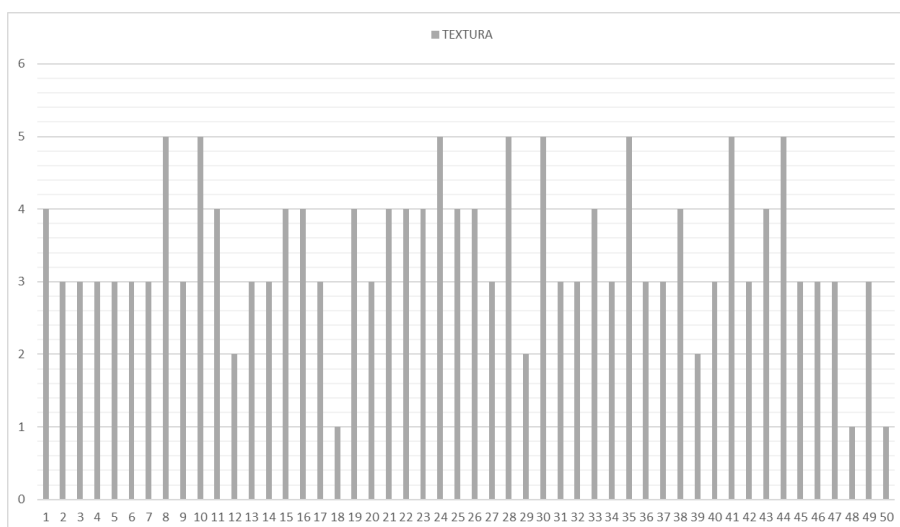


Figura 25 Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 2.

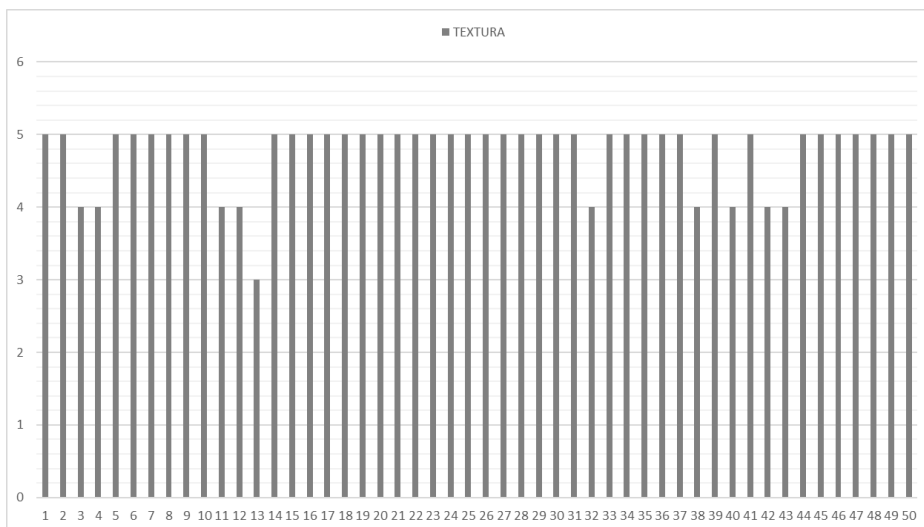


Figura 26 Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 3.

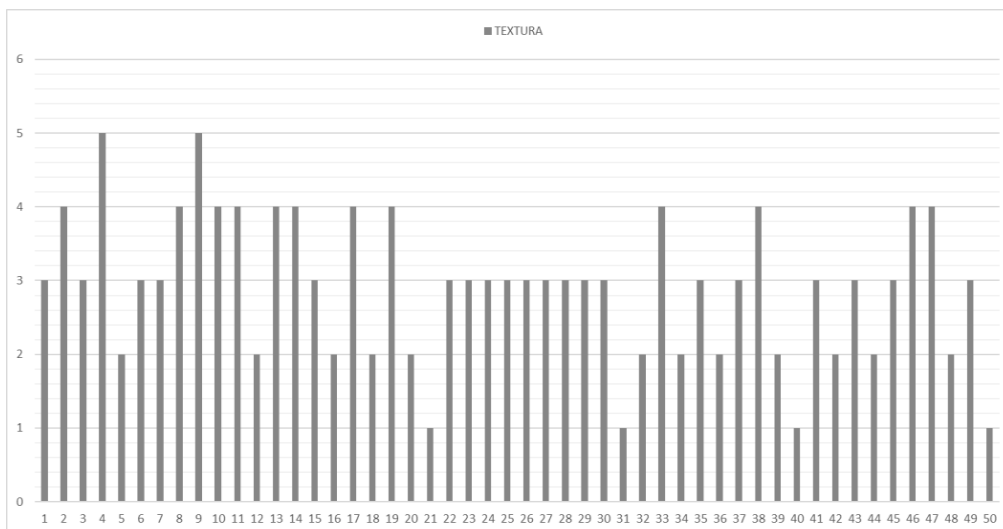


Figura 27 Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 4.

