

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Estudio de la incidencia del estado de maduración al extraer la enzima bromelina presente en la cáscara de piña (*Ananás Comosus*) para su aplicación como un ablandador en distintos cortes de carne de res.”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
Título de Ingeniera en Alimentos

AUTOR: Polo Ayala William Alexander

TUTOR: Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto MSc

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Polo Ayala William Alexander con el número de cédula 1752722692 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Estudio de la incidencia del estado de maduración al extraer la enzima bromelina presente en la cáscara de piña (*Ananás Comosus*) para su aplicación como un ablandador en distintos cortes de carne de res."

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto MSc

TUTOR

Tulcán, febrero de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo , Polo Ayala William Alexander con cédula de identidad número 1752722692 respectivamente declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Polo Ayala William Alexander

AUTOR

Tulcán, febrero de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Polo Ayala William Alexander declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Estudio de la incidencia del estado de maduración al extraer la enzima bromelina presente en la cáscara de piña (*Ananás Comosus*) para su aplicación como un ablandador en distintos cortes de carne de res" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Polo Ayala William Alexander

AUTOR

Tulcán, febrero de 2025

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por mi formación académica.

Al Docente MSc. Carlos Rivas por ayudarme con su tiempo, experiencia, además de su conocimiento y su predisposición para apoyarme en la elaboración del trabajo de investigación presentado por mi parte. Agradezco a cada una de las personas que siempre han estado conmigo y de las cuales he aprendido mucho como mi familia, docentes, amigos, compañeros.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres William Polo, Jenny Ayala y a mi tía María Fernanda Santacruz quienes siempre me han apoyado en mi vida y han sido un pilar fundamental para mi formación académica y personal.

A mis hermanos: Anthony Polo y Camila Polo porque nunca baje los brazos para que ellos tampoco lo hagan.

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
I. EL PROBLEMA	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. JUSTIFICACIÓN	16
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos	17
1.4.3. Preguntas de Investigación	17
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. MARCO TEÓRICO	20
2.2.1. Piña	20
2.2.2. Variedades de piña.....	21
2.2.3. Estados de madurez de las frutas.....	21
2.2.4. Grados Brix	23
2.2.5. Enzimas	24
2.2.6. La carne	29
2.2.7. Las carnes rojas	29
2.2.8. Bioquímica de la carne.....	30
2.2.9. Características organolépticas	30
2.2.10. Rigidez cadavérica	31
2.2.11. Maduración de la carne	31

2.2.12. Factores que afectan a la textura de la carne	31
2.2.13. Qué es un ablandador	33
2.2.14. Tipos de ablandadores	33
2.2.15. Ablandadores de carne usando enzimas	34
2.2.16. Medición de color en alimentos.....	34
2.2.17. Iluminante	35
2.2.18. Análisis de textura de la carne	37
III. METODOLOGÍA	39
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	39
3.1.1. Enfoque.....	39
3.1.2. Tipo de Investigación	39
3.2. HIPÓTESIS	39
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	40
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	41
3.4.1. Estado de madurez y color de la cáscara	41
3.4.2. Descripción del proceso de extracción y purificación de la bromelina. .	42
3.4.3. Proceso de Extracción de la Bromelina	43
3.4.4. Purificación de la Bromelina	43
3.4.5. Determinación de Proteína Aplicando el Método Kjeldahl.....	43
3.4.6. Determinación de la actividad enzimática	44
3.4.7. Análisis de textura	44
3.4.8. Determinación del pH - Método Potenciómetro.....	45
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. RESULTADOS.....	46
4.1.1. Enzima bromelina	46
4.2. DISCUSIÓN	52
4.2.1. Determinación de color	52

4.2.2. Actividad enzimática	53
4.2.3. Características fisicoquímicas	53
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1. CONCLUSIONES.....	56
5.2. RECOMENDACIONES.....	57
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
II. ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla donde se mencionan las principales características de cada una de las variedades, características y composición química.....	21
Tabla 2. Operacionalización de variables Piña (Enzima).	40
Tabla 3. Operacionalización de variables carne y enzima.....	45
Tabla 4. Resultados de color en la Piña con el uso del colorímetro.....	46
Tabla 5. Valores medios de C*, h* y IC* de los dos estados de maduración de la piña.	47
Tabla 6. Actividad enzimática de la enzima bromelina extraída de la piña.	48
Tabla 7. Análisis de varianza con el 95% de confianza del parámetro pH.	49
Tabla 8. Análisis de varianza con el 95% de confianza del parámetro sólidos solubles.	49
Tabla 9. Análisis de varianza con el 95% de confianza del parámetro proteína.	49
Tabla 10. Análisis de textura parámetro firmeza.	50
Tabla 11. Análisis de textura parámetro masticabilidad.....	51
Tabla 12. Análisis de textura parámetro elasticidad.....	51
Tabla 13. Análisis de textura parámetro cohesividad.	52
Tabla 14. Resultados de la determinación de color en dos estados de maduración de la piña.....	52
Tabla 15. Actividad enzimática en dos estados de maduración de la piña.	53
Tabla 16. Análisis de textura carne de res aplicada la enzima bromelina en distintos cortes de res.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de maduración de la piña.....	23
Figura 2. Estructura y funcionamiento de una enzima.....	25
Figura 3. Efecto de la temperatura en la actividad enzimática.	28
Figura 4. Escala de color CIELAB.....	36
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de extracción y purificación de la bromelina.	42
Figura 6. Clasificación visual, seleccionada según el color de la piña, estado verde, estado amarillo.....	46
Figura 7. Ubicación de los valores medios de a^* y b^* en el plano.....	47
Figura 8. Lavado y desinfección.....	61
Figura 9. Picado del fruto	61
Figura 10. Medición grados Brix.	61
Figura 11. Cáscara añadido	61
Figura 12. Refrigeración con	61
Figura 13. Secado.	61
Figura 14. Enzima molida.	62
Figura 15. Conservación de la enzima.	62
Figura 16. Análisis sensorial.....	62
Figura 17. Actividad Enzimática.....	62
Figura 18. Análisis de textura.	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	63
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	64
Anexo 3. Hoja de cata	66
Anexo 4. Informe Análisis de Textura Escuela Politécnica Nacional	68

RESUMEN

El objetivo del estudio fue extraer la enzima bromelina de la cáscara de piñas (*Ananás comosus*) en dos estados de madurez (0 % verde-inmadura y 90 % amarilla-madura) y usarla como un ablandador para carne en cortes como pecho y pierna. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar y un arreglo factorial (A*B*C), donde A representó el estado de madurez de la piña, B la cantidad de bromelina aplicada a la carne (1; 1,5 y 2 gramos) y C cortes (pecho y pierna). Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el software Infostat, realizando la prueba de Tukey y LSD Fisher con un nivel de significancia del 95 %. Los resultados de la prueba Halls Hover indicaron que el valor de la actividad enzimática de la bromelina extraída de piñas verdes fue de 223.51 Upe y de las amarillas 212,65 Upe, el contenido de proteínas fue de 10,7 % y 9,53 % respectivamente. La evaluación sensorial y de textura en la carne donde se aplicó la enzima indicaron que el mejor tratamiento fue el T1 (1 gramo de bromelina de piñas verdes en pecho), con una valoración sensorial de 4 (me gusta moderadamente), el cual se destacó en todos los parámetros color, olor, sabor, textura, aceptación global. Los resultados de textura presentan diferencias significativas entre los tratamientos, la enzima extraída de la cáscara de piña verde mejoró las características texturales (firmeza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad) de los cortes de carne. La enzima extraída del estado amarillo fue mejor en las características firmeza y masticabilidad del corte de res pierna. Se concluye que la bromelina extraída en estado verde es mejor para ablandar la carne y se presenta como una alternativa natural. Su aplicación permite mejorar la textura, el sabor de la carne, ofrece beneficios económicos y ambientales significativos.

Palabras Claves: estado de madurez, textura, piña, carne, bromelina.

ABSTRACT

The aim of the study was to extract the enzyme bromelain from the peel of pineapples (*Ananás comosus*) at two stages of maturity (0% green-immature and 90% yellow-ripe) to use it as a meat tenderizer in cuts such as breast and leg beef. A completely randomized statistical design with a factorial arrangement (A*B*C) was used, where the factors were: pineapple maturity stage (A), bromelain concentration (B) at 1, 1.5, and 2 grams, and meat cut (C). For the statistical analysis of the results, Statistical analysis was performed using Infostat software, with Tukey's and Fisher's LSD tests at a 95% significance level. The results of the Halls Hover test indicated that the value of the enzymatic activity of bromelain extracted from green pineapples was 223.51 Upe and from yellow pineapples 212.65 Upe, the protein content was 10.7% and 9.53% respectively. The sensory and texture evaluation of the meat where the enzyme was applied indicated that the best treatment was T1 (1 gram of bromelain from green pineapples in the breast), with a sensory rating of 4 (I like it moderately), which stood out in all the parameters color, smell, flavor, texture, and overall acceptance. The texture results showed significant differences between the treatments. The green pineapple peel enzymes improved firmness, elasticity, cohesiveness, and chewiness in both meat cuts. The yellow pineapple peel extract showed greater improvement in firmness and chewiness specifically in the beef leg cut. It is concluded that bromelain extracted in green state is better for tenderizing meat and is presented as a natural alternative. Its application allows to improve the texture and flavor of meat, offering significant economic and environmental benefits.

