

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**PRUEBAS DE INCORPORACIÓN DE LA ENZIMA
TRANSGLUTAMINASA (PROBIND MB 1.0) EN LA
FORMULACIÓN DE CARNE ESTRUCTURADA DE RES
PARA HAMBURGUESA COMO COADYUVANTE DE
ELABORACIÓN**

PRESENTADO POR:

ADRIANA ROCÍO ALVARENGA ARIAS

KARLA MARCELA SIBRIÁN ORELLANA

TATIANA ALEJANDRA TORRES PALACIOS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIA GENERAL :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE
ALIMENTOS**

DIRECTORA :

INGA. SARA ELISABETH ORELLANA CLAROS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Título :

**PRUEBAS DE INCORPORACIÓN DE LA ENZIMA
TRANSGLUTAMINASA (PROBIND MB 1.0) EN LA
FORMULACIÓN DE CARNE ESTRUCTURADA DE RES
PARA HAMBURGUESA COMO COADYUVANTE DE
ELABORACIÓN**

Presentado por :

**ADRIANA ROCÍO ALVARENGA ARIAS
KARLA MARCELA SIBRIÁN ORELLANA
TATIANA ALEJANDRA TORRES PALACIOS**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesora :

LICDA. ANA ISABEL PEREIRA DE RUÍZ

SAN SALVADOR, DICIEMBRE 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesora :

LICDA. ANA ISABEL PEREIRA DE RUÍZ

RESUMEN

En la presente investigación se realizan pruebas de incorporación de la enzima Transglutaminasa (PROBIND MB 1.0) en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa como coadyuvante de elaboración.

La investigación se divide en tres capítulos, siendo estos una parte teórica como fundamento para las fases experimentales, que se subdividen en desarrollo y análisis del producto final, respectivamente. Durante el desarrollo experimental se caracteriza de manera fisicoquímica y químico proximal la carne molida de res especial y súper especial y a nivel funcional los demás ingredientes utilizados como materia prima, se presentan las distintas formulaciones elaboradas en donde estas se evalúan de manera organoléptica y en parámetros fisicoquímicos (pH, A_w , CRA) para la determinación de la concentración necesaria de enzima, siendo esta de 0.90%, se estandariza el proceso de producción de la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa y se analiza su aceptación en un panel sensorial a través de una prueba hedónica y una prueba de preferencia pareada.

El análisis del producto final se lleva a cabo a través de los análisis microbiológicos, químico proximales y fisicoquímicos; además se establece el empaque primario (bolsa de polietileno de baja densidad) y secundario (caja de cartón plastificado) con su respectivo etiquetado general y nutricional. En la vida de anaquel se toman en cuenta investigaciones bibliográficas, evaluación estadística de los parámetros cinéticos, software predictivo; determinándose experimentalmente por análisis de parámetros de calidad en laboratorio obteniendo así 2 meses de vida útil.

AGRADECIMIENTOS POR: Adriana Rocío Alvarenga Arias

Quiero agradecer de todo corazón a Dios, por siempre haber bendecido sobre gran manera a mi mami y por haber cuidado siempre de mí en todo este proceso.

A mi familia, mis hermanos, Rau y Jack; Waldo, Mati, mi abuela, Cosmito y mi Lolita; que siempre estuvieron de la mano conmigo apoyándome en cada aspecto de este largo viaje universitario. Mil gracias.

Mami, siempre has sido un gran ejemplo para mí, una gran mujer que con su sensatez e inteligencia ha logrado todo lo que se propone y muchas cosas más, me has apoyado en cada paso incluso cuando fallé. Este logro no es solo mío, es nuestro. Gracias por permitirme estudiar, crecer y aprender como persona y como mujer en todos los aspectos de la vida. Espero lograr esto y muchas cosas más a tu lado y que soñemos juntas como siempre lo hacemos.

A ti, que en el momento más difícil cuando quise renunciar a todo me impulsaste y fuiste esa persona que caminó de la mano conmigo para encontrar el camino que me hizo llegar hasta aquí. Nunca podré agradecerte todo lo que hiciste por mí. Gracias Tite.

Doy gracias a la vida por haber puesto en mi camino amistades que marcaron de una u otra forma el día a día en la U, memorias que quedarán para siempre en mi mente y mi corazón.

Gracias a la vida y a la tierra por dejarme llegar hasta aquí y cumplir un sueño.

“La oportunidad y capacidad de poder cumplir los sueños no debe estar condicionada por tu género.”

AGRADECIMIENTOS POR: Karla Marcela Sibrián Orellana.

Primeramente, agradezco a Dios, por darme la oportunidad de estudiar y terminar mi carrera universitaria, ya que él abrió el mar para que yo caminara, por darme las herramientas necesarias para lograr mis sueños sin importar cualquier adversidad; igualmente a mi madre Sandra Orellana, por su apoyo incondicional durante todos mis estudios, me enseñó y me formó de la mejor manera para que alcanzara cada logro que he obtenido académicamente; mi hermana Katya Orellana, por siempre estar ahí cuando más lo necesité y buscar la forma de ayudarme, por creer en mí y apoyarme en cada etapa de mi vida. Definitivamente la familia es el tesoro más grande y más valioso que todos tenemos.

Agradezco a la Lcda. Isabel de Ruíz, por su papel tan importante de asesor en el trabajo de investigación; Lcda. Vilma Calderón, por su aporte tecnológico en el desarrollo experimental; mis amigos, que juntos alcanzamos la meta de ser ingenieros de la Universidad de El Salvador, que sin duda el apoyo de cada uno de ellos fue un pilar indispensable para terminar la carrera universitaria, y sus amistades las llevo en mi corazón. De igual manera agradezco a todas las personas que de una forma u otra aportaron para que culminara mis estudios.

“El caballo se alista el día de la batalla; más Jehová es el que da la victoria.”

Proverbios 20:21

AGRADECIMIENTOS POR: Tatiana Alejandra Torres Palacios

Agradezco a Dios, por permitirme culminar una etapa más de mi vida, que a pesar de todas las dificultades durante el proceso nunca me dejó sola y me llenó de sabiduría. A mi Madre Celestial la Virgen María, por cuidarme con su Manto Sagrado y velar siempre por mí.

A mis queridos padres, por siempre estar a mi lado, soy lo que soy gracias a ustedes. Este logro no solo es mío sino también suyo. Todo el sacrificio que ustedes hicieron ha valido la pena, gracias por siempre confiar en mí y darme la fortaleza necesaria. A mi hermano, por sus consejos y toda su ayuda durante este proceso. Esto no hubiera sido posible si no fuera por ustedes tres, son mi pilar y espero algún día poder retribuirles

A mis tíos y primos, porque cada uno de ustedes pusieron un granito de arena a través de sus acciones y consejos. A mis dos Angelitos, que siempre estarán en mi corazón. Muchas gracias familia Palacios Pacas, no sé qué haría sin ustedes.

A mis amigos, gracias por todas sus palabras de anhelo y apoyo. Esta aventura no hubiera sido igual sin ustedes.

A cada una de esas personas que aportaron para el desarrollo de este trabajo, a la Lcda. Isabel de Ruíz por su asesoría en el trabajo de investigación y a la Lcda. Vilma Ruth Calderón por compartir su conocimiento, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
ALCANCES.....	5
LIMITACIONES.....	6
OBSERVACIONES.....	6
ANTECEDENTES.....	7
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	10
1.1 Carne de res.....	10
1.1.1 Generalidades de la industria cárnica en El Salvador.....	10
1.1.2 Tipos de corte de carne bovina en El Salvador.....	12
1.1.2.1 Carne molida de res y sus variedades.....	13
1.1.3 Tratamientos de conservación en la carne de res.....	13
1.1.3.1 Incrementos de la temperatura.....	14
1.1.3.2 Decrementos de la temperatura.....	15
1.1.4 Productos cárnicos.....	17
1.1.4.1 Carne estructurada.....	17
1.1.4.2 Formas de producción de carne estructurada.....	18
1.1.4.3 Carne para hamburguesa.....	20
1.1.4.4 Sustituto de carne. Proteína de soja.....	21
1.2 Enzima Transglutaminasa.....	23
1.2.1 Reacciones de formación en presencia de Transglutaminasa.....	24
1.2.1.1 Factores que influyen en la actividad enzimática de la Transglutaminasa... 24	24

1.2.2	Funciones tecnológicas de la Transglutaminasa.....	26
1.2.3	Usos en la industria alimentaria.....	26
1.2.4	Tipos de Transglutaminasas	29
1.2.5	Transglutaminasa PROBIND MB 1.0.....	29
1.2.5.1	Funcionalidad específica de PROBIND MB 1.0.....	30
1.2.5.2	Proceso de obtención para PROBIND MB 1.0.	30
1.3	Propiedades fisicoquímicas de la carne	31
1.3.1	Humedad.....	31
1.3.2	pH	31
1.3.3	Capacidad de Retención de Agua.....	33
1.3.4	Actividad de agua.	34
1.3.5	Ácido láctico.....	34
1.4	Análisis químico proximal de la carne (análisis bromatológicos).....	35
1.4.1	Contenido de humedad y materia seca.	36
1.4.2	Cenizas	36
1.4.3	Proteínas	37
1.4.4	Grasas y lípidos totales.	38
1.5	Análisis sensorial.....	39
1.5.1	Percepción de sensaciones.....	39
1.5.2	Parámetros sensoriales.....	39
1.6	Análisis microbiológico de carne molida.....	40
1.7	Estimación de vida de anaquel	42
1.7.1	Empaque.	43
1.7.1.1	Sistema de envasado.....	44
1.8	Etiquetado.....	45

1.8.1	Etiquetado general	45
1.8.2	Etiquetado nutricional.....	46
2.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	47
2.1	Caracterización de materia prima	47
2.1.1	Análisis químico proximal (análisis bromatológicos) de la carne de res.	49
2.1.2	Análisis fisicoquímicos de la carne de res.....	50
2.1.3.1	pH.....	51
2.1.3.2	Actividad de agua (A_w).	52
2.2	Desarrollo experimental de la formulación	53
2.2.1	Proceso base de elaboración experimental de carne estructurada de res para hamburguesa.....	53
2.2.2	Formulaciones experimentales preliminares.	54
2.2.2.1	Formulaciones experimentales A y B.	55
2.2.2.2	Formulaciones experimentales C y D.	62
2.3	Estandarización del proceso de producción.	69
2.3.1	Formulación final.	69
2.3.2	Proceso de elaboración estandarizado de carne estructurada de res para hamburguesa.	70
2.4	Análisis sensorial.....	73
2.4.1	Prueba Hedónica.....	75
2.4.1.1	Análisis de Varianza Simple, ANOVA.....	76
2.4.2	Prueba de preferencia pareada.	79
2.4.2.1	Análisis por distribución binominal.	80
2.4.2.2	Análisis por Chi cuadrado.	80
2.4.2.3	Análisis de preguntas adicionales.	82
3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83

3.1	Análisis de producto final.....	83
3.1.1	Análisis microbiológicos.....	83
3.1.2	Análisis químico proximal (análisis bromatológicos).....	84
3.1.3	Análisis fisicoquímicos.	85
3.1.3.1	Capacidad de Retención de Agua (CRA).....	86
3.1.3.2	pH.....	88
3.1.3.3	Actividad de agua (A_w).	89
3.2	Empaque.....	91
3.3	Estudio de vida de anaquel del producto.....	93
3.3.1	Generalidades.	93
3.3.2	Métodos de determinación de vida de anaquel.....	94
3.3.2.1	Fuentes bibliográficas.	94
3.3.2.2	Evaluación estadística de los parámetros cinéticos.....	96
3.3.2.3	Software de aplicación.	98
3.3.2.4	Parámetros de calidad para la Determinación de Vida de Anaquel	101
3.3.3	Determinación de vida de anaquel.....	106
3.4	Etiquetado.....	109
3.4.1	Etiquetado general del producto.....	109
3.4.2	Etiquetado nutricional del producto.	111
3.4.2.1	Procedimiento de cálculo.	111
3.5	Fichas técnicas.....	114
3.5.1	Ficha técnica de materia prima.....	114
3.5.2	Ficha técnica producto terminado.....	115
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES	119

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	129

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.1.	<i>Eslabones de la cadena de valor del mercado de la carne bovina en El Salvador</i>	11
Tabla 1.2.	<i>Ventajas y desventajas de la carne estructurada</i>	20
Tabla 1.3.	<i>Nivel de reacción de la Transglutaminasa en presencia de diferentes fuentes proteicas</i>	25
Tabla 1.4.	<i>Alimentos que se pueden preparar mediante el uso de Transglutaminasa</i>	27
Tabla 1.5.	<i>Transglutaminasas comerciales disponibles, sus ingredientes y aplicaciones</i>	29
Tabla 1.6.	<i>Criterios microbiológicos para carnes y productos cárnicos</i>	41
Tabla 2.1.	<i>Descripción de ingredientes involucrados en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa</i>	47
Tabla 2.2.	<i>Resultados de análisis químico proximal (bromatológicos) en base húmeda para carne molida de res</i>	49
Tabla 2.3.	<i>Resultados de lectura de pH para carne molida de res</i>	51
Tabla 2.4.	<i>Resultados de lectura de Actividad de Agua para carne molida de res</i>	52
Tabla 2.5.	<i>Formulaciones experimentales A y B. Proteína de soja seca</i>	56
Tabla 2.6.	<i>Hidratación de la proteína de soja texturizada. Formulaciones A y B</i>	57
Tabla 2.7.	<i>Formulaciones experimentales A y B. Proteína de soja hidratada</i>	57
Tabla 2.8.	<i>Resultados experimentales de formulaciones A y B de carne estructurada de res para hamburguesa</i>	59
Tabla 2.9	<i>Conclusiones de los resultados experimentales de formulaciones A y B de carne estructurada de res para hamburguesa</i>	61
Tabla 2.10.	<i>Formulaciones experimentales C y D. Proteína de soja seca</i>	62
Tabla 2.11.	<i>Disminución de tamaño de partícula de proteína de soja texturizada seca</i>	63

Tabla 2.12.	<i>Hidratación de la proteína de soja texturizada. Formulaciones C y D.....</i>	64
Tabla 2.13.	<i>Formulaciones experimentales C y D. Proteína de soja hidratada... ..</i>	65
Tabla 2.14.	<i>Comparación de métodos de cocción en carne estructurada para hamburguesa en formulaciones C y D.....</i>	66
Tabla 2.15.	<i>Resultados experimentales de formulaciones C y D de carne estructurada de res para hamburguesa.....</i>	67
Tabla 2.16	<i>Conclusiones de los resultados experimentales de formulaciones C y D de carne estructurada de res para hamburguesa.....</i>	68
Tabla 2.17	<i>Resumen de formulaciones experimentales preliminares (A, B, C y D) para la determinación de formulación final.....</i>	69
Tabla 2.18.	<i>Formulación final de carne estructurada de res para hamburguesa.....</i>	70
Tabla 2.19.	<i>Escala de calificación verbal de 5 puntos para prueba hedónica.....</i>	73
Tabla 2.20.	<i>Codificación de muestras presentadas en panel sensorial.....</i>	74
Tabla 2.21.	<i>Conteo de respuestas por panelista. Prueba hedónica.....</i>	75
Tabla 2.22.	<i>Promedios de puntaje por parámetro. Prueba hedónica.....</i>	76
Tabla 2.23.	<i>Cálculos estadísticos. Parámetro olor.....</i>	77
Tabla 2.24.	<i>Análisis de resultados ANOVA. Parámetro olor.....</i>	77
Tabla 2.25.	<i>Cálculos estadísticos. Parámetro apariencia.....</i>	77
Tabla 2.26.	<i>Análisis de resultados ANOVA. Parámetro apariencia.....</i>	77
Tabla 2.27.	<i>Cálculos estadísticos. Parámetro sabor.....</i>	78
Tabla 2.28.	<i>Análisis de resultados ANOVA. Parámetro sabor.....</i>	78
Tabla 2.29.	<i>Cálculos estadísticos. Parámetro textura.....</i>	78
Tabla 2.30.	<i>Análisis de resultados ANOVA. Parámetro textura.....</i>	78
Tabla 2.31.	<i>Análisis de diferencias significativas entre muestras.....</i>	79
Tabla 2.32.	<i>Resumen de los resultados de la prueba de preferencia pareada.....</i>	80
Tabla 2.33.	<i>Análisis de datos de prueba de preferencia pareada por chi cuadrado.....</i>	81
Tabla 2.34.	<i>Cuantificación de resultados pregunta N°3 herramienta de evaluación.....</i>	82

Tabla 3.1.	<i>Resultados de Análisis microbiológicos contra parámetros establecidos en el RTCA 67.04.50:17</i>	83
Tabla 3.2.	<i>Resultados de análisis químico proximal en base húmeda de la carne estructurada de res para hamburguesas</i>	84
Tabla 3.3.	<i>Resultados del peso del papel filtro antes y después de la aplicación de fuerza para la prueba de Capacidad de Retención de Agua</i>	86
Tabla 3.4.	<i>Resultados de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) obtenidos a través del porcentaje del jugo perdido</i>	87
Tabla 3.5.	<i>Resultados de pH en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa y carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa</i>	89
Tabla 3.6.	<i>Resultados de Actividad de Agua para muestras de carne de res para hamburguesa</i>	90
Tabla 3.7.	<i>Guía para almacenar alimentos en el congelador (a 0°F (-17.8 °C) o menos)</i>	95
Tabla 3.8.	<i>Vida práctica de almacenamiento en función de la temperatura para hamburguesas congeladas</i>	97
Tabla 3.9.	<i>Cálculo de la disminución de la vida de anaquel durante el almacenamiento</i>	97
Tabla 3.10.	<i>Determinación de ácido láctico en carne estructurada de res para hamburguesas</i>	99
Tabla 3.11.	<i>Parámetros requeridos para el uso de Food Spoilage and Safety Predictor</i>	99
Tabla 3.12.	<i>Resultados de análisis fisicoquímicos para 10 días de almacenamiento</i>	102
Tabla 3.13.	<i>Resultados de análisis fisicoquímicos para 46 días de almacenamiento</i>	102
Tabla 3.14.	<i>Resultados de análisis fisicoquímicos para 71 días de almacenamiento</i>	103
Tabla 3.15.	<i>Resumen de resultados de parámetros de calidad para la determinación de vida de anaquel</i>	103

Tabla 3.16.	<i>Resultados de la prueba de humedad para la carne estructurada de res para hamburguesa.....</i>	105
Tabla 3.17.	<i>Comparación de estimaciones de vida de anaquel en carne estructurada de res para hamburguesa.....</i>	106
Tabla 3.18.	<i>Resultados obtenidos del porcentaje de pérdida de CRA.....</i>	108
Tabla 3.19.	<i>Requisitos obligatorios para el etiquetado general de la carne estructurada de res para hamburguesas.....</i>	109
Tabla 3.20.	<i>Etiquetado general de la carne estructurada de res para hamburguesas.....</i>	110
Tabla 3.21.	<i>Ficha técnica: Carne molida de res súper especial.....</i>	114
Tabla 3.22.	<i>Ficha técnica: Carne estructurada de res para hamburguesa.....</i>	115

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1.</i>	Tabla de composición de los diferentes derivados de la soja.....	21
<i>Figura 1.2.</i>	Reacción de formación de enlaces covalentes entre glutamina y lisina en presencia de Transglutaminasa	24
<i>Figura 1.3.</i>	Proceso de producción para PROBIND MB 1.0.....	31
<i>Figura 2.1.</i>	Carne molida especial (izquierda) y carne molida súper especial (derecha).....	50
<i>Figura 2.2.</i>	Preparación de muestra de carne molida para prueba de pH.	51
<i>Figura 2.3.</i>	Medición de pH en carne molida de res.....	51
<i>Figura 2.4.</i>	Mediciones de Actividad de agua en carne molida de res.	52
<i>Figura 2.5.</i>	Proceso de hidratación de la proteína de soja texturizada para for- mulaciones.....	57
<i>Figura 2.6.</i>	Formulación A (izquierda) y formulación B (derecha) en estado crudo.....	58
<i>Figura 2.7.</i>	Proceso de freído para formulaciones A y B	59
<i>Figura 2.8.</i>	Problemas de adherencia entre proteína de soja texturizada y carne molida de res especial.....	61
<i>Figura 2.9.</i>	Prueba piloto de tamaño de partícula para proteína de soja textu- rizada. De izquierda a derecha: tamaño 1 y tamaño 2.....	64
<i>Figura 2.10.</i>	Formulaciones C y D en crudo. (C arriba, D abajo)	65
<i>Figura 2.11.</i>	Proceso de horneado para formulaciones C (izquierda) y D (de- recha).....	66
<i>Figura 2.12.</i>	Proceso de refrigeración por 24 horas entre 2°C a 5°C	72
<i>Figura 2.13.</i>	Cabina individual para panelistas utilizadas en panel sensorial.....	74

<i>Figura 2.14.</i>	Desarrollo de panel sensorial	75
<i>Figura 3.1.</i>	Carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa (izquierda) y carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa (derecha)	85
<i>Figura 3.2.</i>	Procedimiento experimental de la prueba Capacidad de Retención de Agua.	86
<i>Figura 3.3.</i>	Resultados de pH en carne de res estructurada para hamburguesa con enzima Transglutaminasa (izquierda) y carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa (derecha).....	88
<i>Figura 3.4.</i>	Mediciones de Actividad de Agua. Muestra de carne con enzima Transglutaminasa (izquierda) y carne sin enzima Transglutaminasa (derecha).....	90
<i>Figura 3.5.</i>	Empaque primario. Bolsas de polietileno de baja densidad.....	92
<i>Figura 3.6.</i>	Empaque secundario. Caja sólida de cartón plastificado resistente a la humedad	92
<i>Figura 3.7.</i>	Refrigeradora utilizada para congelación.....	94
<i>Figura 3.8.</i>	Proceso de determinación de ácido láctico en carne estructurada de res para hamburguesa	98
<i>Figura 3.9.</i>	Gráfico de estimación de vida de anaquel. Modelo de <i>Listeria Monocytogenes</i>	99
<i>Figura 3.10.</i>	Gráfico de estimación de vida de anaquel. Modelo BAL	100
<i>Figura 3.11.</i>	Muestras de 10, 46 y 71 días (de izquierda a derecha) de carne estructurada de res para hamburguesa para determinación de vida de anaquel.....	102
<i>Figura 3.12.</i>	Corte transversal de la carne estructurada de res para hamburguesa con almacenamiento de 10, 46 y 71 días (de izquierda a derecha)	102

<i>Figura 3.13.</i>	Medición experimental de pH (izquierda) y prueba de actividad de agua (derecha).	103
<i>Figura 3.14.</i>	Resultados de la prueba de humedad de la carne estructurada de res para hamburguesa con almacenamiento de 10, 46 y 71 días (de izquierda a derecha)	105
<i>Figura 3.15.</i>	Tabla nutricional de la carne estructurada de res para hamburguesa.....	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 2.1</i>	Proceso Preliminar de elaboración para carne estructurada.....	53
<i>Gráfico 2.2</i>	Flujograma de proceso estandarizado de la carne estructurada de res para hamburguesa.....	72
<i>Gráfico 3.1.</i>	Comportamiento de la Capacidad de Retención de Agua durante el almacenamiento.....	104
<i>Gráfico 3.2.</i>	Decremento de la Capacidad de Retención de Agua entre los días 46 y 71 de almacenamiento.....	107

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.	FICHA TÉCNICA DE ENZIMA TRANSGLUTAMINASA PROBIND MB 1.0.....	129
ANEXO B.	INGREDIENTES UTILIZADOS PARA LA FORMULACIÓN DE LA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBUR- GUESA.....	132
ANEXO C.	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (ANÁLISIS BROMATO- LÓGICOS) DE CARNE MOLIDA DE RES.....	134
ANEXO D.	MARCHAS DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS FISICO- QUÍMICOS.....	136
ANEXO E.	BALANCE DE AGUA PARA FORMULACIONES EXPERI- MENTALES.....	141
ANEXO F.	COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS TÉRMICOS HOR- NEADO Y FREÍDO PARA FORMULACIONES C Y D	145
ANEXO G.	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBUGUESA.....	147
ANEXO H	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL PROCESO ESTADARI- ZADO DE ELABORACIÓN PARA CARNE ESTRUCTU- RADA DE RES PARA HAMBURGUESA.....	149
ANEXO I.	HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DEL PANEL SENSO- RIAL.....	150
ANEXO J.	MÍNIMO NÚMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS PARA ESTABLECER SIGNIFICANCIA A DIFERENTES NIVELES DE PROBABILIDAD SEGÚN DISTRIBUCIÓN BINOMIAL.....	152
ANEXO K.	TABLA DE VALORES CRÍTICOS DE CHI CUADRADA BAJO LA PROBABILIDAD DE QUE $H_0 \geq$ x^2153

ANEXO L.	RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS PARA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA.....	154
ANEXO M.	RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS) PARA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA.....	155
ANEXO N.	CÁLCULO PARA LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).....	156
ANEXO Ñ.	TABLA DE ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS EN FRÍO.....	157
ANEXO O.	CÁLCULOS DE LA DISMINUCIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	158
ANEXO P.	CÁLCULOS DEL PORCENTAJE DE ÁCIDO LÁCTICO EN CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA (PARA DIA UNO).....	159
ANEXO Q.	CÁLCULO DE PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.....	160
ANEXO R.	ETIQUETADO GENERAL DEL PRODUCTO.....	161
ANEXO S.	CÁLCULOS PARA TABLA NUTRICIONAL.....	163

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias de alimentos muestran un interés en la creación de productos novedosos y creativos, que satisfagan las necesidades del consumidor y mejoren la efectividad de los procesos de producción estándar. La industria cárnica no queda exenta de esta tendencia, por lo que en el mercado cada vez están disponibles una amplia variedad de sub-productos, obtenidos ya sea de cortes de carne de alto valor o de mermas de los procesos industriales. Dichos productos son elaborados con nuevas tecnologías de conservación y producción que mejoran considerablemente el aspecto, inocuidad y calidad de los mismos; dentro de estos se encuentra la enzima Transglutaminasa.

La enzima Transglutaminasa tiene muchas aplicaciones potenciales en el procesamiento de alimentos, una de ellas es a través de la creación de carnes estructuradas. La Transglutaminasa es el principio activo del producto comercial llamado PROBIND MB 1.0. La funcionalidad de este preparado es de incrementar la textura, la Capacidad de Retención de Agua y la jugosidad de un producto. Es por lo que nace el interés de realizar pruebas de incorporación de la enzima Transglutaminasa (PROBIND MB 1.0) en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa como coadyuvante de elaboración, a partir de carne molida de res.

Inicialmente, se determinan las características de la materia prima a utilizar, dentro de las cuales se presentan análisis fisicoquímicos y químicos proximales para la carne molida de res. Se desarrollan distintas formulaciones, las cuales se comparan entre sí para la obtención de la formulación que mejor cumpla con los requisitos organolépticos y fisicoquímicos necesarios; estandarizando así los procedimientos y parámetros de proceso involucrados en su elaboración. La carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa es sometida a una evaluación de aceptabilidad a través de un panel sensorial. Con el fin de caracterizar y cuantificar todas las propiedades del producto final, este se analiza en aspectos microbiológicos, químicos proximales y fisicoquímicos; se establece el tipo de empaque primario y secundario con su respectivo etiquetado general y nutricional para la realización del estudio de vida de anaquel.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar pruebas de incorporación de la enzima Transglutaminasa como coadyuvante de elaboración en la formulación de carne estructurada para hamburguesa a partir de carne molida de res.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Elaborar una investigación bibliográfica sobre la enzima Transglutaminasa en sus diferentes variedades y su aporte como coadyuvante de elaboración en la industria cárnica.
- b. Determinar la formulación de la carne estructurada para hamburguesa con la incorporación de la enzima Transglutaminasa, asegurando la inocuidad y calidad del producto final al consumidor.
- c. Evaluar experimentalmente los parámetros fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos de la carne estructurada de res para hamburguesa obtenida a través del uso de la enzima Transglutaminasa.
- d. Evaluar mediante análisis químico proximal, el contenido de materia seca, cenizas, proteína, grasa y lípidos totales de la carne estructurada de res para hamburguesa formulada.
- e. Evaluar la aceptación de la carne estructurada de res para hamburguesa con la incorporación de la enzima Transglutaminasa a través de un análisis sensorial.
- f. Determinar la vida de anaquel de la carne estructurada de res para hamburguesa elaborada con la incorporación de la enzima Transglutaminasa.
- g. Elaborar fichas técnicas para la materia prima y producto final.
- h. Determinar el material de empaque a utilizar para el almacenamiento de la carne estructurada de res para hamburguesa elaborada con Transglutaminasa.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mercado de carne bovina, existen variedades de cortes y productos procesados que son comercializados a nivel nacional por distribuidores minoristas del canal moderno y tradicional. Entre los cortes de menor consumo se encuentran: carne molida, hueso de res, costilla alta, hígado y diversas clases de postas.

Por lo cual uno de los objetivos de procesar los alimentos es presentarle al consumidor varias alternativas para que tenga más acceso a productos alimenticios. Debido a que la carne molida es uno de los cortes de menor calidad que está hecha de las canales menos tiernas y de cortes menos populares, este se puede presentar como un producto cárnico fácil de preparar y llamativo al consumidor, tal es el caso de una torta de carne de res para hamburguesa.

Otro aspecto para tomar en cuenta de la carne molida res es que su exposición a bacterias dañinas es considerablemente mayor con respecto a otros cortes. Las bacterias se pueden multiplicar rápidamente en la "Zona de Peligro", las cuales se desarrollan a temperaturas entre los 4.44°C y los 60°C. Para mantener bajos los niveles de bacterias, se debe almacenar a temperaturas de congelación. Esto preserva la frescura y disminuye el crecimiento de bacterias. (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2013)

Es por lo que la formulación de tortas de carne de res para hamburguesa haciendo uso de técnicas innovadoras de estructuración, se plantean como una alternativa para reducir el riesgo al cual se expone el consumidor al adquirir presentaciones convencionales; ya que este tipo de productos asegura una mayor inocuidad y calidad al disminuir la manipulación de la carne molida dentro de la cadena de suministro.

Por lo cual, el uso de la enzima Transglutaminasa en la formulación de una carne estructurada de res para hamburguesa, cumplirá la función de agente aglutinante, como coadyuvante tecnológico, favoreciendo también el incremento de textura y jugosidad del producto.

JUSTIFICACIÓN

Uno de los grandes retos que afronta la industria alimentaria, sin importar su ubicación geográfica ni el sector en el que se encuentre, es de ser competitiva y de tener las condiciones necesarias para mantenerse en el mercado con altos estándares y sello diferencial.

La industria alimentaria está enfocada en ofrecer al consumidor productos cada vez más saludables, prácticos e innovadores y el sector cárnico es de los primeros en este aspecto. El consumo de productos cárnicos está influenciado por diferentes factores entre los que se incluyen: socioeconómicos, religiosos, hábitos de consumo, factores sensoriales, entre otros; pero son los factores relacionados con la variable innovación los que se han transformado en una tendencia unificadora de todos ellos. Plenamente consciente de que el consumidor busca productos cárnicos cada vez más fáciles de adquirir, manipular y consumir; la industria trabaja en diferentes tecnologías que permitan satisfacer esta necesidad, siempre llevando de la mano el cumplimiento de los requisitos de inocuidad y calidad.

Dentro de estas nuevas tecnologías se encuentra la enzima Transglutaminasa, que es una enzima con una alta capacidad de unión, gelificación, elasticidad y viscosidad; permitiendo la creación de nuevos productos y a su vez la mejora de los procesos de producción en la industria cárnica. Esta enzima se utiliza como coadyuvante en la producción de carnes estructuradas contribuyendo a la estabilidad de estas; convirtiéndose a su vez en una opción más saludable con respecto a los productos obtenidos mediante procesos convencionales debido a su capacidad de unir proteínas de diferente naturaleza.

Por tanto, el objetivo principal de esta investigación es formular una carne estructurada de res para hamburguesa a partir de carne molida de res haciendo uso de la enzima Transglutaminasa; para suplir la necesidad no solamente de los consumidores de adquirir un producto innovador y práctico, sino también de las industrias alimentarias que utilizan este tipo de carnes como materia prima para la fabricación de sus productos.

ALCANCES

- a. La investigación bibliográfica abarcará los conceptos relacionados con la bioquímica, variedades y formas de obtención de la enzima Transglutaminasa a través de medios escritos, electrónicos o investigaciones de campo.
- b. Mediante pruebas de laboratorio se estandarizará el proceso de formulación y elaboración para la carne estructurada de res para hamburguesa haciendo uso de Transglutaminasa, partiendo de la dosis establecida por el proveedor de PROBIND MB 1.0.
- c. Se evaluará organolépticamente la carne estructurada de res para hamburguesa elaborada con enzima Transglutaminasa.
- d. Se determinará a través de un panel sensorial la aceptación de la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa.
- e. Se realizarán análisis fisicoquímicos para caracterizar la carne estructurada de res para hamburguesa en los que se incluirán el peso, pH, Capacidad de Retención de Agua (CRA) y actividad de agua (A_w).
- f. Evaluar, a través de un análisis químico proximal, el contenido de materia seca, cenizas, proteína, grasa y lípidos totales de la carne estructurada de res para hamburguesa formulada.
- g. Se realizarán análisis microbiológicos aplicables según el RTCA 67.04.50:17 “*Alimentos. Criterios Microbiológicos para la inocuidad de Alimentos.*”
- h. Aplicar el método más adecuado para la determinación de la vida útil aproximada del producto en estudio.
- i. Se determinará mediante una investigación bibliográfica y experimental el empaque idóneo para el almacenamiento de la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa.
- j. Se utilizará como materia prima carne molida de res para la formulación de la carne estructurada de res para hamburguesa.

LIMITACIONES

- a. El trabajo de investigación se limitará específicamente al uso de la enzima Transglutaminasa en su forma comercial PROBIND MB 1.0.
- b. Se utilizará carne molida de res para la formulación de la torta de carne para hamburguesa.
- c. El estudio experimental se llevará a cabo a nivel de laboratorio.

OBSERVACIONES

- a. Para determinar la efectividad de la enzima Transglutaminasa se toma en cuenta la clasificación de carne molida de res comercializada a nivel nacional para los desarrollos experimentales, partiendo de la carne molida de res especial como materia prima y dependiendo de sus resultados, se sustituye por la siguiente categoría.

ANTECEDENTES

Los procesadores de alimentos constantemente tratan de crear productos exitosos al menor costo posible. El uso de ingredientes innovadores puede ser la clave para alcanzar dicho objetivo. Las tendencias actuales dentro de la industria cárnica muestran una demanda creciente de productos listos para el consumo de carne en porciones específicas, fáciles de cocinar.

Por lo tanto, existe la necesidad de la innovación en este tipo de tecnologías para incrementar el aprovechamiento y el valor de recortes de carne de calidad. El término “carne estructurada” se emplea cuando se hace referencia a cortes y/o recortes de carnes menos valiosas que son procesadas o propiamente estructuradas, con el propósito de obtener carnes más valiosas.

