



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA:

AGROINDUSTRIAS

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y PORCENTAJE DE DOS
EXTRACTOS ENZIMÁTICOS NATURALES “BROMELINA Y
PAPAÍNA” COMO ABLANDADORES DE MÚSCULO VACUNO**

AUTORAS:

**LADY TATIANA RODRIGUEZ PINCAY
YARITZA MISHHELL ZAMBRANO ZAMBRANO**

TUTOR:

ING. MARCELO EDMUNDO MATUTE ZEAS, Mg

CALCETA, OCTUBRE 2021

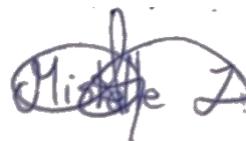
DERECHOS DE AUTORÍA

LADY TATIANA RODRÍGUEZ PINCAY, con cedula de ciudadanía 131490785-6 y YARITZA MISHHELL ZAMBRANO ZAMBRANO con cedula de ciudadanía 131365882-3, declaran bajo juramento que el trabajo de titulación descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



**LADY TATIANA RODRÍGUEZ
PINCAY**



**YARITZA MISHHELL ZAMBRANO
ZAMBRANO**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. MARCELO EDMUNDO MATUTE ZEAS, Mg certifica haber tutelado el proyecto: **EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y PORCENTAJE DE DOS EXTRACTOS ENZIMÁTICOS NATURALES “BROMELINA Y PAPAÍNA” COMO ABLANDADORES DE MÚSCULO VACUNO**, que ha sido desarrollada por **LADY TATIANA RODRÍGUEZ PINCAY** y **YARITZA MISHHELL ZAMBRANO ZAMBRANO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

0101301687	Firmado digitalmente
MARCELO	por0101301687
EDMUNDO	MARCELO
MATUTE	EDMUNDO MATUTE
ZEAS	ZEAS
	Fecha:2021-10-14
	18:16-05:00

ING. MARCELO EDMUNDO MATUTE ZEAS, Mg.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y PORCENTAJE DE DOS EXTRACTOS ENZIMÁTICOS NATURALES “BROMELINA Y PAPAÍNA” COMO ABLANDADORES DE MÚSCULO VACUNO**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **LADY TATIANA RODRÍGUEZ PINCAY** y **YARITZA MISHELL ZAMBRANO ZAMBRANO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:

**LUISA ANA
ZAMBRANO
MENDOZA**

**ING. LUISA ZAMBRANO M, Mg.
MIEMBRO**

**DIANA
CAROLINA
CEDEÑO
ALCÍVAR**



Firmado
Digitalmente por
DIANA CAROLINA
CEDEÑO ALCÍVAR
Fecha: 2021.10.14
10:05:52-05'00'

**ING. DIANA CEDEÑO A, Mg.
MIEMBRO**

**ROSA IRINA
GARCIA
PAREDES**

Firmado digitalmente por
ROSA IRINA GARCIA
PAREDES
Fecha: 2021.10.14 09:12:01
-05'00'

**ING. ROSA GARCÍA P, Mg.
PRESIDENTE**

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser la luz que ha guiado mi camino a lo largo de esta etapa importante de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A mis padres, que son mi centro, mi aire, mi gravedad, el motor, luz y pilar fundamental de mi vida, y quienes, con su amor, paciencia, esfuerzo, trabajo honrado y sacrificios me han ayudado a cumplir el sueño de culminar mi carrera. Toda gratitud a ellos.

A los docentes por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, en especial a mi tutor, el Ing. Edmundo Matute Zeas, y a mi facilitadora, la Ing. Katerine Loor Cusme, quienes me han guiado en la elaboración de este trabajo de titulación.

A mi compañera de fórmula y amiga, Mishell, por la paciencia.

LADY TATIANA RODRÍGUEZ PINCAY

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y la fortaleza de levantarme día a día a seguir luchando por mis metas.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A mis padres, quienes son ejemplo de sencillez y trabajo, además de ser mi pilar fundamental, mi motor, las personas más importantes en mi vida, viviré eternamente agradecida por haberme apoyado desde el primer momento que decidí estudiar la universidad, gracias por confiar en mí.

A mis hermanos y abuelos quienes también han sido parte fundamental en esta etapa maravillosa.

A mi tutor Ing. Edmundo Matute Zeas, y a mi facilitadora Ing. Katerine Loor Cusme por el conocimiento impartido y ser guías imprescindibles en esta maravillosa etapa, por la motivación y la paciencia brindada.

A mi compañera y amiga Lady por tenerme la paciencia y saber entenderme en los momentos más intensos del trabajo.

YARITZA MISHHELL ZAMBRANO ZAMBRANO

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y el que me da fuerzas para continuar en este proceso.

A mis padres, por su amor, sacrificio y apoyo en todos estos años de carrera.

A mis hermanas, abuelos y demás familiares, por darme el apoyo moral en los momentos más difíciles a lo largo de esta etapa.

A mi abuelo Alcides, que formó parte de mi educación desde muy pequeña y siempre me apoyó en todo, y el cual sé que desde el cielo está orgulloso de verme culminar esta etapa importante de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

LADY TATIANA RODRÍGUEZ PINCAY

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y las fuerzas necesarias para seguir con mis estudios y no decaer por más difícil que sea la situación.

A mis padres, Pilar Zambrano y Tito Zambrano por estar siempre a mi lado y brindarme el apoyo moral y económico en esta etapa fundamental de mi vida, por motivarme a seguir adelante y luchar por mis metas.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

YARITZA MISHHELL ZAMBRANO ZAMBRANO

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE CUADROS	xii
CONTENIDO DE FIGURAS	xii
CONTENIDO DE IMÁGENES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. CARNE	5
2.1.1. PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA CARNE	5
2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE	5
2.1.2.1. pH	5
2.1.2.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)	6
2.1.2.3. TEXTURA	7
2.2. TEJIDO MUSCULAR	7

	x
2.2.1. MÚSCULO ESQUELÉTICO	8
2.3. COMPONENTES DEL MÚSCULO ASOCIADOS CON LA TEXTURA	8
2.3.1. GRASA	9
2.3.2. TEJIDO CONECTIVO	9
2.3.3. PROTEÍNAS MIOFIBRILARES	9
2.4. MÉTODOS DE ABLANDAMIENTO DE LA CARNE	10
2.4.1. ESTIRAMIENTO MECÁNICO	10
2.4.2. EXTRACTOS ENZIMÁTICOS DE FRUTAS	10
2.4.3. ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA	11
2.5. ENZIMAS PROTEOLÍTICAS NATURALES	11
2.5.1. PAPAÍNA	12
2.5.2. BROMELINA	12
2.5.3. USO DE ENZIMAS	13
2.5.4. MÉTODOS DE APLICACIÓN	13
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	15
3.1. UBICACIÓN	15
3.2. DURACIÓN	16
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	16
3.3.1. MÉTODOS	16
➤ MÉTODO EXPERIMENTAL	16
➤ MÉTODO DESCRIPTIVO	16
3.3.2. TÉCNICAS	17
➤ ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA	17
3.4. FACTORES EN ESTUDIO	17
3.4.1. NIVELES	17
3.4.2. TRATAMIENTOS	18
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	18

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL	19
3.7. VARIABLES A MEDIR	19
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	20
3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA PAPAÍNA (ENZIMA DE LA PAPAYA)	21
3.8.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA BROMELINA (ENZIMA DE LA PIÑA)	23
3.8.3. APLICACIÓN DE LOS EXTRACTOS ENZIMÁTICOS	24
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LOS EXTRACTOS ENZIMÁTICOS NATURALES ACTÚAN SOBRE EL MÚSCULO VACUNO	26
4.2. PORCENTAJE REQUERIDO DE EXTRACTO ENZIMÁTICO NATURAL (BROMELINA Y PAPAÍNA) CÓMO ABLANDADOR DEL MÚSCULO VACUNO	27
4.3. PERFIL DE TEXTURA DEL MÚSCULO VACUNO OBTENIDO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL TIEMPO Y PORCENTAJE DE EXTRACTOS ENZIMÁTICOS NATURALES	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
5.1. CONCLUSIONES	35
5.2. RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	48

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 3. 1. Detalle de los tratamientos	18
Cuadro 3.2. Esquema del ANOVA para los factores.....	19
Cuadro 3. 3. Componentes de la unidad experimental	19
Cuadro 4.1. Valores promedios del tiempo de los extractos enzimáticos naturales sobre el perfil de textura del músculo.....	26
Cuadro 4.2. Valores promedio de extractos enzimáticos (Bromelina y Papaína) como ablandador del músculo vacuno	27
Cuadro 4.3. Valores promedio del perfil de textura obtenido mediante la aplicación del tiempo y porcentaje de los extractos enzimáticos naturales	31

CONTENIDO DE FIGURAS

Figuras 3.1. Diagrama de proceso para la obtención de la papaína (enzima de la papaya)	20
Figuras 3.2. Diagrama de proceso para la obtención de la bromelina (enzima de la piña)	22

CONTENIDO DE IMÁGENES

Imagen 3.1. Ubicación de los Laboratorios de Bromatología de la ESPAM....	15
Imagen 3.2. Ubicación de los Laboratorios de Bromatología de la ULEAM-MANTA.....	16

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el tiempo y porcentaje de dos extractos enzimáticos naturales “bromelina y papaína” como ablandador de músculo vacuno. Se evaluó tiempo (6, 8 y 10 horas) y porcentaje de adición de cada extracto enzimático (30% y 50%). Se utilizaron 12 tratamientos con 3 réplicas, tomando como unidad experimental 50 g de músculo vacuno, donde se manipularon el porcentaje de adición de cada extracto enzimático (30 y 50%) y el de tiempo (6, 8 y 10 horas) de acción, la aplicación de cada extracto se realizó por inmersión. Se evaluaron los parámetros del perfil de textura (dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad) a través del método destructivo (punción-penetración) haciendo uso del Texturómetro. El diseño estadístico utilizado fue DCA (diseño completamente al azar) con arreglo trifactorial A*B*C más un testigo. A través de las pruebas de Dunnett se logró identificar al mejor tratamiento, siendo este el T10 (50% extracto de bromelina 10 horas) el cual mostró el mejor perfil de textura.

Palabras clave: Extractos enzimáticos, bromelina, papaína, tiempo de acción, músculo vacuno.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the time and percentage of two natural enzyme extracts "bromelain and papain" as a beef muscle softener. Time (6, 8 and 10 hours) and percentage of addition of each enzyme extract (30% and 50%) were evaluated. 12 treatments were used with 3 replicates, taking as an experimental unit 50g of cattle muscle, where the percentage of addition of each enzyme extract (30 and 50%) were manipulated. and the time (6, 8 and 10 hours) of action, the application of each extract was done by immersion. Texture profile parameters (hardness, elasticity, cohesivity, gummyness and chewability) were evaluated through the destructive method (puncture-penetration) using the Texturometer. The statistical design used was DCA (completely random design) with A*B*C trifactorial arrangement plus a witness. Dunnett's tests were able to identify the best treatment, with this being T10 (50% bromelain extract*10 hours) which showed the best texture profile.

Keywords: Enzyme extracts, bromelain, papain, time of action, cattle muscle.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La carne de res es un alimento cotidiano, de alta aceptación en la población ecuatoriana, es parte de la dieta diaria y según organismos como la Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos (ANFAB) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO), indican que el consumo per cápita ha aumentado en los últimos años y se encuentra en un aproximado de 17.54 Kg/persona/año, esto según (Marrasquin, 2016).