Keywords: maturity state, texture, pineapple, flesh, bromelain.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la sostenibilidad y la gestión adecuada de los residuos son temas de gran relevancia en la industria alimentaria. La cáscara de piña, un subproducto comúnmente desechado, representa una oportunidad significativa para abordar estos desafíos ambientales. La reutilización de las cáscaras de piña no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también promueve la economía circular, aprovechando recursos que de otro modo serían desperdiciados. Este enfoque no solo tiene beneficios ambientales, sino que también puede generar valor económico al transformar un residuo en un producto útil y valioso (Jaya, 2015).

La bromelina, una enzima proteolítica presente en la cáscara de piña, ha demostrado ser eficaz en el ablandamiento de la carne de res. Este estudio se centra en la extracción de bromelina de cáscaras de piña y su aplicación como ablandador en distintos cortes de carne de res, específicamente en el pecho y la pierna. La investigación no solo busca mejorar la calidad de la carne, sino también resaltar la importancia de utilizar subproductos agrícolas de manera sostenible.

La carne es un alimento muy solicitado en la dieta humana debido a su alto contenido de nutrientes. La carne de res es especialmente popular a nivel mundial. Sin embargo, en términos de textura, no siempre se considera de alta calidad, ya que muchos cortes de res son bastante firmes, lo que hace difícil encontrar un corte que sea naturalmente tierno (J. Chamorro, 2023). Principalmente esto es causa del sacrificio ya que después de este la carne suele tener modificaciones, algunas son muy buenas para la calidad de la carne como la maduración y otras son negativas como la rigidez cadavérica esto depende del tipo de método utilizado para el sacrificio del animal haciendo que la carne se endurezca.

La investigación aporta conocimientos valiosos que pueden ser aplicados en la industria alimentaria, destacando el potencial de la biotecnología en la mejora de productos cárnicos. La reutilización de cáscaras de piña no solo ayuda a reducir los residuos, sino que también promueve una producción alimentaria más responsable y respetuosa con el medio ambiente.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diferentes tipos de frutas se destinan a la producción de insumos para la agroindustria con el fin de elaborar mayoritariamente jugos, en el proceso se usa como materia prima la pulpa de estos dejando mucho desperdicio ya que algunas partes no son consideradas útiles para el proceso que las generó, la cantidad de desechos generados son más de 71 millones de toneladas de residuos al año, lo que impacta negativamente al medio ambiente. Muchos de estos residuos agroindustriales se depositan en el suelo sin tratamiento previo, quedando expuestos a la intemperie. Por lo que se facilita su descomposición y la aparición de diversos agentes infecciosos, creando problemas tanto para el medio ambiente como para la sociedad (Cervantes et al., 2016).

Los residuos agroindustriales enfrentan un gran problema significativo esto debido a la falta de conciencia ambiental adecuada para la gestión de estos. Además, hay una carencia de capacidades tecnológicas y recursos económicos para su disposición final. También se carece de una legislación específica que promueva la gestión de estos residuos, asegurando un manejo adecuado desde la generación de subproductos hasta su disposición final. Este es un problema que persiste a nivel global (Saval S. 2012).

Según Rojas Ramírez (2019), no todas las piñas que se producen en el país son aptas para la exportación. Se tiene una estimación que entre el 10 y el 20 % de la fruta se descarta, principalmente debido a problemas físicos como la forma, el tamaño, daños por plagas como insectos o roedores, enfermedades, cicatrices, color de la piel y quemaduras solares.

La piña es uno de los cultivos de exportación más importantes en Ecuador, y su producción genera una cantidad significativa de residuos y desechos. Las cáscaras, las coronas, los tallos y hojas, los jugos y pulpas, y las aguas residuales son algunos de los desechos generados durante el proceso de producción de piña en Ecuador. Estos desechos pueden tener un impacto nocivo para el medio ambiente, ya que pueden

contaminar el agua y el suelo, y generar emisiones de gases de efecto invernadero durante su disgregación (Saval S. 2012).

En nuestro país el mercado y la industria agroalimentaria generan una gran cantidad de residuos sólidos vegetales, lo que pone en grave peligro el ecosistema debido al alto contenido de materia orgánica. Las ciudades producen cada vez más residuos que terminan en vertederos a cielo abierto o cuerpos de agua que constituyen un problema de salud pública, los altos volúmenes de desperdicios requieren costos significativos de recolección y disposición final (Decheco, 2016).

El crecimiento acelerado de los residuos sólidos de varios productos hortofrutícolas es un problema serio ya que al no revalorizarse estos desechos que son constituyentes orgánicos de la frutas se maximizará un problema mundial de desechos generados por el incorrecto uso de dichas materias. Por ejemplo, cuando se da la hidrólisis de residuos lignocelulósicos como la cáscara de frutas que en gran parte son consideradas como biomasa desvalorizadas, esto quiere decir que ya no se les dará uso en la industria y por lo tanto se desechará (Decheco, 2016).

Los efectos perjudiciales para el aire se manifiestan específicamente a través de la proliferación de malos olores en las áreas cercanas a los lugares donde se disponen residuos orgánicos sólidos y líquidos. Los subproductos de las frutas impactan negativamente el suelo, el aire, el agua, la flora, la fauna y el pasaje. Esto significa que la acumulación de cáscaras de frutas provoca una pérdida de biodiversidad y contaminación en las zonas cercanas a los cultivos (Díaz, 2018, pág. 10).

Debido a la gran cantidad de desechos orgánicos que generan las fábricas en el Ecuador que elaboran productos de piña en grandes cantidades, se tiene un impacto negativo en el medio ambiente debido a la falta de conocimiento sobre cómo utilizarlos o darles un tratamiento adecuado de descomposición (Morán, 2020).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La obtención de un ablandador de carne a partir de residuos orgánicos (cáscaras) de piña (*Ananás Comosus*) generará un valor agregado a este desperdicio?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La piña es una fruta con diferentes cualidades entre las cuales se destaca su contenido de provitamina A y C, que tiene acción antioxidante, y aunque en menor proporción contiene varias vitaminas del grupo B, como la B6 o piridoxina, el mismo que cuenta con un alto contenido de fibra soluble (Cadena 2002).

“La piña es una fruta que reúne varias condiciones nutricionales interesantes y gracias a sus características organolépticas se podrá obtener una serie de productos que podrían compensar varias exigencias”(Villagómez, 2011). Teniendo en cuenta este punto además de elaborar un ablandador de carne de res, se aprovechará la cáscara de la piña disminuyendo así un desperdicio considerable que se genera después de utilizar esta fruta para realizar jugos u otro derivado de esta.

La piña tiene muchos beneficios para la salud ya que es rica en carbohidratos con propiedades exóticas, contiene hierro, potasio, calcio, fósforo, sodio, proteína, azúcar, vitaminas A, B1, B2, B3, B6, C, agua, carbohidratos, grasas de celulosa, magnesio oxidado, azufre, cloro., yodo, ácido málico y cítrico, azúcares naturales y bromelina (Murillo & Chuya, 2015).

Las enzimas son moléculas grandes que actúan como catalizadores biológicos y pueden acelerar reacciones químicas. Son muy específicas en cada reacción que catalizan y en los cambios de sus reactivos. Las enzimas como la papaína y bromelina en la industria cárnica tienden a degradar las proteínas que tienen alto peso molecular y provocan el ablandamiento de la carne. Las enzimas son utilizadas en varias industrias ya que ayudan en gran manera en varios procesos como por ejemplo al usarlos para clarificar vinos, se pueden usar como analgésicos o para facilitar la incorporación de alimentos especiales destinados para bebés (Jaya, 2015).

La bromelina actúa en las proteínas presentes en la carne, rompiéndolas en péptidos más pequeños y aminoácidos. Esto produce una reducción en la firmeza de la carne y una mejora en la ternura. Además, la bromelina puede mejorar el sabor y la apariencia de la carne (Murillo & Chuya, 2015).

En resumen, la bromelina es una enzima importante en la industria cárnica debido a sus propiedades proteolíticas y a su capacidad para mejorar la calidad y la textura de la carne. Su uso puede tener varios beneficios para la industria, incluyendo la reducción de los tiempos de maduración, la mejora de la calidad de la carne y la reducción de los costos de producción. Por tal motivo el presente trabajo estará relacionado con la extracción de la encima en diferentes estados de madurez de la piña ya que proporcionará información que será de utilidad para posteriores investigaciones de carácter científico (Murillo & Chuya, 2015).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la incidencia del estado de maduración de la cáscara de piña (*Ananás Comosus*) en las características de la enzima bromelina, para su aplicación como un ablandador en cortes de pecho y pierna de carne de res.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el estado de madurez de las cáscaras de piña mediante el color, pH y grados Brix.
- Determinar la actividad enzimática de la bromelina extraída de la cáscara de piña en dos estados de madurez (Verde y Amarilla).
- Analizar las características físicas y sensoriales en cortes de pecho y pierna de carne de res ablandados con la enzima bromelina extraída de las cáscaras de piña en estados de madures verde y amarilla.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cómo varían los valores de pH y grados Brix en las cáscaras de piña a medida que avanzan en su estado de madurez?

¿Qué correlación existe entre el color de las cáscaras de piña y sus valores de pH y grados Brix en diferentes estados de madurez?