En el caso de los productos cárnicos estructurados, existe una alta demanda debido a su conveniencia y fácil utilización. Sin embargo, cuando el producto estructurado es crudo o precocido, éste debe ofrecerse en forma congelada por su inestabilidad, porque las partículas de carne no se mantienen unidas cuando están crudas.

Varias alternativas se han propuesto para mejorar la estabilidad de los productos estructurados crudos, como son el uso de caseinatos, harina de soya, sal, fosfatos, y alginatos; posterior a estos procedimientos, se aplica calor para formar una matriz de proteínas gelificadas. (Roca, 2007)

Últimamente, se ha propuesto la utilización de métodos biotecnológicos como es el caso de la utilización de enzimas como la Transglutaminasa para mejorar la estabilidad de los productos estructurados.

El estudio acerca de la enzima Transglutaminasa se da en el año 1980, con la extracción del hígado del conejo de indias y el plasma bovino, para la modificación de diferentes proteínas y ya en el año 1987 comienza el estudio de la posibilidad de la elaboración de la Transglutaminasa derivada de algunos microorganismos para tornar viable su comercialización (Benavides, 2018), además la enzima Transglutaminasa (*Streptomyces mobaraensis*) se encuentra

en el listado autorizado de sustancias utilizadas como coadyuvantes de elaboración de preparaciones enzimáticas por la Comisión del Codex Alimentarius. (Comisión del codex alimentarius, 2012) La Transglutaminasa fue determinada para ser reconocida generalmente como segura por la Administración de Medicamentos y Alimentos, con sus siglas en inglés FDA, en 1998. (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2013)

La cohesión entre las moléculas de proteínas producidas por la acción de la enzima permite mejorar las propiedades funcionales (textura, Capacidad de Retención de Agua, capacidad de formación de geles) de las mismas. (Márquez, y otros, 2006)

De forma natural la Transglutaminasa se encuentra en la mayoría de los tejidos de los seres vivos y está relacionada con varios procesos biológicos. Esta enzima cataliza la reacción de formación de enlaces covalentes entre los aminoácidos Lisina y Glutamina, los cuales forman parte de una gran variedad de proteínas con estructuras, composiciones y funciones diferentes. Su capacidad de enlazar la convierte en un ingrediente ampliamente utilizado en el sector de alimentos para mejorar las propiedades físicas y funcionales de un gran rango de productos, dentro de los que se incluye la industria cárnica. (BDF Ingredients , 2019)

Entre las investigaciones previas relacionadas al uso de la enzima Transglutaminasa en la industria cárnica se encuentran:

- a. Efecto de la concentración de Transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. (Márquez, y otros, 2006)

En donde se analiza el efecto de la incorporación de la enzima Transglutaminasa en distintas concentraciones sobre productos cárnicos reestructurados a base de carnes de ave y bovino; demostrando la eficiencia de la enzima a través de la estabilidad que presentó el producto al ser rebanado a temperatura de refrigeración.

- b. Efecto de la incorporación de Transglutaminasa e hidrocoloides en las propiedades físicas y sensoriales de hamburguesas de tilapia (*Oreochromis Aureus*) (Sisa Puma, 2015)

Se planteó evaluar la cantidad de Transglutaminasa a adicionar (0.0, 0.5 y 1.0%) en la formulación de la hamburguesa, para determinar su influencia en las propiedades físicas (rendimiento a la cocción, reducción del diámetro, retención de grasa y retención de humedad) y propiedades sensoriales (apariencia general, textura y sabor) de una hamburguesa de tilapia. Además se buscó determinar el tipo de hidrocoloide a utilizar (carragenina y alginato de sodio) así como la cantidad de los mismos que generen una influencia positiva en las propiedades de las hamburguesas de tilapia. Por último, se analizó la interacción entre el hidrocoloide y el polifosfato de sodio, evaluándose al igual que en todos los experimentos, las propiedades físicas y sensoriales de las hamburguesas de tilapia.

- c. Desarrollo de un producto reestructurado a partir de Carne de Res de bajo valor comercial. (Roca, 2007)

Este trabajo consistió en desarrollar carne reestructurada, como un método de transformación de carne de bajo valor comercial a productos de mayor valor agregado. En esta investigación se definió la reestructuración como una serie de procesos de manufactura para crear un producto similar a un músculo íntegro.

Consistió básicamente en remover la mayor cantidad de tejido conectivo y grasa de la carne, suavizarla y reconstituirla a través de la aplicación de alguna de las tecnologías conocidas en la actualidad. Menciona que la mayoría de los métodos para reestructurar carne se basan en la extracción de proteínas de la carne y cocción para formar una matriz de proteínas gelificadas.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 *Carne de res*

1.1.1 *Generalidades de la industria cárnica en El Salvador.*

La Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.02.13:98 de “*Carne y Productos Cárnicos, Embutidos Crudos y Cocidos*”, define carne como “la parte comestible, sana y limpia de la musculatura esquelética de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y otros animales de consumo”. (CONACYT, 1998)

La carne se compone de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos. Desde el punto de vista nutricional, la importancia de la carne deriva de sus proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales, así como de sus minerales y vitaminas de elevada biodisponibilidad. La carne es rica en vitamina B12 y hierro, los cuales no están fácilmente disponibles en las dietas vegetarianas.

Las actividades más importantes de ganadería en El Salvador son bovina, porcina y avícola. La ganadería bovina se ha clasificado como una actividad de subsistencia, especializada en producción de leche y de doble propósito (leche y carne).

Las carnes, incluyendo la bovina, porcina y aviar, representan el 28% del costo de la Canasta Básica Alimentaria (CBA) urbana (US\$57.1 mensual) y el 10% del costo de la CBA rural (US\$14.6 mensual), de acuerdo con el Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2017-2018 la producción de carne bovina en El Salvador durante el año 2017 fue de 40,293 libras. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018)

En El Salvador, la satisfacción de la demanda de carne bovina depende en buena medida de los flujos de importaciones provenientes principalmente de Nicaragua. Entre 2007 y 2015 las importaciones representaron, en promedio, el 42% del consumo local. Para el año 2016, según datos de la Dirección General de Aduanas del Ministerio de Hacienda de El Salvador

(DGA), el 78.2% de las importaciones tuvo como origen Nicaragua, 6.0% provino de Estados Unidos y 5.4% de Guatemala. (Superintendencia de Competencia, 2016)

La cadena de valor del mercado bovino en El Salvador está integrada por nueve eslabones: Producción de Ganado en pie, Matanza de Ganado, Procesamiento, Importación, Exportación, Distribución Mayorista, Distribución Minorista, Consumo Intermedio y Consumo Final; las cuales se definen en la tabla 1.1

Tabla 1.1. *Eslabones de la cadena de valor del mercado de la carne bovina en El Salvador.*

Eslabón	Definición
1. Producción de ganado en pie.	Empresas y pequeños productores individuales que se dedican a la cría y engorde de ganado bovino para la producción de carne. Para este proceso utilizan diversos tipos de insumos tales como: productos veterinarios, herbicidas, semillas, alimentos para ganado, entre otros.
2. Matanza del Ganado	En esta etapa se sacrifica el animal (res) y se eliminan las partes del cuerpo que no son de utilidad para el ser humano. Después del sacrificio se obtiene la carne en canal.
3. Procesamiento	Proceso mediante el cual se realiza los cortes de las distintas carnes, se procesan y se empacan para la venta al consumidor intermedio y final.
4. Importación	Consiste en el ingreso al país de carne deshuesada y en canal, en estado fresco y congelado.
5. Distribución Mayorista	Actividad mediante la cual se distribuyen volúmenes importantes a comercializadores minoristas y consumidores intermedios.
6. Exportación	Es el envío de carne procesada y empacada hacia otros países, en estado fresco y congelada.

Continúa...

Tabla 1.1. *Eslabones de la cadena de valor del mercado de la carne bovina en El Salvador.*
(Continuación)

Eslabón	Definición
7. Distribución Minorista	Consiste en distribuir carne bovina al consumidor final e intermedio a través de supermercados, mercados municipales, tiendas y carnicerías de barrios y colonias
8. Consumo Intermedio	Se refiere al consumo que se realiza en restaurantes e industrias, quienes utilizan la carne bovina como materia prima para la producción de otros alimentos o subproductos.
9. Consumo Final	Es el consumo que realizan las familias en sus hogares.

(Superintendencia de Competencia, 2016)

1.1.2 Tipos de corte de carne bovina en El Salvador.

En el mercado de la carne bovina, existe una serie de cortes y productos procesados que son comercializados en El Salvador en distribuidores minoristas del canal moderno y tradicional, entre los cuales se encuentran:

- a. Carne Molida
- b. Choquezuela
- c. Lomo de Aguja
- d. Lomo Rollizo
- e. Posta Angelina
- f. Posta Negra
- g. Posta Pecho
- h. Puyazo
- i. Salon
- j. Solomo

Debido a la alta variedad de cortes de carnes, las familias los adquieren listos para ser cocinados. Para el año 2016, un total de 190,763 hogares compraron carne bovina. En El Salvador se reporta un consumo anual de carnes de US\$976 millones, de los cuales 23.8% corresponde al consumo de carne bovina (US\$231.9 millones). (Superintendencia de Competencia, 2016)

1.1.2.1 Carne molida de res y sus variedades.

Según el manual de Buenas Prácticas para la industria de la carne elaborado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura conocida por sus siglas en inglés FAO, se establece que “la carne molida es aquella carne deshuesada que ha sido reducida a fragmentos.” Generalmente, la carne molida está hecha de la carne menos tierna y de cortes de carne de res menos populares; pedazos de cortes más tiernos pueden también ser utilizados. La carne molida es utilizada como materia prima para la elaboración de una gran variedad de productos como chorizos, albóndigas, hamburguesas, entre otros.

Es considerada un producto altamente perecedero ya que al moler la carne se incrementa la superficie expuesta al oxígeno, lo cual incrementa la probabilidad de contaminación y crecimiento microbiano. Al ser un producto sujeto a mayor manipulación durante su elaboración, en comparación con otros cortes de carne de res, se incrementa el riesgo de contaminación cruzada; es por ello que mantener ciertos cuidados durante la elaboración de carne de res molida es importante, para lograr mantener tanto la calidad sensorial como microbiológica. (Canada Beef Latinoamérica, 2018)

Las distintas variedades de carne molida de res comercializadas en El Salvador se clasifican de acuerdo a la cantidad de grasa y proteína presente en la carne, entre las cuales se encuentran:

- a. Carne Molida de Res Corriente
- b. Carne Molida de Res Especial
- c. Carne Molida de Res Súper Especial
- d. Carne Molida de Res Extra Fina
- e. Carne Molida de Res Premium

1.1.3 Tratamientos de conservación en la carne de res.

En general, los métodos de conservación de canales, carne y productos cárnicos se fundamentan en procesos físicos (incrementos y decrementos de la temperatura, transferencia de

masa, modificaciones en la presión, colocación de barreras), químicos (adición de sustancias) y fisicoquímicos. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

Los únicos tratamientos de conservación aplicables en la investigación a la carne estructurada de res para hamburguesa son los incrementos y decrementos de temperatura.

1.1.3.1 Incrementos de la temperatura. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

El incremento temporal de la temperatura como método de conservación o estabilización de los productos cárnicos, sólo se cumple cuando va complementado con otros métodos de conservación como el uso de empaques adecuados, tratamientos térmicos severos o métodos que impliquen la disminución de la temperatura.

Comercialmente los métodos de conservación que implican incremento temporal de la temperatura sólo se aplican para productos cárnicos y eventualmente para trozos de carne, pero nunca se usan para canales completas. Para productos cárnicos se confunde con una adecuación de éstos para el consumo o como una característica del procesamiento, es de tener en cuenta que es usado el tratamiento térmico como criterio de clasificación de los productos cárnicos.

En la medida en que el tratamiento térmico sea más severo, igual será el control microbiano, en igual medida mejorará la inactivación de enzimas, y la estabilidad del producto. Esta es precisamente la razón para considerar los tratamientos con incrementos en la temperatura como métodos de conservación.

a. Horneado. (R.E. Alimentación, 2019)

En el proceso de horneado se encuentran una serie de variables que hay que considerar para garantizar la inocuidad y las condiciones organolépticas intrínsecas del producto.

En procesos de horneado de productos cárnicos, existen dos variables que hay que controlar que son la temperatura de la cámara y la temperatura interna del producto. La temperatura de la cámara debe oscilar entre 160°C y 170°C (dependiendo del producto), con abundante flujo de aire caliente, ya sea seco o húmedo o ambos. Por otra parte, existe la temperatura interna

del producto, que marca el tiempo de cocción. La temperatura interna del producto sugerida es de 76°C porque una temperatura de cocción menor a la indicada puede correr el riesgo de provocar la presencia de *Salmonella* en el producto.

b. Freído (Robinson, 2010)

El proceso de freído puede ser definido como un proceso de cocción y secado de alimentos, por su inmersión en un fluido comestible (grasa) a una temperatura mayor que la temperatura de ebullición del agua.

Generalmente los tiempos de freído son menores que los de cocción en agua y al vapor, pero depende del tipo de alimento, la temperatura del aceite, el sistema de fritura, el grosor del alimento y los cambios que se pretenden conseguir. El inconveniente de este proceso de preparación está en la incorporación de aceite al alimento, incrementando significativamente el aporte calórico y el consumo de grasa.

El freído se caracteriza por formar una “costra” en la superficie del alimento y generar un sabor característico agradable. El freído es también considerado un proceso de deshidratación, con tres características distintivas: corto tiempo de cocción debido a la rápida transferencia de calor que se logra con el aceite caliente; temperatura en el interior del alimento menor a 100°C; y absorción de la grasa del medio por el alimento. A medida que un producto alimenticio es freído, las células internas se van deshidratando y el agua evaporada es parcialmente reemplazada por el aceite de freído.

1.1.3.2 Decrementos de la temperatura. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

Para los procesos de conservación de canales y carne fresca, son comúnmente usados los métodos que implican la disminución de la temperatura como mecanismo para retardar la proliferación de microorganismos, así como para disminuir la velocidad con que transcurren las reacciones químicas y enzimáticas deteriorativas de la carne. En la medida que el enfriamiento es más severo, mayor será el control que se puede efectuar; además si la disminución

de la temperatura es drástica, provoca cambios de estado en el agua, teniendo así un mayor control en la disponibilidad de esta como medio universal para las reacciones.

a. Refrigeración

El proceso de refrigeración para canales y carne se entiende como la disminución de su temperatura hasta valores próximos al punto donde se inicia congelación del agua de la carne, es decir, valores cercanos a -1.5°C . Normalmente se considera que la carne, conservada en refrigeración ha estado a una temperatura en un intervalo de 0°C a 4°C .

b. Congelación

La congelación es un método ideal para la conservación de carnes o productos cárnicos por tiempos prolongados. Los mecanismos de transmisión de calor para la congelación son los mismos que para la refrigeración, sólo que aquí, las condiciones son más extremas. En este proceso se pretende disminuir la temperatura por debajo de aquella en la cual comienza a congelar el agua presente, es decir, por debajo de -1.5°C aproximadamente. En la medida en que el agua presente en la carne se va congelando, los solutos disueltos en ella se van concentrando, haciendo por ello, por propiedades coligativas, que el punto de congelación se vaya deprimiendo cada vez más, por esta razón no puede hablarse de un punto de congelación determinado para carne.

En el proceso de congelación, el agua presente en la carne como agua libre e inmovilizada, cambia de estado, pasando a ser una sustancia menos densa, es decir, la misma cantidad de agua, una vez congelada, ocupa mayor volumen, lo cual hace pensar que si los cristales se forman por agregación habrá sitios donde la presión causada por la expansión del agua será tal que ocasionará daño en el tejido, el cual se estará manifestando en las pérdidas durante el proceso de descongelación.

1.1.4 Productos cárnicos.

Los productos cárnicos se definen como los productos alimenticios preparados, total o parcialmente, con carnes, despojos, grasas y subproductos comestibles, que proceden de los animales de abasto, y que pueden ser completados con aditivos autorizados, condimentos y especias.

En la industria cárnica hay diferentes tipos de productos cárnicos: carnes crudas procesadas, salchichas cocidas y crudas, productos cárnicos secos, entre otros. (Red de Oficinas de Transferencia de tecnología del Tecnológico de Monterrey , 2019).

1.1.4.1 Carne estructurada.

Debido a la demanda por parte de los consumidores en la obtención de productos nutritivos y de mayor calidad, las industrias cárnicas procesan en la actualidad productos innovadores como lo es la carne estructurada.

Un producto cárnico estructurado es aquel que es elaborado a partir de cortes de carne de bajo valor comercial (Red de Oficinas de Transferencia de tecnología del Tecnológico de Monterrey , 2019) que son procesadas o propiamente estructuradas, con el propósito de obtener carnes más valiosas. Esta tecnología se aplica a todo tipo de carnes: res, cerdo, cordero, pollo, pavo, ternero y otros.

Entre los productos obtenidos se mencionan filetes estructurados, chuletas de cerdo estructuradas, pollo estructurado, carne estructurada para hamburguesa, entre otros. Aglutinar y formar productos alimenticios es una tecnología que se ha desarrollado a lo largo de los años, uno de los ejemplos más comunes es la utilización del huevo para ligar carne picada en la preparación de albóndigas y carnes para hamburguesas. (Jozami y Seselovsky, 2003)

La unión de los trozos de carne resulta de la adición de proteínas no cárnicas y/o Transglutaminasa y de su almacenamiento a bajas temperaturas. Así se obtiene la carne estructurada,

dentro del cual la red proteica obtenida y la cohesividad lograda, son estables al calor (cocción) y esto asegura que la carne cocida mantenga su integridad. (Jozami y Seselovsky, 2003)

1.1.4.2 Formas de producción de carne estructurada.

Tradicionalmente, el proceso de estructuración de carnes se ha realizado con sal y fosfatos, que en conjunto con la aplicación de fuerzas mecánicas posibilitan la extracción de las proteínas miofibrilares, las cuales durante los procesos de cocción o gelificación térmica, sufren una serie de cambios que dan lugar a la formación de estructuras proteicas estables que son las encargadas de aportar características como textura, retención de agua y grasa de los productos cárnicos estructurados; el producto formado debe presentar buena cohesión y tener una consistencia firme para que se corte de manera similar a la carne íntegra.

Estos hechos están relacionados con interacciones complejas (proteína – proteína) que son la base de la operación de ligazón que se define como “la fuerza requerida por unidad de área de sección, para separar directa o indirectamente las piezas ligadas del producto cárnico”. (Beldarrain, 1999).

La gelificación se entiende por el establecimiento de interacciones intermoleculares que dan lugar a la formación de una red tridimensional de fibras proteicas que favorece la rigidez estructural. El mecanismo de formación y las características de esta red tridimensional depende de las interacciones moleculares que se establecen (puentes de hidrógeno, interacciones de tipo iónico, hidrofóbicas, puentes disulfuro, entre otras). (Beldarrain, 1999)

El establecimiento de una u otra dependen, fundamentalmente, del tipo de proteína implicada en el proceso. En el caso de las carnes estructuradas, la proteína comprometida es la miosina. La miosina, por la acción del calor, da lugar a enlaces claramente estables debido a cambios irreversibles en su estructura cuaternaria que son la base de geles irreversibles, en los que estarían implicados especialmente interacciones moleculares iónicas y puentes de hidrógeno que se establecen tras el despliegue de las cadenas polipeptídicas. (Beldarrain, 1999)

De esta manera se forman redes tridimensionales donde quedan retenidos e inmovilizados el agua, la grasa y el resto de los componentes del sistema. (Beldarrain, 1999)

En la actualidad se emplean otros aditivos como el carragenato y fécula de papa, los cuales actúan como agentes ligantes y presentan grandes ventajas entre las que se encuentra la habilidad de ligar agua, la cual aporta jugosidad al producto. Investigaciones recientes, han introducido la utilización de métodos biotecnológicos con enzimas como la Transglutaminasa para mejorar la estabilidad de los productos estructurados crudos a temperaturas de refrigeración. (Ramos, Santos, Rodriguez y Nuñez, 2016)

Algunos investigadores proponen un sistema de gelificación en frío entre trozos de carne, utilizando el hidrocoloide alginato, que tiene la habilidad de formar geles instantáneos cuando reacciona con las sales de calcio tanto en estado crudo refrigerado como cocinado.

Los alginatos (en forma de alginato de sodio) se combinan con carbonato de calcio y cierta cantidad de ácido, se emplean como ligantes en los trozos u hojuelas de carne tanto en su estado crudo o cocido. La adición de pequeñas cantidades de uno de estos ácidos además de favorecer el sabor produce suficiente cantidad de hidrógeno como para estimular la liberación de los iones de calcio, procedentes del carbonato de calcio, con el propósito de acelerar la formación del gel que permitirá la conformación, manipulación y envasado de las carnes estructuradas sin perder su integridad física en estado fresco. (Beldarrain, 1999)

Por lo general se aplican dos métodos de selección de materia prima para la elaboración de carnes estructuradas: en el primer método los productores transforman grandes pedazos de carnes en pequeñas piezas y en el segundo método se utilizan mermas industriales de carnes; ambos métodos son procesados posteriormente para la creación de un pedazo de carne con un tamaño más grande. Las ventajas y desventajas de la carne estructurada se presentan en la tabla 1.2

Tabla 1.2. *Ventajas y desventajas de la carne estructurada.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> a. La calidad gustativa de los productos es excelente, es blanda y jugosa. b. Todos los alimentos estructurados tienen el mismo tamaño, siendo más sencillo la obtención y preparación de porciones iguales. c. La producción de carnes estructuradas se realiza a partir de cortes de carne de bajo valor comercial. d. Simulación de cortes finos de carnes. e. Producto con alto valor nutricional. f. Método eficaz y sostenible para evitar desperdicios en las industrias de carnes. g. Producto de fácil replicación y de costo accesible. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Desconocimiento del término “carne estructurada” por los potenciales consumidores b. Distintos orígenes de las carnes utilizadas como materia prima para la elaboración del producto. c. Los productos formados requieren de más equipo y tecnología para su manipulación.

Fuente: Propia

1.1.4.3 Carne para hamburguesa.

La hamburguesa es un producto cárnico, elaborado a partir de carne cortada en cubos o molida y mezclada con otros ingredientes, como condimentos y aditivos alimentarios. El producto es moldeado a una forma y espesor determinado. Finalmente, el producto es envasado en bolsas plásticas y se almacena a temperaturas de congelamiento de -18°C (0°F). El cual debe freírse el producto antes de ser consumido. (Organización Panamericana de la Salud, 2019)

En la carne para hamburguesa se puede añadir grasa de carne en su formulación, pero no directamente a la carne molida de res; teniendo en cuenta que un máximo de 30% de grasa propia de la carne es permitido en cualquiera de las dos, carne para hamburguesa o carne molida de res. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2013)

1.1.4.4 Sustituto de carne. Proteína de soja. (Badui Dergal, 2006)

La soja, o frijol de soya, pertenece a las leguminosas, ha representado desde hace miles de años, un ingrediente fundamental en la dieta de un gran sector de la población. Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por sus proteínas, en las últimas décadas ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico para su aprovechamiento integral. La producción de proteínas de soja representa una alternativa muy importante para la gran deficiencia que existe de las proteínas convencionales, como las de la leche, la carne y el huevo.

A diferencia de los cereales (maíz, arroz, trigo, etcétera) que son abundantes en glutelinas y prolaminas, las proteínas de la soja y de otras oleaginosas son una mezcla heterogénea de globulinas (60 a 75% del total) y de albúminas, con pesos moleculares muy variados, solubles en disoluciones salinas y en agua.

La proteína de soja contiene todos los aminoácidos esenciales requeridos en la nutrición humana: isoleucina, leucina, lisina, metionina y cisteína, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina e histidina. Los Distintos derivados se soja se presentan en la figura 1.1.

	<i>Harinas</i>		<i>Concentrados</i>			<i>Aislados</i>
	<i>Sin desgrasar</i>	<i>Desgrasada</i>	<i>Alcohol</i>	<i>Ácido</i>	<i>Calor húmedo</i>	
Proteína	41.5	53.0	66.0	67.0	70.0	93.0
Grasa	21.0	1.0	0.3	0.4	1.2	0.0
Humedad	5.0	5.0	6.7	5.2	3.1	4.7
Fibra cruda	2.1	2.9	3.5	3.4	4.5	0.2
Ceniza	5.2	6.0	5.6	4.8	3.8	3.8
ISN	—	—	5.0	7.0	3.0	85.0

ISN = Índice de solubilidad de nitrógeno.

Figura 1.1. Tabla de composición de los diferentes derivados de la soja. Fuente: (Badui Dergal, 2006)

Los distintos derivados de la soja son:

a. Harinas

Las harinas son la forma menos refinada de la soja; se pueden fabricar con toda su grasa, parcial o totalmente desgrasadas, se presenta en forma de hojuelas, granos o polvo; contienen un mínimo de 40% de proteínas.

b. Concentrados

Estos productos son más refinados que las harinas y contienen un mínimo de 65% de proteínas; en su manufactura se elimina menos de la mitad de los hidratos de carbono de las harinas, además de otros componentes de menor importancia.

c. Aislados

Estos productos son la forma comercial más purificada de las proteínas de soja, ya que contienen 90% o más de ellas; se logran eliminando de los concentrados los polisacáridos, los oligosacáridos residuales y algunos otros componentes.

La proteína de soja texturizada se elabora por extrusión termoplástica de la harina o concentrados en presencia de calor húmedo y presión elevada para impedir una textura fibrosa. Cuando la harina de soja, los concentrados o aislados se emplean como material inicial, los productos se conocen como texturizados de proteína de soja. (De Luna Jiménez, 2006) Por lo antes dicho, la soja texturizada es prácticamente proteínas en estado puro con más de un 50% de este nutriente en su composición y cuya calidad es elevada, comparable con la de la carne, sin grasas y con alto aporte de fibra que puede rondar el 14% a 15%. (Gottau, 2018)

Se suele encontrar en forma de copos gruesos o más finos, y una vez rehidratados y cocidos, obtienen el aspecto parecido al de la carne picada. Se usa principalmente como extensores cárnicos en productos como salchichas, hamburguesas, pescado, entre otros. También se consume, en menor volumen como sustituto de la carne. (Aramayo, 2018)

Diferentes sistemas de alimentos requieren de proteínas de soja con diferentes propiedades funcionales; como por ejemplo la gelación, la cual es la base para el empleo de la proteína de soja en embutidos; la Capacidad de Retención de Agua, siendo esta muy importante en la producción de análogos de carne, debido a que afecta la textura, la jugosidad y el sabor.

1.2 *Enzima Transglutaminasa*

La Transglutaminasa es una enzima de mucha utilidad como coadyuvante para la producción de alimentos proteicos novedosos desarrollados con moderna tecnología. (Sisa Puma, 2015)

El RTCA 67.01.01:10 “*Etiquetado General de los Alimentos Previamente Envasados (Preenvasados)*” define como coadyuvante de elaboración a “toda sustancia o materia, excluidos aparatos y utensilios, que no se consume como ingrediente alimenticio por sí mismo, y que se emplea intencionalmente en la elaboración de materias primas, alimentos o sus ingredientes, para lograr una finalidad tecnológica durante el tratamiento o elaboración, pudiendo dar lugar a la presencia no intencionada, pero inevitable, de derivados o residuos en el producto final.”

Las Transglutaminasas son una familia de proteínas presentes en la mayoría de los tejidos y fluidos extracelulares de los vertebrados e involucradas en numerosos procesos biológicos tales como: coagulación sanguínea, cicatrización de heridas, queratinización de la epidermis y endurecimiento de la membrana de los eritrocitos.

Esta enzima está ampliamente distribuida en el cuerpo humano, animales de orden superior, plantas y microorganismos. (Sisa Puma, 2015)

Dependiendo de su fuente de obtención la Transglutaminasa puede ser de dos tipos:

- a. Calcio dependientes: Es aquella obtenida a partir de fuente humana, animal y/o vegetal.
- b. Calcio independientes: Producidas por la fermentación de algunos microorganismos como el *Streptomyces mobaraense*.

1.2.1 Reacciones de formación en presencia de Transglutaminasa.

Esta enzima cataliza la reacción de formación de enlaces covalentes entre los aminoácidos Lisina y Glutamina, los cuales forman parte de una gran variedad de proteínas con estructuras, composiciones y funciones diferentes. (Ver figura 1.2) (BDF Ingredients, 2019)

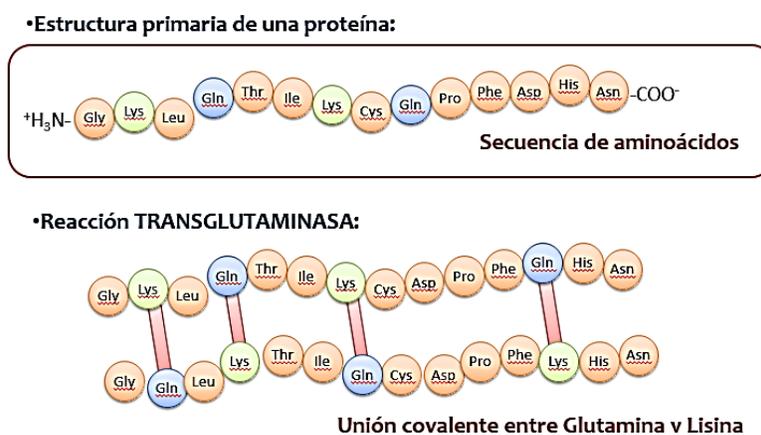


Figura 1.2. Reacción de formación de enlaces covalentes entre glutamina y lisina en presencia de Transglutaminasa (BDF Ingredients, 2018)

Su capacidad de enlazar la convierte en un ingrediente ampliamente utilizado en el sector de la alimentación para mejorar las propiedades físicas y funcionales de un gran rango de productos. (BDF Ingredients, 2019)

1.2.1.1 Factores que influyen en la actividad enzimática de la Transglutaminasa. (Jozami y Seselovsky, 2003)

- Temperatura y pH: La evolución de la actividad enzimática está directamente ligada a la temperatura. Una alta temperatura requiere un tiempo de reacción más corto. Cubre un amplio rango de pH de 4.5 a 9, con un óptimo entre 6 y 7.
- Inactivación – Inhibidores: La Transglutaminasa puede ser inactivada por un aumento de la temperatura interna más allá de 75°C (2 horas a 65°C, 15 min a 70°C, 5 min a 75°C o 1 min a 80°C). Contrariamente a la Transglutaminasa proveniente de hígado de cerdo o de sangre, la actividad de la Transglutaminasa microbiana disminuye poco

en presencia de iones bivalentes de Calcio. La Transglutaminasa microbiana es una enzima que presenta un polo –SH (grupo tiol o grupo sulfhidrilo) y ve entonces su actividad reducida en presencia de agentes modificadores de los grupos -SH. La enzima es también sensible a la oxidación (presencia de un absorbedor de oxígeno).

- c. Actividad - Tiempo de Reacción: La actividad de la Transglutaminasa se expresa en unidades/gramo (u/g). La actividad de la Transglutaminasa pura 10% es de 1000-1150 u/g a 50 u/g según las preparaciones. El tiempo de reacción de la enzima depende directamente de la temperatura.
- d. Especificidad de Sustratos: La reacción de la Transglutaminasa es más o menos efectiva dependiendo del tipo de proteínas que contenga el alimento, pudiendo por consiguiente generar de 3 a 5 enlaces. En la tabla 1.3 se presenta la efectividad de la Transglutaminasa en presencia de diferentes fuentes de proteínas.

Tabla 1.3. Nivel de reacción de la Transglutaminasa en presencia de diferentes fuentes proteicas.

Fuente	Proteína	Nivel de reacción
Leche	Caseína	Reacciona muy bien
	Caseinato Sódico	Reacciona muy bien
	Albúminas	Reacciona de forma condicional
Huevos	Ovoalbúmina	Reacciona de forma condicional
	Proteína de la Yema	Reacciona bien
Carne	Mioglobina	Reacciona de forma condicional
	Colágeno	Reacciona bien
	Gelatina	Reacciona muy bien
	Miosina	Reacciona de forma condicional
	Actina	Reacciona de forma condicional
Soja	Globulina	Reacciona de forma condicional
Trigo	Gliadina	Reacciona bien
	Gluteína	Reacciona bien

(BDF Ingredients, 2018)

De la tabla 1.3, cuando describe el nivel de reacción y se establece como “reacciona de forma condicional” se refiere a que la Transglutaminasa actuará de manera variable dependiendo de los parámetros de operación del proceso donde se aplique.

1.2.2 Funciones tecnológicas de la Transglutaminasa. (Jozami y Seselovsky, 2003).

Dentro de las funciones tecnológicas básicas que la enzima Transglutaminasa brinda al alimento se encuentran las siguientes:

- a. Capacidad de unión: Otorga estructura en el enlace covalente catalizado por la Transglutaminasa, difícil de romper bajo una acción no enzimática. Una vez formada la carne estructurada, no se dispersa ni siquiera con el congelado o cocimiento.
- b. Capacidad gelificante: Otorga textura.
- c. Resistencia física: Otorga firmeza.
- d. Retención de Humedad.
- e. Elasticidad.
- f. Viscosidad y estabilidad de emulsión.
- g. Termoestabilidad.
- h. Mejora el valor nutricional de las proteínas: La Transglutaminasa puede ser utilizada para introducir aminoácidos ausentes en proteínas que no tienen una composición ideal.

1.2.3 Usos en la industria alimentaria. (Benavides Mendoza, 2018)

La enzima Transglutaminasa (*Streptomyces mobaraense*) se encuentra en el inventario autorizado de sustancias utilizadas como coadyuvantes de elaboración, conocidas en sus siglas en inglés como ICE, de preparaciones enzimáticas por la Comisión del Codex Alimentarius. La Transglutaminasa fue determinada para ser reconocida generalmente como segura por la Administración de Medicamentos y Alimentos, con sus siglas en inglés FDA en 1998. (Comisión del Codex Alimentarius, 2012)

En la tabla 1.4 se indican los principales usos tecnológicos de la Transglutaminasa en los alimentos.