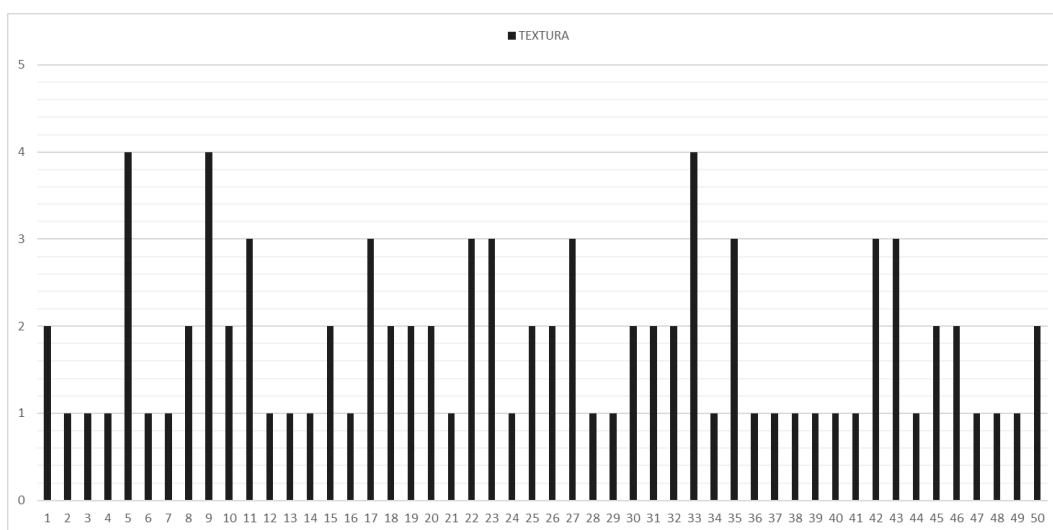
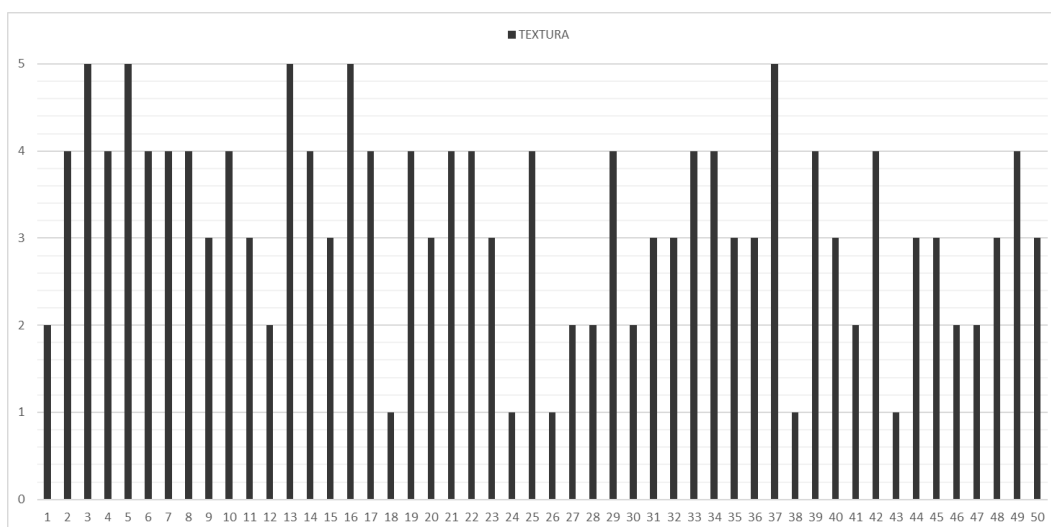


Figura 28 Resultados del análisis sensorial para textura del Tratamiento 5.

La participación de jueces no entrenados (debido a fines académicos) que consumen jamón de pierna de cerdo de forma habitual, fue de gran valor para este estudio ya que permitió la obtención de evaluaciones sensoriales desde el punto de vista de un consumidor real con referencias claras en cuanto a sabor, textura, color, olor y apariencia, facilitando la comparación directa con productos disponibles ya en el mercado; especialmente relevante al momento de estos poder identificar características consideradas como fuera de lo común como sería una textura excesivamente firme.

Si bien la representación gráfica mediante diagramas de barras permitió una visualización general de las tendencias en la aceptación sensorial de los tratamientos, esta herramienta no es lo suficiente para obtener resultados precisos de medias ni determinar diferencias significativas entre ellos. Por esta razón, fue necesario aplicar el análisis estadístico ANOVA el cual es más robusto y permitirá así comparar de forma más objetiva los resultados obtenidos.

5.3 Resultados del análisis estadístico ANOVA y selección del tratamiento óptimo

El análisis de varianza ANOVA aplicado en el software estadístico RStudio, al procesar los datos obtenidos del análisis sensorial, mostró que existieron únicamente diferencias significativas ($p < 0.05$) en el parámetro de textura y en el de aceptación general (*Tabla 3*), estos resultados son acertados y tienen concordancia a la función de los aditivos problema.

Tabla 3 Valores P obtenidos por cada parámetro mediante RStudio.

PARÁMETRO	P VALUE	SIGNIFICANCIA ($p < 0.05$)
APARIENCIA	0.386	NO
COLOR	0.778	NO
OLOR	0.706	NO
SABOR	0.115	NO
TEXTURA	<2E-16	SI
ACEPTACIÓN	<3.79E-05	SI

Además, para la selección del tratamiento óptimo, fue necesaria una prueba post hoc que pudiera mostrar entre los cinco tratamientos esta preferencia por parte del panel de degustadores; una vez señalados dichos parámetros como significativos (textura y aceptación general) (*Tabla 4*), al aplicar la prueba de Tukey se obtuvieron los datos que muestran la comparación de medias:

Tabla 4 Valores obtenidos de media para textura, por tratamiento

TRATAMIENTO	MEDIA
T1	3.40
T2	4.78
T3	2.92
T4	1.80
T5	3.20

Tabla 5 Valores obtenidos de media para aceptación general, por tratamiento.

TRATAMIENTO	MEDIA
T1	4.02
T2	4.30
T3	3.66
T4	3.74
T5	4.20

En la *Tabla 5*, se puede evidenciar de forma clara que el tratamiento T2 (67% de reducción: 5g de transglutaminasa y 1g de fosfatos) presentó una mayor aceptación por las medias resultantes significativamente superiores en estas dos variables, en comparación al resto de

tratamientos, sugiriendo así que dicha concentración de transglutaminasa y fosfatos en este tratamiento fue la más eficaz, logrando un equilibrio funcional adecuado tanto en firmeza como en jugosidad; esto apoya y demuestra lo que la literatura rescata acerca de la acción catalizadora que tiene la enzima transglutaminasa sobre la estructura del embutido.

Tabla 6 *Resultados obtenidos mediante prueba de Tukey para textura.*

TRATAMIENTO	diff	lwr	upr	p adj
T2-T1	1.38	0.8636031	1.89639686	0.0000000
T3-T1	-0.48	-0.9963969	0.03639686	0.0822857
T4-T1	-1.60	-2.1163969	-1.0836314	0.0000000
T5-T1	-0.20	-0.7163969	0.31639686	0.8245759
T3-T2	-1.86	-2.3763969	-1.34360314	0.0000000
T4-T2	-2.98	-3.4963969	-2.46360314	0.0000000
T5-T2	-1.58	-2.0963969	-1.06360314	0.0000000
T4-T3	-1.12	-1.06360314	-0.60360314	0.0000000
T5-T3	0.28	-0.2363969	0.79639686	0.5698854
T5-T4	1.40	0.8836031	1.91639686	0.0000000

Analizando más a detalle los resultados de Tukey en cuanto a textura (*Tabla 6*), se muestra que el tratamiento T2 presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) frente a los tratamientos T1, T3, T4 y T5, evidenciando que su textura fue percibida como diferente y, presumiblemente, superior. Esto resulta siendo coherente en demostrar que las proporciones intermedias permitieron una correcta sinergia entre ambos aditivos, lo que favoreció la formación de una red proteica cohesiva pero no excesivamente rígida, asegurando una buena retención de agua y una aceptabilidad sensorial de masticación alta.