¿Cómo influye el estado de madurez (verde o amarilla) de las cáscaras de piña en la actividad enzimática de la bromelina extraída?

¿Qué diferencias se observan en la concentración de bromelina en las cáscaras de piña verdes y amarillas y cómo afecta esto a su actividad enzimática?

¿Qué diferencias se observan en la textura de los cortes de carne de res ablandados con bromelina extraída de cáscaras de piña verdes u amarillas?

¿Cómo afecta el uso de bromelina extraída de cáscaras de piña en diferentes estados de madurez a las características sensoriales (sabor, aroma, apariencia) de los cortes de carne de res?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Referente al uso de enzimas vegetales para ablandar carne hay una investigación de "Evaluación de las propiedades del toronche (*Vasconcellea stipulata*) como ablandador de carnes de res" realizado por Moreano (2019), esta investigación ilustra el desarrollo de la extracción de bromelina y su uso en la producción de ablandadores de carne. El estudio, realizado en el Instituto Politécnico de Chimborazo, tuvo como objetivo evaluar las propiedades del toronche como ablandador de carne de res, aplicando diversos métodos de procesamiento, estudiando cuál de los tratamientos le daba una mejor textura a la carne (*vasconcellea stipulata*) del toronche. La investigación obtuvo como resultados que el mejor tratamiento fue el T2 donde se usó 6 mg de la enzima, favoreciendo así la dureza, adhesividad, cohesividad, entre otras propiedades presentes en la carne.

Baque (2019), en su investigación denominada "Propuesta de factibilidad para el desarrollo de un ablandador de carnes a base de Babaco (*Vasconcellea heilbornii*)", en cuya investigación se puede comprender como se usó la papaína presente en el babaco. La investigación fue desarrollada en la Universidad de Guayaquil y tuvo como objetivo determinar que formulación es la mejor para ablandar carnes entre: la pulpa, la cáscara, y la cáscara deshidratada del fruto. Se concluyó que las formulaciones con propiedades suavizantes fueron las que contenían cáscaras de frutas deshidratadas. Se aplicó el ablandador en el corte denominado pajarilla, teniendo así una aceptación favorable en la preparación, textura y sabor de esta.

Guacho (2017), en su investigación denominada "Propuesta de aplicación de las enzimas de la piña y la papaya como ablandadores naturales de carne de res y cerdo en recetas innovadoras de sal", que tuvo como finalidad analizar las propiedades de ablandamiento de las enzimas para aplicarlas en recetas de sal. Esta investigación fue desarrollada en la Universidad de Cuenca y tuvo como objetivo el estudio de la papaína y bromelina como ablandadores naturales. Donde se tuvo

como resultado el cambio de las características organolépticas de cortes con costo bajo y que provienen de músculos ejercitados tanto del ganado vacuno como del ganado porcino.

Ribeiro, M. C, et al. (2018).), en su investigación denominada *Effect of bromelain concentration and treatment time on beef tenderness*. Se evaluó el efecto de la concentración de bromelina y el tiempo de tratamiento en la ternura de la carne de res. Los resultados mostraron que la bromelina mejoró significativamente la ternura de la carne, y que la concentración y el tiempo de tratamiento fueron factores importantes para lograr una mayor suavidad.

Wu, J, et al. (2019), en su investigación denominada *Effect of bromelain treatment on the microstructure and texture of beef longissimus dorsi muscle*. En este estudio se evaluó el efecto del tratamiento con bromelina en la microestructura y la textura del músculo longissimus dorsi de la carne de res. Los resultados mostraron que el tratamiento con bromelina mejoró la textura de la carne y provocó cambios en la microestructura del tejido muscular, lo que sugiere que la bromelina puede ser una herramienta útil para mejorar la calidad de la carne.

2.2 . MARCO TEÓRICO

2.2.1. Piña

Esta fruta pertenece a la familia Bromiliaceae, género Ananás, misma que tiene su origen en Sudamérica, concretamente de Brasil. Ahí fue donde los colonizadores originarios de España y Portugal la encontraron. Cuyo nombre viene de nana meant o fruta selecta, así se conocía por la comunidad indígena cuando llego a España fue bautizada como "Ananas", pero el nombre común "piña" tuvo una mayor acogida, llamada así por su parecido al fruto del piño piñonero (Guacho, 2017).

La producción tiene mayor protagonismo en países como Tailandia y filipinas. En países de sur como Brasil, Colombia y Venezuela tienen una mayor producción en el continente sudamericano. Definida como un fruto cilíndrico, con una corteza escamosa con una corona de hojas espinosas y una pulpa amarillenta. La cáscara suele tender más a los colores verdosos o amarillentos. Cuando la piña aún no se encuentre en su estado maduro tiende a ser muy acida y cuando madura suele ser dulce y desabrida. Tiene una gran cantidad de vitaminas del grupo A, B Y C, además cuenta con una gran presencia de calcio y hierro. La enzima bromelina se caracteriza también por la disociación de la albumina, estimulación del proceso de digestión y

purificación del organismo. Por ende, puede ayudar a que la carne sea más tierna, pero también evita que la gelatina se cuaje (Guacho, 2017).

Guacho (2017), señala que en el mundo hay diferentes variedades de piña, 4 son muy importantes comercialmente El grupo cayena donde se encuentran las variedades Cayena lisa, Euville, Hilo y Rothfield, el grupo Queen que tiene como variables la Golden Sweet, Pernambuco y Back Riplay, el grupo Spanish son de mayor importancia como la española y Puerto Rico, llegando finalmente al grupo tipo perolera, en este grupo está incluida la milagreña (ecuatoriana) que se cultiva nacionalmente.

2.2.2. Variedades de piña

Tabla 1. Principales características y composición química de las variedades de piña.

Variedades de piña	Características	Composición química
Golden	Más cultivada en el país, tiene un sabor dulce e intenso aroma	Carbohidratos, fibra, vitamina C, ácido cítrico, calcio y magnesio
Perolera	Es más pequeña que la Golden, pero es más dulce.	Carbohidratos, vitamina C, ácido cítrico, potasio, calcio y magnesio
Cayena Lisa	Es más ácida que las anteriores variedades, con una textura más suave.	Carbohidratos, fibra, vitamina C, ácido cítrico, calcio y magnesio
Piña Roja	Cuenta con una pulpa de color rojizo acompañado de un sabor dulce y suave.	Carbohidratos, vitamina C, ácido cítrico, potasio, calcio y magnesio
Piña de Azúcar	Alto contenido de azúcar y su pulpa es más suave que las demás variedades.	Carbohidratos, vitamina C, ácido cítrico, potasio, calcio y magnesio

Fuente: (K, Zhao, Goonewardene, & Adhus, 2019)

2.2.3. Estados de madurez de las frutas

Hay que tener en cuenta que existen diversas variedades en cuanto a los estados de madurez entre las cuales están las siguientes:

Estado de madurez fisiológica: Su fruta completa se desarrolló interno y se encuentra en las condiciones óptimas para ser cosechada. En dicho estado la fruta puede seguir madurando hasta alcanzar su estado de madurez comercial.

Estado de madurez comercial: Se refiere al momento en el que la fruta puede ser comercializada y consumida. En este momento la fruta cuenta con un color y tamaño característicos.

Estado de madurez avanzada: En este estado la fruta tiene una sobre maduración y tiende a una disminución de calidad. Es aquí donde la fruta pierde textura y firmeza, su sabor es mucho más dulce y su aroma más intenso.

Estado de madurez sobre madura: En este estado la fruta alcanza su punto de madurez óptimo por lo tanto se encuentra en un estado de descomposición, aquí la fruta pierde sus cualidades organolépticas (Brezmes-Llecha, 2000).

Reacciones bioquímicas del proceso de maduración en frutas

La maduración es una serie de cambios bioquímicos que ocurren después del desarrollo de la fruta. Estos cambios se regulan por la acción de hormonas y enzimas con el objetivo de una mejor maduración de la fruta para la dispersión de semillas y el consumo de animales, entre ellos los humanos. Varias de las reacciones bioquímicas de las frutas son las siguientes:

2.2.4.1. Respiración: En el proceso de maduración, el fruto es sometido a un proceso de respiración constante, que implica el consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono, agua y energía transformada en ATP (trifosfato de adenosina). Este proceso, más conocido como respiración celular, es un proceso fundamental para la vida y contribuye al ablandamiento y cambio de color de la fruta (Brezmes-Llecha, 2000).

2.2.4.2. Producción de etileno: Se trata de una hormona vegetal gaseosa que regula y da inicio el proceso de maduración de distintas frutas. Durante la maduración, la fruta produce etileno, mismo que estimula la producción de enzimas mismas que se encargan de ablandar y descomponer compuestos como el almidón en azúcares simples y ácidos orgánicos. (Brezmes, 2000)

2.2.4.3. Hidrólisis del almidón: El almidón es un polímero de glucosa que se descompone en azúcares simples por la acción de dos enzimas, las amilasa y la glucosidasa. La hidrólisis del almidón en azúcares solubles es muy importante para el aumento del contenido de azúcar en la fruta durante la maduración, mejorando así su sabor.

2.2.4.4. Conversión de ácidos orgánicos: Durante el proceso de maduración, los ácidos orgánicos como el málico y el cítrico se convierten en azúcares y otros metabolitos, que también contribuyen a la dulzura (Brezmes, 2000).