Tabla 1.4. *Alimentos que se pueden preparar mediante el uso de Transglutaminasa.*

Producto operado	Producto final	Función principal
Carnes	Hamburguesas, carne enlatada, carne congelada	Mejora la flexibilidad, textura, sabor.
Pescado	Pescado, productos a base de pescado	Mejora la textura y la apariencia. Incrementa la intensidad de los geles.
Trigo	Alimentos horneados	Mejora la textura y aumenta el volumen
Soja	Sustituto de carne	Mejora la textura.
Vegetales, frutas	Aceleradores para la absorción de sustancias minerales	Estimula la absorción
Grasas	Grasas sólidas	Sustituto de cerdo con excelente textura y sabor
Proteínas vegetales	Polvo de proteínas	Forma un gel con excelente textura y sabor
Condimentos	Condimentos	Mejora el sabor
Gel de proteínas	Gel de proteínas	Aumenta la viscosidad
Arroz	Arroz durante el almacenamiento	Mantiene la textura y el sabor original
Proteínas de la leche	Leche	Aumenta la viscosidad
Postres crocantes	Postres crocantes	Mantiene la firmeza

(Jozami y Seselovsky, 2003)

Se pueden conseguir novedosos productos o filetes de cualquier tipo de proteína hecho de gran variedad de cortes, no precisamente de la misma especie de carne, esto puede variar según la novedad del producto. Se pueden realizar nuggets, jamones, filetes de atún con otro tipo de pescado, entre otros alimentos distintivos. (Benavides Mendoza, 2018)

i. Carnes estructuradas

Se encontró que la Transglutaminasa sola no induce tan bien las reacciones de entrecruzamiento entre los trozos de carne cruda, pero sí lo logra con la adición de caseinato de sodio. La aplicación comercial de la técnica da como resultado un único corte de carne en las carnes crudas estructuradas. Las uniones se forman con recortes o pedazos de carne de bajo valor. Este valor agregado al producto hace que la carne pueda ser cortada en rodajas, tanto en la carne cruda como en la cocida.

ii. Componentes no cárnicos

La Transglutaminasa en combinación con proteínas no cárnicas da buenos resultados como reemplazante del Cloruro de Sodio (NaCl) y tripolifosfato. Mejora la fuerza cohesiva, la capacidad de retener agua y su funcionalidad. Las proteínas no cárnicas comunes como soja, suero, entre otros; no permiten disminuir el contenido de estos elementos. En cambio, reducen las pérdidas por cocción, aumentan la Capacidad de Retención de Agua y mejoran la textura del producto.

iii. Industria Láctea

En el caso de los quesos y yogures la enzima actúa y aporta elasticidad en el producto, mejorando la textura y aumentando el rendimiento de las materias primas.

iv. Industria de Panificación y Pastelería.

Elaboración de panes menos vulnerables al calor, con una textura más suave; acelera la producción y efectividad de productos de repostería.

1.2.4 Tipos de Transglutaminasas PROBIND disponibles. (BDF Ingredients, 2018)

Los productos de la serie PROBIND son formulaciones a base de la enzima Transglutaminasa destinadas a mejorar las propiedades del producto final con múltiples aplicaciones en el sector cárnico, pesquero, lácteo y de la panificación.

PROBIND se encuentra en diferentes variedades para satisfacer la necesidad de las diversas industrias alimentarias. En la tabla 1.5 se presenta la variedad, ingredientes y aplicaciones específicas para cada una de ellas.

Tabla 1.5. *Transglutaminasas comerciales disponibles, sus ingredientes y aplicaciones.*

Variedad Comercial	Ingredientes	Aplicación
PROBIND Tx	Maltodextrina, Transglutaminasa y aceite de girasol	Productos cárnicos cocidos y emulsionados
PROBIND GT	Gelatina de cerdo, cloruro de sodio, tripolifosfato pentasódico, maltodextrina, Transglutaminasa y aceite de girasol	Carnes estructuradas de cerdo y vacuno
PROBIND MB	Caseinato sódico, maltodextrina, Transglutaminasa y lecitina de girasol	Carne estructurada de res, avícola y de cerdo

(BDF Ingredients, 2018)

1.2.5 Transglutaminasa PROBIND MB 1.0 (BDF Ingredients, 2017)

PROBIND MB 1.0 es una mezcla de ingredientes diseñada para mejorar las propiedades físicas de los alimentos. El principio activo de PROBIND MB 1.0 es la enzima Transglutaminasa capaz de catalizar la reacción de formación de un enlace covalente entre un grupo amino (cadena lateral de una Lisina (Lys)) y el grupo carboxilamida de la cadena lateral de

un residuo de Glutamina (Gln). Esta enzima viene mezclada en caseinato sódico, maltodextrina, y lecitina de girasol (como coadyuvante tecnológico, para reducir la formación de polvo del producto). (Ver ANEXO A)

1.2.5.1 Funcionalidad específica de PROBIND MB 1.0.

La funcionalidad del preparado permite en el producto:

- a. Incrementar la textura de productos alimentarios.
- b. Aumentar el valor nutritivo de los alimentos.
- c. Incrementar la Capacidad de Retención de Agua del producto.
- d. Aumentar la jugosidad de los productos.
- e. Estructurar alimentos.
- f. Obtener productos de tamaño y dimensión controlados
- g. No necesita ningún tipo de aditivo, ni tratamiento térmico para catalizar la reacción.

1.2.5.2 Proceso de obtención para PROBIND MB 1.0.

Esta Transglutaminasa es obtenida por medio de la fermentación del microorganismo productor *Streptomyces mobaraense*. Este, se encuentra aislado de forma natural en el suelo y es el causante del olor a tierra húmeda en el ambiente. Este microorganismo es considerado como no genéticamente modificado y también un microorganismo generalmente reconocido como seguro o como sus siglas en inglés, GRAS (Generally Recognized As Safe). (BDF Ingredients, 2018)

El proceso para la obtención del PROBIND MB 1.0 a nivel industrial inicia en un birreactor, dentro del cual se inocula el microorganismo y los nutrientes, luego pasa por una centrifuga a donde se separan los sólidos que posteriormente serán evacuados. Lo restante es filtrado y condesado para concentrar el líquido que precipitará la enzima Transglutaminasa purificada con etanol, el cual es centrifugado para la recuperación de la enzima Transglutaminasa pura; las etapas posteriores constan de secado de producto, molido, mezclado con los aditivos específicos y envasado del producto final. Dicho proceso se esquematiza en la figura 1.3.

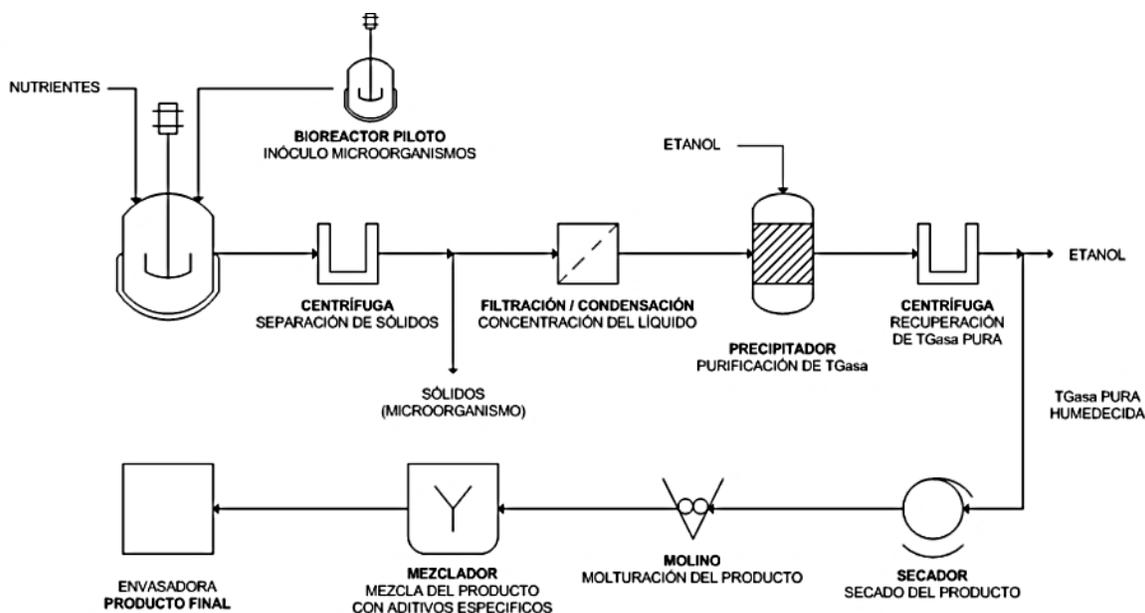


Figura 1.3. Proceso de producción para PROBIND MB 1.0 (BDF Ingredients, 2018)

1.3 Propiedades fisicoquímicas de la carne

1.3.1 Humedad.

El contenido de humedad en un alimento es, frecuentemente, un índice de estabilidad del producto, por lo que es un factor decisivo en muchos procesos industriales.

La determinación de humedad es uno de los análisis más importantes y de mayor uso en el procesado, control y conservación de los alimentos; por lo que la mayoría de los productos alimenticios poseen un alto contenido de agua y en diferentes proporciones, entre los cuales se pueden mencionar a las carnes frescas con un valor entre 60-75%; estos datos varían según la cantidad de grasa que se contenga, es decir, a menor grasa mayor contenido de humedad en la carne. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2007)

1.3.2 pH. (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

El pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de la carne, porque afecta varias de sus cualidades (color, Capacidad de Retención de Agua, entre otros.).

El pH es definido como el logaritmo negativo de la concentración de protones. Tiene una escala entre 0 y 14. Un valor de pH por debajo de 7 es considerado como ácido, y por encima de un valor de 7 se considera alcalino o también denominado básico.

La variación en los valores de pH se da por un sinnúmero de factores, algunos de ellos son intrínsecos al animal (genética, metabolismo, susceptibilidad al estrés, entre otros.), pero normalmente los factores más relevantes como suavidad, color, y frescura; están relacionados con el ambiente en que se manejó el animal y su canal durante las 24 horas previas y posteriores al faenado.

Dependiendo de la velocidad de la disminución del pH post-mortem y del pH final alcanzado por la carne, se distinguen diferentes tipos de carne.

- a. Carne oscura, dura y seca. (Con sus siglas en inglés DFD: dark, firm, and dry)

En músculos donde el pH tiene una disminución lenta, la carne se torna oscura, dura y seca y de ahí su nominación como carne DFD (dark, firm, dry, por sus siglas en inglés). Siendo una carne de color oscuro, será evidente el rechazo por el consumidor, ya que esto es asociado a carnes no apetitosas o provenientes de animales viejos. Sin embargo, los principales problemas con una carne DFD son su alto pH y la mayor proporción de agua en el músculo, pues estos factores la hacen más susceptible a la proliferación de microorganismos, comprometiendo así su vida de anaquel. En bovinos este defecto se refiere como corte oscuro (dark cutting en inglés).

- b. Carne pálida, suave y exudativa (Con sus siglas en inglés PSE: pale, soft and exudative)

La combinación de un bajo pH y alta temperatura (arriba de 32 °C), ocasiona una desnaturalización anormal de las proteínas musculares, generando así una carne pálida, suave y exudativa, es decir PSE (pale, soft, exudative, por sus siglas en inglés).

Entonces el pH final de las carnes PSE estará normalmente por debajo de 5.5. Sin embargo, la carne puede tener apariencia PSE, y tener un pH que pareciera normal. Esto normalmente ocurre cuando la caída de pH es muy abrupta durante la primera hora post-mortem. Las carnes con características de PSE representan importantes pérdidas económicas, ya que, además

de que para el consumidor no presenta una apariencia atractiva, su baja Capacidad de Retención de Agua generará una eliminación excesiva de agua.

1.3.3 Capacidad de Retención de Agua. (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

La Capacidad de Retención de Agua (CRA) se puede definir como la aptitud de la carne para mantener ligada su propia agua, incluso bajo la influencia de fuerzas externas (presión, calor, entre otros.), o también como la aptitud para fijar agua añadida.

Muchas de las propiedades sensoriales de la carne como son el color, la textura y la firmeza, están relacionadas con la cantidad de agua que se tiene contenida o retenida en la carne. Nutricionalmente, una baja Capacidad de Retención del Agua resulta en pérdidas importantes de agua, que acarrearán, proteínas, minerales y vitaminas hidrosolubles. Desde el punto de vista industrial, la capacidad de una carne para retener el agua originalmente contenida, así como el agua que se añade durante los procesos industriales, por ejemplo, durante el marinado o la inyección, influye en la eficiencia del sistema y dicta en parte el rendimiento final del producto. Una pobre retención de agua provoca un goteo constante que interfiere en los sistemas de empaque, así como en los sistemas de salazón en seco.

La Capacidad de Retención de Agua es influenciada (hasta cierto punto) por el pH del músculo, mientras más alejado este el pH del punto isoeléctrico de las proteínas del músculo, más agua se retendrá (El punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares se alcanza a un pH de 5.0). Por ejemplo, en valores superiores a 5.8 de pH, se favorece la capacidad de las proteínas para ligar las moléculas de agua. Además del pH, otros factores que afectan la Capacidad de Retención de Agua son la especie de que proviene la carne, el tipo de fibra, la estabilidad oxidativa de sus membranas, el proceso de maduración, y de ser el caso, el sistema utilizado para congelar y descongelar las carnes.

1.3.4 Actividad de agua. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

La Actividad de agua mide la disponibilidad de agua del medio donde se encuentran los microorganismos, lo que es igual a la relación entre la presión de vapor de agua de la solución y la presión de vapor de agua del agua pura. La Actividad de agua de la carne fresca es de 0.98 - 0.99, cifras que son sumamente favorables para la multiplicación de todas las especies microbianas

La determinación de la actividad de agua ayuda a predecir la estabilidad y la vida útil de la carne. Las mediciones de la actividad del agua en niveles superiores e inferiores ayudan a establecer cualidades nutricionales, textura, cualidades microbianas, sabor, apariencia, aroma y cualidades de cocción a los alimentos. El control de la actividad de agua ayuda también a mantener la estabilidad química de los productos alimenticios. La condición y el estado de la actividad de agua en los alimentos afecta al biodeterioro, la putrefacción, el moho, el crecimiento de bacterias, las reacciones químicas y otras cuestiones de inocuidad y calidad alimentaria.

1.3.5 Ácido láctico.

El ácido láctico, o su forma ionizada, el lactato, es un compuesto químico que desempeña importantes roles en varios procesos bioquímicos, como la fermentación láctica. Se establece que un producto se encuentra alterado cuando la cantidad de ácido láctico excede de 3-4 mg/g o presenta un $\text{pH} \leq 5.8$. (Cooperación Universitaria lasallista, 2012)

El ácido láctico es producido por las Bacterias Ácido Lácticas, las cuales tienen un papel fundamental en la industria cárnica ya que contribuyen con la rápida acidificación de estos productos, aportando así componentes aromáticos y propiedades de textura. Se trata de un grupo de bacterias fisiológicamente uniforme, Gram positiva, son anaerobias facultativas, catalasa negativa y no formadoras de esporas. (Cabeza Herrera, 2006)

Un incremento de las bacterias ácido lácticas y la humedad, acompañado de un descenso del pH, actividad de agua, acidez y cloruros en la mayoría de los casos, es un comportamiento

atribuido a la actividad metabólica de las Bacterias Ácido Lácticas, que ocasiona el deterioro, y que se manifiesta en agriado, alteración del olor, decoloración, acumulación de gas, pérdida de vacío, exceso de exudado y presencia de limo o viscosidad en la superficie. (Cooperación Universitaria lasallista, 2012)

El límite crítico establecido para las Bacterias Ácido Lácticas es de $6 \log_{10}$ UFC/g, esto provoca un descenso del pH, alcanzando valores de 5, por efecto de la actividad metabólica la cual genera grandes cantidades de ácidos orgánicos (ácido láctico), alcanzando su máxima concentración cuando el crecimiento alcanza 10^7 (UFC/g) en la superficie, este ácido se encuentra acompañado de la síntesis de ácidos grasos de cadena corta los cuales ocasionan cambios en el olor y rechazo sensorial. (Cooperación Universitaria lasallista, 2012)

1.4 Análisis químico proximal de la carne (análisis bromatológicos) (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

El estudio de la composición química de la carne es relevante, porque indica en qué forma varía la concentración de los nutrientes que contiene. Particularmente se analiza el contenido de materia seca, proteína, grasa y sus componentes a través del perfil de ácidos grasos, de colesterol, y cenizas.

Los nutrientes que componen la carne pueden variar sus proporciones en función de una variedad de factores; mientras algunos de estos pueden ser intrínsecos al animal del que provienen (especie, raza, alimentación, edad, entre otros.), existen otros factores más bien asociados a los procesos a que se someten los animales, ya sea antes (tiempo de ayuno, de transporte, estrés, método de insensibilización, entre otros.) o después de su faenado (sistemas de refrigeración, congelado, carga microbiana, enriquecimientos por la adición de marinados, entre otros.).

Estos cambios en la composición de la carne son relevantes ya que influyen en su calidad tecnológica, higiénica, sanitaria y sensorial. En términos generales, se puede decir que la

carne fresca contiene de un 70 a 75% de agua, 20 a 22 % de proteínas, 1 a 5 % de grasa, 1% de sustancias minerales y menos de 1 % de hidratos de carbono.

1.4.1 Contenido de humedad y materia seca. (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

Como se mencionó anteriormente, la carne contiene aproximadamente entre un 70 y 75% de agua, de la cual el 70% es agua libre que se encuentra entre los espacios de los filamentos de actina y miosina, el otro 5% es agua ligada a proteínas. Cuando se hace la determinación de humedad principalmente lo que se mide es el agua libre.

El análisis del contenido de humedad y materia seca, son los análisis químicos proximales más frecuentemente realizados, debido a que permiten conocer el grado de dilución de los nutrientes o componentes de la muestra. A diferencia de la determinación de Capacidad de Retención de Agua, el análisis de humedad permite conocer el contenido total de agua en la muestra.

1.4.2 Cenizas. (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

La carne es una buena fuente de minerales altamente digestibles y que son relevantes en una dieta balanceada. Por ejemplo, el hierro es un nutriente esencial para la salud, el zinc es esencial para el crecimiento y también contiene cantidades significantes de sodio, potasio y magnesio.

Las cenizas son conformadas por los residuos después de incinerar u oxidar completamente la materia orgánica de la carne; tanto el agua como los ácidos volátiles se evaporan, y las sustancias orgánicas se queman en presencia del oxígeno del aire, hasta convertirse en Dióxido de Carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno.

La mayoría de los minerales se convierten en óxidos, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos; sin embargo, elementos como el Hierro, Selenio, Plomo y Mercurio (Fe, Se, Pb y Hg) se pueden volatilizar. Se considera que para la determinación de la cantidad de cenizas en muestras de carnes con alto contenido de grasa es necesario secar y extraer la grasa antes de realizar el análisis de cenizas.

1.4.3 Proteínas. (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

Las proteínas de la carne se caracterizan por tener un alto valor biológico, lo que implica una muy adecuada proporción entre los aminoácidos que la conforman ya que proporciona todos los aminoácidos esenciales en cantidades equivalentes a los requerimientos del humano. Es una proteína altamente digestible y fácilmente absorbible.

El contenido de proteína de la carne cruda es aproximadamente de 19-23%, éste varía inversamente proporcional a la grasa; debido a las pérdidas de humedad y grasa durante la cocción; la proteína de la carne cocinada aumenta a 25-30%.

Los cambios moleculares que normalmente causan la pérdida de la función biológica de las proteínas se denominan desnaturalización, la cual se produce por:

- a. Cambios en el pH que modifica cargas propiciando repulsiones.
- b. Agentes formadores de enlaces de Hidrógeno.
- c. Calentamiento que determina ruptura de enlaces de hidrógeno existentes dentro de la cadena.

De acuerdo con la procedencia, las proteínas musculares se pueden clasificar en sarcoplasmáticas, miofibrilares y del tejido conectivo. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

- a. Las proteínas sarcoplasmáticas son solubles en agua o en soluciones salinas diluidas y representan aproximadamente el 6% del total del músculo.
- b. Las proteínas miofibrilares son solubles en soluciones salinas concentradas, representan aproximadamente el 9.5% del total del músculo.

- c. Las proteínas del tejido conectivo llamadas también proteínas del estroma, son insolubles a baja temperatura, en soluciones salinas concentradas

En cuanto a las proteínas miofibrilares o proteínas solubles en soluciones salinas concentradas, se conocen unas 20 proteínas miofibrilares diferentes. Las más abundantes son miosina y actina. El resto son las proteínas tropomiosina y troponina, importantes para la contracción, y distintas proteínas del citoesqueleto. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

- a. Actina: constituye del 20 - 25% de las proteínas miofibrilares. El punto isoeléctrico se encuentra en un pH de 4.7.
- b. Miosina: constituye del 50 - 55% de las proteínas miofibrilares. El punto isoeléctrico de esta proteína es próximo a 5.4

Estas proteínas miofibrilares o estructurales van a ser responsables de conferir al producto cárnico características de calidad determinadas. Serán además las responsables de la formación de la matriz proteica en el proceso de elaboración de embutidos de pasta fina, actuando además como agentes estabilizadores de la "emulsión cárnica".

1.4.4 Grasas y lípidos totales. (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

Los lípidos son considerados como un grupo de compuestos orgánicos insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos (como por ejemplo éter y cloroformo), con una estructura química formada por una cadena hidrocarbonada como parte principal de la molécula, y que se encuentran o se derivan de organismos vivos.

La forma más eficiente para acumular energía en el organismo es a partir de grasa, particularmente en forma de triglicéridos. Los lípidos complejos, son aquellos que se asocian con otro tipo de compuestos, estos incluyen a los fosfolípidos, los glucolípidos y los sulfolípidos.

Los lípidos de la carne se encuentran principalmente en el tejido adiposo y en la grasa intramuscular. En el tejido adiposo se localizan principalmente triglicéridos, mientras que en el

tejido intramuscular se encuentran triglicéridos y grasas ligadas a la membrana como fosfolípidos y lipoproteínas. Entre menor es el contenido de grasa intramuscular, mayor es la proporción de fosfolípidos de membrana y menor el de triglicéridos.

1.5 Análisis sensorial

La evaluación de los alimentos es un factor decisivo para la aceptación y comercialización de un producto, debido a que estos son aceptados o rechazados en función de las sensaciones provocadas. La evaluación de la calidad sensorial es realizada a través de una disciplina científica, la cual es un análisis sensorial que utiliza como instrumento de medida al propio hombre.

1.5.1 Percepción de sensaciones. (Sisa Puma, 2015)

Los atributos de un alimento son percibidos eventualmente en el siguiente orden:

- a. Apariencia
- b. Olor/Aroma/Fragancia
- c. Consistencia y Textura
- d. Sabor (sensaciones químicas, aromas, entre otros).

Sin embargo, durante el proceso de aceptación del producto las percepciones sensoriales se solapan, por lo que el sujeto percibe de manera simultánea la mayoría de los atributos.

1.5.2 Parámetros sensoriales. (Sisa Puma, 2015)

Los objetivos de la evaluación sensorial en carne y productos cárnicos se centran fundamentalmente en caracterizar sensorialmente estos alimentos y en detectar las variaciones derivadas del tipo de producto cárnico. El perfil sensorial identificado se relaciona fundamentalmente con la composición química del alimento. Un amplio repertorio de propiedades sensoriales incluyendo la apariencia, el aroma, el sabor y la textura definen la evaluación sensorial de los productos cárnicos.

a. Dureza

Es el comportamiento de la carne a la masticación. Esto implica la resistencia de la carne a la presión dental, la dificultad de cortar la carne, el grado de adhesión (depende de la cantidad de reticulina y de elastina). La dureza depende de la cantidad y de la calidad del tejido conectivo, también del grado de interacciones entre las proteínas y del grado de desorganización de las miofibrillas. Por último, y algo menos importante, depende de la cantidad de grasa intermuscular e intramuscular que enmascara a la hora de masticar la cantidad de tejido conectivo.

b. Jugosidad

La jugosidad de la carne se puede desligar en dos percepciones. La primera es la impresión de humedad durante los primeros mordiscos, producida por la liberación rápida de fluidos. La segunda consiste en una liberación lenta consistente de suero y efecto estimulador de la grasa en la producción de saliva.

c. Aroma y Sabor

La carne cruda tiene un débil olor que ha sido descrito como un recuerdo del ácido láctico comercial. El almacenamiento prolongado en condiciones desfavorables produce aromas proteolíticos por la descomposición ocasionada por la acción de las bacterias sobre las proteínas, olores acres o pútridos por el crecimiento microbiano, y rancios por la oxidación de las grasas. El aroma de la carne cocinada es mucho más pronunciado que el de la carne cruda y se ve afectado por el método de cocción.

1.6 Análisis microbiológico de carne molida (Restrepo Molina, y otros, 2001)

Los tipos de microorganismos y la cantidad de ellos, presentes en los productos elaborados con base en carne, dependen de las condiciones sanitarias del medio ambiente del cual provenga el alimento, de las propiedades y calidad microbiológica de algunos ingredientes adicionados, del cuidado de quien procesa y maneja el producto y de las condiciones posteriores de almacenamiento, manejo y distribución de este.

En productos cárnicos los tratamientos del procesamiento, en general, reducen el número de bacterias, pero solo el tratamiento de esterilización en latas elimina completamente los microorganismos. El procesamiento puede también introducir microorganismos adicionales y seleccionar el tipo que puede proliferar y causar daño durante el almacenamiento. Además, puede también involucrar el uso de ingredientes no cárnicos que pueden servir como nutrientes o inhibidores para el crecimiento microbiológico.

De acuerdo al RTCA 67.04.50:17 “*Alimentos. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de Alimentos*”, los análisis microbiológicos aplicables a la carne y productos cárnicos se demuestran en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6. *Criterios microbiológicos para carnes y productos cárnicos.*

Grupo 8: Carnes y Productos Cárnicos			
8.3 Subgrupo del Alimento: productos cárnicos cocidos, incluyendo los curados y/o ahumados. Ejemplos: Embutidos formados, tocinetas, paté, chuleta ahumada, costilla ahumada, cortes cocidos de aves de corral y caza, vacunos, porcinos entre otros.			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	5	A	10 UFC/g
<i>Salmonella ssp</i> /25g	10		Ausencia /25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	10		Ausencia/ 25g
<i>Staphylococcus aureus</i>	8		10 ² UFC/g
<i>Clostridium perfringens</i> (productos cárnicos cocidos no curados)	8		10 ² UFC/g

(RTCA 67.04.50:17, 2017)

1.7 *Estimación de vida de anaquel (AZTI Tecnalia, 2013)*

La vida útil o durabilidad es el período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario y mantiene características sensoriales, físico-químicas, nutricionales y funcionales por encima de un grado límite de calidad, previamente establecido como aceptable.

Para el cálculo de vida útil de un alimento se usan principalmente dos enfoques, un enfoque cinético y un enfoque de predicción microbiológica.

a. Vida útil de alimentos acelerada

Los estudios o pruebas de almacenamiento o vida útil acelerados (conocidos por sus siglas: ASLT) se refieren a cualquier método que sea capaz de evaluar la estabilidad del producto, basado en los datos que se obtienen en un período de tiempo significativamente más corto que el período de vida útil real del producto. Son aplicables a cualquier proceso de deterioro químico, físico, bioquímico, microbiológico e incluso sensorial. El método más común para las ASLT es la aproximación por el modelo cinético.

b. Vida útil de alimentos a través de predicción microbiológica

Los modelos predictivos son expresiones matemáticas que describen el crecimiento, la supervivencia, inactivación o procesos bioquímicos de un microorganismo.

Los estudios microbiológicos tienen 3 niveles de aplicabilidad:

- I. Los modelos primarios describen los cambios que sufren los conteos microbianos en el tiempo bajo condiciones ambientales particulares
- II. Los modelos secundarios describen la respuesta de uno o más parámetros del modelo primario al variar las condiciones ambientales (pH, A_w , temperatura).
- III. Los modelos terciarios son softwares (libres o con licencia pagada) o bases de datos que aplican modelos primarios y secundarios incorporando variables como la temperatura, A_w o el pH.

1.7.1 Empaque. (Astaiza, 2010)

Con un alimento perecedero como es la carne, el envasado favorece el mantenimiento de la frescura del producto durante largos periodos de tiempo.

Los envases y los sistemas de envasado se han desarrollado para suplir necesidades específicas. La función del envase es mantener la calidad natural del producto a través del flujo comercial que concluye en el consumo por parte del cliente.

Existe una amplia variedad de materiales con los cuales se pueden elaborar el empaque primario de los cortes. Lo más común es utilizar materiales multilaminados, ya que no existe un material de envasado que brinde todas las características necesarias para garantizar la inocuidad y la protección del producto.

Se pueden hacer diferencias entre las películas de envasado a partir de sus características fundamentales y de las funciones que jugarán en un material multi laminado. Las divisiones que se pueden realizar son:

- a. Los Materiales de Barrera: Tiene la función de constituir una barrera frente al oxígeno, la humedad o la luz. Entre estos se pueden mencionar las películas de aluminio sin embargo tiene el inconveniente de que, al ser absolutamente opaco, no permite ver el producto que contiene. Otras películas que se pueden mencionar es el Alcohol Etilen-Vinilo (EVOH), que tiene el inconveniente de ser hidrofílico; el Copolímero de Cloruro de Vinilideno, mejor conocido como Sarán; el Cloruro de Polivinilo, el cual se dispone de PVC en forma de película plástica para poder envolver carne roja en el supermercado y el Acrilonitrilo, utilizado comúnmente en moldes o en membranas no moldeadas de envases semirrígidos.
- b. Las Películas con Función de Resistencia: Estas brindan en los materiales multilaminados la resistencia mecánica necesaria para la punción, tracción o flexión. Entre estos materiales se pueden mencionar el Poliéster (PET - Tereftalato de polietileno), el Nailon y el Polipropileno.

- c. Los Agentes de Sellado: Entre los cuales se pueden mencionar al Polietileno, el Surlyn, el cual es el más utilizado en envases al vacío para carne procesada por su excelente resistencia a la ruptura por flexión y su brillo, y por último el Poliestireno.

1.7.1.1 Sistema de envasado. (Valencia y Avendaño, 2017)

La selección de un sistema de envasado específico este dictado por el volumen de producción requerido, la naturaleza del producto, la necesidad de un equipo versátil que sea capaz de envasar productos diferentes, el tamaño y la forma del producto, el costo, y las necesidades específicas del mercado.

Los sistemas de envasado se clasifican según la forma o el tipo de material utilizado, el proceso de elaboración del envase y el proceso por el cual se elimina el oxígeno del envase. Entre ellos se encuentra:

- a. Bolsas: Son envases preformados con un lado abierto por donde se introduce el producto. Se construye con dimensiones de 4/8 pulgada. El tipo termo-contráctil más común es la bolsa Cryovac. Las bolsa se usan para envasar productos irregulares como piezas de vacuno y jamones ahumados.
- b. Rollo de alimentación (Roll Stock): Se usa generalmente en equipos de envasado a gran velocidad donde el producto es uniforme. Se utilizan dos membranas en el equipo de moldeado llenado-sellado, una no moldeada y otra moldeada. Su grosor puede ser de 0.07 mm en jamón loncheado o 0.23 mm en salamis enteros.
- c. Vacío y llenado con gas: Se realiza vacío en el envase, y después se llena con gas que sustituye al aire. Este sistema diluye el oxígeno residual en el envase. Cuando se utiliza gas inerte como nitrógeno, el gas funciona como un cojín que rodea al producto.

Se utiliza normalmente en carnes lonchadas para mantener sueltas las obleas individuales y prevenir que se peguen entre sí. También se usa en embutidos para evitar que sufran alteraciones de la forma.

- d. Algunos sistemas utilizan gases reactivos como Dióxido de Carbono (CO₂) para obtener un nivel de protección adicional. Cuando se usa CO₂, este reacciona con la humedad de la superficie de la carne y da lugar a ácido carbónico, que inhibe el crecimiento de microorganismos. La utilización de altas concentraciones de oxígeno (75%) combinado con CO₂ en el envasado de la carne fresca, permiten que los altos niveles de O₂ que mantienen la carne de un brillante color rojo y el CO₂ inhiban microorganismos.
- e. Envasado al vacío: Es el sistema más importante en el mantenimiento de la calidad natural de los productos cárnicos. Con una barrera apropiada contra el oxígeno, excluye el aire del envase, inhibiendo consecuentemente el crecimiento de algunos organismos alterantes y extendiendo la vida útil del producto.

1.8 *Etiquetado*

1.8.1 *Etiquetado general. (RTCA 67.01.02:10, 2010)*

Para todos los alimentos preenvasados es de obligatorio cumplimiento los lineamientos básicos establecidos en el RTCA 67.01.02:10 "*Etiquetado General de los Alimentos Previamente Envasados (Preenvasados)*." En este reglamento se establece que en la etiqueta de los alimentos preenvasados debe aparecer la siguiente información según sea aplicable al alimento que ha de ser etiquetado:

- a. Nombre del Alimento
- b. Lista de Ingredientes. Que para el caso específico de los coadyuvantes de elaboración como es el caso de la enzima Transglutaminasa, el inciso 5.2.3.2 de este reglamento,

dictamina que los aditivos alimentarios transferidos a los alimentos en cantidades inferiores a las necesarias para lograr una función tecnológica y los coadyuvantes de elaboración estarán exentos de la declaración en la lista de ingredientes. Por consiguiente, en la lista de ingredientes de la carne para hamburguesa no se declarará el uso de la enzima Transglutaminasa en su formulación.

- c. Contenido neto y peso escurrido
- d. Nombre y dirección (del fabricante)
- e. País de origen
- f. Identificación de lote
- g. Marcado de la fecha de Vencimiento e instrucciones para su conservación
- h. Instrucciones para el uso del producto

1.8.2 Etiquetado nutricional. (RTCA 67.01.60:10, 2010)

El etiquetado nutricional debe proporcionar al consumidor información sobre el tipo y la cantidad de nutrientes aportados por el alimento.

Dicha información debe ser presentada en forma estandarizada y de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RTCA 67.01.60:10 *“Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios Preenvasados para Consumo Humano para la población a partir de 3 años de Edad.”*

La información sobre el contenido nutricional de un alimento se presentará en forma de cuadro o texto. La cantidad de información proporcionada en el mismo depende de las características nutricionales propias de cada producto, en este caso de la carne para hamburguesa a formular en este trabajo de investigación.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Caracterización de materia prima

Para la determinación del proceso de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesas se llevaron a cabo distintas formulaciones; se utilizaron dos tipos de carne molida de res: especial y súper especial. Los demás ingredientes (Ver ANEXO B) se presentan en la tabla 2.1 con sus respectivas funciones.

Tabla 2.1. Descripción de ingredientes involucrados en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa.

Ingrediente	Función específica
Enzima Transglutaminasa (PROBIND MB 1.0)	El principio activo de PROBIND MB 1.0 es la enzima Transglutaminasa. PROBIND MB 1.0 es una mezcla de ingredientes diseñada para mejorar las propiedades físicas de los alimentos. (BDF Ingredients, 2017)
Proteína de Soja Texturizada	Utilizado como sustituto de carnes, proporcionador de textura, rico en proteínas y vitaminas, incrementa la retención de agua y grasa y mejora los valores nutricionales. (Gastronomía y CIA, 2010)
Sal	Conservante natural, característico por su función como agente potenciador de sabor. (Chavarrias, 2007)
Ajo Molido	Capacidad antioxidante atribuida a sus componentes azufrados, aminoácidos libres y selenio; actúa como antimicrobiano al inhibir el crecimiento de microorganismos como <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> . Utilizado como saborizante para la preparación de alimentos. (Bojalli y Bárcenas Pozos, 2013)

Continúa...