Los consumidores buscan productos de calidad en cualquier alimento de consumo humano. Define (San Ramón, 2015) que la calidad de la carne, depende de la cadena de producción y su comercialización. Lo primero que el consumidor observa en la carne, es la calidad higiénica, que tenga buen color, olor y sin presencia de tejido conectivo, sin embargo existen factores que llegan a alterarla como es el sacrificio, sexo, edad, raza, alimentación, manejo y genética del animal (Maiti, Ahlawat, Sharma, & Khanna, 2008).

Otra de las características primordiales es la textura de la carne, dentro de ella destaca la dureza, que se define como la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar (Horcada & Polvillo, 2016). La dureza que se presenta en la carne se le atribuye principalmente a factores como: el tejido conectivo, la maduración de la carne y la contracción muscular (Fernández, 2017).

Siendo este el principal problema que manifiestan los consumidores al momento de adquirir la carne en los mercados de la ciudad, debido a que esta necesita de largas horas de cocción, además de perder sus valores nutricionales al ser expuesta a altas temperaturas por tiempo prolongado.

Para poder obtener una carne suave se han implementado mecanismos de ablandamiento que incluyen el empleo de enzimas, que pueden ser exógenas y de origen vegetal: como la papaína que se obtiene de la papaya, la ficina del

higo y la bromelina de la piña, existen otras enzimas de origen microbiano, como las proteasas producidas por el género *Pseudomonas*, aunque éstas últimas son poco utilizadas (Marrasquin, 2016).

Las enzimas (papaína, bromelina) han sido manipuladas en la industria cárnica como ablandadoras para reducir la dureza y mejorar algunas características físico-químicas (Guacho & Rivas, 2017). Estas enzimas proteolíticas, en el caso de la bromelina, que se encuentra presente en la piña, puede tener una afinidad hacia las cadenas polipeptídicas dependiendo de su origen (tallo o fruto) que hidroliza enlaces peptídicos (Marrasquin, 2016).

La papaína está presente en el látex de la papaya *Carica papaya*, el uso principal que se le da a la papaina es como mejorador de la textura de las carnes (Barón y García, 2013) citado por (Guacho & Rivas, 2017).

Mediante la presente investigación se pretende conocer ¿Cuál será el tiempo y el porcentaje de actuación de los extractos enzimáticos para ablandar el músculo vacuno?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años los compradores le han dado mayor importancia a las contribuciones nutricionales que brindan los alimentos (Montoya, García, Barahona, 2015) buscando consumir carne de buena calidad y con las mejores características sensoriales, higiénicas y nutricionales.

La presente investigación aportará al desarrollo de nuevos mecanismos que ayuden a la comercialización y al aumento de consumo de carne vacuno en el país, a su vez ayudará al sector cárnico a su fortalecimiento y mejoramiento en el abastecimiento al cliente, brindándole a éste último lo que desea (Corporación Ganadera , 2003).

Con esto también se pretende dar mayor importancia a los recursos agrarios del país, ya que estas materias primas a utilizar en la investigación (piña y papaya) se consumen como frutos frescos o se las exporta. Si se aprovecharan los recursos que brindan estas materias primas, este sector se podría volver competitivo, al obtener ingresos extras en las ventas de estos frutos (Plaza, 2018).

Tomando en cuentas los factores anteriormente mencionados la investigación va enfocada en la búsqueda de una forma de disminuir la dureza que se presenta en la carne de res, sin hacer uso de ablandadores químicos o mecánicos que de una manera u otro afectan a la salud del consumidor y al medio ambiente, además de que tienen un alto valor económico.

La investigación se rige al Codex STAN 192-1995 para aditivos alimentarios, donde indica que el uso de la papaína se puede utilizar en la categoría de alimentos en las condiciones de buenas prácticas de manufactura establecidas en el preámbulo de la GSFA (Codex General Standard for Food Additives) y con respecto a la bromelina su uso está justificado exclusivamente si ofrece alguna ventaja, no indica riesgo en la salud de los compradores y que cumpla o una o más funciones tecnológicas establecidas (Codex Alimentarius , 1995).

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el tiempo y porcentaje de dos extractos enzimáticos naturales “bromelina y papaína” como ablandador de músculo vacuno.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el tiempo requerido para que los extractos enzimáticos naturales actúen sobre el músculo vacuno.
- Determinar el porcentaje requerido de extracto enzimático natural (bromelina y papaína) cómo ablandador del músculo vacuno.
- Evaluar el perfil de textura del músculo vacuno obtenido mediante la aplicación del tiempo y porcentaje de extractos enzimáticos naturales.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tiempos y porcentajes en los que se aplicarán los extractos enzimáticos generarán el ablandamiento del músculo vacuno.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CARNE

Se conoce por carne a todo alimento que proviene de las partes blandas y comestibles de los animales (Semergen, 2018). Argumentado esta definición la norma INEN 1338 (2012) define a la carne como un tejido muscular estriado en fase posterior a su rigidez cadavérica (post rigor), comestible, sano y limpio, de animales de abasto que mediante un análisis veterinario oficial antes y después del faenamamiento son señalados aptos para consumo humano.

2.1.1. PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA CARNE

Según estudios alrededor del mundo la carne de res es destacada como una de las primordiales fuentes de proteína de alta calidad biológica, de Fe biodisponible, Zn y P; con vitaminas del complejo B, E y betacarotenos; de igual forma es una fuente importante de ácidos grasos monoinsaturados AGMI y poliinsaturados AGPI (Giuffrida, Arenas, & Huerta, 2014).

Con lo que respecta a sus componente mayoritarios Horcada y Polvillo (2016) indican que estos son el agua (65-80%), proteína (16- 22%) y grasa (1 a 15%) estos elementos pueden variar de acuerdo a la raza, el sexo, la edad del animal e incluso de la alimentación del animal. Se debe tener en cuenta que el valor nutricional de un alimento proteico depende de su composición en aminoácidos.

2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE

2.1.2.1. pH

Indica Ayala (2018) que el pH es un indicador importante de la calidad final de la carne porque se encuentra relacionado con todos los parámetros tecnológicos y sensoriales que afectan al producto durante su vida útil. Además según Herrera (2015) el pH al ser considerado una de las características más importantes de la

carne, afecta directamente la estabilidad y propiedades de las proteínas, y de su valor final dependen los demás atributos de calidad, como la CRA, textura y color.

El valor aproximado de pH del músculo vivo es de 7 cerca a la neutralidad, valor que disminuye tras la muerte del animal para alcanzar la rigidez cadavérica con valores que van desde 5.4 - 5.8 tratando de hacer la degradación de glucógeno y obtener ácido láctico, para poder producir energía ante la falta de oxígeno. El ácido láctico por lo general continúa presente cerca de las 24 horas después de ser sacrificado el animal, dato que debe ser considerado al momento de realizar la medición de pH, por lo cual se puede decir que pasada las 24 horas se podría obtener una medida de pH final (Gualán, 2017).

2.1.2.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Indica León *et al* (2017) que la capacidad de retención de agua se puede definir como la aptitud de la carne para mantener unida su propia agua, incluso bajo la dominio de fuerzas externas. Además agrega Leal, *et al* (2015) que se considera la CRA como uno de los parámetros de calidad de la carne más importante, dado que posee asociación con la apreciación de la jugosidad y la pérdida de peso de la carne durante procedimientos como la maduración, la cocción y otro tipo de procesamiento tecnológico.

CRA está en su mínimo valor cuando el pH se encuentra en 5.5 que corresponde al punto isoeléctrico de la actomiosina, que es el pH último de la carne tras sufrir el rigor mortis (Nieto, 2015).

Existen algunos factores que influyen sobre esta característica como lo son: el pH, los cambios post mortem, tipo de músculo, sexo, edad y factores extrínsecos como los manejos pre- sacrificio y temperatura (Cevallo & Nuñez, 2015). Para medición de este atributo se hace uso de algunos métodos como son; pérdida por goteo, pérdida por cocción Latorre *et al* (2017) y método de compresión (Congori, y otros, 2018).

2.1.2.3. TEXTURA

La textura de un alimento se refiere al tejido tomando originalmente como referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos, por lo que se trata de la percepción del tejido y de la interacción del alimento con el consumidor haciendo una experiencia humana (Pinilla, 2014).

La Organización Internacional de Normalización (ISO) define la textura de la siguiente manera: "La textura son todas las propiedades reológicas y estructurales de un producto alimenticio que un ser humano puede percibir utilizando receptores táctiles, mecánicos y, si es posible, visuales y auditivos" (Kocan, Gil, Stanislawczyk, & Rudy, 2019).

La textura se ve influenciada por factores como la edad, el sexo y la posición de los músculos en el cuerpo del animal; el tamaño de los haces de fibras musculares, el número y diámetro de éstas, así como la cantidad de tejido conectivo, también influyen directamente en la textura (Larena, 2016).

2.2. TEJIDO MUSCULAR

El músculo animal está compuesto por algunos tejidos de los cuales los más importantes son: tejido muscular, tejido conectivo y tejido adiposo. De estos el tejido muscular es esencial en la transformación de músculo a carne, el cual se constituye por tejido muscular liso y tejido muscular estriado, este último se lo considera el más importante debido a su mayor cantidad en la canal y su valor económico (Figuroa, 2019).

Los componentes principales que posee el tejido muscular son lípidos, agua y proteínas. Estas pueden ser catalogadas por su solubilidad y su colocación en el tejido muscular en proteínas del estroma, proteínas del sarcoplasma y proteínas miofibrilares (Enriquez, Uron, & Cuetia, 2016).

2.2.1. MÚSCULO ESQUELÉTICO

Según Larena (2016) el tejido muscular esquelético representa alrededor del 40-50% del peso corporal total, está formado por células muy largas, cilíndricas y plurinucleadas, que contienen abundantes filamentos llamados miofibrillas, las cuales situadas paralelamente unas sobre otras dan origen a los músculos. Menciona Enríquez *et al* (2016) que existe una gran diversidad del músculo esquelético la cual es atribuida a las características heterogéneas de las fibras musculares.

El músculo esquelético está constituido principalmente por células (fibras musculares) multinucleadas, alargadas y cilíndricas, cuyos núcleos se hallan en el sarcoplasma, localizados en la periferia de la célula. La fibra individual mide alrededor de 10 a 50 micrómetros y está envuelta de una membrana celular llamada sarcolema. Adicionalmente se encuentra compuesto por carbohidratos, proteínas, minerales, vitaminas y agua (Pinilla, 2014).

Añade Herrera (2015) que al músculo esquelético también se lo conoce como músculo estriado, esto se debe a que, a la vista del microscopio se observa una estructura rayada o acanalada, distribuida a lo largo de las fibras musculares, las cuales son las unidades celulares del músculo.

2.3. COMPONENTES DEL MÚSCULO ASOCIADOS CON LA TEXTURA

Existen componentes los cuales están asociados con la textura de la carne. Para Mamani *et al* (2014) la grasa es uno de estos, ya que tiene funciones importantes como es el aislamiento térmico de la canal, mientras que para Latorre *et al* (2017) las características intrínsecas del músculo y del tejido conectivo también están asociadas a la textura. Cori *et al* (2014) mencionan que las proteínas miofibrilares también están relacionadas a esta característica y son muy importantes ya que son responsables de la capacidad de retención de agua de la carne, de las propiedades emulsificantes.

2.3.1. GRASA

El contenido de grasa en la carne en canal fluctúa largamente y depende entre otros elementos de la especie, raza, edad, sexo, alimentación, y castración del animal (Amerling, 2001).