En cambio, para el T4 que contenía 100% transglutaminasa y fosfatos, mostró diferencias significativas frente a todos los demás tratamientos, pero, con diferencias negativas importantes. Esto indica que su textura fue percibida como la de menor calidad, sugiriendo que la sinergia entre los dos aditivos no fue equilibrada ni medida adecuadamente, lo que a su vez pudo haber provocado una estructura excesivamente densa y compacta en el jamón, reduciendo su jugosidad y afectando negativamente su percepción sensorial. Además, demostraría esto que, aunque ambos aditivos pueden mejorar la textura tanto individualmente como en conjunto (pero en concentraciones bajas y equilibradas), una combinación desproporcionada puede resultar contraproducente.

Tabla 7 Resultados obtenidos mediante prueba de Tukey para aceptación general.

TRATAMIENTO	diff	lwr	upr	p adj
T2-T1	0.28	-0.13891746	0.69891746	0.3548002
T3-T1	-0.36	-0.77891746	0.05891746	0.1295087
T4-T1	-0.28	-0.69891746	0.13891746	0.3548002
T5-T1	0.18	-0.23891746	0.59891746	0.7623654
T3-T2	-0.64	-1.05891746	-0.22108254	0.0003603
T4-T2	-0.56	-0.97891746	-0.14108254	0.0026963
T5-T2	-0.10	-0.51891746	0.31891746	0.9653861
T4-T3	0.08	-0.33891746	0.49891746	0.9847722
T5-T3	0.54	0.12108254	0.95891746	0.0042918
T5-T4	0.46	0.04108254	0.87891746	0.0233590

Por otro lado, como se puede observar en la *Tabla 7*, la prueba post hoc de Tukey para aceptación general, muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) entre T2 y los tratamientos T3 ($p = 0.0004$) y T4 ($p = 0.0027$), lo que indica que el T2 fue percibido significativamente como mejor en términos globales por los panelistas; generando este una combinación sensorial más aceptable, manteniendo equilibrio entre firmeza, jugosidad y apariencia sin efectos negativos de una estructura muy compacta o seca.

Asimismo, se identificaron diferencias significativas entre T5 y T3 ($p = 0.0043$), y entre T5 y T4 ($p = 0.0234$). Esto podría sugerir que el tratamiento T5, a pesar de tratarse de una formulación tradicional, fue sensorialmente percibido como aceptable, lo cual podría deberse a que existe una familiaridad del consumidor con este tipo de productos, con una combinación sensorial más convencional, en comparación con la rigidez posiblemente generada por concentraciones combinadas de fosfatos y transglutaminasa en dosis altas.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre T1 y los demás tratamientos ($p > 0.05$), lo cual indica que su nivel de aceptación es comparable con los demás, sin destacar significativamente. Esto podría ser atribuido a que, si bien la transglutaminasa mejora la cohesión proteica, por si sola, no altera de manera notable las características organolépticas.

En conjunto, los resultados apuntan a que la combinación excesiva de aditivos no siempre resulta en un mejor producto sensorialmente aceptado. Por el contrario, su uso moderado, como en T2, puede optimizar la percepción del consumidor, logrando una textura adecuada sin comprometer el resto de los atributos sensoriales.

5.4 Resultados del análisis microbiológico

Tabla 8 Resultados microbiológicos proporcionados por el laboratorio certificado MSV Lab. Cuenca.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÍN	MÁX	CONFORMIDAD
Aerobios mesófilos	UFC/g	4.5x10 ²	5.0 x 10 ³	1.0 x 10 ⁴	CUMPLE
E. coli	UFC/g	<10	<10	-	CUMPLE
Staphylococcus aureus	UFC/g	2.0x10 ¹	1.0 x 10 ³	1.0 x 10 ⁴	CUMPLE
Salmonella	PRESENCIA/ AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	-	CUMPLE

Los análisis microbiológicos correspondientes al tratamiento seleccionado como óptimo T2 (Tabla 8), realizados por el laboratorio certificado MSV Lab Cia. Ltda (Anexo A), conforme a los protocolos técnicos establecidos, comparados con los límites estipulados en la Norma INEN NTE 1338:2016 que regula los requisitos microbiológicos para productos cárnicos cocidos, demostraron que:

- Para **Aerobios mesófilos**, se reportó un recuento de 4. 5x10² UFC/g, valor que se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido, 1.0 x 10⁴ UFC/g (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016). Rios (2014) indica que este tipo de microorganismos reflejan la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación que se tuvieron al momento de su preparación y las condiciones sanitarias de la materia prima utilizada; un recuento elevado de estos podría significar que hay una contaminación excesiva de los insumos, una manipulación inadecuada durante el proceso productivo, o la presencia potencial de patógenos. Indicando así que el jamón elaborado tuvo un buen control de higiene durante su procesamiento y una baja carga microbiana general del producto.
- Para **E. coli**, se obtuvo un valor <10 UFC/g, lo cual cumple con la norma que exige la ausencia o valores inferiores a 10 UFC/g (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016). Esta es la especie mayoritariamente indicativa de la existencia de una contaminación fecal, sus valores poseen un valor acreditado como indicadores de inocuidad por razones como: su presencia en número relativamente grande en desechos y su supervivencia en agua por un tiempo algo mayor que los patógenos

intestinales (Rios, 2014). Así, se tiene que sus bajos valores en el jamón confirman la inocuidad microbiológica del producto.

- En cuanto a ***Staphylococcus aureus***, se detectaron 2.0×10^1 UFC/g, valor muy por debajo de los límites permisibles establecidos de 1.0×10^3 a 1.0×10^4 UFC/g (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016). Como mencionan Jordá et al. (2012), *S. aureus* es el agente causal más común de intoxicaciones alimentarias, y su presencia suele estar vinculada a la contaminación generada por los manipuladores de alimentos, el incumplimiento de las buenas prácticas de manufactura o el uso de materias primas contaminadas.; las toxinas que estos producen son muy resistentes al calor. Por lo tanto, los resultados obtenidos son indicativos de buenas prácticas de manipulación tanto de materia prima, en producción y post-cocción.
- Finalmente, el recuento de ***Salmonella*** confirmó su ausencia en el producto, cumpliendo con lo estipulado por la norma que requiere ausencia total de este microorganismo (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016). Esta ausencia requerida puede deberse a que estos microorganismos son patógenos del aparato digestivo de mamíferos tanto domésticos como silvestres, aves, insectos, reptiles, como portadores asintomáticos; sin embargo, este produce en humanos enfermedades de origen alimentario por la ingesta de alimentos contaminados con el patógeno, teniendo en cuenta que la fuente de contaminación de este, ambientalmente, es infaliblemente la materia fecal (Armendáriz Toral & Barreiro Zambrano, 2013).