Tabla 2.1. Descripción de ingredientes involucrados en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa (Continuación).

Ingrediente	Función
Cebolla Molida	Utilizado como saborizante debido a su sabor picante. Es fuente de potasio mineral que contribuye al funcionamiento normal de los músculos y del sistema nervioso. También es fuente de vitamina C, el cual contribuye a la protección de las células frente al daño oxidativo. Se enfocan en potenciar la capacidad natural de las bacterias que se encargan de la mayoría de los procesos digestivos. Sus propiedades antibacterianas eliminan bacterias muy complicadas como la <i>Salmonella</i> y la <i>Escherichia coli</i> (INSTANTIA, 2015)
Pimienta Negra	Utilizada como saborizante, compuesto por piperina el cual le provee su picante característico. Rica en vitamina C y betacarotenos, la pimienta negra es una especia altamente antioxidante que previene la oxidación de las células y las protege contra los efectos de los radicales libres, los responsables del envejecimiento celular. (Fundación Española de la Nutrición, 2010)
Puerro	Agente Saborizante, rico en potasio y en fibra. Tiene la cualidad de aromatizar los platos sin ocultar otros sabores. (Leiva, 2018)
Mostaza	Considerado como un antioxidante. Su semilla tiene un alto contenido proteico y de minerales. Además, posee propiedades antisépticas y digestivas. Utilizada como saborizante. (Montevideo Portal, 2016)
Paprika	Utilizado como colorante y saborizante natural. Posee un alto contenido de vitaminas C y A, y de Licopeno importantes para la adecuada absorción de hierro, calcio y de otros aminoácidos. (Maguiña Mauricio, 2007)
Agua	Elemento hidratador utilizado para la proteína de soja texturizada. Ayuda a disolver la sal y demás ingredientes en el producto final.

Continúa...

Tabla 2.1. *Descripción de ingredientes involucrados en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa (Continuación).*

Ingrediente	Función
Tripolifosfato de Sodio	Favorecen el proceso de emulsión, ya que estimulan la dispersión entre grasa, agua y proteína; acción conservadora, impide o retrasa la oxidación de las grasas insaturadas de los sistemas alimentarios, a la vez que inhiben el crecimiento de microorganismos presentes. (Gobierno de La Rioja, 2009)
Eritorbato de Sodio	Encargado de reducir la tasa de formación de nitrato a óxido nítrico, lo que permite a la carne mantener su color rosado; utilizado en productos cárnicos como agente reductor para evitar la formación de nitrosaminas. (Corporativo Químico Global S.A. de C.V., 2013)

2.1.1 Análisis químico proximal (análisis bromatológicos) de la carne de res.

La carne molida de res utilizada en el desarrollo experimental de esta investigación fue adquirida en un supermercado local, por tanto, los resultados obtenidos son basados de acuerdo con la clasificación manejada por el establecimiento.

El análisis químico proximal (bromatológicos) para ambos tipos de carne molida de res fueron realizados en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas en la Universidad de El Salvador. (Ver ANEXO C.1 y C.2) La Tabla 2.2 resume los datos obtenidos.

Tabla 2.2. *Resultados de análisis químico proximal (bromatológicos) en base húmeda para carne molida de res.*

Análisis	Metodología	Tipo de carne molida de res	
		Carne Especial	Carne Super Especial
%Humedad Total	Gravimétrico	72.00	72.0
%Materia Seca		28.00	28.0
%Ceniza		0.82	1.37
%Proteína Cruda	Micro-Kjedahl	14.53	17.27
%Extracto Etéreo	Soxhlet	12.65	9.21
%Fibra Cruda	Ankom	0.00	0.00
%Carbohidratos	Diferencia	0.00	0.14

Para ambos tipos de carne molida de res, se tiene el mismo porcentaje de humedad, siendo la diferencia más notable la cantidad de grasa, por lo que esto altera los valores de los demás componentes.

Los diferentes tipos de carne molida de res son clasificados de acuerdo a su cantidad de grasa, siendo la carne molida de res especial la primera en la lista, seguida de la carne molida de res súper especial con menor cantidad de grasa, con una diferencia de 3.44 %.

Debido a que la eficiencia de la enzima Transglutaminasa depende de la proporción entre grasa y proteína que contenga la carne, los resultados presentados en la tabla 2.2 sustentarán el uso de las carnes molida de res especial y súper especial para la parte experimental de la elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa.

2.1.2 Análisis fisicoquímicos de la carne de res.

Para la realización de los análisis, la muestra de carne molida de res debe estar almacenada en refrigeración a 4°C.



Figura 2.1. Carne molida de res especial (izquierda) y carne molida de res súper especial (derecha)

2.1.3.1 pH.

Esta prueba tuvo como objetivo determinar el pH de la carne de res como materia prima en los dos tipos de carne molida utilizadas en las formulaciones de la carne estructurada para hamburguesa (Ver ANEXO D.1). El valor de pH es utilizado como parámetro de verificación de calidad en la carne, debido a que éste afecta sus cualidades como color y Capacidad de Retención de Agua.



Figura 2.2. Preparación de muestra de carne molida de res para prueba de pH.



Figura 2.3 Medición de pH en carne molida de res

Los resultados de la prueba de pH se presentan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Resultados de lectura de pH para carne molida de res.

Tipo de carne	Ph			Promedio
Carne especial	5.9	5.7	5.8	5.80
Carne súper especial	5.8	5.8	5.9	5.83

El pH de una carne normal de res se encuentra entre 5.4 a 5.9, y en valores superiores a 5.8 se favorece la capacidad de las proteínas para ligar las moléculas de agua (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011). Por lo que las carnes seleccionadas para la experimentación de esta investigación se encuentran dentro del rango de aceptabilidad previamente establecido, ya que se obtuvieron los valores de 5.80 y 5.83 para la carne molida de res especial y súper especial respectivamente.

2.1.3.2 Actividad de agua (A_w).

Esta prueba tuvo como objetivo determinar la actividad de agua (A_w) de la carne de res como materia prima en los dos tipos de carne molida utilizadas en las formulaciones de la carne estructurada para hamburguesa. (Ver ANEXO D.2)



Figura 2.4 Mediciones de actividad de agua en carne molida de res.

Los resultados de la prueba de actividad de agua se presentan en la tabla 2.4

Tabla 2.4. Resultados de lectura de actividad de agua para carne molida de res

Tipo de carne	Actividad de agua		Promedio
Carne especial	0.91	0.92	0.92
Carne súper especial	0.94	0.94	0.94

El valor de la actividad de agua de la carne fresca normalmente se encuentra entre 0.98 a 0.99 (Restrepo Molina, y otros, 2001). Los resultados obtenidos fueron 0.92 y 0.94 para la carne molida de res especial y súper especial respectivamente. Por lo que estos valores de actividad

de agua se utilizaran como parámetro para predecir la estabilidad y la vida útil de la carne. Además, para cuantificar los cambios de este, antes y después de su preparación y tratamiento térmico en la elaboración de la carne estructurada para hamburguesa.

2.2 Desarrollo experimental de la formulación

2.2.1 Proceso base de elaboración experimental de carne estructurada de res para hamburguesa. (BDF Ingredients, 2018)

Para la elaboración de la carne estructurada para hamburguesa desarrollada en la presente investigación se utilizó como base el procedimiento establecido por el proveedor de la enzima Transglutaminasa (PROBIND MB 1.0) descrito a continuación:

- a. Se pesan todos los ingredientes involucrados en la formulación en sus porcentajes correspondientes. (Ver ANEXO B)
- b. Se mezcla la carne molida de res especial con todos los ingredientes pesados anteriormente y el agua; haciendo uso de una mezcladora con vacío o manualmente. Se realiza el proceso de mezclado de 2 a 4 minutos.
- c. Se añade la enzima PROBIND MB 1.0 espolvoreado en la mezcla. Se debe mezclar al vacío o de forma manual durante 2 a 4 minutos.
- d. Se coloca la mezcla en moldes. Luego se envuelven en papel film, asegurando que no queden burbujas de aire entre el empaque y la carne.
- e. Se debe almacenar a temperatura de refrigeración de 2°C a 5°C durante 24 horas. Luego de las 24 horas de refrigeración, la carne ya está estructurada.
- f. Una vez que el producto está estructurado se puede congelar, cortar o cocinar. Se recomienda pasar a congelación hasta que el corazón del producto alcance los 2°.

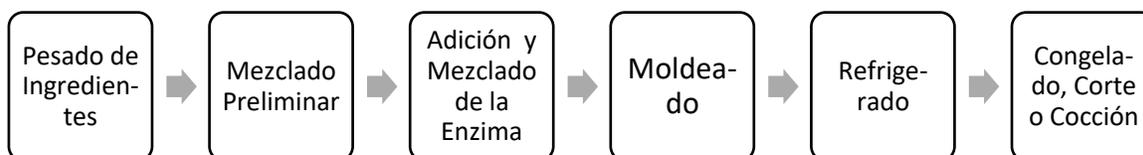


Gráfico 2.1. Proceso Preliminar de elaboración para carne estructurada.

2.2.2 Formulaciones experimentales preliminares.

Para la realización experimental se tomaron en cuenta inicialmente todos los ingredientes descritos en la sección 2.1.1.

Para la determinación de las cantidades a utilizar por ingrediente en las siguientes formulaciones experimentales, se utilizaron como base las especificaciones establecidas en normativa, reglamentos, ficha técnica del proveedor y al gusto organoléptico, según aplique para cada ingrediente, las cuales son nombradas a continuación:

- a. Enzima Transglutaminasa (PROBIND MB 1.0): De acuerdo con la ficha técnica del producto, el uso recomendado es de 8 a 15 gramos por kilogramo de carne, según producto a elaborar. (Ver Anexo A)
- b. Proteína de Soja: En base a la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA1-1993 “*Bienes Y Servicios. Productos De La Carne. Carne Molida Y Carne Molida Moldeada. Envasadas. Especificaciones Sanitarias. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.*” en donde se establece que el límite máximo permitido es de 2.0% en carne molida moldeada. (Secretaría de Salud, 1995)
- c. Tripolifosfato de Sodio: De acuerdo con el RTCA 67.04.54:10 “*Alimentos y Bebidas Procesada. Aditivos Alimentarios*”, en el cual se establece que para el grupo 8.3 “*Productos cárnicos, de aves de corral y de caza, picados elaborados*”, el nivel máximo de uso es de 2200 mg/kg. (RTCA 67.04.54:10, 2010)
- d. Eritorbato de Sodio: De acuerdo con el RTCA 67.04.54:10 “*Alimentos y Bebidas Procesada. Aditivos Alimentarios*”, en el cual se establece que el nivel máximo aceptado de uso para el grupo 8.3 “*Productos cárnicos, de aves de corral y de caza, picados elaborados*” es de 500 mg/kg. (RTCA 67.04.54:10, 2010)
- e. Especies: Estas fueron añadidas en cantidades variables para distinguir organolépticamente la cantidad necesaria, percibiendo así todos y cada uno de los ingredientes, sin opacar uno al otro.

- f. Agua: De acuerdo con el modo de uso para la enzima Transglutaminasa sugerida por el proveedor se debe agregar a la formulación inicial 25 gramos de agua. Adicional, se usará la cantidad necesaria para una completa hidratación de la proteína de soja texturizada.

Previo a la selección de la formulación final de la carne estructurada de res para hamburguesa, se realizaron diversas pruebas en proporciones diferentes no solamente de enzima sino de sabor.

2.2.2.1 Formulaciones experimentales A y B.

Para cada una de las formulaciones que se presentan en esta sección se tomó de base experimental 450 g de carne molida de res especial (materia prima) y a partir de esta se decide realizar las diferentes distribuciones de los demás ingredientes.

La principal diferencia entre las formulaciones presentadas en la tabla 2.5 es la concentración de enzima Transglutaminasa utilizada, siendo 0.90% y 1.07% (cantidades encontradas dentro del rango de uso especificado por la ficha técnica del proveedor) para las formulaciones A y B respectivamente. Esto se llevó a cabo para determinar la cantidad necesaria a usar de enzima Transglutaminasa para elaborar la carne estructurada de res para hamburguesa con carne molida de res especial y lograr obtener resultados favorables en cuanto a propiedades tecnológicas y organolépticas.

La formulación A se caracteriza por la presencia de puerro y paprika en polvo y por la ausencia de pimienta negra y mostaza en polvo. Mientras que en la formulación B, se incluyeron estos últimos, omitiendo puerro y paprika en polvo. La variabilidad de especias entre formulaciones se realizó para identificar organolépticamente cuales ingredientes son los idóneos para el producto a elaborar.

Tabla 2.5. *Formulaciones experimentales A y B. Proteína de soja seca*

Ingrediente	Formulación A		Formulación B	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)
Carne de Res Especial	450	90.02	450	89.53
Agua	25	5.00	25	4.97
Sal	2.5	0.50	2.5	0.50
PROBIND MB 1.0	4.5	0.90	5.4	1.07
Tripolifosfato Sódico	1.0	0.20	1.0	0.20
Eritorbato de sodio	0.2	0.04	0.2	0.04
Ajo en Polvo	2.5	0.50	2.5	0.50
Cebolla en polvo	2.0	0.40	2.0	0.40
Pimienta negra	-	-	2.5	0.50
Mostaza en polvo	-	-	2.5	0.50
Puerro	0.7	0.14	-	-
Paprika en Polvo	2.5	0.50	-	-
Proteína de Soja	9.0	1.80	9.0	1.79
Total	500	100	502.6	100

Los pesos totales y los porcentajes de las formulaciones A y B de la tabla 2.5 son establecidos a base de proteína de soja texturizada seca, los cuales son utilizados para el proceso de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa.

Previo a su uso, la proteína de soja debe ser hidratada con agua potable a temperatura ambiente para su incorporación en la mezcla con todos los ingredientes involucrados en la formulación. La cantidad de agua a utilizar, debe ser la necesaria para cubrir la proteína de soja. Por tanto, en la tabla 2.5, las cantidades y los porcentajes son iniciales para todos los ingredientes.

Al hidratar la proteína de soja texturizada, el agua absorbida por esta debe ser incluida dentro de la formulación ya que afecta directamente el peso final del producto. Por lo que luego de que la proteína de soja se hidrata, se retira el exceso de agua aplicando presión y se pesa,

obteniendo así los pesos detallados en la tabla 2.6; estos resultados varían según el agua absorbida por la proteína de soja.



Figura 2.5. Proceso de hidratación de la proteína de soja texturizada para formulaciones A y B

Tabla 2.6. Hidratación de la proteína de soja texturizada. Formulaciones A y B

	Proteína de Soja Formulación A	Proteína de Soja Formulación B
Masa inicial (g) (seca)	9	9
Masa Final (g) (hidratada)	35.7	34.8

Para obtener la cantidad total de agua incluida dentro de la formulación final se realiza un balance de agua en el proceso (ver ANEXO E.1) dando como resultado para la formulación A una masa de agua final de 51.7 g y para la formulación B 50.8 g; lo que es equivalente a 9.82% y 9.61% respectivamente.

Tabla 2.7. Formulaciones experimentables A y B. Proteína de soja hidratada.

Ingrediente	Formulación A		Formulación B	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)
Carne de Res Especial	450	85.45	450	85.16
Agua	51.7	9.82	50.8	9.61
Sal	2.5	0.47	2.5	0.47
PROBIND MB 1.0	4.5	0.85	5.4	1.02
Tripolifosfato Sódico	1.0	0.19	1.0	0.19

Continúa...

Tabla 2.7. *Formulaciones experimentables A y B. Proteína de soja hidratada. (Continuación)*

Ingrediente	Formulación A		Formulación B	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)
Eritorbato de sodio	0.2	0.04	0.2	0.04
Ajo en Polvo	2.5	0.47	2.5	0.47
Cebolla en polvo	2.0	0.38	2.0	0.38
Pimienta negra	-	-	2.5	0.47
Mostaza en polvo	-	-	2.5	0.47
Puerro	0.7	0.13	-	-
Paprika en Polvo	2.5	0.47	-	-
Proteína de Soja	9.0	1.71	9.0	1.70
Total	526.6	100	528.4	100

Como se observa en la tabla 2.7, el peso total en la formulación A es de 526.6 g y en la formulación B es de 528.4 g. Tomando en cuenta lo anterior, se procede a llevar a cabo el proceso de elaboración especificado en la sección 2.2.1; obteniéndose así cuatro porciones de carne estructurada de res para hamburguesas en estado crudo de 131.65 g para la formulación A y 132.1 g para la formulación B tal como se muestra en la figura 2.6.



Figura 2.6 Formulación A (izquierda) y formulación B (derecha) en estado crudo

El proceso de cocción de las formulaciones A y B, se realizó mediante freído superficial a una temperatura de 140°C a 180°C. (Robinson, 2010)



Figura 2.7. Proceso de freído para formulaciones A y B

Las formulaciones A Y B fueron sometidas a un proceso de evaluación organoléptica en el laboratorio por parte de las investigadoras a través de 4 parámetros: olor, apariencia, sabor y textura; sus resultados se presentan en la tabla 2.8

Tabla 2.8. Resultados experimentales de formulaciones A y B de carne estructurada de res para hamburguesa.

Parámetros de Evaluación	Formulación A	Formulación B
Olor	Fuerte, predominando el aroma del Puerro.	Suave y Agradable, predominando el aroma de la pimienta.
Apariencia	En crudo, se percibe la presencia de la proteína de soja debido a una diferencia de color provocada por la paprika, la cual proporciona una coloración característica entre anaranjado y rojo. Al cocinar la carne estructurada esta coloración permanece y da una apariencia cruda que no es aceptable a la vista y se siguió percibiendo la proteína de soja.	La carne presentó una coloración pálida debido a la cantidad de grasa presente en la carne molida de res especial, lo que genera una percepción de carne no fresca, adicional a esto, la proteína de soja es perceptible a la vista en estado crudo y cocido, dicho suceso se observa en la figura 2.8

Continúa...

Tabla 2.8. *Resultados experimentales de formulaciones A y B de carne estructurada de res para hamburguesa. (Continuación).*

Parámetros de Evaluación	Formulación A	Formulación B
Sabor	No se logró percibir completamente todos los ingredientes incluidos en la formulación debido a que el puerro fue predominante y esto no es aceptable al paladar.	Picante, debido a la presencia de pimienta y ácido provocado por la mostaza. Debido a la alta concentración de pimienta no se logró percibir los demás ingredientes incluidos en esta formulación.
Textura	En crudo, la cohesión de la carne no era la esperada, ya que se percibía fragilidad en la estructura de la carne, se presentaron fisuras, por lo que no mantuvo la forma deseada. Ya cocida, la mordida percibida fue suave y agradable al dente.	En crudo, se percibió mayor firmeza, mayor compactación por lo que se obtuvo mayor cohesión entre las proteínas. Cocida, la carne es firme al corte, sin embargo, la textura al masticar no era aceptable por su alta firmeza.

De las formulaciones A y B se determinó que:

- a. El tipo de carne utilizado, carne molida de res especial, contiene un alto porcentaje de grasa que afecta directamente la efectividad de cohesión de la enzima Transglutaminasa en la formación de enlaces covalentes entre las diferentes proteínas presentes en la formulación. Lo que propició fragilidad, formación de fisuras y poca adherencia entre la carne de res y la proteína de soja.
- b. La Paprika, fue descartada como ingrediente para la formulación de la carne estructurada de res, debido a que la coloración proporcionada por esta no es agradable en el producto y no aporta significativamente al sabor.
- c. La acidez proporcionada por la mostaza en el producto final provocó un sabor desagradable, por lo cual se descartó como ingrediente de formulación.
- d. La concentración utilizada de puerro es demasiado alta por lo que opacó la presencia de los demás ingredientes.
- e. La concentración utilizada de la pimienta es demasiado alta por lo que no dejó percibir los demás ingredientes.

- f. En cuanto al método de cocción, el freído es considerado como un proceso de deshidratación ya que a medida que un alimento es freído, las células internas se van deshidratando y el agua evaporada es reemplazada por el aceite de freído, lo que se considera contradictorio a la acción de la enzima, ya que esta al tener una alta Capacidad de Retención de Agua provoca deformación de la carne estructurada, aumentando considerablemente la altura de esta.
- g. La proteína de soja hidratada fue muy perceptible a la vista, debido a la diferencia de color entre esta y la carne molida de res especial y también por el tamaño de partícula.



Figura 2.8. Problemas de adherencia entre proteína de soja texturizada y carne molida de res especial

Tabla 2.9. Conclusiones de los resultados experimentales de formulaciones A y B de carne estructurada de res para hamburguesa.

Formulación A	Formulación B
Concentración utilizada de enzima Transglutaminasa es la inadecuada para su funcionalidad con carne molida de res especial.	
Eliminación de paprika	Eliminación de mostaza
Sustitución de carne molida de res especial.	
Cambio del freído como método de cocción.	

Continúa...

Tabla 2.9. Conclusiones de los *resultados experimentales de formulaciones A y B de carne estructurada de res para hamburguesa. (Continuación)*

Formulación A	Formulación B
Aumento de las concentraciones de ajo y cebolla en polvo.	
Disminución del tamaño de partícula de la proteína de soja texturizada.	
Disminución de la concentración del puerro	Disminución de la concentración de pimienta

2.2.2.2 Formulaciones experimentales C y D.

Tomando en cuenta lo mencionado en la sección 2.2.2.1, se estableció que para la realización de más pruebas experimentales se utilizará carne molida de res súper especial, ya que el contenido de grasa de la carne afectó directamente la acción de la enzima en la carne estructurada, por lo que para las pruebas siguientes se mantiene la proporción de la enzima Transglutaminasa establecidas en la formulación A y B, siendo 0.90% y 1.07% respectivamente y así poder evaluar su efectividad.

Para las formulaciones C y D, presentadas en la tabla 2.10, se tomaron en cuenta las observaciones realizadas a las formulaciones A y B; por lo que para la formulación C se omitió el uso del puerro como ingrediente de formulación y en la formulación D se disminuyó su concentración. Además, se determinó disminuir la concentración de la pimienta, mientras que al ajo y la cebolla se le aumentó su proporción en ambas formulaciones; esto con el fin de lograr mayor percepción de todos los ingredientes involucrados en la formulación base y así identificar cuál de las nuevas formulaciones experimentales es la más aceptable en olor y sabor.

Tabla 2.10. *Formulaciones experimentales C y D. Proteína de soja seca*

Ingrediente	Formulación C		Formulación D	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)
Carne de Res Súper Especial	450	89.52	450	89.57
Agua	25	4.97	25	4.97
Sal	2.5	0.50	2.5	0.50

Continúa...

Tabla 2.10. *Formulaciones experimentales C y D. Proteína de soja seca (Continuación)*

Ingrediente	Formulación C		Formulación D	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)
PROBIND MB 1.0	4.5	0.90	5.4	1.07
Tripolifosfato Sódico	1.0	0.20	1.0	0.20
Eritorbato de sodio	0.2	0.04	0.2	0.04
Ajo en Polvo	5.0	0.99	4.0	0.80
Cebolla en polvo	4.0	0.80	3.0	0.60
Pimienta negra	1.5	0.30	2.0	0.40
Puerro	-	-	0.3	0.06
Proteína de Soja	9.0	1.79	9.0	1.79
Total	502.7	100	502.4	100

Los pesos totales y los porcentajes de las formulaciones C y D de la tabla 2.10 son establecidos a base de proteína de soja texturizada seca, utilizados para el proceso de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa.

La proteína de soja texturizada fue sometida a un proceso de disminución de partícula a través de un molino para especias, cremas, salsas y pastas marca WARING, posteriormente se tamizó en un tamizador de marce ELECTROLAB para determinar el tamaño de la partícula tal como se detalla en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. *Disminución de tamaño de partícula de Proteína de Soja texturizada seca.*

	Tamaño 1	Tamaño 2
Malla (ASTM)	10	7
Tamaño de Partícula (mm)	2.00	2.83

Para establecer cuál de los dos tamaños de partícula se adaptaba de mejor manera a las necesidades visuales del producto final, se realizó una prueba piloto incluyendo solamente carne molida de res súper especial y la proteína de soja molida; dando como resultado que el tamaño 1 es el más adecuado para la incorporación en las formulaciones C y D, debido a que

no es perceptible a la vista posterior al tratamiento térmico aplicado; tal como se observa en la figura 2.9.

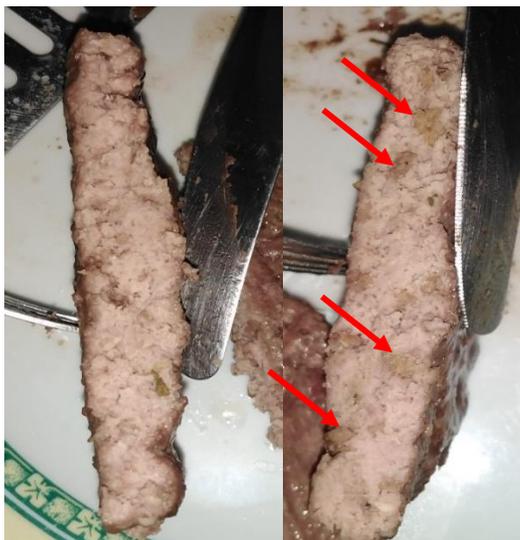


Figura 2.9 Prueba Piloto de tamaño de partícula para proteína de soja texturizada. De izquierda a derecha: tamaño 1 y tamaño 2.

Al igual que en las formulaciones A y B, se hidrató la proteína de soja texturizada, teniendo como resultados los pesos presentados en la tabla 2.12; estos resultados varían según el agua absorbida por la proteína de soja.

Tabla 2.12. *Hidratación de la proteína de soja texturizada. Formulaciones C y D*

	Proteína de Soja Formulación C	Proteína de Soja Formulación D
Peso inicial (g) (seca)	9	9
Peso Final (g) (hidratada)	29.45	30.1

De la misma forma, se efectúa un balance de agua en todo el proceso (Ver ANEXO E.2), donde se obtiene que para la formulación C la masa total de agua es de 45.45g y para la formulación D 46.1g; siendo sus porcentajes en las formulaciones 8.69% y 8.81% respectivamente.

Tabla 2.13. *Formulaciones experimentales C y D. Proteína de soja hidratada.*

Ingrediente	Formulación C		Formulación D	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)
Carne de Res Súper Especial	450	86.02	450	85.96
Agua	45.45	8.69	46.1	8.81
Sal	2.5	0.48	2.5	0.48
PROBIND MB 1.0	4.5	0.86	5.4	1.03
Tripolifosfato Sódico	1.0	0.19	1.0	0.19
Eritorbato de sodio	0.2	0.04	0.2	0.04
Ajo en Polvo	5.0	0.96	4.0	0.76
Cebolla en polvo	4.0	0.76	3.0	0.57
Pimienta negra	1.5	0.29	2.0	0.38
Puerro	-	-	0.3	0.06
Proteína de Soja Molida	9.0	1.72	9.0	1.72
Total	523.15	100	523.5	100

Como se observa en la tabla 2.13, el peso total en la formulación C es de 523.15 g y en la formulación D es de 523.5g. Tomando en cuenta lo anterior, se procede a llevar a cabo el proceso de elaboración especificado en la sección 2.2.1; obteniendo así cuatro porciones de carne estructurada de res para hamburguesas en estado crudo de 130.8 g para la formulación C y 130.9 g para la formulación D.



Figura 2.10. Formulaciones C y D en crudo. (C arriba, D abajo)

En base a las observaciones mencionadas sobre el tratamiento térmico para las formulaciones A y B, se decidió comparar el proceso de freído con horneado para la carne estructurada en las formulaciones C y D (Ver ANEXO F) donde se hornearon las carnes estructuradas a una temperatura de horno de 170°C y a una temperatura interna del producto de 76°C durante 25 a 30 minutos. (Gobierno de los Estados Unidos, 2019). Los resultados obtenidos en la comparación de los tratamientos térmicos aplicados se presentan en la tabla 2.14.



Figura 2.11. Proceso de horneado para formulaciones C (izquierda) y D (derecha).

Tabla 2.14. Comparación de métodos de cocción en carne estructurada para hamburguesa en formulaciones C y D

Parámetros	Freído	Horneado
Reducción de peso (%)	34.21	18.97
Disminución de diámetro (%)	23.77	14.49
Aumento de altura (%)	86.67	0

De la Tabla 2.14 se establece que los porcentajes de reducción de peso, disminución de diámetro y aumento de altura fueron menores en la carne horneada con respecto a los porcentajes del freído, cabe resaltar que el parámetro de altura es el que presentó mayor deformidad en el freído que en el horneado. Por lo que se puede determinar el horneado como método de cocción ideal para la carne estructurada de res para hamburguesa, debido a que afecta en menor proporción las dimensiones del producto; esto se atribuye a la forma de distribuir el calor, el horneado sella perfectamente la superficie de los alimentos dejando el interior jugoso, evitando así la pérdida de humedad, además garantiza que la carne quede perfectamente cocida.

Las formulaciones C Y D fueron sometidas a un proceso de evaluación organoléptica a través de 4 parámetros: olor, apariencia, sabor y textura; sus resultados se presentan en la tabla 2.15

Tabla 2.15. *Resultados experimentales de formulaciones C y D de carne estructurada de res para hamburguesa.*

Parámetros de Evaluación	Formulación C	Formulación D
Olor	Agradable, tanto en carne estructurada cruda como en cocida.	Agradable, predominando el olor a pimienta, tanto en carne estructurada en estado crudo como cocido.
Apariencia	La coloración de la carne en estado crudo provocó una percepción de carne fresca y debido a la disminución del tamaño de partícula de la soja esta no fue percibida disimulando así su presencia en la carne estructurada de res en estado crudo y cocido para ambas formulaciones.	
Sabor	Agradable, se logran percibir todos los ingredientes involucrados en la formulación.	El puerro predomina sobre todos los demás ingredientes lo cual no es agradable al paladar.
Textura	En crudo, se observa buena compactación entre las proteínas involucradas, no hay formación de fisuras. En cocido, se mantiene su estructura, es agradable al masticar en cuanto a jugosidad y dureza.	En crudo, se observa buena compactación entre las proteínas involucradas, sin formación de fisuras. En cocido, se percibe una dureza no agradable al dente, provocada por la fuerte cohesión entre las proteínas adjudicándolo a la concentración de la enzima utilizada.

De las formulaciones C y D se determinó que:

- a. Utilizar carne molida de res súper especial, favorece la acción de la enzima en la formación de enlaces covalentes entre los tipos de proteínas presentes en la formulación.
- b. La concentración de enzima Transglutaminasa utilizada en la formulación C, 4.5g equivalente al 0.90% es la necesaria para obtener la cohesión, firmeza y uniformidad deseadas en la carne estructurada.
- c. El tamaño 1 de proteína de soja, es el más adecuado debido a que este es imperceptible a la vista en estado crudo y cocido de la carne estructurada. A su vez, el tamaño de partícula influye directamente en la absorción de agua que tiene la proteína de soja texturizada al hidratarse.
- d. El puerro fue descartado como ingrediente para la formulación de la carne estructurada de res, debido a que su presencia en la formulación D opaca la perceptibilidad de los demás ingredientes. En cambio, en la formulación C, se lograron percibir todos los ingredientes de forma armónica y agradable.
- e. En cuanto al método de cocción, el horneado proporcionó mejores resultados (tabla 2.14) en comparación con el freído. Debido a que la forma y apariencia de la carne estructurada para hamburguesa, se mantiene sin presentar mayores deformidades.

Tabla 2.16. *Conclusiones de los resultados experimentales de formulaciones C y D de carne estructurada de res para hamburguesa.*

Formulación C	Formulación D
Utilización de carne molida de res súper especial	
Correcta concentración de enzima Transglutaminasa	Incorrecta concentración de enzima Transglutaminasa
-	Eliminación del puerro
Tamaño 1 (2 mm) para proteína de soja texturizada	
Utilización de horneado como método de cocción.	
Correcta concentración de ajo, cebolla y pimienta negra en polvo	Baja concentración de ajo y cebolla en polvo y alta concentración de pimienta negra en polvo

2.3 Estandarización del proceso de producción.

Para la determinación de la formulación final de la carne estructurada de res para hamburguesa se tomaron en cuentas las conclusiones de las formulaciones A, B, C y D, resumidas en la tabla 2.17.

Tabla 2.17. Resumen de formulaciones experimentales preliminares (A, B, C y D) para la determinación de formulación final.

Indicadores	A	B	C	D
Concentración de la enzima Transglutaminasa	4.5 g (0.90%)	5.4 g (1.07%)	4.5 g (0.90%)	5.4 g (1.07%)
Tipo de carne molida de res	Especial	Especial	Súper especial	Súper especial
Ingredientes excluidos	Pimienta negra y mostaza en polvo	Puerro y paprika en polvo	Puerro, pimienta negra, mostaza en polvo y paprika en polvo	Pimienta negra, mostaza en polvo y paprika en polvo
Método de cocción	Freído	Freído	Horneado	Horneado
Tamaño de proteína de soja	Entera	Entera	Triturada (2mm)	Triturada (2mm)

2.3.1 Formulación final.

Tomando en cuenta lo establecido en la sección 2.2, se seleccionó la formulación C como formulación final en la elaboración de carne estructurada de res para hamburguesa, debido a que esta brinda las características tecnológicas y organolépticas deseadas en el producto final.

Tabla 2.18. *Formulación final de carne estructurada de res para hamburguesa.*

	Soja Seca	Soja Hidratada
Ingrediente	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Carne de Res Súper Especial	89.52	86.02
Agua	4.97	8.69
Sal	0.50	0.48
PROBIND MB 1.0	0.90	0.86
Tripolifosfato Sódico	0.20	0.19
Eritorbato de sodio	0.04	0.04
Ajo en Polvo	0.99	0.96
Cebolla en polvo	0.80	0.76
Pimienta negra	0.30	0.29
Proteína de Soja Molida	1.79	1.72

De la tabla 2.18, se debe destacar que los porcentajes se ven afectados por el agua añadida durante el proceso de hidratación de la soja, por lo que para el proceso de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa se deben tomar en cuenta los porcentajes en base a la proteína de soja seca y los porcentajes en base a soja hidratada hace referencia al producto final.

2.3.2 *Proceso de elaboración estandarizado de carne estructurada de res para hamburguesa.*

A partir de las pruebas experimentales realizadas, se logra estandarizar el proceso de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa tomando en cuenta los porcentajes presentados en la tabla 2.18.

La carne estructurada de res para hamburguesa fue elaborada en moldes con diámetro de 10.8 cm con una altura de 1 cm, los cuales tienen una capacidad para 120 g de producto previo a su proceso de cocción.

En la elaboración estandarizada de la carne estructurada de res para hamburguesas se ven involucrados diferentes equipos, los cuales son descritos en el ANEXO G.