La principal relación que se le atribuye a la grasa con respecto a la suavidad de la carne está en el hecho de que ésta podría depositarse intramuscularmente en forma abundante en los animales bien alimentados. Como resultado se producen menores pérdidas de humedad al momento de la refrigeración (Mamani, Cayo, & Gallo, 2014).

2.3.2. TEJIDO CONECTIVO

La dureza de la carne según Bekhit *et al* (2014) está determinada por componentes estructurales. Uno de esos componentes es el tejido conectivo de la carne, contribuyendo a lo que comúnmente se conoce como "la dureza del fondo". Los tejidos conectivos se componen esencialmente de proteínas estructurales que proporcionan apoyo a los músculos. El contenido total de colágeno en los músculos de carne puede ser muy variado, con valores que van desde 1 a 15% del peso seco; mientras que la elastina es un componente menor que varía de 0,6 a 3,7% (Latorre, Iezzi, Christensen, & Purslow, 2017).

2.3.3. PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

Las proteínas miofibrilares son muy importantes, ya que cumplen un papel primordial en la formación de geles, son las principales responsables de la capacidad de retención de agua de la carne, de las propiedades emulsificantes y de la ternura de la carne (Cori, Michelangeli, De Basilio, Figueroa, & Rivas, 2014). Las proteínas miofibrilares que son insolubles en agua y solubles a concentraciones de sal superiores al 1% comprenden aproximadamente entre el 50 y el 56% de la proteína muscular esquelética total (Santhi, Kalaikannana, & Sureshkumar, 2015).

2.4. MÉTODOS DE ABLANDAMIENTO DE LA CARNE

Indica Sidhe (2017) que son muchas las circunstancias que afectan la calidad de un corte de carne, incluyendo la longitud de las fibras musculares, el manejo pre-morten y post-morten y la edad del animal. Y a pesar de que el usuario tiene poco control sobre dichas propiedades, hay algunos métodos para mejorar la calidad de esta, los cuales ablandan el músculo mejorando así la textura de cualquier carne, a continuación se detalla:

2.4.1. ESTIRAMIENTO MECÁNICO

Este método se basa en la rotura de los tejidos elementales del músculo, por medio de acciones mecánicas (San Ramón, 2015).

Se aplican una serie de impactos de presión (pre-masaje) al músculo vacuno los cuales tienen un efecto notable sobre como se comporta la carne a lo largo del proceso en la elaboración de productos cárnicos cocidos. Este procedimiento ablanda el músculo cárnico, provocando que las células se estiren y se separen aumentando así los espacios libres interfibrilares, esto provoca que la carne tenga una mejor absorción de la salmuera y en menor tiempo, disminuye el tiempo efectivo de masaje y aumenta el ligado muscular (Xargayó, Llorenç, Lagares, & De Jaeger, 2011)

2.4.2. EXTRACTOS ENZIMÁTICOS DE FRUTAS

El ablandamiento de la carne por medio de enzimas de origen vegetal se ha realizado por siglos, estas son enzimas digestivas que carecen los animales, por tal motivo deben ser agregadas en su alimentación y en los últimos tiempos son las más utilizadas en las industrias, pueden ser microbianas o de origen vegetales. Las vegetales provienen de plantas tropicales, presentan inestabilidad a 70 °C y pueden alterar las características organolépticas de la carne, entre las

principales están la papaína (papaya), bromelina (piña), ficina (higo) y actidina (kiwi) (Balbina & Romero, 2018).

2.4.3. ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA

La estimulación eléctrica (EE) se basa en la aplicación de corriente eléctrica a la canal del animal recién sacrificado. Esto provoca la contracción de los músculos, previniendo el acortamiento excesivo de las fibras musculares cuando éstos entran en *rigor mortis*. Se ha demostrado que la EE incrementa la palatabilidad, mejora el color y la madurez de la carne (Mota, 2015).

2.5. ENZIMAS PROTEOLÍTICAS NATURALES

Las enzimas proteolíticas naturales pueden ser obtenidas a partir de plantas, animales o microorganismos, se incluye también a esto un producto que ha sido obtenido por un proceso de fermentación de microorganismos que contienen una o más enzimas las mismas que pueden acelerar una reacción bioquímica específica, y las cuales se añaden a un alimento con un fin tecnológico en cualquier fase de la elaboración del producto (Benavides, 2017).

Manifiesta Jarrin (2016) que las enzimas son unas sustancias (la mayoría proteicas) que actúan como catalizadores, las cuales aceleran muchas reacciones químicas que se dan en nuestro organismo sin que estas sean transformadas o destruidas durante este proceso. Por otro lado, según Ryder *et al* (2015) como ablandadores de carne, las enzimas proteolíticas son las más adecuadas para la degradación de colágeno y elastina en el tejido conectivo a un pH y una temperatura relativamente bajos.

Estas proteasas descomponen proteínas, como las que forman los filamentos musculares y el colágeno de la carne, con la posterior transformación de la textura del tejido muscular, haciéndolo mucho más blando (Peña & Quirasco, 2014).

Estas enzimas se dividen en función de su acción catalítica en endoproteasas, exoproteasas, y también en función de su sitio catalítico en serinoproteasas, cisteinoproteasas y aspartil proteasas (Vega, 2017).

2.5.1. PAPAÍNA

La papaína (EC 3.4.22.2) es una enzima proteolítica que se obtiene del látex de la papaya (*Carica papaya L.*) (Bekhit, Hopkins, Geesink, Bekhit, & Franks, 2014). La papaína procedente del fruto verde de la papaya, se utiliza en la industria alimentaria como ablandador de carne, debido que muestra una gran actividad proteolítica hacia proteínas, péptidos, ésteres de aminoácidos y amidas esto la hace aplicable en algunos campos como en la medicina e industria alimentaria (Gutiérrez, Nolasco, & Santa Cruz, 2017).

La papaína es muy útil al soportar el calor, y es por esto que su efecto ablandador se mantiene durante las primeras etapas de cocción. (Arroyo, Acebal, & De La Mata, 2014). Indican Muhammad *et al* (2016) que además ha demostrado una actividad enzimática de amplio espectro en el rango de pH 5-8 y a una temperatura de 65°C. Según Marrasquin (2016) la utilización de papaína en porcentajes mayores a 20% tiene resultados favorables sobre el ablandamiento de la carne. Además esta extracción puede durar un mínimo de seis meses en refrigeración y a una temperatura de 6°C (Jiménez, 2009).

2.5.2. BROMELINA

La bromelina es una mezcla de enzimas proteolíticas (o proteasas) derivadas del tallo de la piña (*Ananas comosus L*), familia Bromeliaceae, numerosos estudios clínicos han sugerido el uso de extractos de bromelina en diferentes áreas, como la industria alimentaria y farmacéutica (Sujeong, Jinjoo, Minhee, & Eun-Jung, 2018). Dentro de la industria alimentaria esta enzima acelera la hidrólisis de los enlaces peptídicos de la carne de ganado bovino y tiene efecto sobre otras proteínas entre las cuales se encuentran la caseína, la hemoglobina y la gelatina (Del Pozo, 2018).

Menciona Sao Paulo *et al* (2016) que la bromelina disponible comercialmente se extrae del tallo y la pulpa. Sin embargo, se sabe que esta enzima también se encuentra en otros tejidos de la planta de piña, su pH y temperatura óptima se encuentra en 6 y 50 °C respectivamente.

2.5.3. USO DE ENZIMAS

Las enzimas no tienen efecto solamente en el interior de las células, también es posible extraerlas de fuentes como las frutas y utilizarlas de muchas maneras. Además se pueden utilizar en otras áreas, ya sea en la industria alimentaria, y en la industria farmacéutica en la síntesis de fármacos y otros compuestos importantes en la industria química (Ramírez & Ayala, 2014).

El uso de enzimas para la producción de alimentos se ha venido dando desde el año 2000 A.C., en bebidas y alimentos fermentados como cerveza, vino, pan y queso, pero fue hasta finales del siglo XIX que se surgió el término enzima. En los años 80 's del siglo XX se usaron por primera vez en la industria preparaciones enzimáticas comerciales para aumentar el contenido nutritivo y la digestibilidad en alimento para ganado. En la década de los 90 's se produjeron y se aprobó el uso de enzimas recombinantes para queso (EUA) y pan (Reino Unido) (Del Moral, Ramírez, & García, 2015).

2.5.4. MÉTODOS DE APLICACIÓN

Para aplicar las enzimas se utilizan varios métodos, tales como la aspersion de la enzima en polvo o en solución, por inyección o inmersión de la carne en una solución, pero existe un problema cuando se hace uso de estas enzimas proteolíticas en la carne, y el problema es que no se obtiene una distribución uniforme a través del tejido. En el caso de inmersión de la carne puede ocurrir una difusión no homogénea provocando que las partes superficiales sean muy suaves y en el centro se conserve aún la dureza, la aplicación por inyección también puede presentar el desarrollo de zonas sobre suavizadas alrededor de

donde se la colocó. Existe un método el cual se considera más eficiente, consiste en la aplicación de la inyección en el sistema circulatorio del animal antes del faenamiento, mediante este método la enzima se distribuye uniformemente por todos los músculos, sin embargo este método es poco convencional y controvertido debido a un supuesto sufrimiento innecesario del animal (García, Quintero, & López, 2004).

Para que las enzimas puedan actuar de mejor manera se sugiere mantenerlas en reposo por un periodo específico de tiempo, en este caso 6, 8 y 10 horas. Tiempos en que según otras investigaciones están dentro de los parámetros normales para tener un efecto ablandador eficaz.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en dos etapas; la primera consistió en la preparación de las muestras (cortado, pesado e inmersión de la carne en los extractos) que se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, localizada en el sitio El Limón de la ciudad de Calceta, cabecera cantonal del cantón Bolívar de la Provincia de Manabí, ubicada geográficamente en las coordenadas: 0°50'S 80°10'O, se encuentra a 22 m. s. n. m (Earth, 2020).



Imagen 3.1. Ubicación de los Laboratorios de Bromatología de la ESPAM

Fuente: Google Earth, 2020

La segunda etapa, la realización del análisis de perfil de textura, se ejecutó en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí situada en la ciudadela Universitaria. Calle 12, Vía San Mateo de la ciudad de Manta. Ubicada geográficamente en las siguientes coordenadas: 0°57'10"S 80°44'43"O (Earth, 2020).



Imagen 3.2. Ubicación de los Laboratorios de Bromatología de la ULEAM-MANTA

Fuente: Google Earth, 2020

3.2. DURACIÓN

Este trabajo de investigación tuvo una duración de nueve meses a partir de la aprobación del trabajo de titulación.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para cumplir con los objetivos planteados en la investigación, se utilizaron los siguientes métodos y técnicas.

3.3.1. MÉTODOS

➤ MÉTODO EXPERIMENTAL

Se utilizó una investigación experimental, donde se manipularon variables de estudio como el tiempo y porcentaje, se controló el aumento o disminución de sus variables y el efecto en las conductas observadas.

➤ MÉTODO DESCRIPTIVO

Este método se utilizó para evaluar el comportamiento del objeto de estudio (músculo vacuno) en función del tiempo y porcentajes de actuación de los extractos enzimáticos y así poder observar mediante el análisis respectivo (perfil de textura) el cambio físico que ocurran en este.