Síntesis de Aromas y Volátiles: Durante el proceso de maduración se producen nuevos compuestos volátiles y aromas, dando como resultado los aromas y sabores característicos de la fruta madura. Estos compuestos varían ampliamente entre los diferentes tipos de frutas.

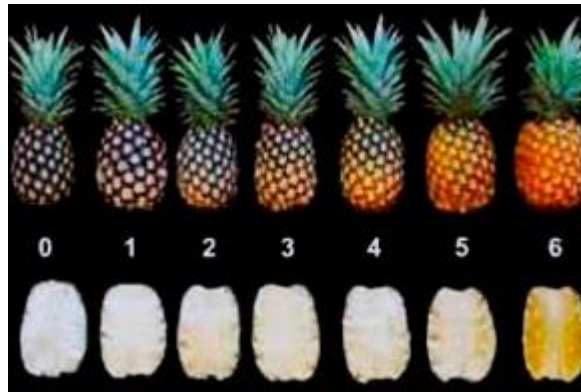


Figura 1. Fases de maduración de la piña.
Fuente: (Lizcano Jiménez ,2020).

2.2.4. Grados Brix

Los grados Brix son una medida del contenido de azúcar en una solución líquida, expresada como el porcentaje de azúcar por cada 100 gramos de solución. En el caso de las frutas, los grados Brix indican el nivel de dulzura y son un indicador importante de madurez y calidad.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de los grados Brix típicos en diferentes frutas:

- Manzana: 12-18 °Brix
- Plátano: 17-25 °Brix
- Naranja: 10-12 °Brix
- Uva: 15-18 °Brix
- Fresa: 7-9 °Brix
- Piña: 11-16 °Brix
- Sandía: 7-10 °Brix
- Mango: 14-22 °Brix
- Kiwi: 10-16 °Brix
- Pera: 12-14 °Brix

Los grados Brix se miden comúnmente con un refractómetro, un dispositivo que mide cómo la luz se refracta al pasar a través de una muestra líquida. Esta medida es crucial en la industria alimentaria para determinar el momento óptimo de cosecha y para la producción de productos como jugos, mermeladas y vinos (Kader, 2008).

2.2.5. Enzimas

Se trata de proteínas que tienen como principal función catalizar biológicamente a través de una serie de reacciones bioquímicas de alta velocidad. Todas las células, incluidos los microorganismos, producen enzimas que se metabolizan para producir reacciones químicas que mantienen vivas a las células (Baque, 2019).

Las enzimas habitualmente son el centro de todos los procesos químicos que se realizan en los organismos vivos. Generalmente secuenciales y catalizan una gran cantidad de procesos químicos en nuestros organismos, desnaturalizan proteínas y la convierten en energía. Los catalizadores son muy importantes en diferentes campos como la medicina, la industria de alimentos química y en la agricultura. En la industria de alimentos se emplea actualmente enzimas orientadas a la conservación de alimentos y sus componentes, para lograr un mejor uso de materias primas y una mejora en varias características organolépticas como olor, textura, sabor (Baque, 2019).

2.2.5.1. Clasificación de las enzimas

- Según su función: Las enzimas se pueden clasificar según las reacciones químicas que catalizan. Algunos ejemplos incluyen hidrolasas, que catalizan reacciones de hidrólisis, transferasas, que catalizan la transferencia de grupos químicos, e isomerasas, que catalizan la isomerización de moléculas.
- Según su estructura: Las enzimas se pueden clasificar en función de su estructura molecular. Algunos ejemplos incluyen celulasas, que tienen estructuras alargadas y se usan para formar estructuras biológicas como cabello y uñas, y enzimas esféricas, que tienen estructuras compactas y se usan para catalizar reacciones químicas.
- Según su especificidad: Las enzimas pueden ser clasificadas según su especificidad de sustrato. Algunos ejemplos incluyen enzimas estereoespecíficas, que se encargan de catalizar reacciones de moléculas determinadas con disposiciones espaciales específicas, y enzimas regioespecíficas, que catalizan reacciones de sitios específicos en moléculas.
- Según su modo de acción: Las enzimas se pueden clasificar según la condición de su acción al catalizar reacciones químicas. Algunos ejemplos incluyen enzimas alostéricas, que se unen a ligandos específicos para alterar su

actividad catalítica, y enzimas covalentes, que forman enlaces covalentes con sustratos durante la catálisis de una reacción. (Baque, 2019)

2.2.5.2. Estructura de las enzimas

Diferentes estudios hechos por Pareto (2007), han demostrado que las enzimas están formadas por un sustrato y un sitio activo. Hay varios sustratos que pueden ser únicos o trabajar en conjunto. Cada enzima interactúa con un sustrato específico o con un grupo de sustratos, lo que determina la función que la enzima llevará a cabo. Como se puede observar en la figura 2. El centro activo es donde sucede el contacto entre las enzimas y el sustrato; que juntamente con las propiedades ideales de una proteína, se da paso a la actividad enzimática a muy alta velocidad (Baque, 2019).

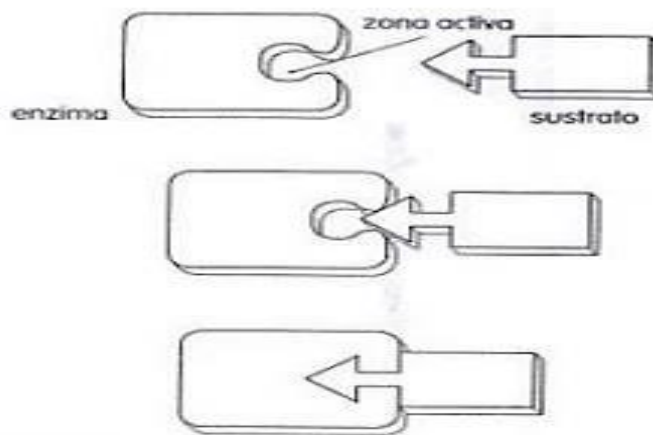


Figura 2. Estructura y funcionamiento de una enzima.
Fuente. (Pareto, 2007).

Las enzimas se dividen en dos partes, la principal con naturaleza proteica y la secundaria conocida como cofactor. La segunda mencionada tiene diferentes grados de unión con las apoenzimas, los cofactores primordiales son: vitaminas como la tiamina, niacina y riboflavina, los cationes como cobre, zinc, magnesio y cobalto, los aniones como cloruros y otros extractos orgánicos (Baque, 2019).

2.2.6.3. Propiedades de las enzimas

Las enzimas tienen varias propiedades importantes. Que son de suma importancia en reacciones químicas ya que aumentan la velocidad del proceso de gran manera. No causan efectos adversos al aumentar la velocidad, debido a que las reacciones químicas que producen son concretamente para un sustrato. Los procesos en los

cuales se ingiere alimentos, se contrae músculos o se envían señales nerviosas, necesitan de una fuente de energía, la misma que es adquirida por el proceso de catálisis que se da entre enzima sustrato realizado a una velocidad alta. (McKee y McKee, 2014). Para que una enzima lleve a cabo un proceso de catálisis se relaciona solo con sustratos que tienen tipologías en común y así se lograra una mayor efectividad de reacción química (Baque, 2019).

2.2.5.4. pH de las enzimas

El pH que hay en una enzima da una noción de que tan complicada es su estructura tridimensional y la afinidad que tendrá la enzima al elegir algún sustrato. Badui (2006) afirma que cada enzima tiene un nivel de pH óptimo para que funcionen correctamente y también tiene un pH en el que dejan de funcionar cuando alcanza un nivel muy alto, aunque hay algunas enzimas como la catalasa bovina que tiene un rango de pH óptima más extenso. Para que funcione debe tener un pH entre 3.0 y 7.0 (Baque, 2019).

El pH prescribe el nivel de carga que tendrán las proteínas, ya sea la carga positiva o negativa al alterar el pH también cambia su centro activo, por lo que se desnaturizara la proteína por lo tanto se inactivara. Lo que originara que la reacción sea lenta en el proceso químico retrasándolo más de lo normal. Cuando el pH de las enzimas es el indicado el proceso químico es más efectivo (Baque, 2019).

También hay que tener en cuenta otras cuantificaciones como la temperatura y el sustrato que si no son los indicados la capacidad de reacción química se reduce. Si el nivel de pH está muy alejado del óptimo la enzima entra en proceso de desnaturización irreversible. Si el nivel de pH vuelve a ser el indicado, la proteína tiende a recuperarse o Re naturalizarse (Badui, 2006).

Cuando el pH está cerca de su nivel óptimo se observa que la velocidad de reacción es alta, por lo que el proceso químico que realiza la enzima será más eficaz mientras que dichas condiciones se mantengan. Mientras más se aleje del nivel óptimo la proteína se desnaturizará y entrara en un proceso de inactivación irreversible (Tatiana et al., 2021).

2.2.5.5. Temperatura de las enzimas

En cualquier reacción química la velocidad de las reacciones enzimáticas suele tener una correlación con la temperatura para que la misma sea eficiente. A una

temperatura óptima las reacciones químicas se dan de una manera debida, si el nivel es superado la enzima tiende a desnaturalizarse por lo perdería su eficacia (Baque, 2019).