En conjunto, los resultados demuestran el cumplimiento por parte del tratamiento óptimo de los requisitos microbiológicos establecidos, garantizando un producto inocuo, seguro y apto para el consumo humano. Esto, a su vez, respalda la viabilidad de la formulación desarrollada, desde el punto de vista higiénico-sanitario.

5.5 Resultados del análisis bromatológico

En cuanto a los resultados del análisis bromatológico realizado en base al número de FEDER (Tabla 9), para el contenido de proteína total, se obtuvo un estimado de 16,24%, superando el requisito mínimo de la Norma INEN 1338:2016 para jamón de pierna cocido, para productos clasificados como Tipo I que exige un valor mayor al 13%, lo cual indica una alta proporción de carne en la formulación y un perfil nutricional adecuado. Este resultado refleja la eficacia del uso de transglutaminasa como agente aglutinante, favoreciendo la retención de proteínas y mejorando la textura del producto obtenido.

Tabla 9 Valores totales obtenidos mediante análisis bromatológico certificado (Número de FEDER).

% TOTAL	16,24
PROTEÍNA	
% TOTAL GRASA	4,8
% TOTAL HUMEDAD	76
% TOTAL ALMIDÓN	0

En cuanto a contenido de grasa, estos indicaron un valor de grasa total del 4,8%, valor comúnmente aceptado para jamones cocidos de tipo magro. Si bien la Norma INEN 1338:2016 no establece un límite máximo específico para este parámetro (como se muestra en la *Tabla 10*), si exige que el producto presente características fisicoquímicas propias de un jamón de calidad, lo cual incluye una proporción equilibrada de grasa.

Tabla 10 Requisitos bromatológicos para jamones cocidos.

Requisito	Tipo I	Tipo I	Tipo II	Tipo II	Tipo III	Tipo III	Método de ensayo
	Mín.	Máy.	Mín.	Máy.	Mín.	Máy.	
Proteína total (% N x 6,25)	13	-	12	-	11	-	NTE INEN 781
Proteína no cárnica (%)	-	2	-	3	-	4	Verificación por formulación del fabricante

Fuente: (Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2016).

Además, se obtuvo una humedad del 76%, valor dentro del rango técnico esperado para jamones cocidos de tipo magro. Aunque la Norma INEN 1338:2016 no especifique, de igual forma que el contenido de grasa, un límite máximo de humedad es necesario que se mantenga dentro de valores adecuados que puedan asegurar una textura firme, jugosa y sin exudado excesivo. De acuerdo con estudios técnicos y normas internacionales se indica que, por ejemplo, “en la Norma Dominicana NORDOM 322, para carnes y productos cárnicos, el jamón cocido, puede presentar contenidos de humedad entre 56 a 76 %” (Morocho, 2010).

En cuanto al contenido de almidón, la Norma establece que para este su requisito debe ser de ausencia para jamones cocidos de Tipo I, lo que se obtuvo como resultado en el análisis. Con estos resultados del análisis bromatológico, en conjunto, respaldan que el tratamiento óptimo T2 cumple con los estándares de calidad para un jamón cocido de Tipo I según la Norma INEN 1338:2016, siendo nutricionalmente adecuado y alineado con las exigencias del consumidor actual (*Figura 29, véase etiqueta completa en Anexo D*).

Figura 29 Información nutricional

Datos de Nutrición		
Tamaño de la porción		25 g
Porciones por envase		8
Energía (Calorías)		113,13 kJ (27040 cal)
		%Valor Diario
Grasa total	1,20 g	3,69 %
Grasa saturada		0 g
Grasas Trans		0 g
Colesterol	0 g	0%
Sodio	3656,41 mg	20%
Carbohidratos totales	0 g	0%
Fibra dietética		0 g
Azúcares		0 g
Proteínas	4,06 g	16,24%

*Porcentaje de valores diarios están basados en una dieta de 2000 cal (8386 kJ)

5.6 Resultados de la ficha de estabilidad

Tabla 11 Resultados microbiológicos para ficha de estabilidad, proporcionados por el laboratorio certificado MSV Lab. Cuenca.

PARÁMETRO	UNIDAD	CONTROL 1	CONTROL 2
		TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5%, HR 50 ±5% (2025-05-16)	TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5%, HR 50 ±5% (2025-06-19)
Aerobios mesófilos	UFC/g	4.5x10 ²	8.6 x 10 ⁵
E. coli	UFC/g	<10	<10
Staphylococcus aureus	UFC/g	2.0x10 ¹	3.6 x 10 ⁴
Salmonella	PRESENCIA/ AUSENCIA	AUSENCIA	Ausencia

Los resultados de la ficha de estabilidad del jamón de pierna de cerdo (Tabla 11, véase completo en Anexo B) con 5g de transglutaminasa y 1g de fosfatos (T2) evidencian que el producto mantiene condiciones microbiológicas aceptables hasta los 30 días bajo temperatura ambiente controlada (25 °C ±5 °C, HR 50 % ±5 %). La ausencia de *Salmonella* y *E. coli*, junto con niveles de *S. aureus* dentro del rango permitido, respaldan su inocuidad durante este periodo. Sin embargo, el aumento significativo de aerobios mesófilos y *S. aureus* al día 30 indica que, para garantizar la estabilidad y seguridad microbiológica del producto, es recomendable su conservación en refrigeración o a su vez limitar el tiempo de almacenamiento a menos de 30 días en condiciones ambientales.

Este incremento al día 30 puede atribuirse a varios factores. En primer lugar, al tratarse de un producto cárnico cocido y con humedad residual, es naturalmente susceptible al crecimiento microbiano si no se mantiene en refrigeración. Además, aunque el envase (funda de polietileno) y el sistema de cierre no fueron alterados, la permeabilidad al oxígeno o una manipulación mínima durante el muestreo podrían haber favorecido la proliferación de microorganismos aerobios. Por otro lado, la posible pérdida progresiva del efecto conservante de los aditivos con el tiempo por su degradación (en condiciones de almacenamiento inadecuadas, especialmente en ausencia de refrigeración), también podría haber contribuido

a la pérdida parcial de estabilidad microbiológica (García Díaz & López-Malo Vigil, 2003). Estos hallazgos refuerzan la importancia del almacenamiento en frío para extender la vida útil segura del producto.

5.7 Resultados del análisis de costos de formulación

Tabla 12 Costos de formulación para el tratamiento óptimo T2.