3.3.2. TÉCNICAS

➤ ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA

Este análisis se realizó mediante el método destructivo (pruebas de punción, penetración) haciendo uso del texturómetro marca SHIMATZU, Modelo EZ-LX (Torre, González, & Acevedo, 2015).

El perfil de textura está contemplado por los siguientes parámetros: dureza (kgm^2s^2), cohesividad (Adimensional), gomosidad (kgm^2s^2), masticabilidad (kg), elasticidad (Adimensional), adhesividad (kgm^2s^2) conforme lo establecen en las variables a medir, los valores obtenidos son directamente arrojados por el texturómetro.

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores en estudio considerados fueron los siguientes:

FACTOR A: Extractos enzimáticos

FACTOR B: Porcentajes de extractos

FACTOR C: Tiempo de acción

3.4.1. NIVELES

Para el factor extractos enzimáticos se utilizó los siguientes niveles:

a₁: extracto enzimático bromelina

a₂: extracto enzimático papaína

Para el factor porcentajes de extractos enzimáticos se utilizó los siguientes niveles:

b₁: 30 % extracto enzimático

b₂: 50 % extracto enzimático

Para el factor del tiempo de acción se utilizó los siguientes niveles:

c₁: 6 horas

c₂: 8 horas

c₃: 10 horas

3.4.2. TRATAMIENTOS

Para el estudio de los tratamientos se tomó en cuenta los factores con sus respectivos niveles, la combinación de estos dio un resultado de 12 tratamientos a estudiar con 3 réplicas cada uno.

Cuadro 3. 1. Detalle de los tratamientos

TRATAMIENTOS	CÓDIGOS	DESCRIPCIÓN
T1	a1b1c1	30 %*extracto de bromelina*6 horas
T2	a1b2c1	50 %*extracto de bromelina*6 horas
T3	a2b1c1	30 %*extracto de papaína*6 horas
T4	a2b2c1	50 %*extracto de papaína*6 horas
T5	a1b1c2	30 %*extracto de bromelina*8 horas
T6	a1b2c2	50 %*extracto de bromelina*8 horas
T7	a2b1c2	30 %*extracto de papaína*8 horas
T8	a2b2c2	50 %*extracto de papaína*8 horas
T9	a1b1c3	30 %*extracto de bromelina*10 horas
T10	a1b2c3	50 %*extracto de bromelina*10 horas
T11	a2b1c3	30 %*extracto de papaína*10 horas
T12	a2b2c3	50 %*extracto de papaína*10 horas
Testigo	X	Músculo vacuno sin adición de enzimas

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño experimental DCA (Diseño Completamente al Azar) con arreglo trifactorial A*B*C más un testigo, donde se trabajó con 3 repeticiones por tratamiento.

Cuadro 3.2. Esquema del ANOVA para los factores

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Factor A	1
Factor B	1
Factor C	2
Factor AxBxC	2
Error experimental	29

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental fue 50 g de músculo vacuno. La aplicación de cada extracto se realizó por inmersión y se aplicó la cantidad de acuerdo a cada uno de los porcentajes establecidos como se indica en el cuadro 3.3.

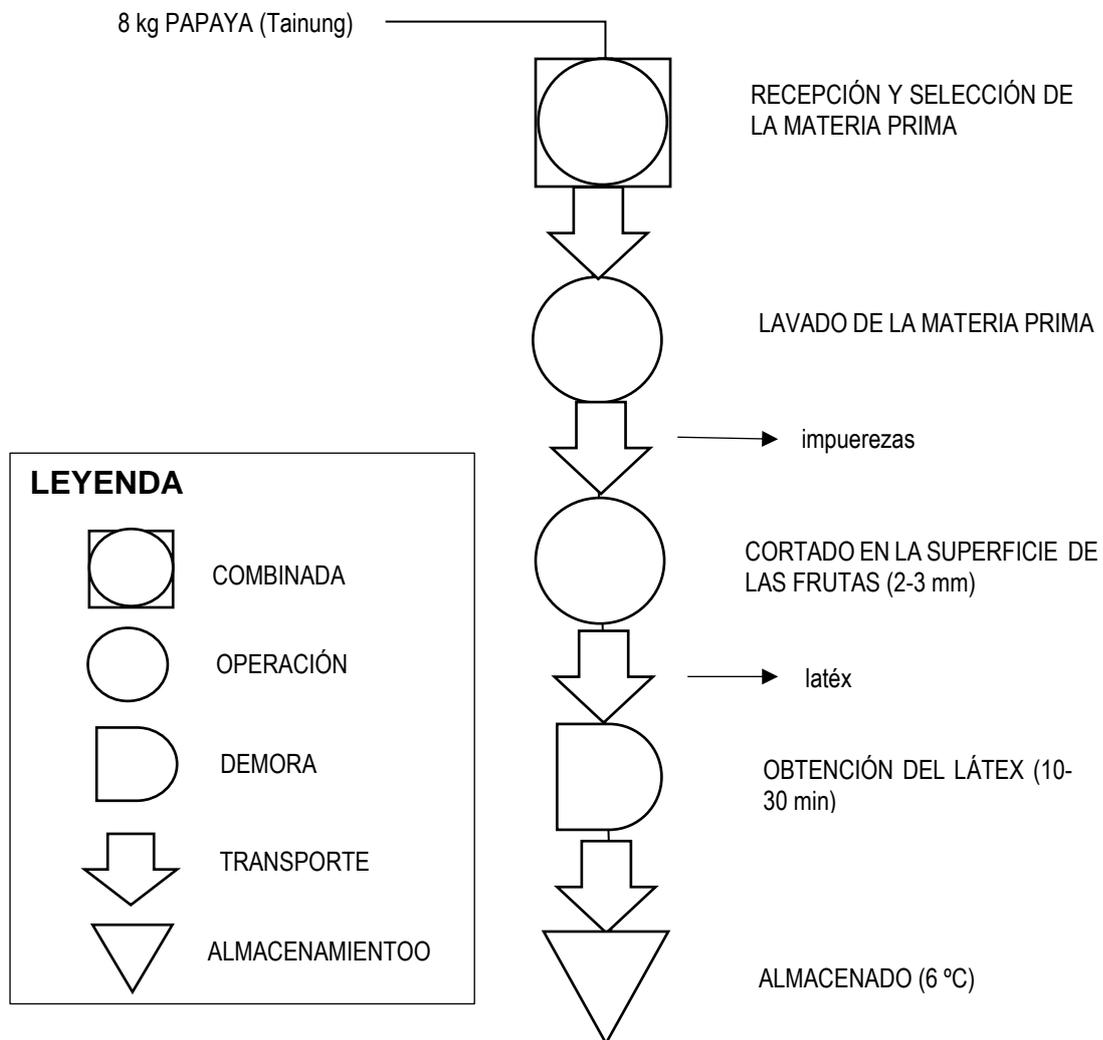
Cuadro 3.3. Componentes de la unidad experimental

Materias primas			
Denominación	Cantidad	Unidad	Total
Músculo vacuno	50	G	150
Bromelina	80	%	240
Papaína	80	%	240

3.7. VARIABLES A MEDIR

- Perfil de textura
 - Dureza (kgm^2s^2)
 - Cohesividad (Adimensional)
 - Gomosidad (kgm^2s^2)
 - Masticabilidad (kg)
 - Elasticidad (Adimensional)
 - Adhesividad (kgm^2s^2)

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO



Figuras 3.1. Diagrama de proceso para la obtención de la papaína (enzima de la papaya)

3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA PAPAÍNA (ENZIMA DE LA PAPAYA)

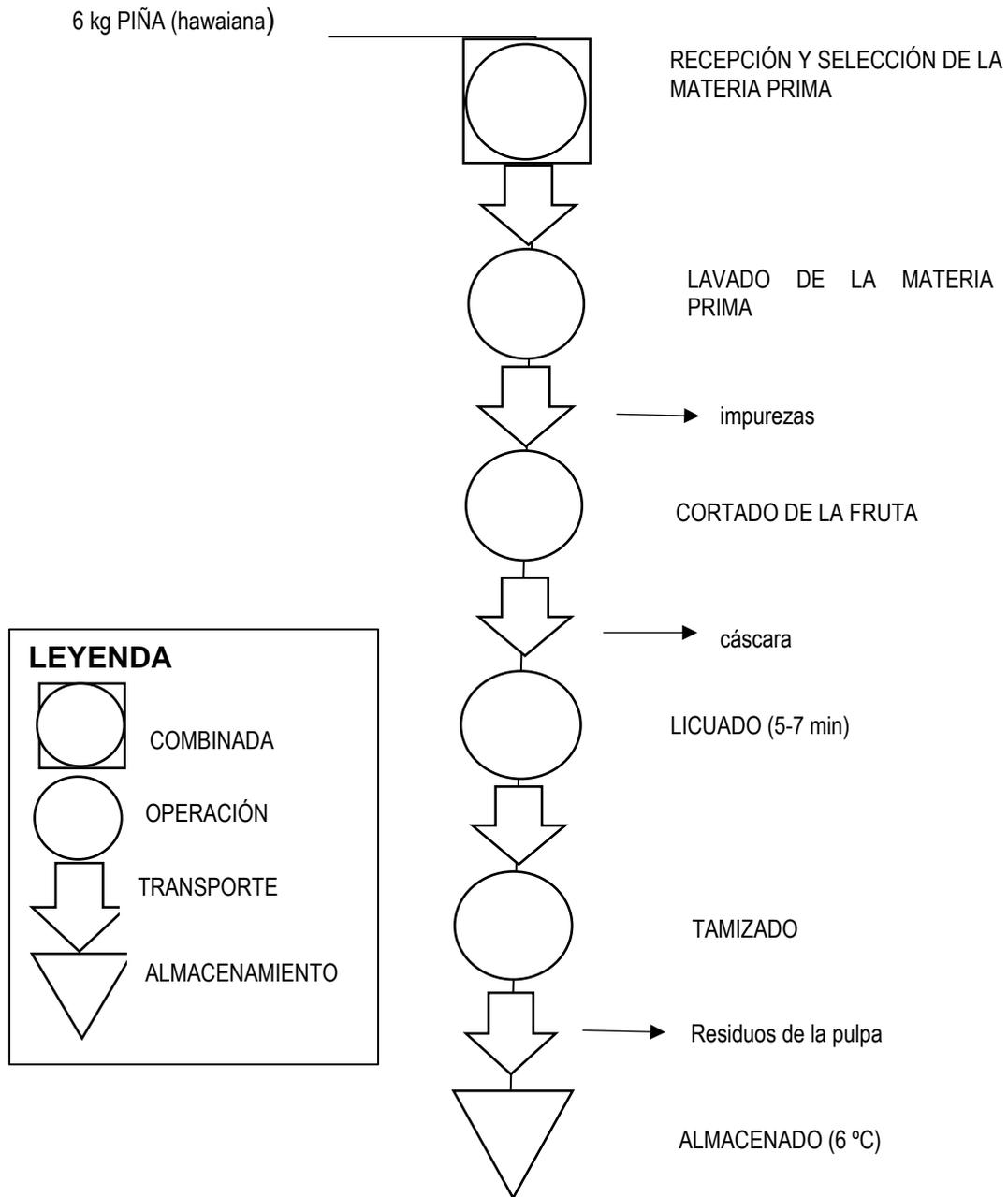
Recepción y selección de la materia prima: consistió en la entrada de la materia prima al área de proceso (8 kg) la papaya utilizada fue de la variedad tainung estado de madurez G (fruto de piel verde oscuro, sin franjas amarillas, pulpa muy dura de color blanco, semillas bien formadas, pero ligeramente oscuras). El color de la cáscara es una de las principales características para poder definir el estado de madurez de la papaya. La recomendación al momento de su cosecha se basa en el cambio del color, que va de verde oscuro a verde claro y la presencia de color amarillo en el extremo distal (Santamaría, y otros, 2009), sin golpes, ni deterioro alguno, para este proceso se aplicó las buenas prácticas de manufactura (**ver anexo 1**).