La actividad enzimática generalmente se ve afectada por la temperatura, ya que las enzimas tienen una temperatura óptima en la que su actividad es mayor. Por encima o por debajo de esta temperatura óptima, la actividad enzimática disminuye. A bajas temperaturas, las reacciones enzimáticas se ralentizan debido a una depreciación de la energía cinética molecular, lo que reduce la posibilidad de que las moléculas de sustrato y enzima colisionen entre sí. A medida que la temperatura aumenta, se extiende la actividad enzimática debido al aumento de la energía cinética molecular, lo que amplifica la probabilidad de que el sustrato colisione con la molécula de enzima y por ende se forme un complejo enzima-sustrato (Baque, 2019).

Sin embargo, a una temperatura muy alta, la actividad enzimática disminuye debido a la desnaturalización de la proteína. Esto ocurre cuando una enzima se expone a temperaturas muy altas y la estructura tridimensional de la proteína se vuelve endeble, lo que hace que la enzima pierda su actividad catalítica. Cada enzima tiene una temperatura óptima diferente, así como la temperatura más alta a la que una enzima puede funcionar sin desnaturalizarse (Baque, 2019).

Resumiendo, la temperatura tiene un efecto importante sobre la actividad enzimática. A bajas temperaturas, la actividad enzimática se reduce, mientras que, a temperaturas más altas, la actividad enzimática tiende a incrementar hasta alcanzar un máximo. Sin embargo, a una temperatura demasiado alta, la actividad enzimática disminuye debido a la desnaturalización de la proteína. Hay que tener muy en cuenta dichos efectos de la temperatura en la actividad enzimática para que de esta manera se puede mejorar las condiciones de reacción en procesos biotecnológicos y en la investigación científica (Baque, 2019).

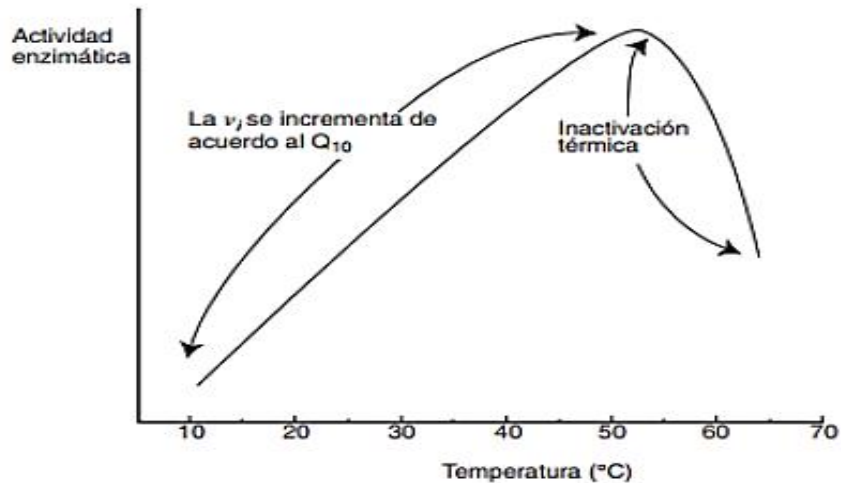


Figura 3. Efecto de la temperatura en la actividad enzimática.
Fuente. (Badui, 2006).

En la figura 3 se puede observar de manera clara como disminuye la actividad enzimática conforme aumenta el nivel de temperatura. En este proceso hay que tener en cuenta que la enzima entra en un lapso de inactivación y desnaturalización por las altas temperaturas.

2.2.5.6. Actividad enzimática de la bromelina

La piña es una fruta tropical perteneciente a la familia de las bromelias. Contiene una enzima llamada bromelina, que facilita la hidrólisis de enlaces peptídicos gracias a su centro activo y su mecanismo de acción. La bromelina es una proteasa ácida con una notable actividad proteolítica en un rango de pH de 3 a 8. Estas enzimas se utilizan como ablandadores de carne, suplementos alimenticios y en la industria farmacéutica para mejorar la absorción de medicamentos (Calero Yáñez, 2006).

La bromelina es una glicoproteína usada principalmente para ablandar carnes, aunque también se aplica para hidrolizar proteínas solubles en la cerveza, en la industria panificadora y también en la vinícola. Puede provenir del tallo o del fruto, puede ser afectada por varios factores, mencionan que son las siguientes; La concentración de la enzima, concentración del sustrato, el pH, la temperatura y la presencia de inhibidores (Baque, 2019).

Se estima que la cáscara de la piña representa el 19% de la fruta fresca. Este residuo está compuesto principalmente de lignina, celulosa y hemicelulosa, que son polímeros naturales presentes en los materiales vegetales. Además, contiene un alto

porcentaje de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y carbohidratos no fibrosos. (CNF) (Baque, 2019).

2.2.6. La carne

De acuerdo con el Código Alimentario español, la carne se define como la parte muscular comestible de los animales sacrificados y procesados en condiciones higiénicas. Esta definición abarca las partes habituales de grasa, hueso, cartílago, piel, tendones, aponeurosis, nervios, vasos linfáticos y sanguíneos, que acompañan al tejido muscular y no se separan de él durante la manipulación, preparación y transformación. (Horcada & Polvillo, 2010)

Básicamente, la carne está compuesta de las partes musculares de los animales sacrificados. Tras el sacrificio del animal, se produce una cadena de cambios en la parte muscular (compuesta esencialmente por fibras musculares, colágeno y grasa), que dan como resultado la transformación del músculo en carne. Hay una secuencia cronológica para estos cambios, comenzando primero con un período denominado como rigidez cadavérica o rigor mortis, que se caracteriza por contracciones musculares continuas. (Horcada & Polvillo, 2010)

2.2.7. Las carnes rojas

Las carnes rojas son las preferidas para el consumo humano ya que se comprendió que este tipo de carne brindaba un alto aporte nutricional. Varios estudios hechos por Meat Exported federation (2016), comprueban que los animales empezaron a ser domesticados por el hombre aproximadamente 9000 años antes de Cristo. El cerdo se domestico cerca de 7000 a.C. y la res 6550 a.C (Baque, 2019).

Las personas en la cultura occidental aún suelen considerar la carne como el plato principal, aunque la forma de consumirla ha evolucionado con el tiempo. Actualmente, la creciente preocupación por el contenido de grasa en los alimentos ha llevado a la industria cárnica a adaptarse. Hoy en día, se ofrecen productos cárnicos con un 27% menos de grasa en cortes magros en comparación con los que se vendían hace 20 años (Baque, 2019).

2.2.8. Bioquímica de la carne

La carne proviene del animal y está compuesta principalmente por proteínas, lípidos y agua. Los componentes químicos que la carne suele tener son los siguientes:

Proteína: La carne está compuesta por proteínas de una calidad alta. Mismas que puede proporcionarle al cuerpo aminoácidos esenciales. Entre las proteínas más conocidas están la miosina y la actina, mismas que son responsables de la contracción muscular. Durante el proceso de maduración de la carne, las proteínas son descompuestas en aminoácidos y péptidos más pequeños, lo que produce cambios en la textura y el sabor de la carne.

Lípidos: La carne contiene lípidos que aportan sabor y textura a la carne. La calidad de la carne y su vida útil pueden verse afectadas por los lípidos. La ranciedad y la disminución de la calidad de la carne son el resultado de la oxidación fácil de los ácidos grasos insaturados. La ternura y el sabor de la carne también están influenciados por los lípidos.

pH: El pH es un factor significativo en la bioquímica de la carne. Después del sacrificio, el pH de la carne se reduce debido a la acumulación de ácido láctico en el músculo. Por lo tanto, la calidad de la carne y su vida útil se ve afectada

Otros Componentes: La carne también contiene otros componentes bioquímicos como vitaminas y minerales. Son especialmente importantes la vitamina B12, el hierro y el zinc, que pueden ser deficientes en las dietas vegetarianas y veganas.

2.2.9. Características organolépticas

El color que la caracteriza se debe a la mioglobina, el principal tinte que se encarga de brindarle ese color rojo a la carne que proviene tanto del ganado bobino, como a la que proviene del ganado porcino, existen variables que pueden cambiar el color en menor cantidad las mismas que son; la hemoglobina y la vitamina B12. Su color está relacionado a los siguientes factores; edad, raza, tipo de músculo, género y alimentación. (Baquero, 2019)

Según investigaciones realizadas por Talavera y Pérez (2002), la carne de animales recién sacrificados no es apta para el consumo humano ya que es dura y resistente tampoco el sabor correcto, así que hay que tomar un tiempo para que el músculo pase por una serie de transformaciones químicas. En esa etapa, el músculo se convertirá en carne, mejorará su textura, aroma y sabor. (Talavera & Pérez, 2002)

2.2.10. Rigidez cadavérica

Cuando un animal es sacrificado se interrumpe la circulación sanguínea y del aporte de oxígeno al músculo. Es ahí cuando se produce ácido láctico que provoca un descenso de pH en la carne y una degradación de fosfatos. Una disminución de pH en la carne lo que provoca una degradación de fosfatos y al enfriarse también afecta al contenido de agua y la calidad de esta. El músculo del animal que es faenado tiende a ser blando, después del rigor mortis; donde se obtiene un músculo contraído y seco. La calidad del producto dependerá del nivel de rigor mortis, del estado nutricional del animal, el estrés al que haya sido sometido el animal antes de ser faenado y la temperatura de almacenamiento. En el ganado bovino el proceso de Rigor Mortis dura de 20 a 24 horas (Baque, 2019).