Ingrediente	Cantidad Utilizada	Precio por unidad (\$/peso)	Costo por 1 kg de jamón (\$)
Carne de pierna de cerdo	1 kg	8/kg	8
Transglutaminasa	5 g	39,95/kg	0,20
Fosfatos	1 g	7,19/1000 g	0,007
Condimentos y aditivos	29 g	50,87/1000 g	0,17
TOTAL ESTIMADO/KG			\$8,37
TOTAL ESTIMADO POR EMPAQUE (8 unidades, 200 gramos peso neto)			\$1,67

Tabla 13 Costos de formulación para el tratamiento control T5 con formulación convencional.

Ingrediente	Cantidad Utilizada	Precio por unidad (\$/peso)	Costo por 1 kg de jamón (\$)
Carne de pierna de cerdo	1 kg	8/kg	8
Fosfatos	3 g	7,19/1000 g	0,022
Condimentos y aditivos	29 g	50,87/1000 g	0,17
TOTAL ESTIMADO/KG			\$8,19
TOTAL ESTIMADO POR EMPAQUE (8 unidades, 200 gramos peso neto)			\$1,64

El análisis de costos por kilogramo de jamón de pierna de cerdo producido, formulado con el tratamiento óptimo (*Tabla 12*), indica un costo total estimado de \$8,37 USD. Este valor incluye los ingredientes principales utilizados. Este resultado demuestra que se puede considerar a la inclusión de la TG como económicamente viable dentro de la formulación, considerando además los beneficios funcionales que aporta a la textura del producto.

Por otro lado, al comparar el costo estimado de producción por empaque (conformado por 8 unidades de 200 g de contenido neto) de la formulación desarrollada con transglutaminasa (\$1.67) frente al precio de venta de una formulación convencional (*Tabla 13*) distribuida en condiciones similares de \$1.64, se observa que la diferencia no es significativa. Esto sugiere que la inclusión de la enzima no representa un incremento considerable en los costos directos de formulación. Si bien este análisis no contempla los costos asociados a mano de obra, servicios básicos, o maquinaria, los resultados permiten estimar preliminarmente en base a la formulación desarrollada que esta podría ser económicamente viable para su comercialización, manteniéndose dentro de un rango competitivo de precios.

6 Conclusiones

- Se logró formular y desarrollar un jamón de pierna de cerdo utilizando transglutaminasa y reduciendo parcialmente los fosfatos, cumpliendo con los requisitos que se establecen en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1338:2016. El desarrollo tecnológico consideró parámetros estándar del proceso de embutido, y los ingredientes fueron seleccionados por su funcionalidad y compatibilidad con la matriz cárnica.
- A través del análisis sensorial realizado con un panel de 50 evaluadores, se obtuvo evidencia estadística, mediante ANOVA y prueba post hoc de Tukey, de que el tratamiento T2 (67% de reducción: 5g de transglutaminasa y 1g de fosfatos por kg de carne) presentó diferencias significativas en atributos como textura y aceptación general (atributos que se considerarían de mayor importancia debido a la función tecnológica de los aditivos problema), incluso superando a formulaciones convencionales al momento de realizar esta comparación con los demás tratamientos analizados en donde se incluía el tratamiento control (T5) el cual correspondía a dicha formulación convencional. Esto demuestra que la transglutaminasa puede actuar como un sustituto eficaz, manteniendo o incluso mejorando la calidad sensorial del producto.
- La simulación de los parámetros bromatológicos del tratamiento óptimo permitió estimar una humedad del 76%, un contenido de grasa del 4,8% y un porcentaje de proteína total de 16,24%. Estos valores cumplen con los requisitos establecidos para productos de Tipo

1 según la Norma INEN 1338, lo que evidencia la calidad nutricional y tecnológica del jamón desarrollado.

- El tratamiento seleccionado como óptimo cumplió con los requisitos microbiológicos exigidos por la INEN 1338, presentando recuentos muy por debajo de los límites establecidos para mesófilos, *E. coli* y *Staphylococcus aureus*, y resultando en ausencia para *Salmonella spp.* Esto confirma que el producto es microbiológicamente seguro para el consumo humano y que la adición de transglutaminasa para la reducción parcial de fosfatos no generó ningún efecto adverso sobre estos parámetros evaluados, manteniendo la inocuidad del jamón de pierna de cerdo desarrollado.
- La ficha de estabilidad del tratamiento óptimo, desarrollada bajo condiciones controladas de temperatura ambiente y humedad relativa, simulando escenarios de almacenamiento sin cadena de frío, evidenció la ausencia de *Salmonella spp.* y *E. coli*; los conteos de *Staphylococcus aureus* y aerobios mesófilos se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la NTE INEN 1338, garantizando la seguridad microbiológica del producto.
- Aunque se observó un incremento en las unidades formadoras de colonias al día 30, este se mantuvo dentro del rango permitido, lo que respalda la inocuidad del producto durante dicho periodo en las condiciones establecidas. Estos resultados, junto con la adecuada formulación, el uso de aditivos seguros, y la aplicación de buenas prácticas de manufactura, evidencian que el jamón elaborado presenta una estabilidad aceptable sin refrigeración por al menos 30 días. Sin embargo, se sugiere conservar en refrigeración o limitar el almacenamiento si no se garantiza un ambiente controlado, ya que el aumento microbiano podría comprometer la estabilidad más allá del periodo evaluado.
- El análisis de costos evidenció que el jamón formulado con transglutaminasa y con reducción parcial de fosfatos presenta un costo estimado de \$8,37 por kilogramo. Este precio, a su vez se traduce a un precio estimado por empaque (común en distribución minorista) de 200g con 8 unidades por \$1,67. Al compararlo con una formulación convencional distribuida en condiciones similares, con un precio minorista de \$1,64 por empaque, se observa que la diferencia es mínima. Esto indica que la inclusión de la enzima no genera un incremento relevante en el gasto directo, y que la nueva formulación T2 se mantiene dentro de un rango competitivo. Se evidencia así una posible rentabilidad del producto, destacando además el valor funcional añadido por el uso de transglutaminasa.

7 Recomendaciones

- Trabajar con materias primas que se encuentren bajo condiciones de calidad en parámetros como temperatura, pH, madurez de la carne, etc, adecuadas al producto a desarrollar.
- Mantener protocolos estrictos de limpieza y desinfección de equipos, herramientas y utensilios utilizados durante el procesamiento del jamón, especialmente aquellos que se encuentran en contacto directo con la carne y aditivos; garantizando así su completa inocuidad.
- Realizar pruebas piloto a mayor escala para validar la formulación óptima en condiciones de producción más cercanas a lo industrial.
- Implementar estrategias de comunicación e información al consumidor sobre el uso de los aditivos en general, fosfatos y transglutaminasa, en donde se destaquen sus funciones y seguridad con el fin de fomentar la aceptación del producto.
- Para futuras investigaciones, incluir en el análisis económico los costos indirectos de producción para obtener una estimación más completa.