El proceso de elaboración se describe en los siguientes pasos (ver ANEXO H):

- a. Se pesan todos los ingredientes involucrados en la formulación final en sus porcentajes correspondientes. (tabla 2.18)
- b. Se hidrata la proteína de soja texturizada molida con agua potable a temperatura ambiente. Una vez la soja está hidratada, se retira el exceso de agua a presión y se pesa la proteína para determinar la cantidad de agua absorbida.
- c. Se mezcla la carne molida de res súper especial con todos los ingredientes incluyendo el agua, haciendo uso de una mezcladora. Se realiza el proceso de mezclado de 2 a 4 minutos.
- d. Se añade espolvoreando la enzima Transglutaminasa PROBIND MB 1.0 en la mezcla. Se debe mezclar con una mezcladora durante 2 a 4 minutos.
- e. Se coloca la mezcla en moldes con diámetro 10.8 cm y 1.0 cm de altura. Luego se envuelven en papel film, asegurando que no queden burbujas de aire entre el empaque y la carne ya que esto impediría la correcta activación de la enzima Transglutaminasa.
- f. Se debe almacenar a temperatura de refrigeración de 2°C a 5°C durante 24 horas. Luego de las 24 horas de refrigeración, la carne ya está estructurada; como se ve en la Figura 2.12
- g. Se retira la carne estructurada de los moldes.
- h. Se hornea la carne estructurada a una temperatura de horno de 170°C y una temperatura interna del producto de 76°C durante 30 minutos.
- i. Se deja enfriar hasta llegar a temperatura de 25°C para empacar.
- j. Se procede a congelar el producto a una temperatura de -15°C

Luego de que se aplica el procedimiento descrito anteriormente, se espera que la carne estructurada de res para hamburguesa tenga un peso promedio de 95.0 g, diámetro de 9.2 cm y altura de 1 cm.

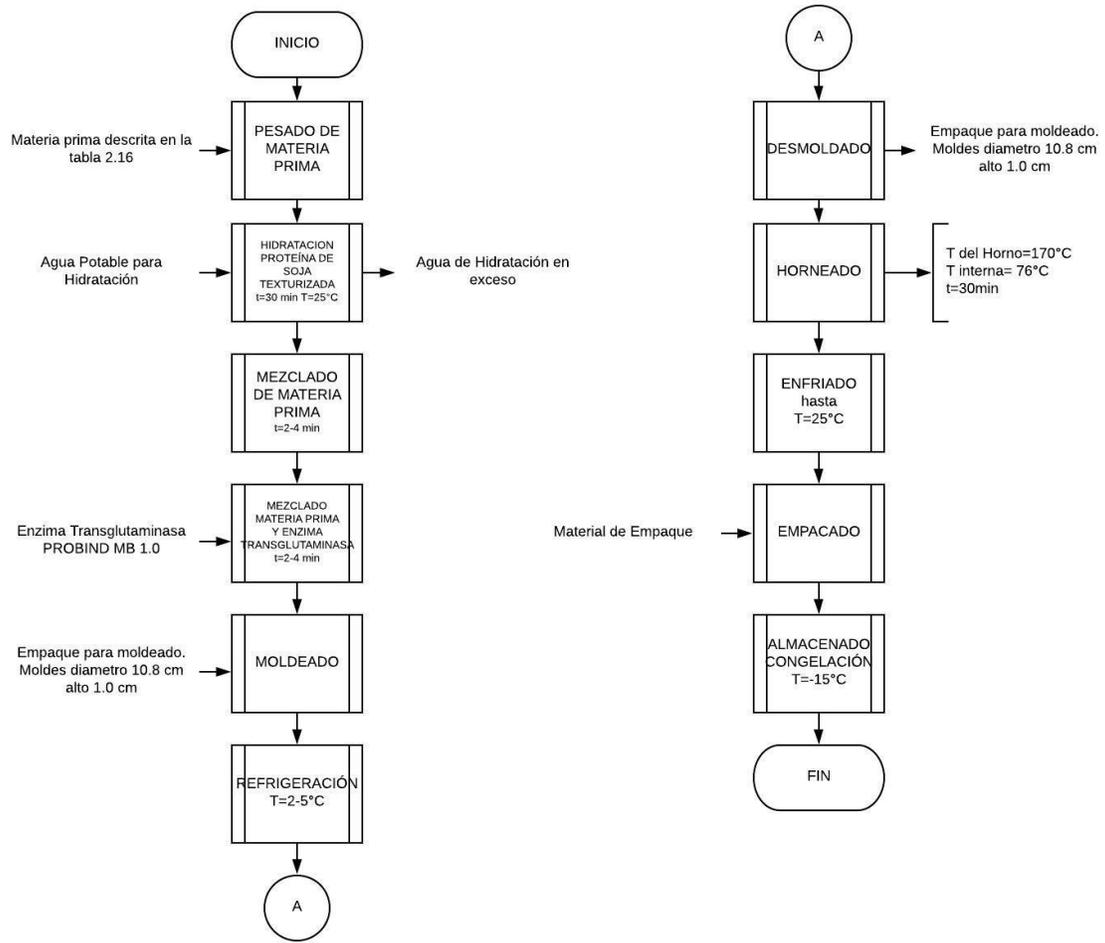


Gráfico 2.2. Flujograma de proceso estandarizado de la carne estructurada de res para hamburguesa.



Figura 2.12. Proceso de refrigeración por 24 horas entre 2°C a 5°C.

2.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial de aceptabilidad se realizó por medio de dos metodologías: prueba hedónica, con el objetivo de identificar el grado de aceptabilidad de la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa contra una carne para hamburguesa sin enzima, mediante la evaluación de los atributos: olor, sabor, textura y apariencia en una escala de 5 puntos verbal (Ver Tabla 2.19) (Hernández Alarcon, 2005); y prueba de preferencia pareada, cuyo objetivo fue determinar la preferencia de los panelistas entre las mismas muestras.

Tabla 2.19. *Escala de calificación verbal de 5 puntos para prueba hedónica*

Escala	Indicador
1	“Me desagrada mucho”
2	“Me desagrada levemente”
3	“No me agrada, ni me desagrada”
4	“Me agrada levemente”
5	“Me agrada mucho”

Además, se añadieron una serie de preguntas con el objetivo de identificar las diferencias más significativas entre ellas. En el ANEXO I, se presenta la herramienta de evaluación utilizada en el desarrollo del panel sensorial.

El tamaño de la muestra fue de cincuenta panelistas, siendo la cantidad mínima aceptada para esta prueba. (Hernández Alarcon, 2005). Para la realización de la prueba, cada panelista fue ubicado en cabinas individuales para bloquear toda distracción y obtener una elevada concentración por parte de ellos durante la prueba. Dos muestras codificadas (Ver Tabla 2.20) fueron servidas, acompañadas de un vaso con agua para limpiar el paladar entre muestra y muestra; y también un vaso con café en polvo para diferenciar los olores.



Figura 2.13. Cabina individual para panelistas utilizadas en panel sensorial

Las muestras presentadas en el panel sensorial fueron elaboradas con la formulación final y con el proceso estandarizado de la carne estructurada de res para Hamburguesa especificados en la sección 2.3; la única diferencia entre muestras es la presencia de la enzima Transglutaminasa en una de ellas.

Tabla 2.20. Codificación de muestras presentadas en panel sensorial

Código de la muestra	Tipo de preparación de carne
TKR0	Carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa
TKR5	Carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa

El orden en el que se indicó a los panelistas que probaran las muestras fue, primero TKR0 seguido TKR5.

La prueba se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador; esta se efectuó en dos grupos de diecisiete personas y uno de dieciséis para completar los cincuenta panelistas necesarios.



Figura 2.14. Desarrollo de panel sensorial

2.4.1 Prueba Hedónica

Al realizar el recuento de los resultados de la prueba hedónica, se obtuvo la sumatoria de panelistas afines por cada parámetro presentado en la herramienta de evaluación, los resultados se presentan en la tabla 2.21

Tabla 2.21. *Conteo de respuestas por panelista. Prueba hedónica.*

Parámetros	Códigos	Escalas				
		Me agrada mucho	Me agrada levemente	No me agrada ni me desagrada	Me desagrada levemente	Me desagrada mucho
Olor	TKR0	8	29	8	5	0
	TKR5	21	12	15	2	0
Apariencia	TKR0	25	21	3	1	0
	TKR5	33	12	3	2	0
Sabor	TKR0	10	26	11	3	0
	TKR5	30	18	1	1	0
Textura	TKR0	33	11	6	0	0
	TKR5	34	13	2	1	0

Como se puede observar en la tabla 2.21:

- a. Para el parámetro “olor” la mayoría de los panelistas indicó que le agrada levemente TKR0, mientras que para TKR5, la mayoría de los panelistas se encuentra entre “me agrada levemente” y “me agrada mucho” siendo esta última la más seleccionada.
- b. Para el parámetro “apariencia” casi todas las respuestas de los panelistas se encuentran entre “me agrada levemente” y “me agrada mucho” repartidos de forma homogénea para TKR0. Mientras que para TKR 5, la mayoría indicó que le agrada mucho.
- c. Para el parámetro “sabor” la mayoría de las respuestas de los panelistas se encuentra entre “no me agrada ni me desagrada” y “me agrada mucho” siendo “me agrada levemente” seleccionada por la mitad de los panelistas para la muestra TKR0. Mientras que para la muestra TKR5 la mayoría escogió “me agrada mucho”.
- d. Para el parámetro “textura” la mayoría de los panelistas seleccionó “me agrada mucho” para ambas muestras TKR0 y TKR5.

Los promedios para cada parámetro se presentan en la tabla 2.22, donde se determina que el promedio de los cuatro parámetros de evaluación favorece a la muestra TKR5.

Tabla 2.22. *Promedios de puntaje por parámetro. Prueba hedónica.*

Parámetros	Código TKR0	Código TKR5
Olor	3.8	4.04
Apariencia	4.4	4.52
Sabor	3.86	4.54
Textura	4.54	4.6

2.4.1.1 *Análisis de Varianza Simple, ANOVA.*

Para el análisis de los datos, las categorías de clasificación verbal de prueba hedónica se convierten en puntajes numéricos del 1 al 5 (Tabla 2.19). Los puntajes numéricos para cada muestra se tabulan y analizan mediante análisis de varianza simple (ANOVA), con un nivel de significancia del 5% ($p=0.05$); haciendo uso de una hoja de cálculo de Microsoft Excel con la herramienta de análisis de datos “Toolpack”, para determinar si existen diferencias

significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. Los resultados se presentan en las tablas 2.23 a 2.30.

a. Olor

Tabla 2.23. *Cálculos estadísticos. Parámetro olor.*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TKR0	50	190	3.8	0.69387755
TKR5	50	202	4.04	0.89632653

Tabla 2.24. *Análisis de resultados ANOVA. Parámetro olor.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.44	1	1.44	1.8110	0.1814295	3.9381
Dentro de los grupos	77.92	98	0.7951	-	-	-
Total	79.36	99	-	-	-	-

b. Apariencia

Tabla 2.25. *Cálculos estadísticos. Parámetro apariencia.*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TKR0	50	220	4.4	0.489795918
TKR5	50	226	4.52	0.622040816

Tabla 2.26. *Análisis de resultados ANOVA. Parámetro apariencia.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.36	1	0.36	0.6475	0.4229	3.9381
Dentro de los grupos	54.48	98	0.5559	-	-	-
Total	54.84	99	-	-	-	-

c. Sabor

Tabla 2.27. *Cálculos estadísticos. Parámetro sabor.*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TKR0	50	193	3.86	0.65346939
TKR5	50	227	4.54	0.41673469

Tabla 2.28. *Análisis de resultados ANOVA. Parámetro sabor.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11.56	1	11.56	21.6033	1.02E-05	3.9381
Dentro de los grupos	52.44	98	0.5351	-	-	-
Total	64	99	-	-	-	-

d. Textura

Tabla 2.29. *Cálculos estadísticos. Parámetro textura.*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TKR0	50	227	4.54	0.498367347
TKR5	50	230	4.6	0.448979592

Tabla 2.30. *Análisis de resultados ANOVA. Parámetro textura.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.09	1	0.09	0.1900	0.6638	3.9381
Dentro de los grupos	46.42	98	0.4736	-	-	-
Total	46.51	99	-	-	-	-

Para determinar si existen diferencias significativas entre las medias del tratamiento (muestras) o de los panelistas, los valores de F calculados se comparan con el valor crítico para F. Si el valor de F calculado es superior al valor crítico para F, habrá evidencia de que hay diferencias significativas.

Tabla 2.31. *Análisis de diferencias significativas entre muestras*

Parámetros	F	Valor crítico para F	Comentario
Olor	1.8110883	3.938111078	No hay diferencia significativa
Apariencia	0.647577093		No hay diferencia significativa
Sabor	21.6033562		Si hay diferencia significativa
Textura	0.190004308		No hay diferencia significativa.

De la tabla 2.31, se determina que para los parámetros olor, apariencia y textura, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas muestras para un nivel de significancia del 5%. Mientras que para el parámetro sabor, se establece que sí se encuentra una diferencia estadísticamente significativa para ambas muestras. Esto se atribuye a que los panelistas no son entrenados en la degustación de este tipo de productos, por lo que los mismos se predisponen a que el parámetro diferencial sea sabor, lo que se confirma con los datos obtenidos en el análisis ANOVA.

Además, es favorable para la investigación que no exista diferencia estadísticamente significativa para el parámetro textura, lo que indica que para los panelistas no fue perceptible la presencia o ausencia de la enzima Transglutaminasa en el producto; confirmando así su uso como coadyuvante de elaboración en el proceso.

2.4.2 *Prueba de preferencia pareada.*

En esta prueba, los panelistas debían seleccionar entre las muestras, cuál de ellas era de su preferencia.

Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 2.32, donde se establece que el 18% de los panelistas prefieren la muestra TKR0 correspondiente a la carne de res para hamburguesa sin

enzima Transglutaminasa, mientras que el 82% se inclinan hacia la muestra TKR5 correspondiente a la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa.

Tabla 2.32. *Resumen de los resultados de la prueba de preferencia pareada.*

Código de la Muestra	Número de panelistas que prefieren la muestra	Porcentaje de panelistas que prefieren la muestra(%)
TKR0	9	18
TKR5	41	82

2.4.2.1 *Análisis por distribución binominal.*

Una forma de determinar si los panelistas prefieren la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa en lugar de la carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa, es a través del análisis del mínimo número de respuestas correctas y así poder establecer la significancia por lo que se fija una prueba de dos colas con un nivel de significancia del 5% ($p=0.05$)

Utilizando el ANEXO J, se obtiene que para un número de 50 panelistas a un nivel de significancia del 5% para una prueba de dos colas en preferencia pareada, se requiere al menos 33 panelistas que se inclinen por una de las muestras presentadas para decir que existe una diferencia de preferencia.

Los resultados muestran que 41 panelistas se inclinan por la Muestra TKR5, por lo tanto, se dice que la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa fue significativamente preferida sobre la carne para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa.

2.4.2.2 *Análisis por Chi cuadrado.*

En la herramienta de evaluación se indicó a los panelistas encerrar en un círculo cuál de las dos muestras preferían, debido a esto no se obtienen respuestas correctas ni falsas; por lo que se llevará a cabo una prueba de dos colas o test de ni correcto ni de falso, a la misma vez se trabajará con un nivel de significancia del 5% ($p=0.05$).

Para el análisis por chi cuadrado se utiliza la ecuación 2.1:

$$x^2 = \left[\frac{(O_1 - E_1)^2 - 0.5}{E_1} \right] + \left[\frac{(O_2 - E_2)^2 - 0.5}{E_2} \right] \quad (\text{Ecuación 2.1}) \quad (\text{Witting, 2001})$$

En donde:

O_1 = Número de observados de elecciones en Muestra TKR0

O_2 = Número de observados de elecciones en Muestra TKR5

E_1 = Número esperado en elecciones de Muestra TKR0

E_2 = Número esperado en elecciones de Muestra TKR5

N = Número de panelistas.

Tabla 2.33. *Análisis de datos de prueba de preferencia pareada por chi cuadrado*

Variable	Valores
O_1	9
O_2	41
E_1	25
E_2	25
N	50

Se sustituyen los datos de la tabla 2.33 en la ecuación 2.1 para la obtención de chi cuadrado. El valor de x^2 calculado es de 20.44.

Debido a que se están analizando dos muestras, los grados de libertad son de 1 y recordando que el valor de “p” es igual a 0.05, se obtiene del ANEXO K el valor de x^2 tabulado, el cual corresponde a 3.84.

Las hipótesis planteadas para el análisis chi cuadrado son:

H_0 (*Hipotesis nula*) = no se detectan preferencias, las preferencias observadas se deben al azar. Por lo que la muestra TKR0 = TKR5.

H_1 (*alterna*) = Se detectan preferencias. Por lo que la muestra TKR0 \neq muestra TKR5.

Analizando los valores de χ^2 se obtiene que:

$$\chi^2 \text{Calculado} > \chi^2 \text{ Tabulado};$$
$$20.44 > 3.84$$

Se obtuvo que el valor de chi cuadrado calculado es mayor que el valor de chi cuadrado tabulado, por lo que se rechaza la H_0 (Hipótesis nula) y se dice que los panelistas detectan significativamente preferencias para la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa (Muestra TKM5) con un nivel de 5% de significación ($p=0.05$).

2.4.2.3 *Análisis de preguntas adicionales.*

Las preguntas 2 y 3 de la herramienta de evaluación utilizada en el panel sensorial, consistían en determinar si era perceptible alguna diferencia entre ambas muestras y de ser así, especificar en cuál de los siguientes parámetros: olor, apariencia, sabor o textura.

Los 50 panelistas dieron una respuesta afirmativa a la percepción de diferencia entre las muestras y los resultados por parámetro se presentan en la tabla 2.34.

Tabla 2.34. *Cuantificación de resultados pregunta N°3 de la herramienta de evaluación*

Parámetros	Cantidad de personas
Olor	11
Apariencia	2
Sabor	23
Textura	14
Total	50

De estos resultados, se establece que los dos parámetros diferenciadores con mayor número de selecciones son sabor y textura, con un 46% y 28% respectivamente. Se evidencia que el parámetro sabor predomina significativamente sobre los demás, lo que es contradictorio ya que ambas muestras fueron realizadas utilizando la misma formulación con la única diferencia que en la muestra TKR0 no se utilizó enzima Transglutaminasa y en TKR5 sí. Dicha tendencia es reincidente a los resultados obtenidos en el análisis ANOVA de la sección 2.4.1.1.

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Análisis de producto final

Se realizaron análisis microbiológicos y químico proximal a muestras de carne estructura de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa y los análisis fisicoquímicos comparando con carne para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa.

Dichas muestras se elaboraron en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

3.1.1 Análisis microbiológicos.

Los análisis microbiológicos de la carne estructurada de res para hamburguesa fueron realizados por un laboratorio microbiológico privado, dichos análisis son los requeridos por el Reglamento Técnico Centroamericano: *Alimentos. Criterios Microbiológicos para la inocuidad de los alimentos* RTCA 67.04.50:17 para el subgrupo 8.3 productos cárnicos cocidos, incluyendo los curados y/o ahumados. (Ver ANEXO L)

Tabla 3.1. Resultados de análisis microbiológicos contra parámetros establecidos en el RTCA 67.04.50:17.

Análisis	Resultado	Límite permitido	Método de análisis
<i>Escherichia coli</i>	Menor de 3.0	10 UFC/g	NMP, BAM 2002
<i>Salmonella</i>	Ausente	Ausencia/25 g	Ausencia – presencia, BAM 2011
<i>Listeria Monocytogenes</i>	Ausente	Ausencia/25 g	Ausencia – presencia, BAM 2003
<i>Staphylococcus Aureus</i>	Menor de 10	10 ² UFC/g	Conteo directo en caja, BAM 2001
<i>Clostridium Perfringens</i>	Menor de 10	10 ² UFC/g	Conteo directo en caja, BAM 2001

Los resultados obtenidos de cada microorganismo están debajo del límite permitido, por lo que se establece que el producto fue elaborado aplicando Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) garantizando así la inocuidad en el producto final, siendo esto indispensable para la obtención del registro sanitario para la carne estructurada de res para hamburguesa.

3.1.2 Análisis químico proximal (análisis bromatológicos).

Las muestras de la carne estructurada de res para hamburguesa, desarrollada en la parte experimental de esta investigación, fueron sometidas a análisis químico proximal en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. (Ver ANEXO M)

Tabla 3.2. Resultados de análisis químico proximal en base húmeda de la carne estructurada de res para hamburguesa.

Análisis	Metodología	Carne Estructurada de res para hamburguesa
%Humedad Total	Gravimétrico	61.41
%Materia Seca		38.59
%Ceniza		1.96
%Proteína Cruda	Micro-Kjedahl	22.95
%Extracto Etéreo	Soxhlet	10.95
%Fibra Cruda	Ankom	0.00
%Carbohidratos	Diferencia	2.72

Estos resultados permiten evaluar la composición nutricional que tiene la carne estructurada de res para hamburguesa, además se utiliza como base de cálculo para la determinación de la tabla nutricional del producto final.

El porcentaje de proteína resultante permite cuantificar el aumento de esta, con respecto a la carne molida de res súper especial con un valor de 17.27% (ver tabla 2.2) a 22.95% esto es debido a la incorporación de la proteína de soja texturizada en la formulación de la carne estructura de res para hamburguesa.

El porcentaje de humedad no se redujo significativamente, ya que el porcentaje de la carne molida de res súper especial fue de 72% (ver tabla 2.2), esto se atribuye al método de cocción utilizado y por la función de la enzima Transglutaminasa como se explicó en el proceso experimental de esta investigación.

El porcentaje de extracto etéreo aumentó de 9.21% (ver tabla 2.2) a 10.95% con respecto a la carne molida de res súper especial, esto se adjudica a que al disminuir el porcentaje de humedad del producto aumenta el porcentaje de los demás componentes, además por los otros ingredientes añadidos a la formulación que aportan ácidos grasos; cabe resaltar que a pesar de someter la carne al proceso de horneado este no pierde su jugosidad, el cual es un punto importante para el producto final.

3.1.3 Análisis fisicoquímicos.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa y en la carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa con el objetivo de establecer cómo afecta la presencia de la enzima Transglutaminasa en los parámetros indicadores de la calidad de la carne. Las muestras se tomaron en el día uno después de su elaboración.



Figura 3.1. Carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa (izquierda) y carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa (derecha).

3.1.3.1 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La medida de la Capacidad de Retención de Agua para la carne mediante el control del fluido liberado al aplicar presiones externas (deformando la muestra), ha venido utilizándose ampliamente. De los métodos de deformación de la carne tras la aplicación de altas presiones, uno de los más utilizados dada su sencillez, es el de compresión sobre papel filtro, por lo que es la metodología usada en esta investigación (Ver ANEXO D.3). (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)



Figura 3.2. Procedimiento experimental de la prueba Capacidad de Retención de Agua.

Los resultados de los pesos del papel filtro antes y después de la aplicación de la fuerza se presentan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Resultados del peso del papel filtro antes y después de la aplicación de fuerza para la prueba de Capacidad de Retención de Agua.

Tipo de carne	Peso del papel filtro antes de la aplicación de fuerza (g)	Peso del papel filtro después de la aplicación de fuerza (g)
Carne Estructurada de Res para Hamburguesa con enzima Transglutaminasa	1.02	1.10
	1.07	1.14
Carne de Res para Hamburguesa sin enzima Transglutaminasa	1.04	1.09
	1.06	1.11

Debido a que la Capacidad de Retención de Agua está ligada con la jugosidad de la carne, su valor se determina a través del porcentaje de jugo liberado (Ecuación 3.1) obtenido después de la aplicación de la fuerza, tal como se muestra en la tabla 3.4. (Ver ANEXO N)

$$\% \text{Jugo Perdido} = \left(\frac{\text{Peso Final del Papel Filtro} - \text{Peso Inicial del Papel Filtro}}{\text{Peso de la Muestra}} \right) \times 100\% \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

(Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

Tabla 3.4. *Resultados de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) obtenidos a través del porcentaje del jugo perdido.*

Tipo de carne	Porcentaje Jugo Liberado (%)		Promedio (%)
Carne Estructurada de Res para Hamburguesa con enzima Transglutaminasa	26.67	23.33	25.00
Carne de Res para Hamburguesa sin enzima Transglutaminasa	16.67	16.67	16.67

A través de los resultados obtenidos anteriormente, se determina que el porcentaje de jugo liberado de la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa es de 25, siendo este dato mayor que el de la carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa, el cual tiene un valor de 16.67%. El valor del jugo liberado está relacionado con la Capacidad de Retención de Agua de la carne, ya que estos parámetros son directamente proporcionales entre sí, es decir, que a mayor porcentaje de jugo liberado mayor Capacidad de Retención de Agua.

Debido a todos los procesos por los que pasa la carne molida para su obtención, la integridad de su fibra muscular disminuye, por lo tanto, no existe una retención física para el agua libre, afectando así su Capacidad de Retención de Agua, como se comprueba a través de los datos obtenidos de Capacidad de Retención de Agua para la carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

La Capacidad de Retención de Agua aumenta en la carne estructurada de res para hamburguesa debido a que la enzima Transglutaminasa se encarga en producir enlaces altamente resistentes a la proteólisis, evitando así la ruptura de las proteínas, las cuales juegan un papel primordial en esta propiedad funcional gracias a su capacidad para inmovilizar el agua. (Gimferrer Morató, 2018). Los cambios producidos por la enzima son atribuidos a la formación de enlaces covalentes entre los aminoácidos Lisina y Glutamina, afectando así la carga y estructura de las proteínas miofibrilares como en la miosina y la actina. Las proteínas miofibrilares son las principales responsables de la retención de agua por la carne, y de que no se separe durante las operaciones de corte y/o picado, siendo así un indicador muy sensible a la variación de la Capacidad de Retención de Agua. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

3.1.3.2 pH.

El valor de pH es utilizado como parámetro de verificación de la calidad en la carne, ya que este se relaciona directamente con la Capacidad de Retención de Agua, por lo que su determinación es indispensable para las características esperadas del producto final. (Ver ANEXO D.1.)

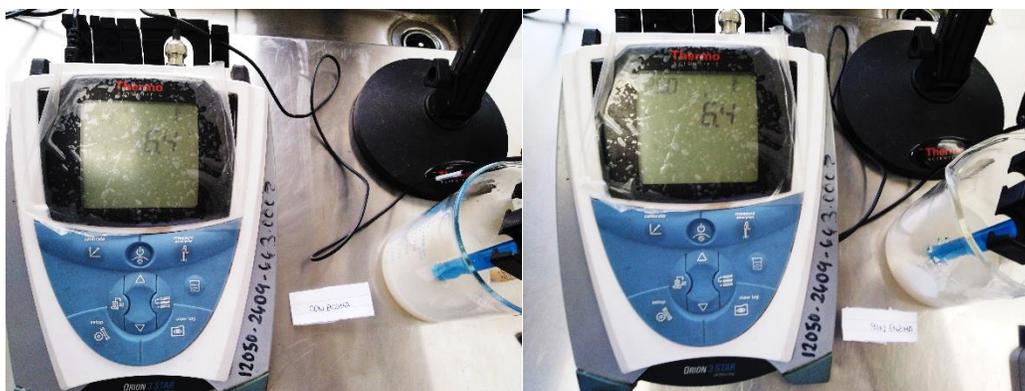


Figura 3.3. Resultados de pH en carne de res estructurada para hamburguesa con enzima Transglutaminasa (izquierda) y carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa (derecha).

Los resultados obtenidos para ambas carnes se presentan en la tabla 3.5

Tabla 3.5. *Resultados de pH en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa y carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa.*

Tipo de Carne	pH			Promedio
Carne Estructurada de Res para Hamburguesa con enzima Transglutaminasa	6.4	6.3	6.4	6.36
Carne de Res para Hamburguesa sin enzima Transglutaminasa	6.4	6.4	6.4	6.4

Los datos obtenidos demuestran que el valor del pH para la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa es de 6.36 y el pH de la carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa es de 6.4. Por lo que presenta un aumento con respecto a la carne molida de res súper especial de 5.83 a 6.36 como se puede ver en la tabla 2.4 del capítulo anterior, esto se debe al tratamiento térmico aplicado, debido a que, en todas las carnes al aumentar la temperatura, se produce un aumento en el valor del pH, lo que se relaciona con las aminos liberadas durante la aplicación de calor, estas aminos están presentes naturalmente en especies animales y otorgan carácter básico a la carne cuando son liberadas. (Rengifo Gonzalez, 2010) Ambas muestras, con enzima y sin enzima, no presentan diferencia significativa de los valores de pH ya que fueron sometidas al mismo tratamiento térmico.

Uno de los factores a tomar en cuenta es que al elevar el pH aumentan las cargas negativas de las proteínas miofibrilares, las moléculas de proteína se repelen entre sí y la matriz proteica se ensancha. Al mismo tiempo se incrementa la fuerza de atracción eléctrica de los dipolos de agua, lo cual ocasiona una elevación de la Capacidad de Retención de Agua (Restrepo Molina, y otros, 2001); dicho comportamiento se influenció mayormente por la presencia de la enzima Transglutaminasa.

3.1.3.3 *Actividad de agua (A_w).*

La A_w mide la disponibilidad de agua del medio donde se encuentran los microorganismos, lo que es igual a la relación entre la presión de vapor de agua de la solución y la presión de

vapor de agua del agua pura, es uno de los factores más críticos para asegurar la calidad y la seguridad del producto final. (Restrepo Molina,y otros, 2001)(Ver ANEXO D.2).



Figura 3.4. Mediciones de Actividad de Agua. Muestra de carne con enzima Transglutaminasa (izquierda) y carne sin enzima Transglutaminasa (derecha)

Los resultados de la prueba de actividad de agua se presentan en la tabla 3.6

Tabla 3.6. Resultados de Actividad de Agua para muestras de carne de res para hamburguesa.

Tipo de carne	Actividad de agua		Promedio
Carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa	0.96	0.98	0.97
Carne de res para hamburguesa sin enzima Transglutaminasa	0.97	0.97	0.97

El aumento producido en la actividad de agua de las carnes para hamburguesa con respecto a la actividad de agua de la carne molida de res súper especial como materia prima la cual es de 0.94, como se puede ver en la tabla 2.5, es causado por el agua añadida como ingrediente de la formulación y por el agua retenida en la proteína de soja hidratada.

El proceso térmico al cual fueron sometidos juega un papel importante en la elaboración de las carnes para hamburguesa, ya que la temperatura es un factor determinante en todas las clases de reacciones, incluyendo las interacciones proteína-agua. La proteína usualmente capta menos agua a alta temperatura que a baja, pero con los cambios de temperatura, la conformación de la proteína puede alterarse. Aproximadamente a 40°C la proteína cárnica comienza a coagularse por desnaturalización, formando una malla estable, que retiene las

partículas de grasa que se han agregado y eleva la Capacidad de Retención de Agua de las proteínas cárnicas. Este hecho posiblemente anula el efecto de la temperatura en la interacción agua-proteína. (Restrepo Molina, y otros,2001)

Debido a que la función de la enzima Transglutaminasa es crear enlaces proteína-proteína, su uso no favorece ni desfavorece las interacciones proteína-agua relacionadas con la actividad de agua; este efecto queda demostrado cuantitativamente en la tabla 3.6, tras la obtención de valores iguales para ambas muestras de carne.

3.2 *Empaque.*

Los materiales que son utilizados en el empaque de los productos cárnicos son generalmente poliméricos con buenas características de barrera para el Oxígeno (O₂), como las poliamidas, el polietileno y el polipropileno, que son eficientes barreras contra la humedad y muestran buenas características de sellado; el polietileno de baja densidad y el cloruro de polivinilo son los principales plásticos empleados en el empaque, aunque también se usa el Poliestireno. (Cadena Iñiguez , 2013)

Teniendo en cuenta que el producto a empaquetar es una carne estructurada de res para hamburguesa precocida y congelada, se utiliza una bolsa de uso único hecha de polietileno de baja densidad como empaque primario, siendo este material resistente, transparente y muy flexible; evitando así la pérdida de humedad, característico a la vez por su alta permeabilidad a los gases y su baja permeabilidad a los vapores de agua. Una de las ventajas del uso de este material es que puede ser utilizado entre temperaturas de 82°C a -50°C (Astaiza, 2010); siendo esto favorecedor para la carne estructurada de res para hamburguesa debido a su naturaleza y a las condiciones de almacenamiento necesarias del mismo. Estas bolsas se sellan térmicamente mediante una selladora de presión.



Figura 3.5 Empaque primario. Bolsas de polietileno de baja densidad.

En la actualidad los empaques secundarios más utilizados para los alimentos conservados a bajas temperaturas son los fabricados en base de papel, cartón corrugado, cartón plastificado, laminados de aluminio y plástico, así como envases metálicos (Barreiro M. y Sandoval B., 2006). Debido a la facilidad de obtención y manipulación se decide optar por una caja de cartón plastificado sólido resistente a la humedad como empaque secundario.



Figura 3.6. Empaque secundario. Caja sólida de cartón plastificado resistente a la humedad. (Cajas y Empaques, 2019)

3.3 Estudio de vida de anaquel del producto.

3.3.1 Generalidades.

Para prolongar la vida de anaquel de los alimentos en almacenamiento se emplean diversos métodos de conservación, uno de ellos es la congelación, siendo este un método ideal para la conservación de carnes o productos cárnicos por tiempos prolongados (Canada Beef Latinoamérica, 2018). En este proceso se pretende disminuir la temperatura por debajo de aquella en la cual comienza a congelar el agua presente, es decir, por debajo de -1.5°C aproximadamente (Restrepo Molina, y otros 2001). Por lo que se confirma su utilización como método de conservación para la carne estructurada de res para hamburguesa para evitar cambios en el color, aroma, olor o jugosidad y así mantener la calidad óptima del producto.

Uno de los factores a considerar para la vida de anaquel del producto, es la velocidad de congelamiento, la cual determina la formación y localización de los cristales de hielo, ya que no mantienen un tamaño constante en el almacenamiento a bajas temperaturas, sino que continúan creciendo a expensas de los de menor tamaño. Cuando se hace un congelamiento rápido (minutos a muy baja temperatura), se producen muchos cristales pequeños tipo aguja a lo largo de las fibras musculares de la carne; por el contrario, si se efectúa en forma lenta, se induce a un menor número de cristales, pero de mayor tamaño, siendo este más dañino que el rápido ya que afecta mayormente la membrana celular del producto.

Experimentalmente, la metodología utilizada fue congelación lenta en una refrigeradora convencional, debido a que no se cuenta con el equipo necesario para realizar el proceso rápido de congelación.



Figura 3.7. Refrigeradora utilizada para congelación.

3.3.2 Métodos de determinación de vida de anaquel.

En la práctica comercial y de desarrollo de nuevos productos, se han establecido formas de determinar la vida de anaquel de un producto, como: valores encontrados en la literatura, pruebas de distribución en condiciones extremas y pruebas de vida en anaquel (aceleradas); entre otras

Para el presente Trabajo de Investigación la determinación de Vida de Anaquel se sustentará tomando en cuenta fuentes bibliográficas, evaluación estadística de los parámetros cinéticos, software predictivo Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP) y por análisis de los parámetros de calidad obtenidos en laboratorio.