2.2.11. Maduración de la carne

Después de dos o tres días, la rigidez cadavérica comienza a disminuir y bajo ciertas condiciones químicas, se inicia la maduración de la carne, mejorando así su sabor y aroma. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, si el tiempo de maduración se prolonga demasiado, la carne comenzará a descomponerse y se echará a perder. La raza y la edad del animal son factores cruciales que influyen en la calidad, maduración, terneza y jugosidad de la carne (Baque, 2019).

2.2.12. Factores que afectan a la textura de la carne

Un inadecuado manejo de las carnes antes de que se inicien la rigidez cadavérica afecta de una manera irreversible a la textura. Entre las cuales hay cuatro condiciones que producen una textura inadecuada:

2.2.12.1. Concentración por descongelamiento: Esto sucede cuando se congela la carne antes del proceso de rigidez cadavérica; el contenido de ATP es alta y su degradación es demasiado rápida cuando se procede a descongelar; En ese momento la contracción se da de manera severa y eso se debe principalmente a un rompimiento de la bomba de calcio en el retículo sarcoplásmico, por las condiciones de frío extremo (Hui et al., 2013).

Es un proceso donde el agua de las células de la carne se congela y luego se descongelan, esto provoca que parte del agua se concentre en ciertas áreas de la carne, por lo que la textura y calidad de la carne puede verse afectada.

2.2.12.2. Contracción por frío: La contracción en frío es similar a la contracción por descongelación, aunque no tan grave. Ocurre cuando los cuerpos recién eviscerados se refrigeran y la temperatura es de 4-6°C. Tanto el encogimiento en frío y calor como la descongelación son procesos irreversibles que repercuten en pérdidas grandes debido al endurecimiento excesivo del músculo (Hui et al., 2013).

La contracción es un fenómeno que ocurre cuando la carne se enfría durante el almacenamiento o la cocción. Durante este proceso, las fibras musculares de la carne se contraen, lo que afecta la textura y calidad de la carne.

La contracción puede ser causada por una variedad de factores, como el contenido de humedad en la carne, la temperatura de enfriamiento y la velocidad de enfriamiento. El encogimiento hace que la carne sea dura y jugosa, lo que afecta su sabor y apariencia (Hui, y otros, 2012).

Para minimizar la contracción de la carne, es importante controlar las temperaturas de almacenamiento y refrigeración. Se recomienda enfriar la carne a una temperatura cercana a los 0°C lo antes posible para minimizar el encogimiento. También es importante no congelar y descongelar la carne repetidamente, ya que esto aumenta la pérdida de humedad y exagera el encogimiento (Hui, y otros, 2012).

2.2.12.3. La condición pálida, suave, exudativa (PSE): Esto sucede cuando el animal es estresado durante la matanza; el pH decae de manera rápida hasta 5.5 cuando la carne se encuentra aún caliente (por encima de los 30°C). Debido a estos cambios se da la precipitación de las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares, también se pierde mucha agua (Hui et al., 2013).

Se caracteriza por que la carne tiene un color pálido, una textura suave y húmeda y una mayor pérdida de agua durante la cocción, esto puede afectar de manera negativa la apariencia, sabor y textura de la carne por lo que a su vez puede disminuir su valor comercial.

2.2.12.4. La condición de corte oscuro (DFD): Se da cuando el animal es estresado antes del proceso de matanza, agotando así el glucógeno y produciendo un pH final por encima de 6,0; las proteínas se colocan fuera del punto isoeléctrico y absorben elevadas cantidades de agua por lo que tiende a tener una apariencia seca. La luz refleja poco, por lo que el color de la carne tiende a ser rojo oscuro; y se endurece por la turgencia que adquieren las fibras musculares (Hui et al., 2013).

Se trata de un trastorno que afecta la calidad de la carne. La carne DFD tiene como característica un color oscuro, textura firme y seca, y una menor capacidad de retener el agua durante la cocción. Esto puede afectar de manera negativa la apariencia, el sabor y la textura de la carne, lo que a su vez puede disminuir su valor comercial. La DFD es causada por una combinación de factores que incluyen el estrés previo al sacrificio, la nutrición y la genética animal. La DFD se observa con mayor frecuencia en la carne de animales que han experimentado altos niveles de estrés antes del sacrificio, como el transporte o la manipulación brusca (K, Zhao, Goonewardene, & Aalhus, 2019).

2.2.13. Qué es un ablandador

La forma en que funciona un ablandador de carne depende de si es un ablandador enzimático o una herramienta manual. El primero se encarga de romper los enlaces entre las células de un trozo de carne a nivel químico, mientras que el segundo usa la fuerza para romper dichos enlaces. Existen otras sustancias que pueden ser usadas como ablandadores de carne, como la cerveza, el jengibre y el vinagre, que funcionan al romper los enlaces celulares. Cualquier tipo de carne puede ser ablandado, pero hay que tener en cuenta que los cortes más duros como la pechuga, la pechuga de cordero y el filete tienden a funcionar mejor ya que se descomponen más. (*¿Cómo funcionan los ablandadores de carne?* - Spiegato, 2021)

2.2.14. Tipos de ablandadores

- Ablandadores mecánicos: Estos ablandadores usan rodillos o cuchillas para que las fibras musculares de la carne se rompan y así reducir su dureza. Este tipo de ablandadores es utilizado mayormente en la industria cárnica para obtener una carne más tierna y fácil de masticar.
- Ablandadores químicos: Estos ablandadores utilizan enzimas naturales como la bromelina (proveniente de la piña) o la papaína (proveniente de la papaya) para romper las fibras musculares de la carne. Este tipo de ablandadores pueden ser usados como marinados para la carne y su uso tiende a enternecer la carne.
- Ablandadores por presión: En este caso los ablandadores utilizan una técnica que se conoce como "jaccard" en la cual se realizan pequeñas perforaciones en la carne. Este proceso reduce la resistencia de las fibras musculares y ayuda a suavizar la carne.

- Ablandadores eléctricos: Estos ablandadores hacen uso de una corriente eléctrica para romper las fibras musculares de las carnes, este procedimiento se encarga tiene como producto una carne más blanda y con un sabor más suave. (Baque, 2019)

2.2.15. Ablandadores de carne usando enzimas

Los ablandadores de carne enzimáticos están compuestos de enzimas proteolíticas llamadas proteasas, mismas que se encargan de romper los enlaces peptídicos entre los aminoácidos en proteínas complejas. Esto hace que la carne tienda a ser más suave ya que uno de los componentes principales que mantiene la carne unida es el complejo de colágeno. Los suavizantes enzimáticos más habituales son la bromelina, que se obtiene a partir de la piña, la papaína, que se consigue a partir de la papaya, la actinidina, que se obtiene a partir del kiwi, y la ficina, que se obtienen a partir del higo. Que, al espolvorearlos sobre carne cruda, se vuelve tierna en minutos, pero puede volverse blanda si se deja por mucho tiempo. Se pueden utilizar en adobos o solos

2.2.16. Medición de color en alimentos

Esta medición es de importancia mayor en la ciencia de los alimentos, debido a que puede reemplazar análisis químicos cuando hay correlación entre el componente coloreado y el químico en el alimento. Esto se da ya que medir el color resulta más simple y rápido. Por ejemplo, el contenido de carotenoides en la calabaza puede ser determinado mediante mediciones de color, debido a la correlación entre carotenoides y el color (Chamorro, 2014).

- Percepción del color: Las células cónicas de la retina se encargan de percibir el color correspondiendo a longitudes de onda que específicas (445, 535 y 570 nm). La luz de diferentes longitudes de onda es percibida como colores distintos.
- Medición física de color: El color de un objeto se mide en curvas espectrofotométricas, que representan la luz reflejada o transmitida en función de la longitud de onda del espectro visible.

Para que el color este presente, se necesitan tres elementos: un objeto, una fuente de luz o iluminante y un observador (Chamorro, 2014).

2.2.17. Iluminante

Las fuentes de luz, o iluminantes, se usan para ver objetos. Un iluminante es una descripción matemática de una fuente de luz. En 1931, la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) recomendó tres fuentes de luz reproducibles en laboratorio:

- Iluminante A: Luz de lámpara incandescente.
- Iluminante B: Luz del sol.
- Iluminante C: Promedio de la luz del día.

En 1966, la CIE recomendó una serie de iluminantes D para representar la luz del día, siendo el D65 uno de los más utilizados en aplicaciones prácticas.

2.2.17.1. Objeto

Según Chamorro (2014) las radiaciones de iluminación son modificadas por el objeto a través de procesos físicos como transmisión, reflexión, absorción y dispersión. Estos procesos dependen de las características del material, como su forma, espesor y composición química.

2.2.17.2 Observador

Los detectores comunes de la luz y el color son el ojo, el sistema nervioso y el cerebro. El ojo enfoca la imagen del objeto en la retina, y la sensibilidad del ojo cambia según el ángulo de observación. Por esto, la CIE estableció en 1931 un observador a 2° y en 1961 definió un observador a 10° (Chamorro, 2014).

2.2.17.3 Sistemas de ordenación del color

Se trata de disposiciones tridimensionales de color de acuerdo con la apariencia. Cada color tiene una notación al relacionarlo con su posición en el dispositivo.