Lavado de la materia prima: se lavó con agua destilada y con la ayuda de una esponja se frotó suavemente la superficie de la fruta para que quede libre de sustancias como lodo, tierra y otros componentes que se pueden encontrar adheridos a esta.

Cortado: se utilizaron 5 papayas a las cuales se les realizó cortes verticales de 1 a 2 mm de espesor en la superficie de las frutas de forma manual utilizando un cuchillo.

Obtención del látex: se colocó la fruta con las incisiones sobre un recipiente de vidrio para hacer la recolecta del látex expulsado, manteniéndose ahí durante un tiempo de 10-30 minutos hasta obtener un flujo aproximado de 20 mL por cada fruta.

Almacenado: se almacenó el látex recolectado en refrigeración a 6 °C, en un frasco de vidrio sellado. En la investigación realizada por Jiménez (2009). indica que el látex puede durar un mínimo de seis meses en refrigeración.



Figuras 3.2. Diagrama de proceso para la obtención de la bromelina (enzima de la piña)

3.8.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA BROMELINA (ENZIMA DE LA PIÑA)

Recepción y selección de la materia prima: consistió en el ingreso de la piña (6 kg) de la variedad hawaiana en estado maduro escala 5; FAO (2007), indica que el estado de maduración de la piña se determina por la coloración de la cáscara el cual cambia de un color verde oscuro a verde claro, después a un amarillo anaranjado, dependiendo de la variedad.

Manifiestan (Montero & Cerdas, 2005) que para determinar la madurez de la piña utilizan escalas de 1 a 5, 1 a 6 ó de 0 a 7, para estas de 0 o 1 se refieren a la fruta verde (full green) y el número mayor en la escala describe frutas que tienen 100% de coloración amarilla (full gold) (**ver anexo 2**). Esta operación se realizó aplicando buenas prácticas de manufactura, verificando que la fruta no presente golpes, ni deterioros.

Lavado: la materia prima se lavó con agua destilada y haciendo uso de un cepillo se limpió la superficie de ella para que quede libre de impurezas como: lodo, tierra y otros componentes que se pueden encontrar adheridos a la fruta.

Cortado: se procedió a separar la cáscara de la fruta, con ayuda de un cuchillo y se cortó en fracciones pequeñas para facilitar el proceso de licuado.

Licuado: se procedió a triturar la cáscara, con el uso de una licuadora marca OSTER en un lapso de 5-7 minutos, adicionando 5 mL de agua destilada para facilitar este proceso.

Tamizado del extracto: se realizó el tamizado del extracto con un tamiz redondo de acero inoxidable y malla de 300 micras, para obtener un líquido sin impurezas procedentes de la misma fruta.

Almacenado: el extracto se envasó en frascos de vidrio transparente y se almacenó en refrigeración (6 °C) hasta su aplicación. Según Zela (2012) este

extracto puede llegar a durar 3 meses en refrigeración (20 °C) y hasta 1 año si es liofilizado.

3.8.3.APLICACIÓN DE LOS EXTRACTOS ENZIMÁTICOS

Para la aplicación de los extractos se tomó de referencia lo aplicado por Montoya y Miano (2011) donde describen el siguiente proceso:

- Se trabajó con un corte de músculo vacuno (pecho) de 24 horas postmortem, que se obtuvo en el mercado municipal del Cantón Bolívar con buena calidad visual y olfativa, de aspecto agradable sin presencia excesiva de grasa y tejido conectivo, color rojo vivo y sin olores putrefactos.
- La muestra de carne se procedió a lavar con el fin de tener una muestra limpia de impurezas; posteriormente, se dividió en pequeños trozos de 50 g y con un espesor de 4 x 4 cm de forma cuadrada para cada tratamiento.
- Se aplicaron los tratamientos de acuerdo con los porcentajes de extractos enzimáticos establecidos en la investigación (30 y 50%), estos se sumergieron sobre las muestras y posteriormente, se almacenaron en los respectivos envases de vidrio transparente.
- Una vez sumergidas las muestras, se llevó a almacenamiento a temperatura de 6 °C hasta que cumplan con las horas de actuación propuestas (6, 8 y 10 horas) para la realización del análisis correspondiente.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los tratamientos de datos se utilizó el programa Estadístico IBM SPSS 21.0 versión libre.

Las variables de dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad cumplieron con los supuestos de normalidad (Test de shapiro wilk) y homogeneidad (Test de Levene), debido a que su significancia es mayor a 0,05,

ante estos resultados se procedió a realizar pruebas paramétricas. Por otra parte, en el parámetro de adhesividad no cumplió con estos supuestos, debido a que la significancia es menor a 0,05 por lo que se procedió a aplicar pruebas no paramétricas de KRUSKAL WALLIS.

Se aplicó la Prueba de Dunnett para identificar si los tratamientos influyen significativamente frente al testigo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LOS EXTRACTOS ENZIMÁTICOS NATURALES ACTÚAN SOBRE EL MÚSCULO VACUNO

En el cuadro 4.1, se presentan los valores promedios del tiempo de los extractos enzimáticos naturales sobre el perfil de textura del músculo. Se evidencia que existen diferencias significativas ($p>0,05$) para las variables gomosidad, masticabilidad y elasticidad.

Cuadro 4.1. Valores promedios del tiempo de los extractos enzimáticos naturales sobre el perfil de textura del músculo

Tiempo de acción	Perfil de textura					
	Dureza (kgm ² s ²)	Cohesividad (adimensional)	Gomosidad (kgm ² s ²)	Masticabilidad (kg)	Elasticidad (adimensional)	Adhesividad (kgm ² s ²)
6 horas	55,50 a	0,17 a	21,60 b	11,94 c	0,41 c	-14,81
8 horas	53,25 a	0,18 a	21,46 b	10,92 b	0,34 b	-10,29
10 horas	43,60 a	0,16 a	17,13 a	8,93 a	0,21 a	-13,47
p-valor	>0,9999	0,6565	0,0031	<0,0001	<0,0001	>0,9999

En los parámetros de dureza y cohesividad no existieron diferencias estadísticas en los tiempos de 6, 8 y 10 horas, sin embargo, se evidencia que a las 10 horas se presentó una menor dureza 43,60 kgm²s² y cohesividad 0,16 (cuadro 4.1), los parámetros que evidencian diferencias son masticabilidad y elasticidad, compartiendo la misma categoría la gomosidad en los tiempos de acción de 6 y 8 horas.

Bajo este contexto, se debe tener en consideración que el tiempo en que hagan efecto los diferentes extractos enzimáticos en la dureza del músculo vacuno, dependerá de las condiciones físicas (temperatura de almacenamiento) en las que se esté desarrollando el estudio (Martin, 2013).

Bailey (2010) manifiesta que la acción de los extractos enzimáticos está caracterizada por la formación de un complejo que representa un estado de

transformación, pudiendo ser estos de origen animal o vegetal. Castellano (2009) utilizó la bromelina como ablandador, en dicho estudio se obtuvo como resultado que, la bromelina tiene efecto en la proteína actomiosina con una eficacia del 40% sobre el tejido conectivo en un 60%, en un tiempo promedio de 8 horas.

Gutiérrez (2009) determinó que a 10 horas la carne presentó mejor eficacia en el ablandamiento; lo cual, concuerda con la presente investigación, donde se evidenció que el tratamiento con mejor efecto ablandador corresponde a un tiempo de acción enzimática de 10 horas; este periodo se encuentra dentro de lo normal para que las enzimas actúen adecuadamente sobre la dureza de la carne, de acuerdo a lo establecido por Solórzano (2011).

Por su lado, Vidal *et al.* (2010) realizaron un estudio de la actividad enzimática de la papaína sobre el ablandamiento del músculo vacuno en diferentes tiempos (8, 10 y 12 horas). Los resultados concluyentes de este estudio demostraron que, los mayores rendimientos del látex se obtuvieron a las 8 horas, el tiempo promedio en el que se obtienen mejores rendimientos en la papaína es entre las 8 y 10 horas; de acuerdo con varias investigaciones que se han realizado sobre el tema, según lo señala Solórzano (2011).

4.2. PORCENTAJE REQUERIDO DE EXTRACTO ENZIMÁTICO NATURAL (BROMELINA Y PAPAÍNA) COMO ABLANDADOR DEL MÚSCULO VACUNO

En el cuadro 4.2, se presentan los valores promedios de los porcentajes requeridos de los extractos enzimáticos naturales (Bromelina y Papaína) como ablandador del músculo vacuno.

Cuadro 4.2. Valores promedio de extractos enzimáticos (Bromelina y Papaína) como ablandador del músculo vacuno

Extractos enzimáticos	Perfil de textura					
	Dureza (kgm ² s ²)	Cohesividad (adimensional)	Gomosidad (kgm ² s ²)	Masticabilidad (kg)	Elasticidad (adimensional)	Adhesividad (kgm ² s ²)
30 %*extracto de bromelina	54,14 a	0,18 b	19,75 ab	11,20 bc	0,30 ab	-12,15

50 %*extracto de bromelina	47,24 a	0,14 a	18,01 a	9,61 a	0,29 a	-17,33
30 %*extracto de papaína	51,32 a	0,20 b	22,60 c	11,37 bc	0,33 ab	-9,76
50 %*extracto de papaína	50,42 a	0,15 a	19,88 ab	10,20 ab	0,36 ab	-12,34
0 % extracto enzimático	60,83 b	0,26 c	22,46 ab	12,39 c	0,41 b	-11,58
p-valor	0,0118	<0,0001	0,0001	0,0465	0,0001	0,8387

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en la variable dureza, evidenciando que al aplicar 50 % de extracto de bromelina se obtuvo un valor de 47,24 kgm^2s^2 como se puede observar (cuadro 4.2) Mediante la cual se logró identificar que 30 % del extracto de bromelina difiere ante el testigo, a diferencia de los demás tratamientos ($p < 0,05$).

Bedoya *et al.* (2012), utilizaron 5 tratamientos, de los cuales el T1 y el T2 poseían una mayor porción de bromelina; el T3 y el T4 una mayor porción de papaína y el 5 combinó ambos extractos. Los resultados obtenidos demostraron que los tratamientos 1 y 2 con extracto de bromelina, presentaron mejores resultados en relación a los tratamientos en los que se utilizó la papaína; indicando así que el extracto de bromelina tiene un mayor efecto de ablandamiento sobre la dureza de la carne en comparación al efecto de la papaína.

Este efecto de ruptura se debe a que existe posiblemente un rompimiento de las paredes celulares de la carne al ser atacada por proteólisis hacia las fibras musculares, y los demás compuestos del tejido conectivo; lo que permite un relajamiento en los enlaces peptídicos de las proteínas (Daliya, 2007).

Marrasquín (2016), atribuyen que el efecto de la bromelina colocada sobre la carne, ofrece mejores resultados de ablandamiento; concordando con los resultados conseguidos en el presente trabajo, como se aprecia (cuadro 4.2) la bromelina al 50% de extracto a 10 horas, mostró un mejor rendimiento al disminuir la dureza de la carne.