3.3.2.1 Fuentes bibliográficas.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), provee una guía para almacenar alimentos en el congelador a 0°F (-17.8°C), que se muestra en la tabla 3.7, de la cual se puede determinar que la carne estructurada de res para hamburguesa se incluye dentro del

grupo denominado “carne cocida”, para el cual establece que la vida de anaquel es de 2 a 3 meses.

Tabla 3.7 *Guía para almacenar alimentos en el congelador (a 0°F (-17.8 °C) o menos)*

Alimento	Meses
Tocineta y embutidos	1 a 2
Claros de huevos o sustitutos de huevo	Sin abrir, 12
Comidas congeladas y entres	3 a 4
Salsa de carnes o aves	2 a 3
Jamón, salchichas “hot dogs” y fiambres	1 a 2
Carnes, asados sin cocinar	4 a 12
Carne, filetes o chuletas, sin cocinar	4 a 12
Carnes, molida, sin cocinar	3 a 4
Carne, cocida	2 a 3
Aves, enteras, sin cocinar	12
Aves, en pedazos, sin cocinar	9
Aves, menudillos sin cocinar	3 a 4
Aves, cocinadas	4
Sopas y guisados	2 a 3
Aves silvestres, sin cocinar	8 a 12

(Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2015)

Tomando en cuenta que la hamburguesa es un producto cárnico, elaborado a partir de carne cortada en cubos, molida y mezclada con otros ingredientes, como condimentos y aditivos alimentarios (Organización Panamericana para la Salud, 2015); la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (con sus siglas en inglés, FAO) establece que para carne utilizada para hamburguesa el tiempo de vida de anaquel estimado a temperatura de congelación de -18°C es de 3 a 4 meses, equivalente a 90 y 120 días respectivamente. (Ver ANEXO Ñ)

3.3.2.2 Evaluación estadística de los parámetros cinéticos.

Básicamente, el análisis estadístico de la constante de velocidad de reacción k puede desarrollarse de dos formas diferentes, dependientes entre sí.

Una consiste en utilizar el método de regresión lineal para estimar los parámetros y sus intervalos de confianza, por el método de mínimos cuadrados. Alternativamente, en vez de calcular la constante de reacción se puede calcular el tiempo para que el producto llegue a ser inaceptable mediante el estudio de las fracciones de vida media consumidas (f_c). Esta se calcula mediante la siguiente expresión deducida del método de mínimos cuadrados:

$$f_c = \frac{A_0 - A}{A_0 - A_s} = \frac{\sum(k_i t_i)}{\sum k_i t_s} = \left[\sum \frac{t_i}{t_s} \right] \text{ (ecuación 3.2) (Giraldo Gómez, 1999)}$$

Siendo:

A= Intervalo de confianza

k = Constante de velocidad de reacción

t = Tiempo de reacción considerados

La vida de anaquel (vida media) también puede ser expresada en términos de la vida media remanente:

$$f_r = 1 - f_c \text{ (ecuación 3.3) (Giraldo Gómez, 1999)}$$

Este método ha sido muy utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para determinar la vida de anaquel de alimentos congelados.

Para determinar la vida de anaquel de la carne estructurada para hamburguesa se utiliza la vida práctica de almacenamiento (por sus siglas en inglés PSL) dependiendo de la temperatura, la cual fue establecida por la evaluación de los cambios sensoriales.

En la tabla 3.8 se muestra la vida práctica de almacenamiento dependiente de la temperatura para hamburguesas congeladas.

Tabla 3.8. *Vida práctica de almacenamiento en función de la temperatura para hamburguesas congeladas.*

T (°C)	Vida práctica de almacenamiento (Días)
-12	80
-15	100
-18	120
-25	136
-30	148
-35	160

(Giraldo Gómez, 1999)

Para los factores de la tabla 3.9, se tomó en cuenta el proceso estandarizado de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa, establecido en la sección 2.3.2; el factor “elaboración” incluye el tiempo necesario, 0.17 días (4 horas), para realizar los de procesos de pesado, mezclado y moldeado; el factor “refrigeración” como su nombre lo dice, representa el tiempo establecido para la activación de la enzima Transglutaminasa y el factor “almacenamiento” es el tiempo de congelación del producto.

Para determinar la disminución de la vida de anaquel a través de la cadena de almacenamiento se calcula la pérdida diaria de la vida de anaquel y se multiplica por el tiempo correspondiente a cada temperatura, como se muestra en la tabla 3.9. (Ver ANEXO O)

Tabla 3.9. *Cálculo de la disminución de la vida de anaquel durante el almacenamiento*

Factores	T (°C)	Tiempo (Días)	Vida práctica de almacenamiento (Días)	Pérdida (%)
Elaboración	2-5	0.17	2*	8.5
Refrigeración	2-5	1	2*	50
Almacenamiento	-15	1	100**	1
Total				59.5

*Este valor fue tomado de la tabla de almacenamiento de alimentos en frío. (Ver Anexo Ñ)

** Valor tomado de la tabla 3.8 a una temperatura de -15°C.

Sustituyendo el porcentaje de pérdida total en la ecuación 3.3, la fracción remanente será:

$$f_r = 1 - f_c = 1 - 0.595 = 0.405$$

Para calcular el tiempo que el producto se puede almacenar a -15°C se toma la vida práctica de almacenamiento a esta temperatura que es de 100 días (ver tabla 3.8), como el 100% de su duración, por lo tanto, el 40.5% será de 40.5 días que equivale aproximadamente a 40 días de almacenamiento. La vida de anaquel obtenida anteriormente se ve afectada por la corta vida práctica de almacenamiento teórico relacionado con los factores elaboración y refrigeración para carne molida y hamburguesa respectivamente; encontrados en la tabla de “Almacenamiento de Alimentos en Frío” de la FAO. (Ver ANEXO Ñ)

3.3.2.3 Software de aplicación.

Para la determinación de vida de anaquel de la carne estructurada de res para hamburguesa se hace uso del software Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP) seleccionando dentro de este los modelos de crecimiento genéricos de microorganismos para *Listeria monocytogenes* y Bacterias Ácido Lácticas (BAL).

Para la determinación de vida de anaquel, uno de los valores requeridos por el software es el porcentaje de ácido láctico, por lo cual se realizó dicho análisis en la carne estructurada de res para hamburguesa para el día uno de almacenamiento. (Ver ANEXO D.4). Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 3.10. (Ver ANEXO P)



Figura 3.8. Proceso de determinación de ácido láctico en carne estructurada de res para hamburguesa.

Tabla 3.10. *Determinación de ácido láctico en carne estructurada de res para hamburguesa*

Periodo de almacenamiento	Ácido Láctico (%)
1 día	0.09

Para el uso de ambos modelos se introducen los parámetros especificados en la tabla 3.11 con sus respectivos valores.

Tabla 3.11. *Parámetros requeridos para el uso de Food Spoilage and Safety Predictor.*

Parámetro	Valor Ingresado
pH	6.36
Temperatura de Almacenamiento (°C)	-2.83
Ácido Láctico (%)	0.09
Materia Seca (%)	38.59*
Sodio utilizado en la formulación (%)	0.48**
Periodo de almacenamiento (días)	90

*Tomado de Tabla 3.2

**Tomado de Tabla 2.16

Los parámetros de temperatura de almacenamiento y período de almacenamiento son limitados por el software ya que para el ingreso de datos de temperatura existe un rango límite de -2.83°C a 25°C y para el período de almacenamiento de 0 a 90 días, por lo que se utilizan los valores límites permitidos tal como se observa en la tabla 3.11, sin embargo, según el procedimiento descrito en la sección 2.3.2 del capítulo anterior, la temperatura de almacenamiento establecida es de -15°C .

a. Modelo: *Listeria monocytogenes*



Figura 3.9. Gráfico de estimación de vida de anaquel. Modelo de *Listeria monocytogenes*.

Del gráfico presentado en la figura 3.9, se determinó que para un almacenamiento límite de 90 días y una temperatura de -2.83°C , la carne estructurada de res para hamburguesa tendría ausencia de *Listeria monocytogenes*; esto se debe a que las condiciones de crecimiento de este microorganismo en cuanto a temperatura se encuentra entre un rango de 1.5°C a 45°C siendo su óptima de 37°C (Comisión Internacional de Microbiología, 1996), que son rangos que están fuera de los parámetros de almacenamiento a las que el producto debe ser sometido.

b. Modelo: Bacterias Acido Lácticas (BAL)

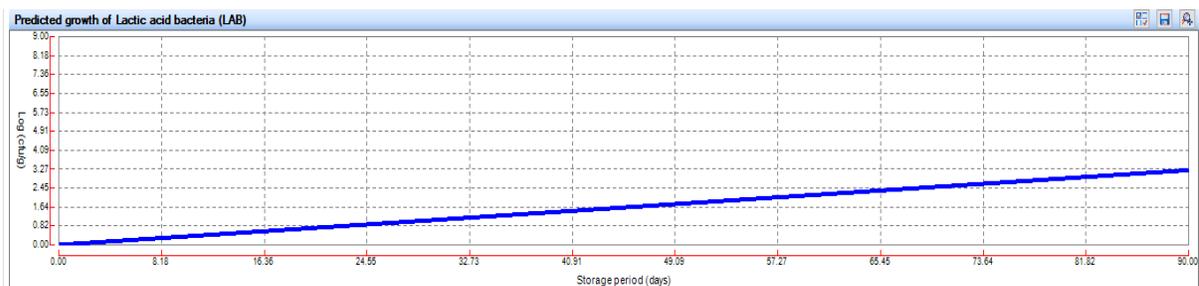


Figura 3.10. Gráfico de estimación de vida de anaquel. Modelo BAL.

El límite crítico establecido para las bacterias ácido lácticas es de $6 \log_{10}$ UFC/g, provocando así un descenso del pH, alcanzando valores de 5, por efecto de la actividad metabólica la cual se genera grandes cantidades de ácidos orgánicos (ácido láctico), alcanzando así su máxima concentración cuando el crecimiento alcanza 10^7 (UFC/g) en la superficie, este ácido se encuentra acompañado de la síntesis de ácidos grasos de cadena corta los cuales ocasionan cambios en el olor y rechazo sensorial. (Cooperación Universitaria lasallista, 2012) Tomando en cuenta lo anterior, se determinó a partir del gráfico presentado en la figura 3.10, un almacenamiento límite de 90 días a una temperatura de -2.83°C , las bacterias ácido lácticas presentes crecen muy lentamente debido a que se obtuvo una carga aproximada de 10^3 UFC/g.

De la aplicación de ambos modelos predictivos de vida de anaquel del software Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP), se determina que el producto continúa siendo seguro a los 90 días bajo las condiciones descritas en la tabla 3.11.

3.3.2.4 Parámetros de calidad para la Determinación de Vida de Anaquel

Se debe identificar los parámetros que indiquen que el producto llegó al final de su vida de anaquel y una vez que estos son obtenidos, se determina si el producto presentó cambios durante su almacenamiento.

Debido a que la congelación mantiene los alimentos inocuos indefinidamente, los períodos de almacenamiento son recomendados solamente por parámetros de calidad (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2015), por lo que la vida útil de la carne se determinará por análisis organolépticos, pH, Actividad de Agua (Aw), Capacidad de Retención de Agua (CRA) y Humedad (%) como indicador de la formación de los cristales de hielo que se generan durante el proceso de congelación.

Se realizaron análisis a 6 muestras de carne estructurada de res para hamburguesa, almacenadas en congelación a una temperatura aproximadamente de -15°C ; la periodicidad entre muestreo se estableció de forma aleatoria y amplia, realizándose en los días 10, 46 y 71 de su almacenamiento, ya que como se mencionó anteriormente, el método de conservación utilizado (congelación) detiene el crecimiento y la multiplicación de los microorganismos y las reacciones enzimáticas disminuyen pero no se inhiben en el almacenamiento. (Restrepo Molina, y otros, 2001)

Las muestras se encontraban empacadas en su respectivo empaque primario (bolsa de polietileno de baja densidad) y empaque secundario (caja de cartón plastificado) en las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.



Figura 3.11. Muestras de 10, 46 y 71 días (de izquierda a derecha) de carne estructurada de res para hamburguesa para determinación de vida de anaquel



Figura 3.12. Corte transversal de la carne estructurada de res para hamburguesa con almacenamiento de 10, 46 y 71 días (de izquierda a derecha)

En las figuras 3.11 y 3.12 se observa como aumenta la cantidad de cristales de agua progresivamente en el transcurso de los días, aumentando superficialmente e internamente en todo el producto.

Tabla 3.12. Resultados de análisis fisicoquímicos para 10 días de almacenamiento

Análisis	10 días		Promedio
pH	6.4	6.5	6.5
A _w	0.97	0.98	0.98
Capacidad de Retención de Agua (%)	25.25	24.75	25

Tabla 3.13. Resultados de análisis fisicoquímicos para 46 días de almacenamiento.

Análisis	46 días		Promedio
pH	6.4	6.4	6.4
A _w	0.98	0.98	0.98
Capacidad de Retención de Agua (%)	26.67	23.33	25

Tabla 3.14. *Resultados de análisis fisicoquímicos para 71 días de almacenamiento*

Análisis	71 días		Promedio
pH	6.4	6.4	6.4
A _w	0.99	0.99	0.99
Capacidad de Retención de Agua (%)	23.78	24.15	23.97



Figura 3.13. Medición experimental de pH (Izquierda) y prueba de actividad de agua (derecha).

Los resultados obtenidos de los análisis se resumen en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. *Resumen de resultados de parámetros de calidad para la determinación de vida de anaquel.*

Análisis aplicados	10 días	46 días	71 días
pH	6.5	6.4	6.4
Actividad de agua	0.98	0.98	0.99
Capacidad de Retención de Agua (%)	25	25	23.97

El pH no presentó cambios significativos durante el almacenamiento de la carne estructurada de res para hamburguesa, ya que el pH inicial promedio obtenido fue 6.36 (tabla 3.5) y luego de 71 días transcurridos, este parámetro se mantuvo parcialmente constante con un valor 6.4.

En cuanto a la actividad de agua, el valor inicial promedio obtenido fue de 0.98 (tabla 3.6) sin presentar cambios significativos luego de 71 días de almacenamiento. Mientras que, para

la Capacidad de Retención de Agua, se constató variación entre el dato inicial de 25% (tabla 3.4) a 23.97 %; esto se atribuye a que, durante el proceso de congelación, el jugo intracelular es expulsado por ósmosis hacia el espacio extracelular formando cristales de hielo, que posteriormente causan la pérdida de la Capacidad de Retención de Agua de la carne; este fenómeno afectará mayormente el producto a medida que aumente el tiempo de congelación. (Bekele Beshah, 2014), el comportamiento de la Capacidad de Retención de Agua durante el almacenamiento se observa en el Gráfico 3.1, del cual se observa un comportamiento constante del día 1 al día 46 de almacenamiento y presentando un decremento hasta el día 71 de almacenamiento.

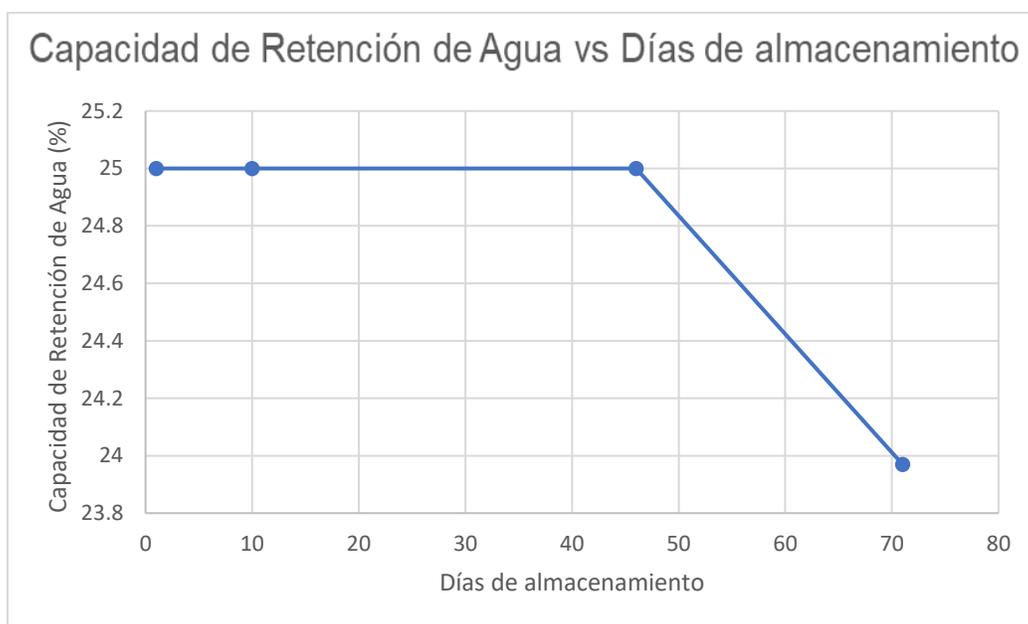


Gráfico 3.1. Comportamiento de la Capacidad de Retención de Agua durante el almacenamiento.

De igual forma la humedad de la carne estructurada de res para hamburguesa es otro factor determinante en su calidad, ya que hasta que toda la pieza del alimento es congelada, las moléculas de agua giran dentro de la parte no congelada del producto, provocando así el hielo en la cobertura; este fenómeno capilar significa, que la humedad es emigrada a la superficie. (Bekele Beshah, 2014). Por lo que se realizó dicho análisis en una balanza de humedad a la carne estructurada de res para hamburguesa con 10, 46 y 71 días de almacenamiento (Ver Anexo D.5). En los datos presentados en la tabla 3.16 se constató experimentalmente que a

través del tiempo hubo un aumento de la humedad producido por la formación de cristales en el producto.

Tabla 3.16. *Resultados de la prueba de Humedad para la carne estructurada de res para hamburguesa.*

Parámetro	10 días	46 días	71 días
% Humedad	61.83	62.96	64.30



Figura 3.14. Resultados de la prueba de humedad de la carne estructurada de res para hamburguesa con almacenamiento de 10, 46 y 71 días (de izquierda a derecha).

Organolépticamente luego de 71 días de almacenamiento, la carne estructurada de res para hamburguesa mantuvo las características iniciales relacionadas con los parámetros olor, sabor y textura; presentados en la tabla 2.15 para la formulación C (formulación final). En cuanto a apariencia, se presentaron cristales de hielo distribuidos de forma intra y extracelular, siendo esta última la de mayor cantidad, dichos cristales son normales debido al proceso de conservación escogido.

De los resultados obtenidos en los análisis anteriormente descritos se establece que los parámetros de calidad de la carne estructurada de res para hamburguesa se mantienen estables a los 71 días de almacenamiento.

3.3.3 Determinación de vida de anaquel.

Tomando en cuenta lo establecido en las secciones 3.3.2.1 a 3.3.2.4 relacionados con los métodos de determinación de vida de anaquel de la carne estructurada de res para hamburguesa, se presenta en la tabla 3.17 el resumen de los datos obtenidos.

Tabla 3.17. Comparación de estimaciones de vida de anaquel en carne estructurada de res para hamburguesa.

Método Aplicado	Vida de Anaquel Obtenida (días)
Bibliográfico USDA	60 a 90 (2 a 3 meses)
Bibliográfico FAO	90 a 120 (3 a 4 meses)
Estadístico	40
Software (FSSP)	90
Parámetros de Calidad	71

Debido a que el producto en estudio es congelado e inicialmente cumple con los requisitos microbiológicos, este no se verá afectado microbiológicamente durante el almacenamiento ya que estos son inhibidos a temperatura de congelación. Por tanto, los resultados obtenidos por el software FSSP, no son representativos ya que la determinación de vida de anaquel se basará únicamente por parámetros de calidad y no con un enfoque microbiológico.

Los métodos bibliográficos y estadísticos se toman como fundamento teórico para la estimación de la vida de anaquel, ya que son generales para productos cárnicos congelados, sin embargo, no son específicos para la carne estructurada de res para hamburguesa en estudio.

La vida de anaquel se sustenta, en el resultado de los parámetros de calidad, ya que el análisis de Capacidad de Retención de Agua mostró una disminución entre los días 46 y 71 de almacenamiento, en un porcentaje de pérdida de 4.12%. Ya que una de las funciones de la enzima Transglutaminasa es aumentar y mantener durante el almacenamiento la Capacidad de Retención de Agua, considerando este como parámetro determinante en el estudio de vida de anaquel. De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el productor tiene la facultad de establecer la fecha de vencimiento de un producto basándose

en los parámetros de calidad, siempre y cuando se garantice la inocuidad en el producto; por tanto, la pérdida máxima aceptable de Capacidad de Retención de Agua, establecido a la carne estructurada de res para hamburguesa es de 2.0% a 2.5%.

Se aplica una regresión lineal entre el día 46 y 71 de almacenamiento para la obtención de un modelo matemático que describa la pérdida de la Capacidad de Retención de Agua y así poder determinar en qué punto se encuentra el día de almacenamiento que excede el rango de calidad establecido.

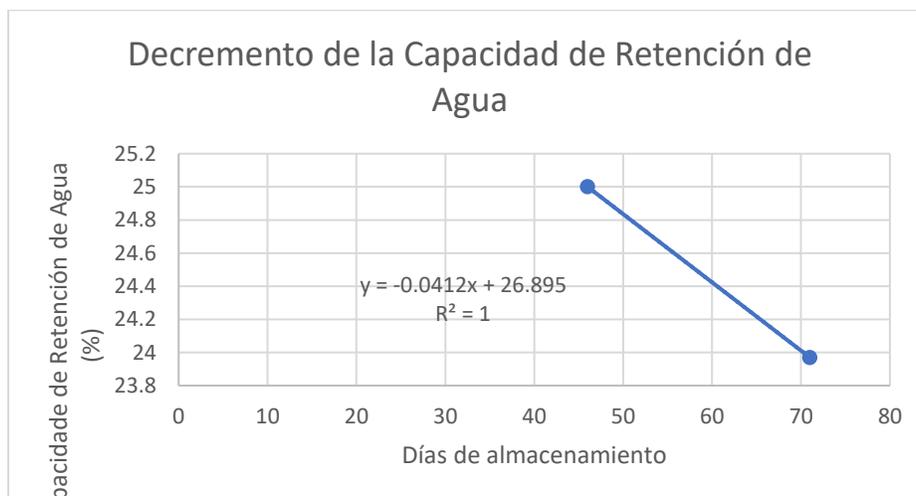


Gráfico 3.2. Decremento de la Capacidad de Retención de Agua entre los días 46 y 71 de almacenamiento.

De la regresión lineal del Gráfico 3.2 se obtiene la ecuación que relaciona la disminución de la Capacidad de Retención de Agua con sus respectivos días de almacenamiento.

$$y = 26.895 - 0.0412x$$

Siendo:

$$CRA = 26.895 - 0.0412 (\text{días}) \text{ (ecuación 3.4)}$$

Con la ecuación 3.4 se obtienen los datos de Capacidad de Retención de Agua entre los días 46 y 71 de almacenamiento, los cuales se muestran en la tabla 3.18. (Ver ANEXO Q)

Tabla 3.18. *Resultados obtenidos del porcentaje de pérdida de CRA*

Días	CRA	CRA Remanente	% Pérdida de CRA
46	25.00	100.00	0.00
47	24.96	99.83	0.17
48	24.92	99.67	0.33
49	24.88	99.50	0.50
50	24.84	99.34	0.66
51	24.79	99.18	0.82
52	24.75	99.01	0.99
53	24.71	98.85	1.15
54	24.67	98.68	1.32
55	24.63	98.52	1.48
56	24.59	98.35	1.65
57	24.55	98.19	1.81
58	24.51	98.02	1.98
59	24.46	97.86	2.14
60	24.42	97.69	2.31
61	24.38	97.53	2.47
62	24.34	97.36	2.64
63	24.30	97.20	2.80
64	24.26	97.03	2.97
65	24.22	96.87	3.13
66	24.18	96.70	3.30
67	24.13	96.54	3.46
68	24.09	96.37	3.63
69	24.05	96.21	3.79
70	24.01	96.04	3.96
71	23.97	95.88	4.12

De los datos obtenidos analíticamente, se determina que los días 59, 60 y 61 días de almacenamiento, cumplen dentro del rango establecido de aceptación de calidad del producto; y a partir del día 62 en adelante se excede el porcentaje de pérdida de Capacidad de Retención de Agua. Por tanto, se establece que la vida de anaquel para la carne estructurada de res para hamburguesa es de 60 días (2 meses).

3.4 Etiquetado.

3.4.1 Etiquetado general del producto.

De acuerdo con el RTCA 67.01.07:10 “*Etiquetado General de los Alimentos Previamente Envasados (Preenvasados)*” se establece que en la etiqueta general del producto final debe aparecer la información detallada en la tabla 3.19 según sea aplicable para la carne estructurada de res para hamburguesa.

Tabla 3.19. *Requisitos obligatorios para el etiquetado general de la carne estructurada de res para hamburguesa.*

Requisito	Descripción
Nombre del Alimento	El nombre debe indicar la naturaleza del alimento, ser específico y no genérico.
Lista de Ingredientes	Debe enlistarse en orden decreciente de acuerdo con su presencia en masa dentro de la formulación. En el caso de los coadyuvantes de elaboración están exentos de declaración en la lista de ingredientes, tal y como es el caso de la enzima Transglutaminasa.
Contenido Neto y Peso escurrido	Debe declararse en unidades del sistema internacional.
Registro Sanitario del Producto	Deberá indicarse el número de registro Sanitario emitido por la autoridad competente.
Nombre y Dirección	Datos del fabricante
País de Origen	Debe indicarse el origen primario del producto.
Identificación de Lote	Según formato establecido por el productor

Continúa...

Tabla 3.19. *Requisitos obligatorios para el etiquetado general de la carne estructurada de res para hamburguesa. (Continuación)*

Requisito	Descripción
Fecha de Vencimiento e instrucciones de almacenamiento	La fecha debe encontrarse en un lugar visible y todas las indicaciones de almacenamiento necesarias para la duración del producto hasta su fecha de vencimiento
Instrucciones de Uso	Indicaciones necesarias para el modo de empleo del producto.

Según lo descrito en la tabla 3.19, se elabora la etiqueta general de la carne estructurada de res para hamburguesa en base al “Modelo Básico de Etiquetado” presentado en el ANEXO R.1.

Tabla 3.20. *Etiquetado general de la carne estructurada de res para hamburguesa.*

TORTA DE CARNE PARA HAMBURGUESA					
Ingredientes: Carne molida de res, agua, especias, proteína de soja texturizada, sal comercial, Tripolifosfato sódico (conservante), Eritorbato de sodio (antioxidante). Contiene Soja					
Modo de Uso: Nunca descongele las hamburguesas. Para cocinarlas páselas directamente del freezer a la sartén u horno.					
<u>Horno convencional</u>					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Precaliente el horno a 190°C durante 5 minutos. 2. Coloque las tortitas en una bandeja y otro recipiente para hornear y hornéelas durante 8 minutos. 3. Deles vuelta y hornéelas durante 8 minutos más. 4. Mantenga siempre la misma temperatura. 5. Sírvalas calientes. 					
<u>Sartén</u>					
<ol style="list-style-type: none"> 1. En una sartén ponga suficiente aceite. 2. Precaliente el aceite durante 3 minutos a temperatura media. 3. Cocine las tortitas durante 3 minutos de un lado y luego 3 minutos más del otro lado. 4. Mantenga siempre la misma temperatura. 5. Sírvalas calientes. 					
MANTENGASE CONGELADO NO DESCONGELAR PARA CALENTAR					
Producto Centroamericano elaborado en El Salvador por Industrias TKR S.A. de C.V.			Dirección: Final 25 avenida norte, San Salvador. Tel.: 2511-2000		
Lote N°	2682019TTKSRA	Vence	26/11/2019	Peso Neto	380g (13.4oz)
Registro Sanitario D.G.S.V N°1234					

En cuanto a las especificaciones establecidas en el “modo de uso” de la carne estructurada de res para hamburguesa, se tomaron como base otros productos cárnicos precocidos congelados similares disponibles en el mercado.

3.4.2 Etiquetado nutricional del producto.

El Etiquetado Nutricional de la carne estructurada de res para hamburguesa se hace bajo los lineamientos determinados por el Reglamento Técnico Centroamericano: “*Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios Preenvasados para Consumo Humano para la Población a partir de 3 Años.*” RTCA 67.01.60:10.

Los nutrientes que se deben declarar son: Valor energético, Grasa Total, Grasa Saturada, Carbohidratos, Sodio y Proteína. Además, establece que la declaración del contenido de grasa saturada en la tabla nutricional no será obligatoria para alimentos que contienen menos de 0.5 g de grasa total por porción, a menos que se hagan declaraciones sobre el contenido de grasa total, ácidos grasos o contenido de colesterol. (RTCA 67.01.60:10, 2010)

El contenido de Proteínas, Grasa Total, Carbohidratos y Fibra dietética, se obtuvieron a partir de los análisis químico proximal realizados (ver tabla 3.2); el contenido de Colesterol y Sodio, se obtuvieron de la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, 2012) y las calorías a partir de las Proteínas, Grasa Total y Carbohidratos.

3.4.2.1 Procedimiento de cálculo.

Se determinó en el proceso experimental que el peso final de una torta de carne estructurada de res para hamburguesa es de 95.00 gramos, el cual será el peso de la porción a utilizar para el cálculo de las composiciones de la etiqueta nutricional.

Los resultados para Calorías, Proteína, Grasa Total, Carbohidratos y Fibra Dietética del análisis químico proximal de la carne estructurada de res para hamburguesa se tomaron como base de 100 gramos, luego por regla de tres se calculó para 95.00 gramos.

La cantidad de energía se calcula utilizando los factores de conversión siguientes: Carbohidratos (4 kcal/g), Proteína (4 kcal/g) y Grasas (9 kcal/g), por lo que la energía total corresponde a la sumatoria del aporte energético de cada uno de estos componentes, luego por regla de tres se calculó para 95.00 gramos. (RTCA 67.01.60:10, 2010)

Para determinar el contenido de Colesterol y Sodio, se obtuvo el contenido de estos en base de 100 gramos por medio de la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica para cada ingrediente por separado, los cuales son: Cebolla en polvo, Ajo molido, Pimienta negra, Sal de mesa y Carne de res semi magra cocida; luego por regla de tres se calculó para 95.00 gramos. Posteriormente se sumaron el contenido de colesterol y Sodio de todos los ingredientes.

Para la obtención de los valores de la composición de la tabla nutricional se hizo uso de la hoja de cálculo Microsoft Excel. Con los valores calculados para la composición del producto final, se determinan los porcentajes de valor diario de la tabla nutricional, que se presenta en la figura 3.15 (Ver ANEXO S).

Información Nutricional	
4 porciones por envase	
Tamaño de la Porción	95g (1 torta)
Cantidades por Porción	
Calorías	190
% Valor Diario	
Grasa Total 10g	16%
Colesterol 70mg	24%
Sodio 220mg	9%
Carbohidratos Totales 3g	1%
Fibra dietética 0g	0%
Azúcares Totales 0g	
Incluye 0g azúcar agregada	0%
Proteína 22g	44%
No es Fuente significativa de vitamina D, calcio, hierro y potasio	
*El % de valor diario (DV) le dice cuánto contribuye un nutriente en una porción de Alimento a una dieta diaria de 2.000 calorías al día y se utilizan para consejos generales de nutrición.	

Figura 3.15. Tabla nutricional de la carne estructurada de res para hamburguesa.

Del porcentaje de valor diario (%VD) presentado en la tabla nutricional se establece que, la carne estructurada de res para hamburguesa, no es alta en grasa total ya que el %VD no es igual ni sobrepasa al 20%, pero si es alta en colesterol con un 24%VD por ser un producto de origen cárnico; el colesterol es necesario para ciertas funciones importantes del organismo, como la digestión de las grasas, la producción de hormonas y la formación de las paredes celulares, sin embargo demasiado colesterol en el torrente sanguíneo puede dañar las arterias. Además el producto no es alta en sodio ya que su %VD es un poco mayor al 5% de VD, lo cual es favorecedor en la dieta alimenticia debido a que el sodio está relacionado con la presión arterial alta que a su vez, puede reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiacas y dado que la presión arterial aumenta con la edad, limitar el consumo de sodio se vuelve más importante cada año. Es baja en carbohidratos ya que es menor al 5% de VD, y no es fuente de fibra. Siendo por lo tanto la proteína el nutriente de mayor importancia por su alto %VD

el cual se logró mediante la incorporación de proteína de soja como ingrediente de formulación y por el tipo de carne molida de res utilizada. (Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), 2019)

El diseño comercial del producto es presentado en el ANEXO R.2.

3.5 Fichas técnicas.

3.5.1 Ficha técnica de materia prima

Como ficha técnica de materia prima se establece la caracterización de la carne molida de Res Súper Especial, como se presenta en la tabla 3.20.

Tabla 3.21. *Ficha técnica: Carne molida de res súper especial.*

FICHA TÉCNICA MATERIA PRIMA		Documento: FT-MP-001			
Elaborado por: Rocío Alvarenga		Revisado por: Tatiana Torres		Aprobado por: Karla Sibrián	
Nombre		CARNE MOLIDA DE RES SÚPER ESPECIAL			
Ilustración					
Requisitos Organolépticos		Apariencia	Firme, elástica y ligeramente húmeda		
Requisitos Organolépticos		Color	Característico. Rojo brillante, con poco tejido conectivo color blanco a crema.		
		Olor	Ligero y Característico		
		Sabor	Suave, no ácido		
		Textura	Firme y elástica		
Requisitos Físicoquímicos		Parámetro	Valor Mín.	Valor Ideal	Valor Máx.
		Actividad de Agua	0.92	0.98	0.99
		pH	5.4	5.8	5.9

Continúa...

Tabla 3.21. *Ficha técnica: Carne molida de res súper especial.(Continuación)*

FICHA TÉCNICA MATERIA PRIMA		Documento: FT-MP-001
Requisitos Químico proximal	Parámetro	Valor ideal
	Proteína Cruda	17.30%
	Humedad Total	72.00%
	Materia Seca	28.00%
	Grasa (Extracto Etéreo)	9.21%
Condiciones de Almacenamiento	Vida Útil	Temperaturas máximas y mínimas requeridas
Congelación	3 a 4 meses*	-16°C a -18°C
Refrigeración	1 a 2 días *	2°C a 6°C

*Datos tomados de la tabla de almacenamiento en frío (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2018)

3.5.2 *Ficha técnica producto terminado*

Para la caracterización de la carne estructurada de res para hamburguesa, se establecerán parámetros base en las áreas organolépticas, fisicoquímicas, bromatológicas y microbiológicas; que son detalladas en la ficha técnica del producto final.

Tabla 3.22. *Ficha técnica: Carne estructurada de res para hamburguesa.*

FICHA TÉCNICA PRODUCTO TERMINADO		Documento: FT-PT-001
Elaborado por: Rocío Alvarenga	Revisado por: Tatiana Torres	Aprobado por: Karla Sibrián
Nombre	CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA.	
Nombre Comercial	TORTA DE CARNE PARA HAMBURGUESA	
Ilustración		

Continúa...