2.2.17.4 Sistema de color Munsell

En el sistema de color Munsell, se pueden describir miles de colores utilizando el tono (hue), valor (luminosidad) y croma (saturación). El tono distingue un color de otro y se define en el árbol de color Munsell en una circunferencia con cinco tonos principales (R: rojo, Y: amarillo, G: verde, B: azul, P: púrpura) y cinco intermedios (YR: amarillo-rojo, GY: verde-amarillo, BG: azul-verde, PB: púrpura-azul, RP: rojo-púrpura). Cada tono se mide en una escala de 1 a 10. El valor, según Munsell, es la calidad que diferencia los colores claros de los oscuros, y se refiere al nivel de gris del color, desde el blanco hasta el negro (Chamorro, 2014).

2.2.17.5 Coordenadas CIELAB

Se trata de una herramienta fundamental para describir los colores de una manera precisa y objetiva. Este sistema fue desarrollado por la (CIE) Comisión Internacional de Iluminación en el año 1976 y se ha convertido en un estándar en diversas industrias que requieren una representación de color.

El espacio de color CIELAB se basa fundamentalmente en las siguientes coordenadas:

L*: Esta coordenada representa la luminosidad del color, es decir, que tan claro u oscuro es el mismo. Los valores de L* van desde 0 correspondiente a negro absoluto, hasta 100, que representa blanco absoluto. Esta escala permite realizar la medición de la cantidad de luz que un color refleja o emite.

a*: Esta coordenada representa o indica la posición del color en el eje rojo-verde. Los valores positivos de a* indican que existe una mayor presencia de rojo mientras que los valores negativos indican una mayor presencia de verde. Este eje permite diferenciar entre colores cálidos y fríos.

b*: La coordenada b* indica la posición del color en el eje amarillo-azul. Los valores positivos de b* indican una presencia mayor de amarillo, mientras que los valores negativos indican una mayor presencia de azul. Este complementa al otro permitiendo así una descripción completa del color en términos de su componente amarillo-azul.

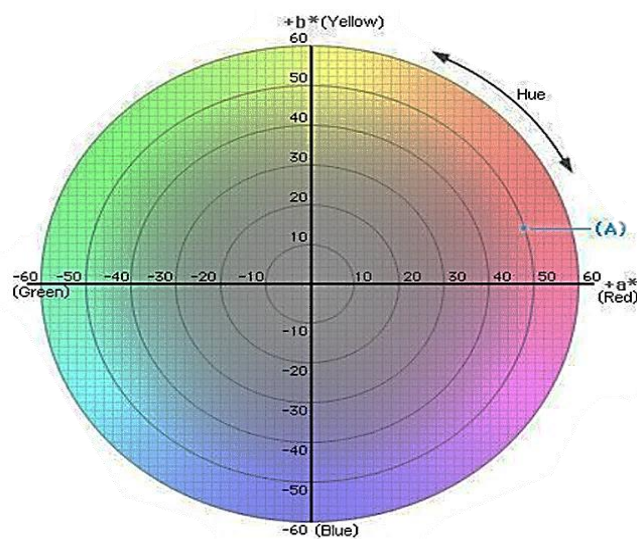


Figura 4 .Escala de color CIELAB.
Fuente. (Lourenço, 2004).

2.2.18 Análisis de textura de la carne

El análisis de textura de carne es una técnica que nos ayuda a entender cómo se siente la carne cuando la mordemos o la masticamos. Utilizamos instrumentos especiales para medir cosas como la dureza, la elasticidad y la facilidad con la que se deshace en la boca. A diferencia de las pruebas que dependen del gusto de las personas, estos instrumentos nos dan resultados precisos y objetivos (Baque, 2019).

2.2.19.1 Importancia del análisis de textura

El análisis de textura es crucial para la industria cárnica porque proporciona información objetiva sobre la calidad de la carne, que es fundamental para satisfacer las expectativas de los consumidores. Además, permite a los productores y procesadores de carne optimizar sus métodos de producción y procesamiento para mejorar la calidad del producto final (Subiabre & Morales, 2023).

2.2.19.2 Parámetros que pueden ser medidos en un análisis de textura de carne

Fuerza de Corte:

- Descripción: Mide la fuerza necesaria para cortar la carne.
- Importancia: Es un indicador directo de la ternura de la carne. Una menor fuerza de corte indica una carne más tierna (Subiabre & Morales, 2023).

Dureza:

- Descripción: Es la fuerza máxima registrada durante la primera compresión de la muestra.
- Importancia: Refleja la resistencia inicial de la carne a la deformación, relacionada con la percepción de firmeza (Braña Varela et al., 2011).

Elasticidad:

- Descripción: Mide la capacidad de la carne para recuperar su forma después de ser comprimida.
- Importancia: Indica la frescura y la estructura del tejido muscular (Braña Varela et al., 2011).

Masticabilidad:

- Descripción: Es una combinación de dureza, elasticidad y cohesividad, y mide la energía necesaria para masticar la carne hasta un estado listo para tragar.

- **Importancia:** Relacionada con la facilidad de masticación y la experiencia sensorial del consumidor (Braña Varela et al., 2011).

Cohesividad:

- **Descripción:** Mide el grado en que la carne puede ser deformada antes de romperse.
- **Importancia:** Indica la integridad estructural de la carne y su capacidad para mantener su forma (Braña Varela et al., 2011).

Importancia del análisis de textura en la ingeniería de Alimentos

- **Calidad del Producto:** La textura es crucial para la calidad de la carne. Si la textura es la correcta, es más probable que a los consumidores les guste el producto.
- **Desarrollo de Nuevos Productos:** Ayuda a los ingenieros a crear productos con texturas específicas que los consumidores prefieren.
- **Control de Procesos:** Permite ajustar los procesos de producción para asegurar que cada lote de producto tenga la misma calidad.
- **Innovación:** En un mercado competitivo, una textura única puede hacer que un producto se destaque.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Este trabajo de investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, ya que incluye variables definidas que pueden evaluarse mediante la recopilación de datos obtenidos experimentalmente a través de mediciones numéricas. Se consideraron varios factores de estudio que se analizaron en el producto, mostrando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Esto permitió realizar un análisis estadístico cuyos resultados contribuirán a la ciencia para futuras investigaciones.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental, en la cual se aplicaron diferentes tratamientos evaluando las cantidades y el color de la cáscara utilizada. Esto permitió establecer los parámetros óptimos para la elaboración del producto. Los resultados fueron precisos y confiables sobre los diversos factores de estudio que se evaluaron en el ablandador, considerando los métodos y datos aplicados que determinaron el mejor tratamiento. Estos se basaron en los requisitos óptimos establecidos por la norma NTE INEN-CODEX 192: 2016 para aditivos alimentarios, con el objetivo de promover la viabilidad del producto.

3.2. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

Hipótesis alternativa (Ha): El grado de maduración de la cáscara de piña influye en las características de textura y físicas de diferentes cortes de carne de res.

Hipótesis Nula (Ho): El grado de maduración de la cáscara de piña no influyen en las características de textura y físicas de diferentes cortes de carne de res

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 2. Operacionalización de variables Piña (Enzima).

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independiente				
Estado de madurez	amarillo-maduro y verde-inmadura	Color Acidez Grados Brix	(Franco Castillo, 2017)	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1836: 2016
Dependiente				
Enzima				
Actividad enzimática	Tiempo que tarda en formarse el coágulo	UPE (Unidades de potencia de coagulación de leche por gramos de enzima seca)	Método del Balls Hoover	Ecuación

Tabla 3. Operacionalización de variables carne y enzima.

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independiente				
Cortes de la carne de Res	Cortes (Pecho-Pierna) 150g	Cortes de carne 150 g ± (Pecho-Pierna)	Chaurasiya, et al., 2013)	Tesis de grado
Bromelina	Gramos	(1, 1.5, 2)	(Baque, 2019)	Tesis de grado
Dependiente				
Enzima				
Evaluación Físico-Química	Calidad Físico -Química	% Proteína Color Olor	Kjeldahl	INEN 519
Evaluación sensorial	Calidad sensorial	Sabor Textura Aceptación global	Prueba hedónica	ISO 5495:2016
Cortes de la carne de Res				
Físico	Textura	Firmeza Elasticidad Cohesividad Masticabilidad	Texturómetro	NTE INEN 1338

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

En la presente investigación se usará el método experimental a través de múltiples ensayos variando la cantidad de bromelina en distintos cortes de carne con una temperatura y tiempo constantes con lo cual se definirá los tratamientos óptimos para tener las variables necesarias al extraer la bromelina como ablandador de carne.

3.4.1. Estado de madurez y color de la cáscara

Color: Para determinar el color de la cáscara se utilizará un colorímetro manual REDISLAB, un dispositivo que mide el color de los alimentos. Los resultados se representarán en el espacio de color CIELAB (Lab*), una norma internacional para la medición del color. En esta escala, L* indica la luminosidad de la muestra, a* muestra la variación entre verde y rojo, y b* refleja la variación entre azul y amarillo. (Goñi & Salvadori, 2015)

Estado de madurez: Para la determinación del estado de madurez de la cáscara se realizó una extracción de muestras (jugo de la cáscara de piña), para después proceder a hacer una medición de grados °Brix tomando en cuenta la norma NTE INEN 1836: 2016 misma que instauro el contenido de sólidos solubles que debe tener un jugo de frutas.