En el parámetro de elasticidad se presentaron mejores resultados con el uso del extracto de bromelina al 50% con un valor de 0,29 adimensional. Barón y García

(2013) utilizaron 4 lotes de longanizas, a fin de determinar el perfil de textura de las mismas; obteniendo como resultado, que el lote con mayor concentración de papaína (50%) presentó un valor de 0,88 adimensional elasticidad. Estos valores difieren con los obtenidos en la presente investigación, haciendo énfasis en que en esta quien presentó mejor elasticidad fue el tratamiento con el 50 % de bromelina.

En lo que respecta a la adhesividad, las medias del cuadro 4.2 muestran que el tratamiento que menos adhesividad presentó con la aplicación de los extractos enzimáticos fue el 50 % extracto de bromelina con una media de $-17,33 \text{ kgm}^2\text{s}^2$. Esto, según Miano *et al.* (2011) se debe a que la acción de los extractos enzimáticos en sus diferentes concentraciones hace que se rompan las fibras musculares del tejido conectivo, haciendo que disminuya la adhesividad.

Marrasquín (2016) desarrolló un estudio basado en 5 tratamientos, con diferentes porcentajes de enzimas previamente extraídas (bromelina y papaína), para su posterior comparación con un testigo. En correspondencia a la variable adhesividad, se obtuvo que el tratamiento 3 (50 % bromelina y 50 % papaína) fue el que presentó diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos, mostrando una menor adhesividad $-14,20 \text{ kgm}^2\text{s}^2$; en este aspecto, es importante destacar que, los resultados presentados por Marrasquín difieren de los obtenidos en esta investigación $-17,33 \text{ kgm}^2\text{s}^2$, lo cual se debe a que en esta se trabajó únicamente con el extracto de bromelia al 50 %.

Para el parámetro de cohesividad, el tratamiento con mejores resultados en cuanto a una menor cohesividad lo demostró al que se le había adicionado un 50 % de bromelina durante 10 horas de reposo, con un valor de 0,14 adimensional. Estos resultados contrastan con la investigación desarrollada por Barón y García (2013) en donde se determinó que el lote de carne de longaniza que mostró mejores resultados fue el lote que contenía un 50 % de papaína, y el cual tuvo un valor de 0,7 adimensional.

En el parámetro de gomosidad existió diferencia estadística entre los niveles del factor B (extracto enzimático) siendo el 50 % de extracto enzimático de bromelina con la menor gomosidad $18,01 \text{ kgm}^2\text{s}^2$. Bedoya *et al.* (2012) demostraron que la gomosidad disminuye por efecto de la adición de los dos extractos enzimáticos (bromelina y papaína) a la carne. No obstante, ambos extractos en estudio, según los diferentes trabajos expuestos, ayudan a mejorar las características físico-químicas de la carne y su perfil de textura; especialmente, si son utilizados y aplicados bajo las condiciones adecuadas (cantidad de los extractos).

Con estos resultados, difieren de los hallados en el presente estudio, debido a que en este, los tratamientos que mostraron mejores resultados fueron aquellos a los que se les aplicó el extracto de bromelina a un 30 % y 50 %.

Seguidamente, se determinó que para el parámetro de masticabilidad el extracto enzimático que obtuvo mejor resultado fue el 50 % de bromelina con una media de 9,61 kg. Bedoya *et al.* (2012) en su investigación sobre el perfil de textura de la carne, demostraron que la masticabilidad difirió significativamente en un 95 % del testigo; siendo el tratamiento 2 con una concentración de bromelina (50 %) con un valor de 6,66 kg. Esto indica que los mejores resultados en ambas investigaciones fueron obtenidos por los tratamientos con mayor concentración de Bromelina.

Barón y García (2013) demostraron que el lote al que se le ubicó una mayor concentración de papaína (50 %), fue el que obtuvo mejores resultados en la masticabilidad, lo que difiere de los resultados obtenidos en la presente investigación; por motivo de que en esta, el 50 % de bromelina fue el que presentó un mejor resultado para esta variable. Para finalizar es relevante destacar que, la masticabilidad va disminuyendo a medida que las concentraciones de los extractos enzimáticos van en aumento.

4.3. PERFIL DE TEXTURA DEL MÚSCULO VACUNO OBTENIDO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL TIEMPO Y PORCENTAJE DE EXTRACTOS ENZIMÁTICOS NATURALES

En el cuadro 4.3, se demuestran los valores promedios del perfil de textura del músculo vacuno obtenido mediante la aplicación del tiempo y porcentaje de los extractos enzimáticos naturales.

El tratamiento que tuvo mejor efecto ablandador sobre el músculo vacuno fue el T10 (50 % extracto de bromelina por 10 horas), este presentó los mejores resultados frente a los parámetros de perfil de textura evaluados. Y con respecto a los extractos enzimáticos aplicados, fue el extracto de bromelina quien tuvo un mejor resultado frente al extracto enzimático de papaína.

Cuadro 4.3. Valores promedio del perfil de textura obtenido mediante la aplicación del tiempo y porcentaje de los extractos enzimáticos naturales

Tratamientos	Perfil de textura					
	Dureza (kgm ² s ²)	Cohesividad (adimensional)	Gomosidad (kgm ² s ²)	Masticabilidad (kg)	Elasticidad (adimensional)	Adhesividad (kgm ² s ²)
T1 [30 %*extracto de bromelina*6 horas]	58,06 d	0,19 de	22,91 def	12,72 f	0,40 f	-13,39 abcdef
T2 [50 %*extracto de bromelina*6 horas]	52,78 abcd	0,17 bcd	23,61 ef	10,89 cd	0,38 ef	-11,08 cdefg
T3 [30 %*extracto de papaína*6 horas]	55,44 cd	0,17 bcd	21,53 cde	12,58 ef	0,40 f	-16,21 abcde
T4 [50 %*extracto de papaína*6 horas]	55,71 cd	0,14 ab	18,33 bc	11,55 def	0,47 g	-18,56 abc
T5 [30 %*extracto de bromelina*8 horas]	54,63 cd	0,16 bcd	20,61 cde	10,99 cde	0,30 cd	-0,11 g
T6 [50 %*extracto de bromelina*8horas]	52,29 abc	0,14 abc	15,98 ab	10,65 cd	0,32 d	-10,11 defg
T7 [30 %*extracto de papaína*8horas]	54,14 bcd	0,22 e	26,18 f	11,62 def	0,34 de	-12,78 bcdefg
T8 [50 %*extracto de papaína*8horas]	51,93 abc	0,18 cd	23,08 def	10,42 cd	0,40 f	-18,16 abcd
T9 [30 %*extracto de bromelina*10horas]	41,28 a	0,19 de	15,74 ab	9,90 bc	0,19 a	-22,94 ab

T10 [50 %*extracto de bromelina*10horas]	36,66 a	0,12 a	14,45 a	7,28 a	0,17 a	-30,79 a
T11 [30 %*extracto de papaína*10horas]	52,83 abcd	0,20 de	20,11 cd	9,93 bc	0,27 bc	-0,29 fg
T12 [50 %*extracto de papaína*10horas]	43,62 ab	0,15 abc	18,23 bc	8,62 ab	0,22 ab	-0,29 efg
Testigo [sin extracto enzimático]	60,03	0,26	22,46	12,39	0,41	-11,58
p-valor	0,0018	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003

Se puede observar que los análisis de varianza de los tratamientos influyeron significativamente para la variable de elasticidad con una significancia menor que el 0,05. Así mismo, se logró identificar que los tratamientos que influyen sobre el parámetro elasticidad son: el T5 (30 % extracto de bromelina*8 horas), T6 (50 % extracto de bromelina*8 horas), T9 (30 % extracto de bromelina*10 horas), T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas), T11 (30 % extracto de papaína*10 horas), y T12 (50 % extracto de papaína*10 horas) frente al testigo.

Las medias de cada tratamiento frente al testigo muestran que el tratamiento que menos elasticidad presentó fue el T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas). Ramírez (2004) manifiesta que la elasticidad hace referencia a la extensión que un alimento comprimido vuelve a su tamaño original, cuando es retirada la fuerza que lo comprime. Además, señala que cuando la elasticidad refleja valores en su p-valor menores a 0,001, significa que la carne posee características de fresca y buen estado de conservación.

De esta misma forma, se demostró que los tratamientos que difieren estadísticamente ante el testigo con respecto a la gomosidad son el T6 (50 % extracto de bromelina*8 horas), T9 (30% extracto de bromelina*10 horas), y T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas). En este contexto, Ramírez (2004) expresa que, la gomosidad corresponde a la energía que se requiere para dividir un alimento semisólido, de manera que este listo para ser ingerido por una persona.

Por otra parte, mediante el análisis de varianza se comprobó que para el parámetro de cohesividad existió diferencia estadística entre tratamientos, debido a que su significancia fue menor que el 0,05. Además, se logró identificar que todos los tratamientos difieren ante el testigo excepto el T7 (30 % extracto de papaína*8 horas) debido a que la significancia es mayor que el 0,05 frente al testigo.

Seguidamente, mediante el análisis de varianza se determinó que para el parámetro de masticabilidad influyen los tratamientos con una significancia menor que el 0,05., indicado así que al menos un tratamiento difiere estadísticamente frente a los demás. Además, con la prueba de Dunnett se demostró que los tratamientos que difieren estadísticamente ante el testigo son el T9 (30 % extracto de bromelina*10 horas), T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas), T11 (30 % extracto de papaína*10 horas), y T12 (50 % extracto de papaína*10 horas).

Galarza (2002) determinó el efecto ablandador de la cáscara, pulpa y corazón de la piña hawaiana a dos concentraciones 50 % y 100 %, sobre dos músculos de res. Como resultado se obtuvo que la parte del fruto de piña que mostró mejor rendimiento en el ablandamiento de los músculos de la carne de res fue el corazón (bromelina), a una concentración del 50 %; seguido de la cáscara también a un 50 % de concentración, y finalmente la pulpa, que sirvió como extracto ablandador en menos rendimiento que las demás enzimas a una concentración del 100 %.

Ramírez y Cruz (2009) utilizaron el látex de la papaya para lograr el ablandamiento de la carne, en el cual compararon el porcentaje de concentración del látex. Se identificó a cada uno como A (50 %) y B (100 %), siendo el ablandador B quien presentó mejores resultados en el ablandamiento de la carne y en la actividad proteolítica; lo cual se debió, a que el 100 % presentó mejores condiciones de concentración que intervinieron directamente en la hidrólisis de la actividad proteínica. Por lo tanto, es importante señalar que la papaína tiene un efecto muy importante sobre las proteínas y el tejido conectivo de la carne.