Tabla 3.22. *Ficha técnica: Carne estructurada de res para hamburguesa. (Continuación)*

FICHA TÉCNICA PRODUCTO TERMINADO		Documento: FT-PT-001		
Requisitos Organolépticos	Apariencia	Firme, brillante, jugosa.		
	Color	Característico. Café oscuro.		
	Olor	Ligero y Característico de especias		
	Sabor	Suave, característico de especias		
	Textura	Firme, elástica y compacta		
Requisitos Fisicoquímicos	Parámetro	Valor Mín.	Valor Ideal	Valor Máx.
	Actividad de Agua	--	0.97*	0.99
	pH	6.4	6.36*	6.5
Requisitos Químico proximal	Parámetro	Valor ideal		
	Proteína Cruda	22.95%		
	Humedad Total	61.41%		
	Materia Seca	38.59%		
	Grasa (Extracto Etéreo)	10.95%		
Requisitos Microbiológicos	Microorganismo	Límite Permitido		
	<i>Escherichia coli</i>	10 UFC/g		
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia/25g		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	10 ² UFC/g		
	<i>Clostridium perfringens</i>	10 ² UFC/g		
Condiciones de Almacenamiento	Vida Útil	Temperatura de Almacenamiento		
	Congelación	2 meses -15°C		

*Los valores ideales son tomados de los datos obtenidos experimentalmente: pH sección 3.1.3.2 y Actividad de Agua sección 3.1.3.3.

CONCLUSIONES

- a. Mediante el desarrollo experimental se comprobó la dependencia de la enzima Transglutaminasa con la proporción de la grasa en la carne molida de res, siendo la enzima más efectiva a menor contenido de grasa. Esto se cuantificó, por medio del análisis químico proximal, en donde la diferencia porcentual del extracto etéreo entre ambos tipos de carne molida de res utilizada es de 3.44%. Por lo que se fundamenta la sustitución de la carne molida de res especial a carne molida de res súper especial como materia prima para la elaboración de carne estructurada de res para hamburguesa.
- b. A través de análisis sensorial, se logró determinar las diferencias en la textura y apariencia del producto final con las distintas proporciones utilizadas de la enzima Transglutaminasa, haciendo de éste un factor determinante para la cantidad necesaria e idónea como coadyuvante de elaboración, siendo equivalente a 0.90% en la formulación estandarizada, en cuanto a los parámetros de sabor y olor no son influenciados por la enzima ya que esta no aporta ni quita la intensidad en el producto final y se ven afectados únicamente por las especias utilizadas.
- c. La incorporación de la proteína de soja texturizada tuvo beneficio nutricional al incrementar el porcentaje de proteína en la composición nutricional final de la carne estructurada de res para hamburguesa de 17.27% (carne molida súper especial) a 22.95% (producto final) y el tamaño de partícula de la proteína de soja texturizada para que no sea perceptible a la vista en el producto final, debe ser de 2.0 milímetros.
- d. El método de cocción seleccionado fue horneado a una temperatura de horno de 170°C y una temperatura interna de producto de 76°C, durante 25 a 30 minutos. Este proporciona mejores características tecnológicas y organolépticas en cuanto a reducción de peso, disminución del diámetro y aumento de altura; cuyos porcentajes son 18.97%, 14.49% y 0% respectivamente, en comparación con la carne estructurada para hamburguesa previo a su cocción.

- e. A partir de los resultados de los análisis fisicoquímicos en la carne estructurada de res para hamburguesa, se evidencia que la enzima no tiene efecto alguno en el pH y actividad de agua, solamente en la Capacidad de Retención de Agua, con un valor de 25% para la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa siendo este un porcentaje mayor que el de un producto sin enzima con un valor de 16.67%, cumpliendo así con la función principal de la enzima.
- f. La vida de anaquel en la carne estructurada de res para hamburguesa se relaciona directamente con los parámetros fisicoquímicos de calidad, de los cuales la Capacidad de Retención de Agua se consideró como el factor determinante para la estimación de vida de anaquel, donde se estableció que el porcentaje de pérdida de este no debe exceder del 2.0 a 2.5%. Estableciendo así, una vida útil de 60 días (2 meses) para la carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa.
- g. En la carne estructurada de res para hamburguesa, el empaque primario una bolsa de uso único de polietileno de baja densidad y el empaque secundario una caja de cartón plastificada resistente a la humedad; logran mantener las características organolépticas y fisicoquímicas del producto durante su almacenamiento a condiciones de congelación (-15°C) durante 60 días.
- h. A partir de la etiqueta nutricional de la carne estructurada de res para hamburguesa, se establece que para una porción de 95.00 gramos con dimensiones de 1.00 cm de altura y 9.2 cm de diámetro; se tiene un aporte energético de 190 cal, con los porcentajes de valor diario para grasa total 16%, colesterol 24%, sodio 9%, carbohidratos totales 1% y proteína 44%.

RECOMENDACIONES

- a. Para posteriores usos de la formulación estandarizada de la carne estructurada de res para hamburguesa, se debe tomar en cuenta la ficha técnica de materia prima para la carne molida de res a utilizar, cumpliendo así con los requisitos proporcionados para lo obtención de buenos resultados.
- b. Para el moldeado de las tortas de carne de res para hamburguesa, se puede hacer uso de moldes de relleno manual o mecanizado, además de cualquier otro equipo industrial especializado para esto.
- c. La metodología a utilizar para el congelamiento de la carne estructurada de res para hamburguesa debería ser aplicada con un equipo congelamiento rápido para obtener mejor calidad con respecto a la formación de cristales de hielo en el producto final, ya que el tamaño de estos sería pequeño en comparación a los obtenidos con el congelamiento lento aplicado en esta investigación.
- d. Para la determinación de la vida de anaquel, se recomienda realizar un estudio específico para el producto tomando en cuenta un diseño de estudio experimental parcialmente escalonado que incluya observaciones periódicas de parámetros de calidad incluyendo pH, actividad de agua, Capacidad de Retención de Agua y humedad.
- e. La enzima Transglutaminasa puede ser utilizada para la formulación de productos estructurados con otros tipos de carne como avícola, bovina, porcina, ovina, caprina y procedente otros animales destinados para el consumo humano, variando el porcentaje de uso dentro de la formulación para la obtención de resultados favorables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). (2019). *Cómo usar la etiqueta de información nutricional*. Estados Unidos.
- Aramayo, M. D. (2018). *Hacia a dónde avanza la cadena de soja*. Argentina: Secretaria de Agroindustria. Ministerio de Producción y Trabajo.
- Astaiza, G. (4 de mayo de 2010). *Tecnología de Cárnicos*. Recuperado el abril de 2019, de Empaques: <http://tecnologiaticarnicos.blogspot.com/2010/05/empaques.html>
- AZTI Tecnalia. (2013). *Desarrollo de Herramientas de modelización predictiva para garantizar la calidad y seguridad en el sector agroalimentario*. Lifepredict. Vasco, España.
- Badui Dergal, S. (2006). Química de los Alimentos. En S. Badui Dergal, *Proteínas de la Soya. Formas Comerciales de la Soya* (Cuarta ed., págs. 635-642). México D.F, México: Pearson, Addison Wesley.
- Barreiro M., J. A., y Sandoval B., A. J. (2006). Operaciones de conservación de Alimentos por bajas temperaturas. En J. A. Méndez, y A. J. Sandoval Briceño, *Transpiración, pérdida de peso y requerimientos de empaque. Alimentos congelados* (pág. 14). Caracas, Venezuela: Equinoccio. Universidad Simón Bolívar.
- BDF Ingredients . (enero de 2019). *Aplicaciones Cárnicas, BDF PROBIND Transglutaminasa*. Obtenido de BDF Ingredients: <https://www.bdfingredients.com/es/aplicacionestransglutaminasa.html?apli=carnico#bdf-probind>
- BDF Ingredients. (2017). *Ficha Técnica PROBIND MB 1.0*. Girona: BDF.
- BDF Ingredients. (2018). Transglutaminasa Probind. *BDF*, 1-43.
- BDF Ingredients. (2019). *BDF Ingredients*. Obtenido de Aplicaciones BDF Transglutaminasa Probind: <https://www.bdfingredients.com/en/transglutaminase-products.html?prod=bdf-probind>

- Bekele Beshah, W. (2014). Calidad de la carne de cerdo, efecto de la congelación y descongelación, uso del calentamiento dieléctrico para la descongelación y la espectroscopía dieléctrica para evaluar la calidad tecnológica. En W. Bekele Beshah, *Efectos del método y tiempo de duración de la congelación* (pág. 116). Bellarta, Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Beldarrain, I. (1999). *Efecto de diferentes ligantes sobre la calidad de rollos de carne de res reestructurada*. La Habana: Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria.
- Benavides Mendoza, K. L. (2018). *El uso de la Enzima transglutaminasa en productos Cárnicos*. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas, UDLA.
- Bojalli, D., y Bárcenas Pozos, M. (2013). El Ajo y sus aplicaciones en la conservación de Alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 25-36.
- Cabeza Herrera, E. A. (2006). *Bacterias ácido lácticas (BAL) :Aplicaciones como cultivo estarter para la industria láctea y cárnica*. Pamplona, Colombia: Universidad de Pamplona.
- Cadena Iñiguez, J. (2013). Empaque para la conservación de carne y productos cárnicos. *Agroproductividad*, 14.
- Cajas y Empaques. (julio de 2019). *Cajas y Empaques SV*. Recuperado el 24 de agosto de 2019, de Productos-Cajas: <http://cajasyempaquesv.com/index.php/project/cajas/>
- Canada Beef Latinoamérica. (2018). *Canada Beef*. Recuperado el 2019, de Buenas Prácticas en el manejo de carne de res molida: <http://www.canadabeef.mx/buenas-practicas-en-el-manejo-de-carne-de-res-molida/>
- Canada Beef Latinoamérica. (2018). Efectos de la Congelación en la calidad de la carne de Res. *Información Técnica-Canada Beef*, 1.
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. (2011). Manual de análisis de calidad en muestras de carne. En C. N. Animal, *Análisis químico proximal* (págs. 56-67). Coyoacan: Gobierno Federal de México.

- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. (2011). Manual de análisis de Calidad en Muestras de Carne. En *Parámetros Calidad en la Carne, pH* (págs. 7-12). Coyoacan: Gobierno Federal de México.
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. (2011). Manual de análisis de Calidad en Muestras de Carne. En C. N. Animal, *Capacidad de Retención de Agua(CRA)* (págs. 13-17). Coyoacan: Gobierno Federal de México.
- Chavarrias, M. (4 de octubre de 2007). *EROSKI Consumer*. Recuperado el 17 de julio de 2019, de Sal y Seguridad Alimentaria: <https://www.consumer.es/seguridadalimentaria/sal-y-seguridad-alimentaria.html>
- Comisión del Codex Alimentarius. (2012). *Inventario de sustancias utilizadas como coadyuvantes de elaboración (ICE), lista actualizada*. Hangzhou, China: Comité del CODEX sobre Aditivos Alimentarios.
- Comisión Internacional de Microbiología. (1996). *Especificaciones para Alimentos. Listeria Monocytogenes*. Londres: Academia Profesional Blackie.
- CONACYT. (1998). *NSO 67.02.13:98 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. EMBUTIDOS CRUDOS Y COCIDOS*. San Salvador.
- Cooperación Universitaria lasallista. (Julio-Diciembre de 2012). Efecto de la cadena de frío sobre el crecimiento de bacterias ácido-lácticas, la calidad fisicoquímica y la alteración de jamones cocidos lonchados empacados al vacío. *Lasallista de Investigación*, 9(2), 61. Recuperado el 7 de septiembre de 2019
- Corportativo Químico Global S.A. de C.V. (18 de julio de 2013). *Corportativo Químico Global S.A. de C.V.* Recuperado el 17 de julio de 2019, de Eritorbato de Sodio Aplicado en la Industria Alimentaria: <https://quimicoglobal.mx/eritorbato-de-sodio-aplicado-en-la-industria-alimentaria/>
- De Luna Jiménez, A. (Septiembre-Diciembre de 2006). Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. *Investigación y Ciencia*.

- Decagon Devices Inc. (2013). *Operators Manual Pawkit*. Washington, Estados Unidos: Decagon Devices Inc.
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (18 de septiembre de 2013). *Carne Molida de Res e Inocuidad de Alimentos*. Obtenido de USDA: <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/enespanol/hojasinformativas/preparaciondelascarnes/enfoquecarnemolidaderes/>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2007). *Contenido de Agua en carnes y aves*. Washington: USDA.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (18 de septiembre de 2013). *USDA*. Obtenido de Carne Molida de Res e Inocuidad de Alimentos: <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/enespanol/hojasinformativas/preparaciondelascarnes/enfoquecarnemolidaderes>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (9 de Octubre de 2015). *El Congelar y la Inocuidad de los Alimentos*. Washington D.C: Recuperado el 6 de Septiembre de 2019, de <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/enespanol/hojasinformativas/manejo-adeecuado-de-alimentos/el-congelar/el-congelar>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2018). *Almacenamiento de Alimentos en Frío. Principios Básicos en la Preparación de Alimentos Inocuos*.
- Dirección General de Economía Agropecuaria-MAG. (2019). *Rerospectiva de precios promedios mensuales de carne de bovino*. San Salvador, El Salvador.
- Fundación Española de la Nutrición. (2010). *Pimienta*. Madrid: Fundación Española de la Nutrición.
- Gastronomía y CIA. (11 de mayo de 2010). *Gastronomía & CIA República*. Recuperado el 17 de julio de 2019, de Proteína de Soja Texturizada: <https://gastronomiaycia.republica.com/2010/05/11/proteina-de-soja-texturizada/>

- Gimferrer Morató, N. (1 de octubre de 2018). *InfoAlimentación*. Recuperado el 24 de agosto de 2019, de Transglutaminasa, el adhesivo de los alimentos: [http:// www.infoalimentacion.com/noticias/2008/10/1512_transglutaminasa_adhesivo_alimentos.asp](http://www.infoalimentacion.com/noticias/2008/10/1512_transglutaminasa_adhesivo_alimentos.asp)
- Giraldo Gómez, G. I. (1999). Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos. En G. I. Giraldo Gómez, *Métodos para determinar la vida de anaquel. Métodos fisicoquímicos para la evaluación de la vida de anaquel* (pág. 41). Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gobierno de La Rioja. (21 de agosto de 2009). *La Rioja*. Recuperado el 17 de julio de 2019, de Fosfatos en la Industria Cárnica: [https://www.larioja.org /innovacion/en/noticias/noticia-innovacion/fosfatosindustria-carnica](https://www.larioja.org/innovacion/en/noticias/noticia-innovacion/fosfatosindustria-carnica)
- Gobierno de los Estados Unidos. (12 de abril de 2019). *FoodSafety*. Recuperado el 29 de Junio de 2019, de Tablas de Carne de Res y Aves de Corral: <https://espanol.foodsafety.gov/tablasdeseguridadalimentariamg6s/tablasparacarnederesavesdecorral>
- Gottau, G. (20 de Mayo de 2018). *Vitónica*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2019, de Soja Texturizada, Propiedades, Beneficios y su uso en la Cocina: [https://www.vitonica.com /alimentos/soja-texturizada-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina](https://www.vitonica.com/alimentos/soja-texturizada-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina)
- Hernández Alarcon, E. (2005). *Evaluación Sensorial*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- INSTANTIA. (4 de diciembre de 2015). *Instantia*. Recuperado el 17 de julio de 2019, de Cebolla en polvo y sus beneficios: <https://www.instantia.com/cebolla-en-polvo-y-sus-beneficios/>
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (2012). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Serviprensa, S.A.
- Jozami, F. B., y Seselovsky, R. (2003). Usos de la Enzima Transglutaminasa en la Industria Alimentaria. Santa Fé, Argentina: *Universidad del Centro Educativo Latinoamericano*, 157-164.

- Leiva, L. F. (14 de diciembre de 2018). *Tubérculos*. Obtenido de Puerro: <https://www.tuberculos.org/bulbos/puerro/>
- Maguiña Mauricio, C. (2007). *La Paprika sus características, consumo, comercialización y su impacto en la economía peruana*. Lima: Facultad de Ciencias Administrativas y Relaciones Industriales, Universidad de San Martín de Porres.
- Márquez, E., Arévalo, E., Barboza, Y., Benitez, B., Rangel, L., y Archile, A. (2006). Efecto de la Concentración de Transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. *Universidad del Zulia, Venezuela*, 662-666.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Anuario de Estadísticas Agropecuarias*. Santa Tecla, El Salvador: MAG.
- Montevideo Portal. (12 de febrero de 2016). *Montevideo*. Obtenido de Los beneficios de la mostaza: <https://www.montevideo.com.uy/Mujer/Los-beneficios-que-no-conocias-de-la-mostaza-uc299659>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *Tabla de Almacenamiento de Alimentos en Frío*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Organización Panamericana de la Salud. (enero de 2019). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de Ejemplos Prácticos:Hamburguesas: <https://www.paho.org/hq/index.php?option=10921:2015-ejemplos-practicos-hamburguesas>
- Organización Panamericana para la Salud. (21 de septiembre de 2015). *Inocuidad de alimentos-control sanitario-HACCP*. Recuperado el 7 de septiembre de 2019, de <https://www.paho.org/hq/index.php?option=article&id=10921:2015-ejemplos-practicoshamburguesas&I=La%20hamburguesa%20es%20un%20producto%20como%20>
- Paw, D. (2013). Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP) Software. Dinamarca: DTU Library.
- R.E. Alimentación. (5 de Junio de 2019). *E. Alimentación*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2019, de Predomina el Proceso de Horenado para Productos Cárnicos:

<http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/83646-predomina-el-proceso-horneado-productos-carnicos->

- Ramos, M., Santos, R., Rodriguez, F., y Nuñez, M. d. (2016). Efecto de diferentes combinaciones carne, agua y carragenato en un rollo de cerdo reestructurado. La Habana, Cuba: *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27-35.
- Red de Oficinas de Transferencia de tecnología del Tecnológico de Monterrey . (2019). *Producto cárnico reestructurado*. Monterrey, México: Tecnológico de Monterrey.
- Rengifo Gonzalez, L. I. (2010). Capacidad de Retención de Agua y pH en diferentes tipos de carne y en embutido. En L. I. Rengifo Gonzalez, *Capacidad de Retención de Agua en Carne Cocida* (pág. 37). Tingo Maria, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Restrepo Molina, D. A., Arango Mejía, C. M., Campuzano, A. A., y Restrepo Digiammarco, R. A. (2001). Industria de Carne. En D. A. Restrepo Molina, C. M. Arango Mejía, A. A. Campuzano, y R. A. Restrepo Digiammarco, *redrengifo Estructura, composición química y calidad industrial de la carne* (págs. 19-21). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Restrepo Molina, D. A., Arango Mejía, C. M., Campuzano, A. A., y Restrepo Digiammarco, R. A. (2001). Industria de Carnes. En D. A. Restrepo Molina, C. M. Arango Mejía, A. A. Campuzano, y R. A. Restrepo Digiammarco, *Microbiología de la Carne* (págs. 1-13). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Restrepo Molina, D. A., Arango Mejía, C. M., Campuzano, A. A., y Restrepo Digiammarco, R. A. (2001). Industria de Carnes. En *Actividad de Agua (Aw)* (pág. 4). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Restrepo Molina, D. A., Arango Mejía, C. M., Campuzano, A. A., y Restrepo Digiammarco, R. A. (2001). Industria de Carnes. En D. A. Restrepo Molina, C. M. Arango Mejía, A. A. Campuzano, y R. A. Restrepo Digiammarco, *Capacidad de Retención de Agua* (págs. 40-48). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Restrepo Molina, D. A., Arango Mejía, C. M., Campuzano, A. A., y Restrepo Digiammarco, R. A. (2001). Industria de Carnes. En D. A. Restrepo Molina, C. M. Arango Mejía, A. A. Campuzano, y R. A. Restrepo Digiammarco, *Conservación de la Carne* (págs. 101-111). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Robinson, A. (2010). Reducción del contenido de aceite en barras de pescado capeadas fritas. En *Revisión Bibliográfica. Freido* (pág. 12). Puebla, México: Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- Roca, A. S. (2007). *Desarrollo de un producto reestructurado a partir de carne de res de bajo valor comercial*. Francisco Morazan, Honduras: Universidad Zamorano.
- RTCA 67.01.02:10. (2010). *RTCA 67.01.02:10 Etiquetado general de los alimentos previamente envasados (preenvasados)*. San Salvador.
- RTCA 67.01.60:10. (2010). *RTCA 67.01.60:10 Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de tres años de edad*. San Salvador.
- RTCA 67.04.50:17. (2017). *RTCA 67.04.50:17 Alimentos. Criterios Microbiológicos para la inocuidad de alimentos*. En *Carnes y productos cárnicos* (pág. 17). San Salvador.
- RTCA 67.04.54:10. (2010). *RTCA 67.04.54:10 Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios*. San Salvador.
- LópezSecretaría de Salud. (8 de marzo de 1995). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SSA1-1993, BIENES Y SERVICIOS. PRODUCTOS DE LA CARNE. CARNE MOLIDA Y CARNE MOLIDA MOLDEADA. ENVASADAS. ESPECIFICACIONES SANITARIAS*. Recuperado el 14 de Mayo de 2019 de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/034ssa13.html>
- Sisa Puma, Mauro Alexis. (2015). *Efecto de la incorporación de la trnasglutaminasa e hidrocoloides en las propiedades físicas y sensoriales de hamburguesas de Tilapia (Oreochromis aureus)*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Superintendencia de Competencia. (2016). *Carne Bovina*. San Salvador: SC Editores.

Valencia, H., y Avendaño, P. (2017). *Polímeros y sus usos en la Industria Alimentaria*. Medellín, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje.

Witting, D. (2001). Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de Alimentos. En *Métodos para detectar diferencias, test pareado* (pág. 51). Santiago de Chile, Chile: Biblioteca Digital de la Universidad de Chile.

ANEXOS

ANEXO A. FICHA TÉCNICA DE ENZIMA TRANSGLUTAMINASA PROBIND MB 1.0.



Leading **TRANSGLUTAMINASE SOLUTIONS**

Ficha técnica

FECHA: 12/2017

PROBIND MB 1.0

Código: 000691

DEFINICIÓN:

PROBIND MB 1.0 es una mezcla de ingredientes diseñada para mejorar las propiedades físicas de los alimentos. El principio activo de PROBIND MB 1.0 es la enzima transglutaminasa capaz de catalizar la reacción de formación de un enlace covalente entre un grupo amino (cadena lateral de una Lisina (Lys)) y el grupo carboxilamida de la cadena lateral de un residuo de Glutamina (Gln). Esta enzima viene mezclada en caseinato sódico, maltodextrina, y lecitina de girasol (como coadyuvante tecnológico, para reducir la formación de polvo del producto).

La funcionalidad del preparado permite en el producto:

- Incrementar la textura de productos alimentarios.
- Aumentar el valor nutritivo de los alimentos.
- Incrementar la capacidad de retención de agua del producto.
- Aumentar la jugosidad de los productos.
- Estructurar alimentos.
- Obtener productos de tamaño y dimensión controlados
- No necesita ningún tipo de aditivo, ni tratamiento térmico para catalizar la reacción.

COMPONENTES:

Caseinato sódico, maltodextrina, transglutaminasa y lecitina de girasol.

DOSIS MÁXIMA:

Utilizar entre 8-15 g/kg, según producto a elaborar.

ALMACENAJE:

Mantener en sitio fresco y seco. Una vez abierto se aconseja usar todo el contenido de la bolsa. En caso de no usar toda la bolsa, se aconseja mantener la bolsa sin oxígeno y guardarla a temperatura inferior a 5°C.

FECHA DE CADUCIDAD:

12 meses desde la fecha de producción envasado en bolsas de aluminio al vacío de 1 Kg.



Leading TRANSGLUTAMINASE SOLUTIONS

Ficha técnica

FECHA: 12/2017

PROBIND MB 1.0

Código: 000691

ESPECIFICACIONES GENERALES:

PARÁMETROS	UNIDADES	ESPECIFICACIONES
Actividad transglutaminasa	U/g	40-65*
Humedad	%	< 10
Arsénico (As ₂ O ₃)	ppm	< 2
Metales Pesados (Pb)	ppm	< 20
Microorganismos aerobios mesófilos	ufc/g	< 5 x 10 ³
Microorganismos aerobios termófilos	ufc/g	< 5 x 10 ²
Bacterias coliformes	ufc/g	Negativo
<i>Salmonella</i>	ufc/g	Ausencia en 25 g



Leading **TRANSGLUTAMINASE SOLUTIONS**

Ficha técnica

FECHA: 12/2017

PROBIND MB 1.0

Código: 000691

ALÉRGENOS:

Ingredientes citados en el anexo del Reglamento UE 1169/2011 (Anexo II)

PRODUCTO	+/-
Cereales que contengan gluten y productos derivados (trigo, centeno, cebada, espelta, kamut o sus variedades híbridas)	-
Crustáceos y productos a base de crustáceos	-
Huevos y productos a base de huevo	-
Pescado y productos a base de pescado	-
Cacahuets y productos a base de cacahuets	-
Soja y productos a base de soja	-
Leche y sus derivados (incluida la lactosa)	+
Frutos de cáscara: almendras, avellanas, nueces, anacardos, pacanas, castañas de pará, pistachos, nueces de macadamia, nueces de Australia y productos derivados	-
Apio y productos derivados	-
Mostaza y productos derivados	-
Granos de sésamo y productos a base de granos de sésamo	-
Anhídrido sulfuroso y sulfitos en concentraciones superiores a 10mg/kg o 10mg/l expresado como SO ₂	-
Altramuces y productos a base de altramuces	-
Moluscos y productos a base de moluscos	-

ANEXO B. INGREDIENTES UTILIZADOS PARA LA FORMULACIÓN DE LA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA.

Tabla B.1 *Ingredientes utilizados para la formulación de la carne estructurada de res para hamburguesa*

INGREDIENTES	
 <p>Figura B-1. Enzima Transglutaminasa (PROBIND MB 1.0)</p>	 <p>Figura B-2. Proteína Texturizada de Soja</p>
 <p>Figura B-3. Cebolla en polvo</p>	 <p>Figura B-4. Eritorbato de Sodio</p>
 <p>Figura B-5. Sal</p>	 <p>Figura B-6. Tripolifosfato de Sodio</p>

Continúa...

Tabla B.1 *Ingredientes utilizados para la formulación de la carne estructurada de res para hamburguesa (Continuación).*

INGREDIENTES	
	
<p>Figura B-7. Ajo en polvo</p>	<p>Figura B-8. Pimienta negra en polvo</p>
	
<p>Figura B-9. Mostaza en polvo</p>	<p>Figura B-10. Paprika en polvo</p>
	
<p>Figura B.11. Puerro</p>	

ANEXO C. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL (ANALISIS BROMATOLOGICOS) DE CARNE MOLIDA DE RES.

ANEXO C.1 ANALISIS DE CARNE MOLIDA DE RES ESPECIAL.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión: Ciudad Universitaria, 10 de junio de 2019.

Tipo de Muestra: CARNE MOLIDA (MXU 041)

Análisis solicitado: Humedad, Materia Seca, Ceniza, Proteína Cruda, Extracto Etéreo, Fibra Cruda.

Usuario: Br. Tatiana Alejandra Torres Palacios

Muestra	Metodología						
	Gravimétrico			micro-Kjedahl	Soxhlet	Ankom	Diferencia
ID	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%CHOS
MXU041	72.00	28.00	0.82	14.53	12.65	0.00	0.00

Resultados en Base Húmeda

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Lic. M.Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada
Jefe del Departamento de Química Agrícola



ANEXO C.2 ANALISIS DE CARNE MOLIDA DE RES SUPER ESPECIAL.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión: Ciudad Universitaria, 20 de junio de 2019.

Tipo de Muestra: CARNE MOLIDA (MXU090) *

Análisis solicitado: Bromatológico

Usuario: Br. Tatiana Alejandra Torres Palacios

Muestra	Metodología						
	Gravimétrico			micro-Kjedahl	Soxhlet	Ankom	Diferencia
ID	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%CHOS
MXU090	72.00	28.00	1.37	17.27	9.21	0.00	0.14

(*) Resultados presentados en Base Húmeda

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Lic. M.Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada
Jefe del Departamento de Química Agrícola



ANEXO D. MARCHAS DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.

ANEXO D.1 PH (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

Equipo

- a. Licuadora con vaso pequeño.
- b. Potenciómetro. Electrodo calibrado con buffer pH 4 y pH 7.
- c. Balanza analítica
- d. Termómetro.

Material

- a. Filtro de tela
- b. Probeta de 100 ml.
- c. Espátula.
- d. Vaso de precipitados.
- e. Papel absorbente para la limpieza y secado del electrodo.
- f. Piseta con agua destilada.

Reactivos

Buffer de referencia de pH 4 y 7.

Metodología

- a. Calibrar el potenciómetro
- b. Preparación de la muestra
 - i. Pesar 10 g de carne fresca y colocarla en el vaso de la licuadora.
 - ii. Añadir 90 ml de agua destilada y licuar por 1 min.
 - iii. Filtrar la suspensión de carne en el filtro de tela para eliminar el tejido conectivo.
- c. Medición del pH.
 - i. Medir el pH por triplicado con el potenciómetro previamente calibrado.
 - ii. Lavar el electrodo con agua destilada y limpiar sin frotar con un papel absorbente después de cada muestra y al final.
- d. Registro de resultados.

ANEXO D.2 ACTIVIDAD DE AGUA (Decagon Devices Inc., 2013)

Equipo: Pawkit

Metodología:

Preparación de la muestra

- a. Asegurar que la muestra a ser medida sea homogénea
- b. Cubrir completamente el fondo de la copa con la muestra, si es posible.
- c. No llenar la copa más de la mitad con la muestra.
- d. Asegurar que el borde y los exteriores de la copa estén limpios.
- e. Si la lectura de una muestra se realizara luego, colocar la tapa de la copa para restringir la transferencia de humedad.

Colocación de la muestra

- a. Abrir el Pawkit sosteniendo este con una mano y halando la tapa de sensor con la otra mano, la cubierta del sensor rotara y encajara en la posición abierta
- b. Colocar la copa de muestra ya preparada en una superficie plana.
- c. A continuación, colocar el Pawkit ya abierto encima de la copa con la muestra. La copa encajara bajo el sensor dentro del hueco en el fondo del Pawkit. Una copa puesta correctamente hará que el Pawkit este nivelado sobre la plataforma y sentado sobre la copa y las patas de apoyo del sensor. Asegurar que la copa está totalmente dentro del hueco del sensor. De otra manera, el Pawkit no estará nivelado en la plataforma y la copa no hará el sello de vapor con el sensor.
- d. Una vez que el Pawkit esté colocado correctamente sobre la copa con muestra, está listo para hacer las lecturas.
- e. Para cerrar el instrumento, hacer el procedimiento de apertura de este a la inversa. Con una mano sostener el estuche cerca de la pantalla y con la otra bajar y cerrar la tapa del sensor hasta que encaje en la posición de cierre.

Durante las mediciones

- a. Presionar el botón izquierdo (I) para encender el instrumento. Si está encendido ya, proceder al paso siguiente.
- b. Para realizar una nueva medición presionar nuevamente el botón (I) y automáticamente iniciara una nueva lectura de actividad de Agua. Se escuchará un sonido de inicio de la medición y la pantalla se reiniciará a 0.00aw. (Nota: presionando el botón I en cualquier momento reiniciara la medición).
- c. El tiempo aproximado que se tardara en medir la actividad de agua será de 5 minutos, esto dependerá de la temperatura a la que se tenga la muestra por eso se recomienda medir muestras a temperatura ambiente. La medición final de la actividad de agua vendrá dada por la emisión de un sonido similar al de inicio de la medición y el icono del sol desaparezca de la pantalla. (Nota: no levante o mueva el instrumento durante la medición, porque se corre el riesgo de contaminarla cámara y se romperá el sello de vapor de la cámara invalidando la medida de actividad de agua).
- d. Remover la copa de muestra levantando el Pawkit. Levantar el Pawkit hacia arriba para evitar derramar la copa de muestra. La muestra puede ser descartada ahora o cubierta con una tapa para ser re-medida en otro momento.

ANEXO D.3 MARCHA PARA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA). MÉTODO DE COMPRESIÓN ENTRE DOS PLACAS DE VIDRIO. (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011)

Equipo: Balanza Analítica.

Materiales:

- a. Papel Filtro de 125mm
- b. Placas de Vidrio
- c. Pesa de 2.5 kg

Metodología:

- a. Pesar el papel filtro en una balanza analítica.
- b. Pesar 0.3 (\pm 0.05) g de carne con 24 h desde la matanza del animal, y colocarlo dentro del papel filtro doblado por la mitad.
- c. Colocar el papel filtro con la muestra entre dos placas de vidrio y someterlo a compresión con una pesa de 2.25 kg durante 5 min.
- d. Transcurridos los 5 min, retirar la muestra de carne y pesar el papel filtro.
- e. Realizar los cálculos correspondientes (Ecuación 3.1)
- f. Realizar al menos la medición por duplicado.

ANEXO D.4 MARCHA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ÁCIDO LÁCTICO EN CARNE

Equipo

- a. Balanza analítica
- b. Licuadora

Material

- a. Vidrio reloj
- b. Probeta de 100 ml
- c. Vaso de Precipitado de 250 ml
- d. Embudo de filtración rápida
- e. Soporte universal
- f. Bureta
- g. Pizeta
- h. Papel filtro o manta para colar

Reactivos

- a. Hidróxido de Sodio 0.1N
- b. Agua destilada
- c. Fenolftaleína 1.0% como indicador

Metodología

- a. Pesar 10g de muestra y licuarlos con 200ml de agua destilada hervida. Aforar la muestra con vaso de precipitado de 250ml.
- b. Filtrar la muestra haciendo uso del embudo de filtración rápida y el papel filtro.
- c. Tomar 25ml de la solución filtrada obtenida y añadir 75ml de agua destilada hervida.
- d. Titular la muestra con hidróxido de sodio 0.1N utilizando fenolftaleína como indicador. (de 2 a 3 gotas)
- e. Hacer el cálculo como porcentaje de ácido láctico.

ANEXO D.5 MARCHA PARA DETERMINACION DE HUMEDAD

Equipo: Balanza Analizadora de humedad.