8 Referencias

- Alarcón, E. H. (2005). EVALUACIÓN SENSORIAL. Bogotá, D.C, Colombia: Universidad Nacional Abierta y Adistancia UNAD. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53534739/767925145.4902Evaluacion_sensorial.PDF?1738363908=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEVALUACION_SENSORIAL.pdf&Expires=1749426044&Signature=W~Vaqa0G3eFJoB8ZmYcpS2toq8HoZ1gthJrnKM6BhuQH02GpLadlg
- ALIMENTARIOS S.A. (2014). Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias Comisión del Codex Alimentarius. Obtenido de <http://files.eacce.org.ma/pj/1399441390.pdf>
- Armendáriz Toral, I. F., & Barreiro Zambrano, P. E. (2013). Detección de Salmonella spp. Mediante PCR en Muestras de Embutidos, Cereales y Superficies Inertes. Guayaquil, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21709/1/TESIS%20PCR%20AN-PIERINA.pdf>
- Borja, M. (22 de Abril de 2021). 20 minutos. Obtenido de SALUD: <https://www.20minutos.es/noticia/4663369/0/que-son-los-fosfatos-donde-se-encuentran-y-por-que-debemos-evitarlos/>
- C. Ibañez, F., Torre, P., & Irigoyen, A. (2003). Aditivos Alimentarios. *Universidad Pública de Navarra*, 1-8. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34481720/aditivos_1-libre.pdf?1408438698=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DADITIVOS_ALIMENTARIOS.pdf&Expires=1743799798&Signature=GxiexV7p4WvzrjcvodqNEWyQ6VIAHZTwW-VjoVdcxAqB9ObHCnoL-qiCmUjZDaOgMF4Pc
- del Moral, S., Ramírez-Coutiño, L., & García Gómez, M. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3),

87-102.

Obtenido

de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40709921/del_Moral_2015_aspectos_relevantes_de_enzimas-libre.pdf?1449680790=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAspectos_relevantes_del_uso_de_enzimas_e.pdf&Expires=1743800134&Signature=C6340b2H5qgjOFyJ

Dorado, M. E. (2023). *Acondicionamiento de la carne para su comercialización*. IC Editorial.
Gómez, A. N. (junio de 2017). GENERALIDADES DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS (EMBUTIDOS). Saltillo, Coahuila, México: UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO

NARRO.

Obtenido

de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42187/K%2064737%20adriana%20nohemy%20torres%20g%c3%a0mez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García Díaz, G., & López-Malo Vigil, A. (2003). Estudio de la cinética de degradación de algunos aditivos alimentarios. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*(342), 89-92.

Hebbel, H. S. (1984). Carne y productos cárnicos: su tecnología y análisis. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121407/schmidth05.pdf>

Humberto, F. B. (9 de Abril de 2015). Manual de elaboración de embutidos. Unversidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9685>

Ibañez Moya, F. C., & Barcina Angulo, Y. (2001). Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones. En F. C. Ibañez Moya, & Y. Barcina Angulo, *Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones*. Barcelona, España: Springer-Verlag Ibérica.
Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wiSulMouZ-UC&oi=fnd&pg=PA1&dq=an%C3%A1lisis+sensorial+de+alimentos&ots=h4oAYXFXX1&sig=8lt5YwZsg3CX6cixG05J0-hp5V4#v=onepage&q&f=true>

Jordá, G. B., Marucci, R. S., Guida, A. M., Pires, P. S., & Manfredi, E. A. (2012). Portación y caracterización de *Staphylococcus aureus* en manipuladores de alimentos. *Revista*

Argentina de Microbiología, 101-104. Obtenido de
https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412012000200009&script=sci_arttext

Jozami Barreiro, F., & Seselovsky, R. (junio de 2003). Usos de la transglutaminasa en la industria alimentaria. Elaboración de carne reconstituida. *Redalyc*, 6(10), 157-164. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/877/87761011.pdf>

Mazuecos, L. (24 de julio de 2019). *El Español*. Obtenido de El Español: https://www.elespanol.com/ciencia/nutricion/20190724/fosfatos-polemico-aditivo-carne-alerta-ue/414709689_0.html

Mendoza, K. L. (2018). El uso de la enzima transglutaminasa en productos cárnicos (Tesis de pregrado). Quito, Ecuador: Universidad de las Américas. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9767>

Mora, L. (febrero de 2010). Determinación de compuestos bioquímicos para el control de calidad en la elaboración de jamón cocido y jamón curado. Universitat Politècnica de València. Obtenido de <https://digital.csic.es/handle/10261/24019>

Morocho, H. H. (2010). CALIDAD NUTRITIVA, MICROBIOLÓGICA Y ORGANOLÉPTICA DEL JAMÓN DE ESPALDA CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE CARRAGENINA. Riobamba, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/4a2caa9f-f896-4b42-8f63-a2a6423c7dc5/content>

Narvaez, V. P. (2022). REQUISITOS TECNOLÓGICOS PARA LA ELABORACIÓN DE JAMÓN COCIDO MEDIANTE NTE INEN 1338:2012. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18615>

Rios, B. I. (2014). "NIVELES DE CONTAMINACION BACTERIANA FRENTE A Escherichia coli, COLIFORMES TOTALES Y AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES EN ALIMENTO BALANCEADO PARA POLLOS DE ENGORDE EXPENDIDO EN LOS CENTROS DE

- VENTA FERIA DEL ALTIPLANO, FÁTIMA AREQUIPA 2013. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/20.500.12920/4363/1/68.0701.VZ.pdf>
- Rojas, A. T. (2003). Guía de Procesos para la Elaboración de Productos Cárnicos. En A. T. Rojas, *Guía de Procesos para la Elaboración de Productos Cárnicos* (pág. 16). Bogotá, Colombia: Convenio Andrés Bello. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IJ2wRhSdzi8C&oi=fnd&pg=PA7&dq=aditivos+en+productos+c%C3%A1rnicos&ots=-HEe8B1on8&sig=5G-fVaPhhlj6G4hNxMSPS9U4-lo#v=onepage&q&f=true>
- Schmidt-Hebbel, H. (1990). Aditivos alimentarios y la reglamentación de los alimentos. Santiago, Chile: Editorial Universitaria. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56752163/Aditivos_alimentarios-libre.pdf?1528415790=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAditivos_alimentarios_y_la_reglamentacio.pdf&Expires=1743799036&Signature=atRRCEDEjW8pLrnK6y0sHvO0Zd~dZdYd1H609GvX
- Serdaroğlu, M., & Turp , G. (2003). THE USAGE OF TRANSGLUTAMINASE IN FOOD PROCESSING. *The Journal of Food*, 28(2).
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2016). *NTE INEN 1338: Carne y productos cárnicos. Productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos. Requisitos*. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Dirección de Investigación. (2014). *Análisis Sensorial. 1*. (M. Á. Domínguez, Ed.) Puebla, México: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Obtenido de https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf
- Venegas Fornias, O., & Valladares Diaz, C. (1999). Clasificación de los Productos Cárnicos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 13(1), 63-67. Obtenido de [https://doi.org/10.25200/revista.cubana.de.alimentacion.y.nutricion.v13n1.p63-67](#)