Villavicencio (2011) demostró que los análisis estadísticos realizados a las muestras de carnes en sus diferentes concentraciones (25 % y 50 %), arrojaron que la mejor muestra correspondió a la concentración del 50 %, presentando mayor actividad enzimática en el efecto de ablandamiento de la carne con relación a la otra concentración del extracto de papaína.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En los tiempos establecidos el extracto de bromelina actúa sobre el músculo vacuno a partir de las 10 horas mientras que el extracto de papaína requiere mayor tiempo para su acción enzimática con lo cual se indica que los porcentajes utilizados en cada tratamiento no son suficientes para conseguir en el menor tiempo posible un ablandamiento enzimático.
- Los porcentajes de 30 % de extractos enzimáticos aplicados no dieron resultados en el tiempo establecido para la investigación, mientras que el 50 % comenzó actuar a partir de las 10 horas en el caso del extracto de bromelina y no en el de la papaína. Con lo que se concluye que la concentración de enzimas en el extracto de papaya es menor al de la piña.
- En el perfil de textura el extracto de papaína tuvo una acción enzimática con una dureza de $43,2 \text{ kgm}^2\text{s}^2$ en un tiempo de 10 horas mientras que en el mismo tiempo el extracto de bromelina mostró un mejor perfil de textura con una dureza de $36,66 \text{ kgm}^2\text{s}^2$ a comparación del testigo que no tenía acción enzimática y su textura fue de $60,03 \text{ kgm}^2\text{s}^2$.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para reducir los tiempos de acción se requiere que el músculo vacuno se sumerja totalmente sobre los extractos enzimáticos y de esa forma se podría obtener un mejor grado de ablandamiento.
- Para la recolección del látex de la fruta de la papaya se requiere que el fruto se encuentre en un estado de madurez G (completamente verde) y que se encuentre directamente en la planta, de esta manera la cantidad de fluido será mayor.
- En futuras investigaciones utilizar mayor cantidad de extracto de papaína (mín 25 mL) para obtener mejor efecto de ablandamiento en el músculo vacuno con esta enzima, ya que existe diferencia de contenido enzimático entre la bromelina y la papaína.

BIBLIOGRAFÍA

- Amerling, C. (2001). Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. España: Euned.
- Arroyo, M., Acebal, C., & De La Mata, I. (2014). Biocatálisis y biotecnología. Arbor.
- Ayala, C. (2018). Importancia nutricional de la carne. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales, 59.
- Balbina, M., & Romero, R. (9 de Marzo de 2018). Elaboración de un ablandador de carne a base de cáscara de piña (*Ananas comosus*) para su aplicación como un condimento alto en enzimas y especias. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/42071/1/Tesis%20bromelina%20final.pdf>
- Bailey, C. (2010). Química Orgánica: Conceptos y aplicaciones. Trad. Quintanar. Ed. Prentice Hall. 5ta edición. México D.F. Pág. 523.
- Barón, S., y García, A. (2013). Efectos de la adición de la proteasa papaína de *Carica papaya* y fibra de uva (*vitis vinífera*) en longanizas crudas. Recuperado de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/355/TRABAJO%20DE%20GRADO%20SORAYA%20Y%20ADOLFO.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Bedoya, V; Gil, M; Millan, L. (2012). Papaína extraída a partir de la cáscara de la papayuela perteneciente a la especie (*Carica papaya* L.), por medio del microondas con aplicación en el ablandamiento de la carne bovina. Colombia.

- Bekhit, A., Hopkins, D., Geesink, G., Bekhit, A., & Franks, P. (2014). Proteasas exógenas para el ablandamiento de la carne. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 13.
- Benavides, K. (2017). Uso de las enzimas transglutaminasas en productos cárnicos. Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9767/4/UDLA-EC-TLG-2018-17.pdf>
- Castellano, M. (2009). Extractos enzimáticos de la piña. Madrid-España. (En línea), Consultado, el 07 de feb. 2020. Formato PDF. Disponible en: <http://ns1.oirsa.org/sv/>
- Cevallo, L., & Nuñez, D. (25 de Febrero de 2015). Evaluación de la caída postmortal del pH y la normalización del análisis de la calidad tecnológica de la carne de cuy. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/429/1/UNACH-EC-IAGRO-2015-0003.pdf>
- Codex Alimentarius. (1995). Norma general para aditivo alimentario. Obtenido de http://www.fao.org/gsfonline/docs/CXS_192s.pdf
- Congori, G., Ayala, C., Renieri, C., Gerken, M., Antonini, M., & J, Q. (2018). Determinación de la edad óptima de faenado, calidad y características productivas de la carne de llama. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*.
- Cori, M., Michelangeli, C., De Basilio, V., Figueroa, R., & Rivas, N. (2014). Solubilidad proteica, contenido de mioglobina, color y pH de la carne de pollo, gallina y codorniz. *Archivos de Zootecnia*.
- Corporación Ganadera. (27 de Junio de 2003). Hábitos de consumo de carne. Obtenido de

http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/habitos_consumo_carne.pdf

Daliya, S. (2007). Improved back extraction of papain from AOT reverse micelles using alcohols and a counter ionic surfactant. *Biochemical Engineering Journal*. 25: 219-225. Recuperado de la base de datos ScienceDirect.

Del Moral, S., Ramírez, L., & García, M. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2.

Del Pozo, K. (3 de septiembre de 2018). Determinación de la actividad proteolítica de la enzima bromelina obtenida de la corteza de ananas comosus, sobre extracto acuoso de carne. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36132/1/BCIEQ-T-0341%20Del%20Pezo%20Sol%c3%ads%20Katherin%20Abigail.pdf>

Earth, G. (2020). Ubicación geográfica de la ESPAM-MFL. Recuperado el 25 de Noviembre de 2020, de <https://www.google.com/maps/place/Escuela+Superior+Polit%C3%A9cnica+Agropecuaria+de+Manab%C3%AD/@-0.8269951,-80.1870423,330m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x902ba158206f78e9:0x39852a97adad4637!8m2!3d-0.8264577!4d-80.1862623>

Earth, G. (2020). Ubicación geográfica de la ULEAM. Recuperado el 25 de Noviembre de 2020, de <https://www.google.com/maps/search/ULEAM+MANTA/@-0.9534006,-80.7477413,784m/data=!3m2!1e3!4b1>

Enriquez, C., Uron, C., & Cuetia, J. (2016). Calidad de la carne y su asociación con las fibras musculares. *Revista Ingenio UFPSO*, 179.

- FAO. (26 de junio de 2007). Manual de manejo de poscosecha de frutas tropicales. Recuperado el 23 de Junio de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- Fenández, A. (2017). Calidad de la carne vacuna (factores que afectan la terneza). *Engormix* .
- Figueroa, L. (7 de junio de 2019). La calidad de la carne y la canal bovina en Colombia. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de http://repository.ucc.edu.co/bitstream/ucc/10991/1/2019_calidad_carne_canal.pdf
- Galarza, D. (2002). Efecto ablandador de extractos de cáscara, pulpa y corazón de piña en el lomo (*Longissimus thoracis*) y la mano de piedra (*Semitendinosus*) de res. Ingeniería Agrónoma. Zamorano-Honduras.
- García, M., Quintero, R., & López, A. (2004). Biotecnología Alimentaria. México: Limusa, S.A.
- Giuffrida, M., Arenas, L., & Huerta, N. (2014). Composición nutritiva de la carne de ganado tropical venezolano. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 167.
- Guacho, A., & Rivas, R. (17 de diciembre de 2017). Propuesta de aplicación de las enzimas de la piña y la papaya como ablandadores naturales de carne de res y cerdo. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29665/1/TESIS.pdf>
- Gualán, C. (22 de Febrero de 2017). Determinar la calidad de la carne bovina mediante medición del pH y acidez en la ciudad de Zaruma. Recuperado el 29 de Junio de 2019, de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10535/1/DE00003_T_RABAJODETITULACION.pdf

- Guevara, L. (2006). Estudio sobre la extracción y falta de uso de la papaína obtenida de la papaya (carica papaya L) para ser usada en el ablandamiento de carne. Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3368/1/P102%20Ref.3031.pdf>
- Gutiérrez, M. (2009). Determinación del efecto de la maduración de la Lechosa sobre la concentración de la papaína. Tesis de Agronomía. Venezuela. Pág. 16
- Gutiérrez, A., Nolasco, O., & Santa Cruz, C. (2017). Purificación y caracterización preliminar de proteasas del látex de *Vasconcellea candicans* (A. Gray) A. DC (Mito). Scientia Agropecuaria.
- Herrera, J. (2015). Análisis de la composición química y determinación de características de calidad de carne de conejo. Recuperado el 29 de Junio de 2019, de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3607/1/39489.pdf>
- Horcada, A., & Polvillo, O. (12 de Mayo de 2016). Conceptos básicos de la carne. Recuperado el 29 de Junio de 2019, de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/40940/horconcep113a140.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INEN. (2012). 1338 Carne y productos cárnicos: productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados- madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos. Requisitos. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <https://archive.org/details/ec.nte.1338.2012/page/n1>
- Jarrin, J. (2016). Utilización de la enzima ficina extraída del higo para la elaboración de queso andino. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de

<http://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1491/1/Borrador%20final.pdf>

Jiménez, I. (Diciembre de 2009). Enzimas vegetales proteasas aplicadas para el ablandamiento de carnes. Recuperado el 3 de Julio de 2019, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/415/60974s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kocan, P., Gil, M., Stanislawczyk, & Rudy, M. (2019). Efecto de métodos de tratamiento térmico seleccionados sobre los parámetros de composición química, color y textura del músculo dorsal largo (*longissimus dorsi*) de los jabalíes. *Cyta Journal of Food*.

Larena, F. (2016). Evaluación de las variaciones de textura, color y pH en tres cortes comerciales de carne bovina, envasados al vacío y almacenados en refrigeración a 4°C durante 90 días. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2120/Tesis_Evaluacion_de_las_variaciones_de_textura.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Latorre, M., Iezzi, S., Christensen, S., & Purslow, P. (2017). Bovinos machos jóvenes castrados versus enteros; calidad de carne y propiedades del tejido conectivo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 73.

Leal, J., Jiménez, M., Ariza, M., Manrique, C., López, J., Martínez, C., . . . A. (2015). Polimorfismo de los genes CAPN, CAST, DES, PRKAG3, y RYR1 asociadas a la capacidad de retención de agua en crudo y cocinado de carne bovina. *Archivos de Zootecnia*, 30.

León, C., Orduz, C., & Velnadia, C. (2017). Composición fisicoquímica de la carne de oveja, res, pollo, res y cerdo. *Ciencia y tecnología de alimentos*, 66.

- Maiti, A., Ahlawat, S., Sharma, D., & Khanna, N. (2008). Application of natural tenderizers in meat. *Revistas ARCC*, 226.
- Mamani, L., Cayo, F., & Gallo, C. (2014). Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama: una revisión. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*.
- Marrasquin, R. (15 de Mayo de 2016). Efecto de la adición de una mezcla de bromelina y papaína sobre ciertas características físico químicas de la carne. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5407/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-2.pdf>
- Martin, J. (2013). *Uso y aplicación de enzimas vegetales*. Buenos Aires-Argentina. (En línea). Consultado, el 08 de febrero. 2020. Formato PDF. Disponible en: <http://personal.redestb.es/>
- Marrasquín, R. (2016). Efecto de la adición de una mezcla de Bromelina y Papaína sobre ciertas características físico químicas de la carne vacuna. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5407/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-2.pdf>
- Marroquin, R. (2012). *Metodología de la investigación*. Recuperado el 27 de Mayo de 2019, de http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Montero, M., & Cerdas, M. (2005). *Guías técnicas del manejo poscosecha de la piña en el mercado fresco*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2020, de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-pina-pre-pos.pdf
- Montoya, C., García, J., & Barahona, R. (2015). Contenido de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción en el

trópico colombiano. VITAE, Revista de la facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias, 206.

Montoya, T., & Miano, A. (9 de junio de 2011). Influencia de la concentración de cloruro de sodio y de extracto de corazón de piña (*Ananas comosus* – var roja trujillana). *Agroindustrial Science*, 32. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6583493.pdf>

Mota, D. (11 de Mayo de 2015). Bondades de la Estimulación Eléctrica en la Carne del Ganado. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de <https://www.ganaderia.com/destacado/Bondades-de-la-Estimulaci%C3%B3n-El%C3%A9ctrica-en-la-Carne-del-Ganado>

Muhammad, S., Jong-Ho, K., Muhammad, I., Muhammad, S., Alia, A., & Iqra, N. (2016). Proteasas vegetales y bacterianas: una clave para mejorar la ablandamiento de la carne. *Cogent Food & Agriculture*.