Metodología:

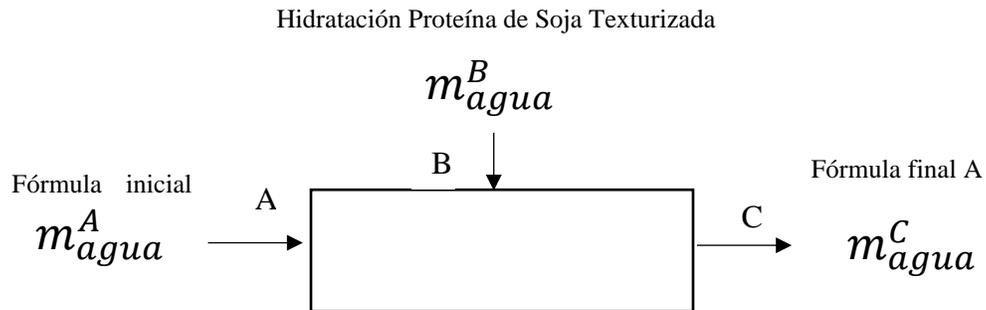
- a. Coloque un recipiente de muestra vacío en el analizador.
- b. Presione [→ 0 / T ← / Esc] para poner a cero el peso.
- c. Llene la bandeja de muestra con la muestra.
- d. Cuando la muestra se coloca en el plato de pesaje, debe extenderse lo más delgado posible. y lo más uniformemente posible, no compactar el material. Asegurar suficiente material, para garantizar una buena repetibilidad de los resultados. Típicamente se utiliza muestras de 3 a 8 gramos.
- e. Coloque la bandeja llena en el analizador.
- f. Baje la tapa de la cámara de pesaje, la prueba comenzará después de un retraso de 5 segundos o después de los ajustes de prueba han sido previsualizados.
- g. La prueba de secado comienza inmediatamente después de que se completa la vista previa.
- h. Cuando la prueba se haya detenido y la pantalla mostrará el resultado final de la siguiente forma:

ANEXO E. BALANCE DE AGUA PARA FORMULACIONES EXPERIMENTALES

ANEXO E.1. BALANCE DE AGUA PARA FORMULACIONES EXPERIMENTALES A Y B

a. Balance de agua para Formulación A

Para la formulación A, se tiene que la masa de agua durante el proceso se comporta según se presenta en el siguiente esquema.



Donde:

$m_{agua}^A = \text{Masa de agua según fórmula inicial A (tabla 2.6)}$

$m_{agua}^B = \text{Masa de agua absorbida por la proteína de soja en la hidratación}$

$m_{agua}^C = \text{Masa de agua presente en la formulación A final}$

Por tanto

$$m_{agua}^A = 25 \text{ g}$$

$m_{agua}^B = \text{Masa de Proteína de Soja Hidratada} - \text{Masa de Proteína de Soja Seca}$

Según la tabla 2.7

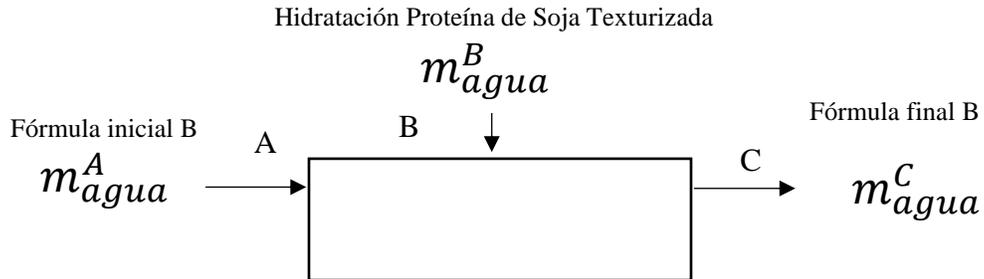
$$m_{agua}^B = (35.7 - 9)g = 26.7g$$

Entonces,

$$m_{agua}^C = m_{agua}^A + m_{agua}^B$$
$$m_{agua}^C = (25 + 26.7)g = \mathbf{51.7g}$$

b. Balance de agua para Formulación B

Para la formulación B, se tiene que la masa de agua durante el proceso se comporta según se presenta en el siguiente esquema.



Donde:

$$m_{agua}^A = \text{Masa de agua según fórmula inicial B (tabla 2.6)}$$

$$m_{agua}^B = \text{Masa de agua absorbida por la proteína de soja en la hidratación}$$

$$m_{agua}^C = \text{Masa de agua presente en la formulación B final}$$

Por tanto

$$m_{agua}^A = 25 \text{ g}$$

$$m_{agua}^B = \text{Masa de Proteína de Soja Hidratada} - \text{Masa de Proteína de Soja Seca}$$

Según la tabla 2.7

$$m_{agua}^B = (34.8 - 9)g = 25.8g$$

Entonces,

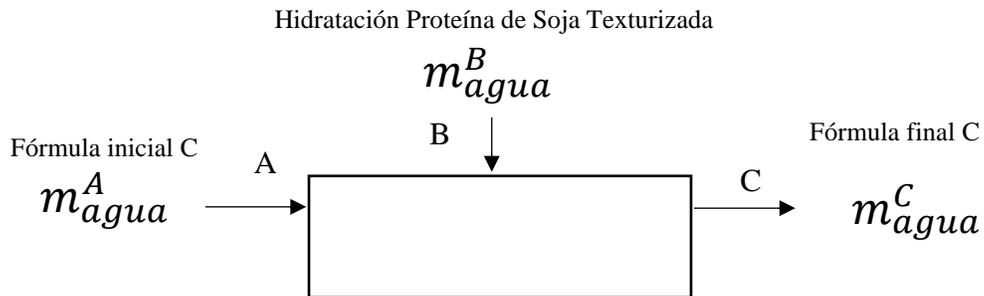
$$m_{agua}^C = m_{agua}^A + m_{agua}^B$$

$$m_{agua}^C = (25 + 25.8)g = \mathbf{50.8g}$$

ANEXO E.2. BALANCE DE AGUA PARA FORMULACIONES EXPERIMENTALES C Y D

c. Balance de agua para Formulación C

Para la formulación C, se tiene que la masa de agua durante el proceso se comporta según se presenta en el siguiente esquema.



Donde:

$$m_{agua}^A = \text{Masa de agua según fórmula inicial C (tabla 2.10)}$$

$$m_{agua}^B = \text{Masa de agua absorbida por la proteína de soja en la hidratación}$$

$$m_{agua}^C = \text{Masa de agua presente en la formulación C final}$$

Por tanto

$$m_{agua}^A = 25 \text{ g}$$

$$m_{agua}^B = \text{Masa de Proteína de Soja Hidratada} - \text{Masa de Proteína de Soja Seca}$$

Según la tabla 2.12

$$m_{agua}^B = (29.45 - 9)g = 20.45g$$

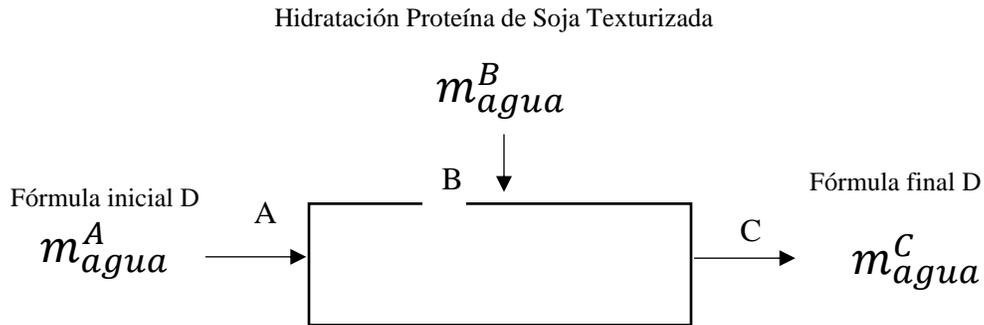
Entonces,

$$m_{agua}^C = m_{agua}^A + m_{agua}^B$$

$$m_{agua}^C = (25 + 20.45)g = \mathbf{45.45g}$$

d. Balance de agua para Formulación D

Para la formulación D, se tiene que la masa de agua durante el proceso se comporta según se presenta en el siguiente esquema.



Donde:

$$m_{agua}^A = \text{Masa de agua según fórmula inicial D (tabla 2.10)}$$

$$m_{agua}^B = \text{Masa de agua absorbida por la proteína de soja en la hidratación}$$

$$m_{agua}^C = \text{Masa de agua presente en la formulación D final}$$

Por tanto

$$m_{agua}^A = 25 \text{ g}$$

$$m_{agua}^B = \text{Masa de Proteína de Soja Hidratada} - \text{Masa de Proteína de Soja Seca}$$

Según la tabla 2.12

$$m_{agua}^B = (30.1 - 9)g = 21.1g$$

Entonces,

$$m_{agua}^C = m_{agua}^A + m_{agua}^B$$

$$m_{agua}^C = (25 + 21.1)g = \mathbf{46.1g}$$

ANEXO F. COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS TÉRMICOS HORNEADO Y FREÍDO
PARA FORMULACIONES C Y D

PROCESO DE FREIDO

Tabla F.1. *Variaciones de diámetro en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa en freído*

Diámetro inicial (cm)	10.8	10.8	10.8
Diámetro final (cm)	8.0	8.5	8.2
Diferencia (cm)	2.8	2.3	2.6
Diferencia (%)	25.93	21.30	24.07

Tabla F.2. *Variaciones de peso en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa en freído*

Peso inicial (g)	130	130.5	130.9
Peso final (g)	85.53	85.9	86.07
Diferencia (g)	44.47	44.60	44.82
Diferencia (%)	34.21	34.18	34.24

Tabla F.3. *Variaciones de altura en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa en freído*

Altura inicial (cm)	1	1	1
Altura final (cm)	2	1.8	1.8
Diferencia (%)	100	80	80

PROCESO DE HORNEADO

Tabla F.4. Variaciones de diámetro en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa en horneado

Diametro inicial (cm)	10.8	10.8	10.8
Diametro final (cm)	9.2	9.0	9.5
Diferencia (cm)	1.6	1.8	1.3
Diferencia (%)	14.81	16.67	12

Tabla F.5. Variaciones de peso en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa en horneado

Peso inicial (g)	131.0	130.7	130.8
peso final (g)	105.5	105.53	107.02
Diferencia (g)	25.5	25.17	23.78
Diferencia (%)	19.47	19.26	18.18

Tabla F.6. Variaciones de altura en carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa en horneado

Altura inicial (cm)	1	1	1
Altura final (cm)	1	1	1
Diferencia (%)	0	0	0

Los promedios de los porcentajes de pérdida para cada parámetro en ambos procesos de freído y horneado se presentan en la tabla 2.14.

Ejemplo de cálculo:

Diámetro en freído

$$\text{Diferencia (\%)} = \frac{2.8 \text{ cm} \times 100 \%}{10.8 \text{ cm}} = 25.93\%$$

$$\text{Disminución de diámetro (\%)} = 25.93 \% + 21.30 \% + 24.07 \% = 23.77 \%$$

ANEXO G. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA.

Tabla G.1 *Materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa.*

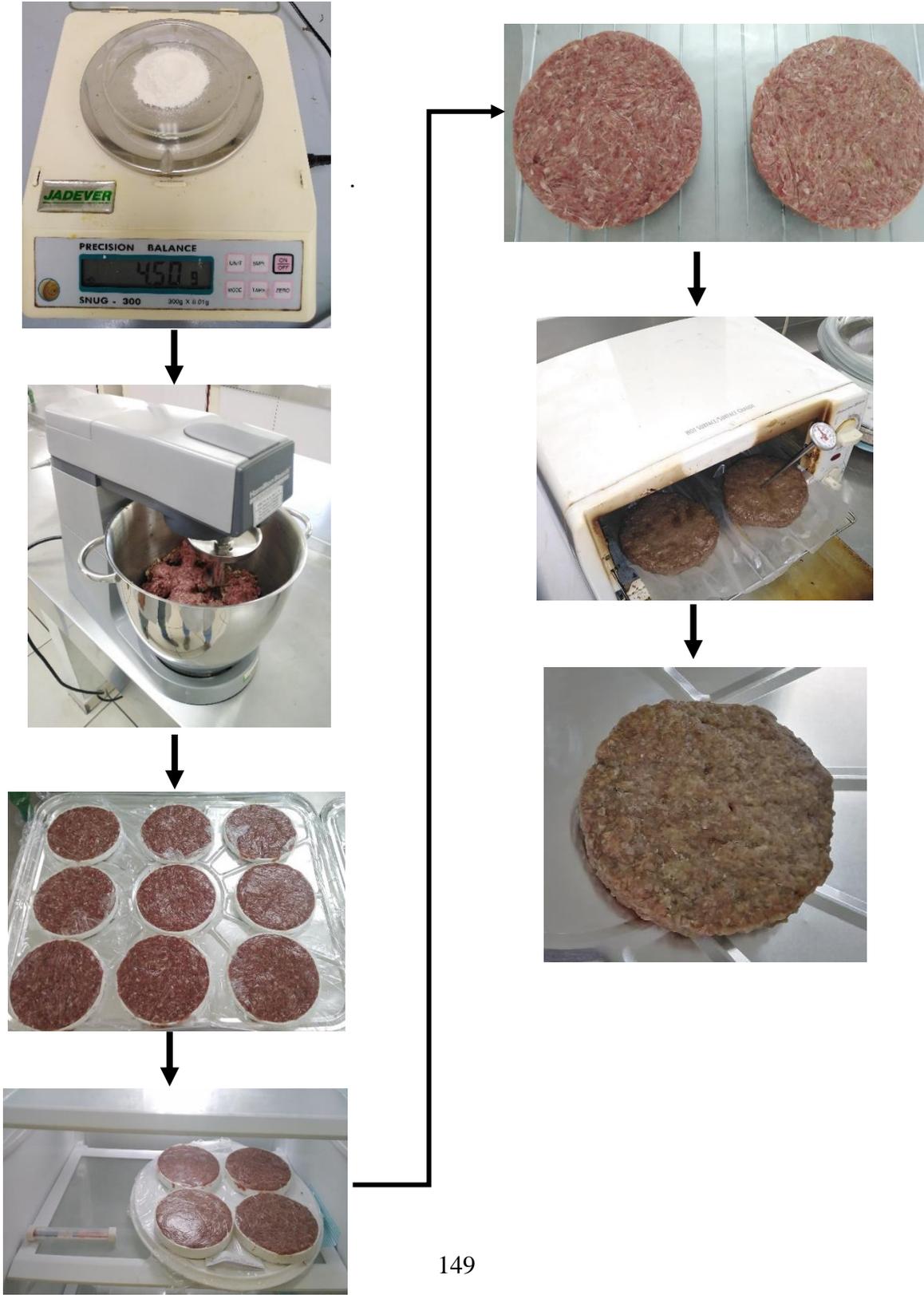
MATERIALES Y EQUIPOS	
 <p>Figura G-1. Moldes utilizados para la elaboración de las carnes</p>	 <p>Figura G-2. Mezcladora de Carne Hamilton Beach.</p>
 <p>Figura G-3. Horno Proctor Silex</p>	 <p>Figura G-4. Termómetro controlador de temperatura de refrigeración.</p>
 <p>Figura G-5. Balanza Analítica Jadever</p>	 <p>Figura G-6. Molino para Salsas, Pastas, Cremas y Granos.</p>

Continúa...

Tabla G.1 *Materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración de la carne estructurada de res para hamburguesa. (Continuación).*

MATERIALES Y EQUIPOS	
 <p>Figura G-7. Tamizador Eléctrico Electro-lab.</p>	 <p>Figura G-8. Termómetro de punción para carnes.</p>

ANEXO H. DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL PROCESO ESTANDARIZADO DE ELABORACIÓN PARA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA



ANEXO I. HERRAMIENTA DE EVALUCIÓN DEL PANEL SENSORIAL.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE ALIMENTOS
TRABAJO DE GRADUACION TDG-115



EVALUACION SENSORIAL EN CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESAS

PRUEBA AFECTIVA: PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA Y PRUEBA DE SATISFACCION PARA ESCALA HEDONICA VERBAL.

Número de evaluador: _____

Presentación: Este instrumento corresponde a la investigación “*Pruebas de incorporación de la enzima Transglutaminasa (PROBIND MB 1.0) en la formulación de carne estructurada de res para hamburguesa como coadyuvante de elaboración*”

Objetivo: Evaluar la aceptación de la carne estructurada de res para hamburguesa con la incorporación de la enzima Transglutaminasa a través del análisis sensorial, mediante la evaluación de atributos como olor, apariencia, sabor y textura.

Instrucciones: Frente a usted se encuentran dos muestras de carne para hamburguesas codificadas, inicie realizando la evaluación con la muestra **TKR0** y termina con la muestra **TKR5**. Enjuagarse con agua entre cada muestra.

1. Marque con una **X** el cuadro que está junto a la frase que mejor describa su opinión sobre cada muestra.

Número de muestra	Indicador	Olor	Apariencia	Sabor	Textura
TKR0	Me agrada mucho				
	Me agrada levemente				
	No me agrada, ni me desagrada				
	Me desagrada levemente				
	Me desagrada mucho				

Observaciones de la Muestra TKR0: _____

Número de muestra	Indicador	Olor	Apariencia	Sabor	Textura
TKR5	Me agrada mucho				
	Me agrada levemente				
	No me agrada, ni me desagrada				
	Me desagrada levemente				
	Me desagrada mucho				

Observaciones de la Muestra TKR 5 _____

2. ¿Percibió diferencia entre las muestras de carne para hamburguesa? Marque con una **X** su respuesta.

Sí No

Si su respuesta fue sí, pase a la pregunta 3, de lo contrario pasar a la pregunta 4 .

3. Favor indique con una **X** en cuál de las siguientes variables notó la diferencia. Marque solamente una opción.

Olor	Apariencia	Sabor	Textura

4. En base a la evaluación general de las muestras encierre en un círculo el código de cuál de las dos preferiría.

TKR0

TKR5

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO J. MÍNIMO NÚMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS PARA ESTABLECER SIGNIFICANCIA A DIFERENTES NIVELES DE PROBABILIDAD SEGÚN DISTRIBUCIÓN BINOMINAL.

Número de juicios/ panelistas	Nivel de probabilidad								
	Pareada, Dúo-Trío, Preferencia Pareada						Triangular		
	Una cola			Dos colas			Una cola		
	0.05	0.01	0.001	0.05	0.01	0.001	0.05	0.01	0.001
5							4	5	5
6							5	6	6
7	7	7	--	7	--	--	5	6	7
8	7	8	--	8	8	--	6	7	8
9	8	9	--	8	9	--	6	7	8
10	9	10	10	9	10	--	7	8	9
11	9	10	11	10	11	11	7	8	9
12	10	11	12	10	11	12	8	9	10
13	10	12	13	11	12	13	8	9	10
14	11	12	13	12	13	14	9	10	11
15	12	13	14	12	13	14	9	10	12
16	12	14	15	13	14	15	10	11	12
17	13	14	16	13	15	16	10	11	13
18	13	15	16	14	15	17	10	12	13
19	14	15	17	15	16	17	11	12	14
20	15	16	18	15	17	18	11	13	14
21	15	17	18	16	17	19	12	13	15
22	16	17	19	17	18	19	12	14	15
23	16	18	20	17	19	20	13	14	16
24	17	19	20	18	19	21	13	14	16
25	18	19	21	18	20	21	13	15	17
30	20	22	24	21	23	25	16	17	19
35	23	25	27	24	26	28	18	19	21
40	26	28	31	27	29	31	20	22	24
45	29	31	34	30	32	34	22	24	26
50	32	34	37	33	35	37	24	26	28
60	37	40	43	39	41	44	28	30	33
70	43	46	49	44	47	50	32	34	37
80	48	51	55	50	52	56	35	38	41
90	54	57	61	55	58	61	39	42	45
100	59	63	66	61	64	67	43	46	49

Fuente: (Witting, 2001)

ANEXO K. TABLA DE VALORES CRÍTICOS DE CHI CUADRADA. BAJO LA PROBABILIDAD DE QUE $H_0 \geq x^2$.

Grados de libertad	Nivel de significancia					
	0.20	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.64	2.71	3.84	5.02	6.63	7.83
2	3.22	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6
3	4.64	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8
4	5.99	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5	7.29	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7
6	8.56	10.6	12.6	14.4	16.8	18.5
7	9.8	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3
8	11.03	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0
9	12.24	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6
10	13.44	16.0	18.3	20.5	23.2	25.2
11	14.63	17.3	19.7	21.9	24.7	26.8
12	15.81	18.5	21.0	23.3	26.2	28.3
13	16.98	19.8	22.4	24.7	27.7	29.8
14	18.15	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3
15	19.31	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8
16	20.46	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3
17	21.62	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7
18	22.76	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2
19	23.9	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6
20	25.04	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0
21	26.17	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4
22	27.3	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8
23	28.43	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2
24	29.55	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6
25	30.68	34.4	37.7	40.6	44.3	46.5
26	31.8	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3
27	32.91	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6
28	34.03	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0
29	35.14	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3
30	36.25	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7

Fuente: (Witting, 2001)

ANEXO L. RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS PARA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA

ESMI, CALIDAD COMPROBADA

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro N°LEA-08-03 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv



San Salvador, 15 de agosto de 2019.

SRITA. TATIANA ALEJANDRA TORRES
Res. La Flor # 32, Circunvalación Universitaria, Mejicanos

Código de muestra 52872019 M
Fecha recibo de muestra 09 de agosto de 2019, 9:30 A.M.

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Muestra	Carne Estructurada de Res para Hamburguesa
Fecha de Elaboración	07 de agosto de 2019, Hora: 11:00 A.M.
Procedencia	Laboratorio de Alimentos de Facultad de Ingeniería y Arquitectura UES
Fecha de muestreo	08 de agosto de 2019, Hora: 3:00 P.M.
Muestra tomada por	El Cliente
Fecha finalización de análisis	14 de agosto de 2019

Análisis	Resultado	Método de análisis
<i>Escherichia coli</i>	Menor de 3.0	NMP, BAM 2002
<i>Salmonella</i>	Ausente	Ausencia - presencia, BAM 2011
<i>Listeria monocytogenes</i> *	Ausente	Ausencia - presencia, BAM 2003
<i>Staphylococcus aureus</i>	Menor de 10	Conteo directo en caja, BAM 2001
<i>Clostridium perfringens</i> *	Menor de 10	Conteo directo en caja, BAM 2001

Notas:

*Análisis no acreditado.

NMP: Número Más Probable.

BAM: Bacteriological Analytical Manual.

Los resultados emitidos en este informe corresponden a la muestra indicada en procedencia y código.

Prohibida su reproducción parcial sin la autorización del laboratorio.

Atentamente,

ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.

Lcda. Ana Delmy Figueroa
Firma autorizada



Página 1/1

ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V., 27 Calle Poniente N°. 944, Colonia Layco, San Salvador
2226-1380 2235-3927 2226-1242 servicioalclienteesmi@explora.com.sv atencionalclienteesmi@gmail.com

ANEXO M. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS) PARA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión: Ciudad Universitaria, 29 de julio de 2019.

Tipo de Muestra: CARNE DE RES PARA HAMBURGUESA (MXU177)

Análisis solicitado: Bromatológico

Usuario: Br. Karla Marcela Sibrian Orellana

Muestra	Metodología						
	Gravimétrico			micro-Kjedahl	Soxhlet	Ankom	Diferencia
ID	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%CHOS
MXU0177-2019	61.41	38.59	1.96	22.95	10.95	0.00	2.72

Resultados se expresan en base húmeda

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

“HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA”

Lic. M.Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada
Jefe del Departamento de Química Agrícola



ANEXO N. CÁLCULO PARA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).

Para calcular la Capacidad de Retención de Agua en los apartados 3.1.3.1 y 3.3.4 se muestra a continuación un ejemplo de cálculo a través del uso de la Ecuación 3.1 y los datos de la tabla 3.3

Cálculo de la Capacidad de Retención de Agua para carne estructurada de res para hamburguesa con enzima Transglutaminasa del apartado 3.1.3.1

$$\% \text{Jugo Perdido} = \left(\frac{\text{Peso Final del Papel Filtro} - \text{Peso Inicial del Papel Filtro}}{\text{Peso de la Muestra}} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{Jugo Perdido} = \left(\frac{1.10 \text{ g} - 1.02 \text{ g}}{0.3 \text{ g}} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{Jugo Perdido} = 26.67$$

ANEXO Ñ. TABLA DE ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS EN FRÍO.

(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019)

TABLA DE ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS EN FRÍO

Los tiempos indicados de refrigeración (2 – 8 °C) te ayudarán a mantener inocuos los alimentos y sin descomponerse. El congelamiento (-18 °C) mantiene los alimentos inocuos por tiempo indefinido, por lo tanto los tiempos indicados de congelamiento se refieren solo a la conservación de la calidad del alimento.

Producto	Refrigerador (2 – 8 °C)	Congelador (-18 °C)
Huevos frescos	3 a 5 semanas	No congelar
Huevos duros	1 semana	No congelar
Mayonesa	2 meses	No congelar
Comidas listas congeladas	-----	3 a 4 meses
Productos de fiambrería y envasado al vacío	3 a 5 días	No congelar
Salchichas (envase abierto)	1 semana	1 a 2 meses
Salchichas (envase cerrado)	2 semanas	1 a 2 meses
Tocino	7 días	1 mes
Chorizos ahumados	7 días	1 a 2 meses
Jamón cocido (envasado al vacío con fecha)	Utilizar hasta la fecha del paquete	1 a 2 meses
Jamón cocido (rodajas)	3 a 4 días	1 a 2 meses
Hamburguesas y carne para guisos	1 a 2 días	3 a 4 meses
Carne molida	1 a 2 días	3 a 4 meses
Carne de ternera (filete, asado, etc.)	3 a 5 días	6 a 12 meses
Carne de cerdo (chuletas)	3 a 5 días	4 a 6 meses
Carne de pollo o pavo	1 a 2 días	1 año
Pollo frito	3 a 4 días	4 meses
Carne cocida y guisos de aves cocidos	3 a 4 días	2 a 3 meses
Salsas y caldos de carne	1 a 2 días	2 a 3 meses
Sopas y guisos de verduras o con carne	3 a 4 días	2 a 3 meses
Pizza cocida	3 a 4 días	1 a 2 meses

ANEXO O. CÁLCULOS DE LA DISMINUCIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

Para establecer el porcentaje de pérdida relacionado con la disminución de la vida de anaquel de la carne estructurada de res para hamburguesa se llevan a cabo los siguientes cálculos para cada factor evaluador.

Ejemplo de cálculo para factor Elaboración:

$$\% \text{ de Perdida} = \frac{\text{Tiempo (Días)}}{\text{Vida práctica de almacenamiento (Días)}} \times 100\% \text{ (Ecuación F) (Giraldo Gómez, 1999)}$$

$$\% \text{ de Perdida} = \frac{0.17 \text{ días}}{2 \text{ días}} * 100\%$$

$$\% \text{ de Perdida} = 8.5 \%$$

Por lo que el Porcentaje de Perdida para el factor Elaboración es de 8.5%

De la misma manera se realizan los cálculos para el factor Refrigeración y Almacenamiento.

ANEXO P. CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ÁCIDO LÁCTICO EN CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMBURGUESA (PARA DÍA UNO)

Para la determinación del porcentaje de ácido láctico en la carne estructurada de res para hamburguesa se hace uso de la siguiente fórmula.

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{V_{NaOH} M_{eq \text{ ácido Láctico}} N_{NaOH}}{m_{muestra}} * 100 \text{ (Ecuación \tilde{N})}$$

Donde

V_{NaOH} = Volumen de NaOH gastado en la titulación

$M_{eq \text{ ácido Láctico}}$ = Miliequivalentes de ácido láctico

N_{NaOH} = Normalidad de la solución titulante de NaOH

$m_{muestra}$ = Masa de la muestra de carne

Experimentalmente se obtuvo que el volumen de NaOH gastado en la titulación fue de 0.1ml con una concentración de 0.1N para una muestra inicial de carne equivalente a 10g.

Por tanto,

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{(0.1)(0.9)(0.1)}{10} * 100$$

$$\% \text{ ácido láctico} = \mathbf{0.09\%}$$

ANEXO Q. CÁLCULO DE PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.

Para el cálculo del porcentaje CRA desde el día 46 al día 71, se utiliza la ecuación 3.4

$$CRA = 26.895 - 0.0412 (\text{días})$$

Ejemplo de cálculo para el día 60:

$$CRA = 26.895 - 0.0412 (60)$$

$$CRA = 24.42 \%$$

Para el cálculo de la CRA remanente, se divide el porcentaje CRA para 60 días, obtenido anteriormente entre 25% correspondiente al día 46.

$$CRA \text{ remanente} = \frac{24.42 \%}{25 \%} \times 100\%$$

$$CRA \text{ remanente} = 97.69\%$$

Para el porcentaje CRA perdido, se resta del 100 % el porcentaje el CRA remanente, obtenido anteriormente.

$$CRA \text{ perdido} = 100 \% - 97.69 \%$$

$$CRA \text{ perdido} = 2.31 \%$$

ANEXO R.2 DISEÑO COMERCIAL DE ETIQUETA PARA CARNE ESTRUCTURADA DE RES PARA HAMRGUESA




TORTAS DE CARNE PARA HAMBURGUESAS



Información Nutricional

4 porciones por envase
Tamaño de la Porción: 95g (1 Tzarda)
Cantidades por Porción

Calorías 190	
Grasa Total 15g	30%
Colectores 70 mg	24%
Sodio 220 mg	9%
Carbhidratos Totales 1g	1%
Fibra dietética 0g	0%
Azúcares Totales 0g	0%
Inclusión de azúcar agregada 0%	
Proteína 22g	44%

No es fuente significativa de vitaminas D, calcio, hierro y potasio

*EPA de valor diario (DV) la dieta diaria con base en un promedio de 2000 calorías al día y se añaden para consumo general de nutrición.



TORRES PARA COCINAR
4 Unidades

Peso Neto: 380g (13.4oz)

MANTENGASE CONGELADO NO DESCONGELAR PARA CALENTAR

Ingredientes:
Carne molida de res, agua, especias, proteína de soja texturizada, sal, conservantes, estabilizantes, saborizantes, Distribuido de todo el mundo.

Contiene Soja

Lote No.
2682019TTKSPA

Vence:
26-11-2019

Peso Neto:
380 g (13.4 oz)

Registro Sanitario
D.G.S.V. No. 1234

INDUSTRIAS TKR

Productos Empanizados elaborados en El Salvador por Industrias TKR S.A. DE C.V.
Dirección:
Final 25 Av. Norte, San Salvador.
Tel: 2711-2000

TORTAS DE CARNE PARA HAMBURGUESAS

Modo de Uso: Nunca descongele las hamburguesas. Para cocinarlas páselas directamente del freezer a la sartén u horno.

Horno convencional:

1. Precaliente el horno a 190°C durante 5 minutos.
2. Coloque las tortitas en una bandeja u otro recipiente para hornear y hornéelas durante 8 minutos.
3. Déles vuelta y hornéelas durante 8 minutos más.
4. Manténgalas siempre la misma temperatura.
5. Sirvalas calientes.

Sartén:

1. En una sartén ponga suficiente aceite.
2. Precaliente el aceite durante 3 minutos a temperatura media.
3. Cocine las tortitas durante 3 minutos de un lado y luego 3 minutos más del otro lado.
4. Manténgalas siempre la misma temperatura.
5. Sirvalas calientes.

ANEXO S. CÁLCULOS PARA TABLA NUTRICIONAL

Tabla S.1 *Tabulación de datos para la determinación de la composición nutricional de una porción del producto final*

Ingredientes	Carne estructurada		Cebolla en polvo		Ajo molido		Pimienta negra		Sal de mesa		Carne de res semimagra cocida		Producto
Porcentaje en decimal	1		0.0076		0.0096		0.0029		0.0048		0.8602		
Calorías	201.2 3	191.17											191.17
Proteína	22.95	21.80											21.80
Grasa Total	10.95	10.40											10.40
Carbohidratos Totales	2.72	2.58											2.58
Colesterol*			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.00	71.91	71.91
Sodio*			54.00	0.39	26.00	0.24	44.00	0.12	38758.0	176.74	54.00	44.13	221.61
Fibra Dietética	0.00	0.00											0.00

Ejemplo de cálculo:

a. Sodio y Colesterol. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica

Sodio en Cebolla en polvo.

Se multiplica la porción (95 gramos) por el porcentaje en decimal de la composición (0.0076), luego por regla de 3, ese dato se multiplica por la cantidad leída en la tabla (54 gramos) y se divide entre 100 gramos.

$$\text{Sodio} = \frac{(95 \text{ gramos} * 0.0076) * 54 \text{ gramos}}{100 \text{ gramos}}$$

$$\text{Sodio} = 0.39 \text{ gramos}$$

y así sucesivamente para los demás ingredientes de la formulación de la carne estructurada de res para hamburguesa para Colesterol y Sodio.

b. Calorías. Fórmula

La cantidad de energía se calcula utilizando los factores de conversión siguientes: Carbohidratos (4 kcal/g), Proteína (4 kcal/g) y Grasas (9 kcal/g), por lo que la energía total corresponde a la sumatoria del aporte energético. Para este caso sería:

$$\text{Calorías} = \left(2.72\text{g} * \frac{4\text{kcal}}{\text{g}}\right) + \left(22.95\text{g} * 4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}}\right) + \left(10.95\text{g} * 9 \frac{\text{kcal}}{\text{g}}\right)$$

$$\text{Calorías} = 201.23 \text{ kcal}$$

Se multiplica la porción (95 gramos) por el porcentaje en decimal de la composición (1), ya que es el producto final en sí, luego por regla de 3, ese dato se multiplica por la cantidad de calorías calculada (201.23 kcal) se divide entre 100 gramos.

$$\text{Calorías} = \frac{(95 \text{ gramos} * 1) * 201.23 \text{ kcal}}{100 \text{ gramos}}$$

$$\text{Calorías} = 191.17 \text{ kcal}$$

- c. Proteína, Grasa Total, Carbohidratos Totales y Fibra Dietética. Análisis Químico proximal

Proteína en la carne estructurada de res para hamburguesa.

Se multiplica la porción (95 gramos) por el porcentaje en decimal de la composición (1), ya que es el producto final en sí, luego por regla de 3, ese dato se multiplica por la cantidad en los análisis (22.95 gramos) y se divide entre 100 gramos.

$$\text{Proteina} = \frac{(95 \text{ gramos} * 1) * 22.95 \text{ gramos}}{100 \text{ gramos}}$$

$$\text{Proteina} = 21.80 \text{ gramos}$$

y así sucesivamente para los demás componentes alimenticios de la formulación de la carne estructurada de res para hamburguesa.

Tabla S.2 *Cálculo del porcentaje del valor diario (%VD)*

Componentes Alimenticios	Composición Producto Final	Valor Diario (VD)	%VD
Grasa Total	10.40 gramos	65 gramos	16
Colesterol	71.91 miligramos	300 miligramos	24
Sodio	221.61 miligramos	2400 miligramos	9
Carbohidratos Totales	2.58 gramos	300 gramos	1
Fibra Dietética	0 gramos	25 gramos	0
Proteína	21.80 gramos	50 gramos	44

Ejemplo de cálculo:

% VD para Grasa Total.

Se divide el valor de la composición nutricional del producto final correspondiente al componente alimenticio a evaluar (10.40 gramos) entre el Valor Diario de dicho componente alimenticio (65 gramos) por 100%.

$$Grasa\ Total = \frac{10.40\ gramos}{65\ gramos} * 100\%$$

$$Grasa\ Total = 16\%$$