[https://www.researchgate.net/profile/Octavio-](https://www.researchgate.net/profile/Octavio-Venegas/publication/237517413_CLASIFICACION_DE_LOS_PRODUCTOS_CRNICOS/links/5c744f2c299bf1268d25a1b4/CLASIFICACION-DE-LOS-PRODUCTOS-CRNICOS.pdf)

[Venegas/publication/237517413_CLASIFICACION_DE_LOS_PRODUCTOS_CRNICO](https://www.researchgate.net/profile/Octavio-Venegas/publication/237517413_CLASIFICACION_DE_LOS_PRODUCTOS_CRNICOS/links/5c744f2c299bf1268d25a1b4/CLASIFICACION-DE-LOS-PRODUCTOS-CRNICOS.pdf)

[S/links/5c744f2c299bf1268d25a1b4/CLASIFICACION-DE-LOS-PRODUCTOS-](https://www.researchgate.net/profile/Octavio-Venegas/publication/237517413_CLASIFICACION_DE_LOS_PRODUCTOS_CRNICOS/links/5c744f2c299bf1268d25a1b4/CLASIFICACION-DE-LOS-PRODUCTOS-CRNICOS.pdf)

[CRNICOS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Octavio-Venegas/publication/237517413_CLASIFICACION_DE_LOS_PRODUCTOS_CRNICOS/links/5c744f2c299bf1268d25a1b4/CLASIFICACION-DE-LOS-PRODUCTOS-CRNICOS.pdf)

9 Anexos

Anexo A. Resultados del análisis microbiológico



Acreditación N° SAE LEN 16-018
LABORATORIO DE ENSAYOS

Informe: MSV-IE-1018-25
Orden de ingreso: OI-460-25
Cuenca, 19 de Mayo del 2025

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: DOMENICA AVILÉS ABADIE
Dirección: UNIVERSIDAD DE CUENCA
Teléfono: 0998715212

DATOS DE LA MUESTRA

1 NOMBRE DE LA MUESTRA: JAMÓN DE PIERNA DE CERDO CON ENZIMA TRANSGLUTAMINASA			
2 MARCA COMERCIAL: N/A		3 FABRICANTE: DOMÉNICA AVILÉS	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	4 TIPO DE ENVASE: FUNDA POLIETILENO	
5 PRESENTACIONES: 1000 g	6 FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI46025	7 LOTE: 0001	8 FECHA ELAB: 2025-05-06	9 FECHA CAD: 2025-06-05
FECHA RECEPCION: 2025-05-07	FECHA ANALISIS: 2025-05-07 - 2025-05-16	FECHA ENTREGA: 2025-05-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)	CONFORMIDAD	NORMA NTE INEN 1338-2016	
						min	Max
AEROBIOS MESOFILOS	BAM CAP 03 / PEMSVM01 - RECUENTO EN PLACA	UFC/g	4.5x10 ²	±12.7%	CUMPLE	5.0x10 ⁵	1.0x10 ⁷
E COLI	NTE INEN-ISO 16649-2:2014-01 / PEMSVM18 - RECUENTO EN PLACA	UFC/g	<10	±20.4%	CUMPLE	0.0x10 ⁰	1.0x10 ¹
S AUREUS	AOAC 081001 / PEMSVM16 - COMPACT DRY	UFC/g	2.0x10 ¹	±10.3%	CUMPLE	1.0x10 ³	1.0x10 ⁴
*SALMONELLA	BAM CAP 5 - RECUENTO EN PLACA	PRESENCIA/ AUSENCIA	AUSENCIA	---	CUMPLE	AUSENCIA	

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez sólo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: **CUMPLE**: El valor medido está dentro del límite de aceptación, **NO CUMPLE**: El valor medido está fuera del límite de aceptación, **NO APLICA**: No se tiene requisito de comparación; no se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. MSV está comprometido con la imparcialidad y confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema).

Anexo B. Resultados del análisis ficha de estabilidad



Acreditación N° SAE LEN 16-018
LABORATORIO DE ENSAYOS

Informe: MSV-IE-1177-25
Orden de ingreso: OI-460-25
Cuenca, 12 de Junio del 2025

FICHA DE ESTABILIDAD

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: DOMENICA AVILÉS ABADIE
Dirección: UNIVERSIDAD DE CUENCA
Teléfono: 0998715212

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: JAMÓN DE PIERNA DE CERDO CON ENZIMA TRANSGLUTAMINASA			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: DOMÉNICA AVILÉS	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA POLIETILENO	
*PRESENTACIONES: 1000 g	*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI46025	*LOTE: 0001	*FECHA ELAB: 2025-05-06	*FECHA CAD: 2025-06-05
FECHA RECEPCION: 2025-05-07	FECHA ANALISIS: 2025-05-07 - 2025-06-09	FECHA ENTREGA: 2025-06-12	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PÁRAMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	Control 1	Control 2
			TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%
			(2025-05-16)	(2025-06-09)
AEROBIOS MESOFILOS	BAM CAP 03 / PEMSVM01 - RECUENTO EN PLACA	UFC/g	4.5x10 ²	8.6x10 ⁵
E COLI	NTE INEN-ISO 16649-2:2014-01 / PEMSVM18 - RECUENTO EN PLACA	UFC/g	<10	<10
S AUREUS	AOAC 081001 / PEMSVM16 - COMPACT DRY	UFC/g	2.0x10 ¹	3.6x10 ⁴
*SALMONELLA	BAM CAP 5 - RECUENTO EN PLACA	PRESENCIA/AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Observaciones: CONCLUSION: El producto JAMÓN DE PIERNA DE CERDO CON ENZIMA TRANSGLUTAMINASA mantiene la calidad microbiológica aceptable bajo condiciones controladas de refrigeración, por lo tanto, el tiempo verificado es de 30 días, mantenido en su envase original ENVASE: FUNDA POLIETILENO, e inalterable su sistema de cierre

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez sólo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •CUMPLE: El valor medido está dentro del límite de aceptación, •NO CUMPLE: El valor medido está fuera del límite de aceptación, •NO APLICA: No se tiene requisito de comparación; no se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. MSV está comprometido con la imparcialidad y confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema).