Nieto, C. (Febrero de 2015). Evaluación de las propiedades funcionales de la carne de ternera para su aplicación en la elaboración de jamón. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5095/1/57704_1.pdf

Peña, C., & Quirasco, M. (2014). ¿Enzimas en los alimentos? *Bioquímica de lo comestible*. Revista UNAM, 5.

Pinilla, Y. (2014). Efecto de SNPs de genes asociados a la textura de la carne en bovinos. Recuperado el 29 de Junio de 2019, de <http://bdigital.unal.edu.co/46434/1/780260.%202014.pdf>

Plaza, M. (Septiembre de 2018). *Análisis del comportamiento de consumo de pulpa congelada de frutas exóticas ecuatorianas en la ciudad de Guayaquil*. Recuperado el 01 de Julio de 2020, de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12017/1/T-UCSG-POS-MGM-115.pdf>

Ramírez, J. (2004). Características Bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Barcelona, España. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/pub/tesis/>

Ramírez, J. y Cruz, A. (2009). Estudio sobre la papaína y su efecto ablandador. (En línea). Consultado, el 08 de febrero. 2020. Formato PDF. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7149190.pdf>

Ramírez, J., & Ayala, M. (2014). Enzimas: ¿qué son y cómo funcionan?. Revista Digital Universitaria, 10, 13-21.

Ryder, K., Ha, M., Bekhit, A., & Carne, A. (2015). Caracterización de nuevas preparaciones de proteasas fúngicas y bacterianas y evaluación de su capacidad para hidrolizar proteínas miofibrilares y de tejido conectivo de carne. Food Chemistry, 198.

San Ramón, D. (Julio de 2015). Características físicas de la carne natural de Paraguay. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de <http://www.arp.org.py/images/files/2015%2006%2030%20Caracter%C3%ADsticas%20Fisicas%20de%20la%20carne-final.pdf>

Santhi, D., Kalaikannana, A., & Sureshkumar, S. (2015). Factors Influencing Meat Emulsion Properties and Product Texture. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 3-4.

Santamaría, F., Díaz, R., Sauri, E., Espadas, F., Santamaría, J., & Marqué, A. (2009). Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. Agricultura técnica en México.

São Paulo, Í., Fontes, M., Duarte, F., Vannier, M., Priminho, C., Muniz, I., . . . Aparecida, S. (2016). The biochemical characterization, stabilization studies and the antiproliferative effect of bromelain against B16F10 murine

melanoma cells. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2-3.

Semergen. (13 de Marzo de 2018). Importancia de la carne vacuna. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <https://www.actasanitaria.com/wp-content/uploads/2018/03/Gu%C3%ADa-Importancia-de-la-carne-de-vacuno-en-la-alimentaci%C3%B3n-de-los-espa%C3%B1oles.pdf>

Serrano, A. (24 de Noviembre de 2010). MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE ENFOQUE EXPERIMENTAL. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>

Sidhe, W. (20 de Noviembre de 2017). Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de https://www.ehowenespanol.com/tecnicas-ablandamiento-carne-manera_112689/

Solórzano, J. (2011). Uso y aplicación de enzimas vegetales. México. (En línea). Consultado el 8 de febrero 2020. Formato PDF. Disponible en: <http://naturismo/bromelina.com>

Sujeong, P., Jinjoo, O., Minhee, K., & Eun-Jung, J. (2018). La bromelina suprime eficazmente el cáncer colorrectal mutante de Kras al estimular la ferroptosis. *Animal cells and systems*.

Torre, J., González, K., & Acevedo, D. (2015). Análisis de perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Revista ReCiTeIA*, 67.

Trujillo, Y., & Argote, H. (2010). Evaluación de los cambios producidos por el tiempo de aplicación de papaína en las propiedades de textura de la carne bovina. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*.

Vega, K. (Octubre de 2017). Extracción de bromelina obtenida a partir de residuos del procesamiento de piña. Recuperado el 11 de Agosto de 2019, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18867/1/CD-8258.pdf>

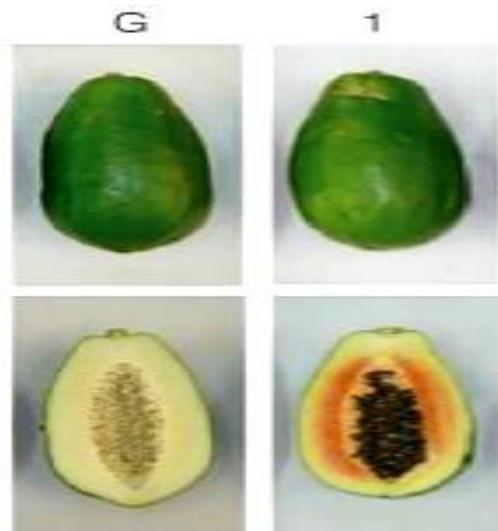
Vidal, L; Finot, V; Mora, K; Venegas, F. (2010). Características físico-químicas del látex de papayuelo. Artículo Científico. Scielo. Pág. 11. Chile.

Villavicencio, C, (2011). Extracción, concentración y cuantificación de la actividad enzimática de la papaína a partir de la papaya. Tesis de Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

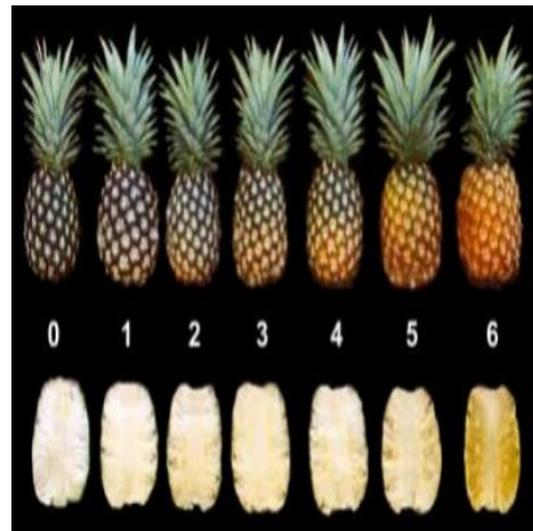
Xargayó, M., Llorenç, J., Lagares, E., & De Jaeger, P. (14 de Febrero de 2011). Efectos de una fase de pre-masaje. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <http://de.metalquimia.com/upload/document/article-es-9.pdf>

Zela, J., (2012). Efecto de la Bromelina en la Concentración Sérica y Ósea de Clindamicina. Recuperado el 07 de Noviembre de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/323342539.pdf>

ANEXOS



Anexo 1. Estado de madurez de la



Anexo 2. Estado de madurez de



Anexo 3. Cortado de la papaya



Anexo 4. Cortado de la piña



Anexo 5. Extracto enzimático
Papaina



Anexo 6. Extracto enzimático
Bromelina



Anexo 7. Corte del músculo
vacuno



Anexo 8. Peso de 50 gr de musculo



Anexo 9. Musculo vacuno en frascos esterilizados



Anexo10. Muestras de carne con extractos enzimáticos naturales



Anexo 11. Análisis del perfil de textura

Lab. De Investigación de Alimentos

Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta 13 de diciembre de 2019

A Quien Corresponda

Ciudad. -

CERTIFICO: Que el análisis presentado en este informe corresponde a las estudiantes **Lady Tatiana Rodríguez Pincay C.I. 131490785-6** y **Yaritza Mishell Zambrano Zambrano C.I. 1313658823**, Estudiantes de Pregrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL.). Los análisis fueron realizados en el Lab. De Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo este el siguiente: (Perfil de Textura TPA en musculo vacuno), dichos análisis corresponden al trabajo de titulación: **Evaluación del tiempo y porcentaje de dos extractos enzimáticos naturales "Bromelina y Papaina" como ablandadores de musculo vacuno.**

TI	Dureza (Kgm2 S2)	Elasticidad	Adhesividad (Kgm2s2)	Cohesividad	Gomosidad (Kgm2s2)	Masticabilidad (Kg)
R1	59,85	0,42	-14,77	0,21	22,50	13,10
R2	56,33	0,37	-11,98	0,20	26,13	10,90
R3	58,01	0,40	-13,42	0,17	20,11	14,17
T2						
R1	54,16	0,38	-11,26	0,18	23,51	10,09
R2	50,99	0,35	-11,11	0,15	26,00	10,81
R3	53,18	0,40	-10,87	0,17	21,31	11,77
T3						
R1	57,18	0,41	-15,07	0,17	20,03	13,87
R2	56,03	0,40	-17,11	0,15	21,55	11,50
R3	53,11	0,33	-16,44	0,19	23,01	12,36
T4						
R1	54,70	0,47	-18,23	0,13	19,87	12,04
R2	54,44	0,51	-18,00	0,16	18,03	11,61
R3	58,00	0,44	-19,45	0,12	17,10	11,01
T5						
R1	53,71	0,30	-0,12	0,17	19,80	11,78
R2	55,16	0,25	-0,11	0,14	21,02	10,14
R3	55,01	0,35	-0,11	0,18	21,00	11,04
T6						
R1	52,21	0,33	-10,50	0,15	17,66	10,01
R2	50,17	0,28	-9,83	0,13	15,28	10,87
R3	54,50	0,35	-10,00	0,15	14,99	11,08
T7						
R1	56,01	0,38	-14,33	0,22	25,43	12,00
R2	52,11	0,31	-10,97	0,20	25,00	12,00
R3	54,30	0,33	-13,05	0,24	28,10	10,85

Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos
 Responsable de Lab. De Tecnologías de Frutas y Hortalizas
 Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

 Uleam

Anexo 12. Hoja 1 de los resultados del análisis de perfil de textura

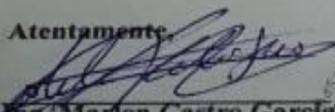
Lab. De Investigación de Alimentos

Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABI

Facultad Ciencias Agropecuarias

T8					
R1	52,00	0,41	-17,08	0,15	23,11
R2	52,87	0,38	-19,23	0,20	20,95
R3	50,91	0,40	-18,18	0,18	25,17
T9					
R1	40,15	0,22	-20,14	0,17	19,13
R2	39,58	0,16	-22,10	0,21	13,98
R3	44,11	0,19	-26,57	0,18	14,11
T10					
R1	34,88	0,18	-27,50	0,14	14,58
R2	40,00	0,15	-31,22	0,11	11,33
R3	35,13	0,19	-33,64	0,12	17,44
T11					
R1	51,10	0,28	-0,28	0,21	20,30
R2	53,69	0,26	-0,29	0,19	20,01
R3	50,12	0,23	-0,29	0,19	20,00
T12					
R1	46,55	0,20	-0,30	0,18	18,73
R2	44,17	0,22	-0,29	0,11	17,07
R3	40,14	0,24	-0,27	0,16	18,90
CONTROL					
R1	60,15	0,44	-11,00	0,22	24,17
R2	60,22	0,39	-10,20	0,25	20,89
R3	62,13	0,41	-13,55	0,30	22,33

Atentamente,


Mg. Marlon Castro Garcia, Mg.



Responsable de Lab. De Tecnología de Lácteos

Anexo 13. Hoja 2 de los resultados del análisis de perfil de textura