Anexo C. Formato de encuesta de degustación para el panel.

Uso de la transglutaminasa (TG) en la formulación de jamón de pierna de cerdo como reemplazo parcial de los fosfatos

La siguiente encuesta forma parte de un análisis sensorial necesario para evaluar la cantidad óptima de los aditivos de estudio. Por favor degusta cada muestra en el orden indicado y evalúa cada atributo marcando la puntuación correspondiente según la escala proporcionada.

Agradezco su colaboración.

** Indica que la pregunta es obligatoria*

Tratamiento 1

1. Apariencia (color, uniformidad, atractivo visual) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy mala
2. Mala
3. Regular
4. Buena
5. Excelente

2. Color (natural, atractivo, sin tonos extraños) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Aceptable
4. Agradable
5. Muy agradable

3. Olor (frescura, intensidad, presencia de aromas extraños) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy desagradable
- 2. Desagradable
- 3. Neutro
- 4. Agradable
- 5. Muy agradable

4. Textura (firmeza, jugosidad, suavidad en boca) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy mala
- 2. Mala
- 3. Regular
- 4. Buena
- 5. Excelente

5. Sabor (intensidad, presencia de sabores extraños) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy desagradable
- 2. Desagradable
- 3. Aceptable
- 4. Agradable
- 5. Muy agradable

6. Aceptación general *

Marca solo un óvalo.

- 1. Me desagrada mucho
- 2. Me desagrada
- 3. Neutro
- 4. Me gusta
- 5. Me gusta mucho

Tratamiento 2

7. Apariencia (color, uniformidad, atractivo visual) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy mala
2. Mala
3. Regular
4. Buena
5. Excelente

8. Color (natural, atractivo, sin tonos extraños) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Aceptable
4. Agradable
5. Muy agradable

9. Olor (frescura, intensidad, presencia de aromas extraños) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Neutro
4. Agradable
5. Muy agradable

10. Textura (firmeza, jugosidad, suavidad en boca) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy mala
2. Mala
3. Regular
4. Buena
5. Excelente

11. Sabor (intensidad, presencia de sabores extraños) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy desagradable
- 2. Desagradable
- 3. Aceptable
- 4. Agradable
- 5. Muy agradable

12. Aceptación general *

Marca solo un óvalo.

- 1. Me desagrada mucho
- 2. Me desagrada
- 3. Neutro
- 4. Me agrada
- 5. Me agrada mucho

Tratamiento 3

13. Apariencia (color, uniformidad, atractivo visual) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy mala
- 2. Mala
- 3. Regular
- 4. Buena
- 5. Excelente

14. Color (natural, atractivo, sin tonos extraños) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy desagradable
- 2. Desagradable
- 3. Aceptable
- 4. Agradable
- 5. Muy agradable

15. Olor (frescura, intensidad, presencia de aromas extraños) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Neutro
4. Agradable
5. Muy agradable

16. Textura (firmeza, jugosidad, suavidad en boca) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy mala
2. Mala
3. Regular
4. Buena
5. Excelente

17. Sabor (intensidad, presencia de sabores extraños) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Aceptable
4. Agradable
5. Muy agradable

18. Aceptación general *

Marca solo un óvalo.

1. Me desagrada mucho
2. Me desagrada
3. Neutro
4. Me agrada
5. Me agrada mucho

Tratamiento 4

19. Apariencia (color, uniformidad, atractivo visual) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy mala
2. Mala
3. Regular
4. Buena
5. Excelente

20. Color (natural, atractivo, sin tonos extraños) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Aceptable
4. Agradable
5. Muy agradable

21. Olor (frescura, intensidad, presencia de aromas extraños) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Neutro
4. Agradable
5. Muy agradable

22. Textura (firmeza, jugosidad, suavidad en boca) *

Marca solo un óvalo.

1. Muy mala
2. Mala
3. Regular
4. Buena
5. Excelente

27. Olor (frescura, intensidad, presencia de aromas extraños) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy desagradable
- 2. Desagradable
- 3. Neutro
- 4. Agradable
- 5. Muy agradable

28. Textura (firmeza, jugosidad, suavidad en boca) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy mala
- 2. Mala
- 3. Regular
- 4. Buena
- 5. Excelente

29. Sabor (intensidad, presencia de sabores extraños) *

Marca solo un óvalo.

- 1. Muy desagradable
- 2. Desagradable
- 3. Aceptable
- 4. Agradable
- 5. Muy agradable

30. Aceptación general *


Marca solo un óvalo.

- 1. Me desagrada mucho
- 2. Me desagrada
- 3. Neutro
- 4. Me agrada
- 5. Me agrada mucho


Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Anexo D. Etiqueta jamón de pierna de cerdo para el tratamiento óptimo T2.



JAMÓN DE PIERNA Tipo I



Peso neto
200 g
(8 unidades)

**Formulado con enzima
transglutaminasa y
menor contenido de
fosfatos**

ALTO en SAL

MEDIO en GRASA

no contiene AZÚCAR

Lote:

Fecha de elaboración:

Fecha de vencimiento:

PRODUCTO ELABORADO BAJO NORMA INEN 1338

Datos de Nutrición

Tamaño de la porción 25 g

		%Valor Diario
Porciones por envase	8	
Energía (Calorías)	113,13 kJ (27040 cal)	
Grasa total 1,20 g	3,69 %	
Grasa saturada 0 g		
Grasas Trans 0 g		
Colesterol 0 g	0%	
Sodio 3656,41 mg	20%	
Carbohidratos totales 0 g	0%	
Fibra dietética 0 g	0%	
Azúcares 0 g	0%	
Proteínas 4,06 g	16,24%	

*Porcentaje de valores diarios están basados en una dieta de 2000 cal (8386 kJ)

Ingredientes: Carne de cerdo, agua, transglutaminasa (enzima alimentaria), emulsionante (tripolifosfato de sodio), conservante (lactato de sodio), antioxidante (eritorbato de sodio), acentuador de sabor (glutamato monosódico), condimentos.

Código BPM: 003-BPM-AN-03

Procesado y distribuido por: Embutidos NutriBind CIA LTDA.

Dirección: Lorenzo Piedra 123, Cuenca-Ecuador.

Telf: (593) 980123456

Alimento precocido, listo para su consumo.
Consérvese en refrigeración.