3.4.2. Descripción del proceso de extracción y purificación de la bromelina.

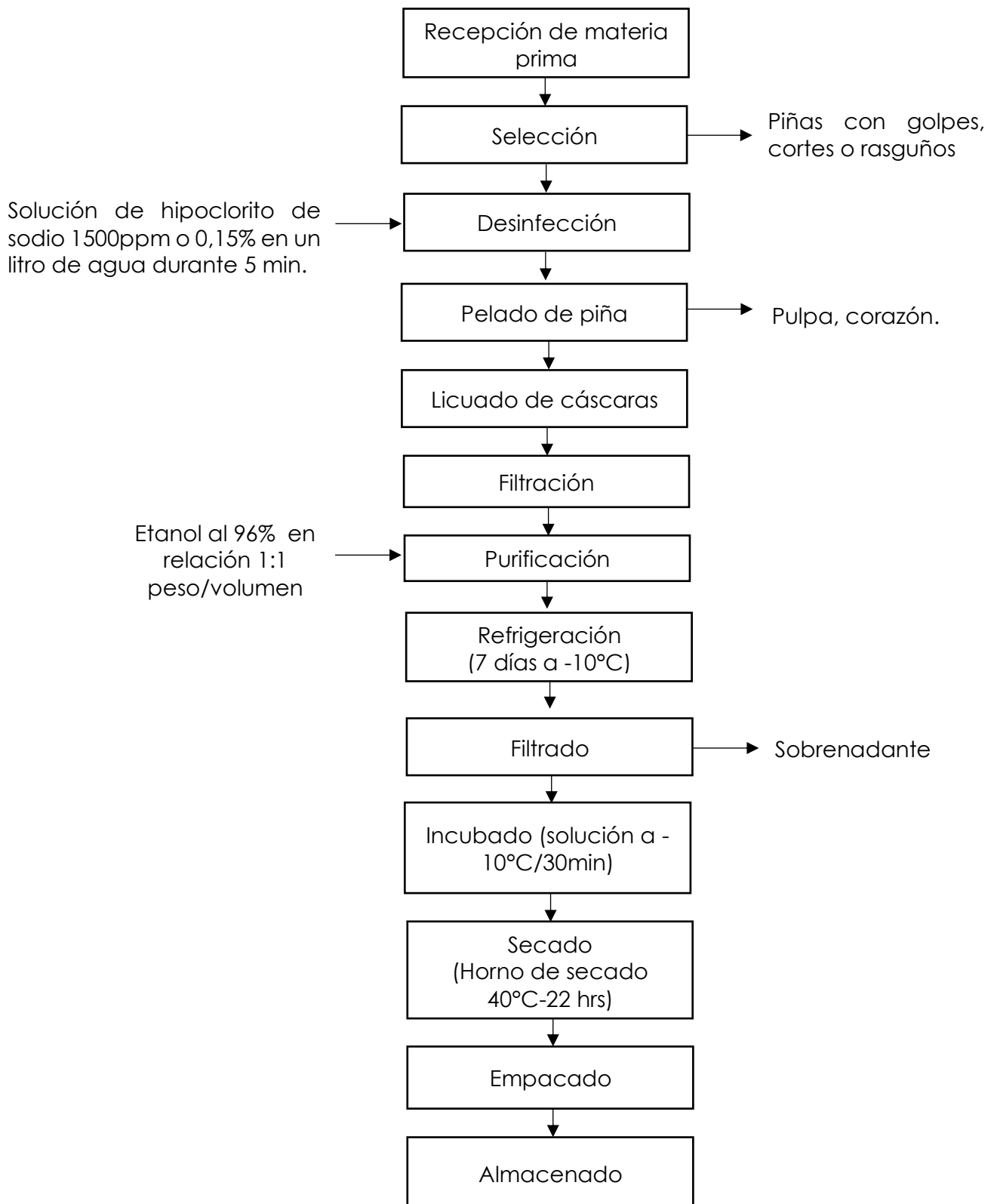


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de extracción y purificación de la bromelina.

3.4.3. Proceso de Extracción de la Bromelina

La extracción se la pretende llevar a cabo según el protocolo de Chaurasiya, et al., (2013), donde se licua la cáscara de la piña y se filtra para posteriormente realizar el proceso de purificación.

3.4.4. Purificación de la Bromelina

Se purificó la bromelina de acuerdo con el procedimiento de (S. Ota, et. Al., 1964), donde se mezcló el extracto crudo. Con etanol al 96%, se agitó e incubó la solución a -10 °C durante 30 minutos, después de esto se eliminó el sobrenadante y el pellet se secó en un Horno de secado durante 22 h aproximadamente a 40°C.

3.4.5. Determinación de Proteína Aplicando el Método Kjeldahl

El método consta de las siguientes etapas:

Preparación de la Muestra

Se pesó entre 1 y 2 gramos de la muestra. Cuando la muestra no tiene un contenido alto de nitrógeno se debe tomar suficiente muestra para que contenga como mínimo 5mg de nitrógeno.

Digestión

En el tubo de digestión se añadió 20mL

de H₂SO₄ 96-98% y dos pastillas de digestión como catalizador, se programó el equipo para comenzar la digestión, después se pasó al proceso de destilación. Valoración y Cálculo, la valoración del destilado se lo hace con HCl hasta que la solución cambie de color de verde a violeta. El cálculo deberá hacerse basado en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{C (HCl) \times V(HCl) \times Peq (N)}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

$C (HCl)$ = Concentración del Ácido Clorhídrico en la titulación.

$V (HCl)$ = Volumen de Ácido Clorhídrico gastado en la titulación, este valor debe estar en litros.

$Peq (N)$ = Peso equivalente de Nitrógeno es 14.

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrogeno} \times Fc$$

En donde:

Fe= Es una constante que deberá buscarse en tablas.

3.4.6. Determinación de la actividad enzimática

La actividad enzimática se efectuó con la técnica de coagulación de la leche propuesto por Tovar, et. al (2018), donde se hace una medición de la potencia de una enzima para romper la proteína de un sustrato en este caso de la leche en el cual se desarrolla con los siguientes pasos:

Se realizó una solución de bromelina 1g de enzima en 10ml de ácido acético al 0,01% luego se colocó 10mg de la solución en un tubo de ensayo, esta se mezcló con una solución de 10ml de leche (2,4 g de leche en polvo en 100g de agua) que fue calentada en un baño maría a 45°C. Posteriormente se agitaron el tubo hasta el primer signo de coagulación. El tiempo que tardó en formarse el coágulo se empleó para tener una estimación de la actividad enzimática, que se debe expresar en Unidades de Potencia de Leche:

Ecuación. Cálculo de actividad enzimática

$$U_{pe} = \frac{1000}{E * t}$$

Donde:

E: Miligramos de bromelina que se utilizaron para precipitar 10 ml del sustrato en el tiempo (min).

t: Tiempo que se tardó en precipitar 10ml del sustrato en minutos.

3.4.7. Análisis de textura

El análisis de textura se lo realizó haciendo uso de un texturómetro de carne de la Universidad Politécnica Nacional mismo que consiste en medir las propiedades mecánicas y sensoriales de la carne, como la dureza, elasticidad y masticabilidad. El texturómetro aplica fuerzas controladas a la muestra de carne y mide su resistencia al corte o a la compresión.

Procedimiento para Establecer los Parámetros Físicos y Químicos del Ablandador de Carne de Res.

3.4.8. Determinación del pH - Método Potenciómetro

En un vaso de precipitación de 50mL, se colocará 1g de la muestra de enzima y se añadió 1° mL de agua destilada para posteriormente medir el pH y registrar el resultado.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico que se utilizará para la realización de la investigación es un diseño factorial con Tres factores a*b*c, para lo cual se tendrá 6 tratamientos con tres repeticiones por lo que se tendría un total de 12 unidades experimentales.

La tabla N°4 describe las distintas formulaciones que se van a realizar después de extraer la enzima.

Tabla 4. Formulaciones.

Tratamientos		
Factor A (Estado de madurez)	Factor B (gramos Bromelina)	Factor C (Cortes de carne de res)
A1	B1	C1
A1	B1	C2
A1	B2	C1
A1	B2	C2
A1	B3	C1
A1	B3	C2
A2	B1	C1
A2	B1	C2
A2	B2	C1
A2	B2	C2
A2	B3	C1
A2	B3	C2

Nota: Factor A Estado de madurez (A1 Verde, A2 Amarilla), Factor B gramos Bromelina (B1-1, B2-1,5, B3-2 g), Factor C Cortes de carne de res (C1Pecho- C2 Pierna).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Enzima bromelina

Los resultados que se presentaran a continuación son referentes a la enzima bromelina extraída en dos diferentes estados de madurez de la piña donde para diferenciar cada estado de madurez se etiqueta teniendo la referencia de la figura 1 tomada de *Lizcano Jiménez, 2020* donde se etiqueta a cada fase de madurez de la piña con un número diferente, tomando en cuenta que 0 es la piña inmadura o verde y 6 es la piña en estado madura o amarilla.

4.1.1.1. Determinación de color

En la figura 6 se indican los resultados en cuanto a la clasificación visual, de acuerdo con el estado de madurez de la piña, observando la diferencia de color entre los dos estados de madurez.



Figura 6 .Clasificación visual, seleccionada según el color de la piña, estado verde, estado amarillo.

Tabla 5. Resultados de color en la Piña con el uso del colorímetro.

Estado madurez	L*	a*	b*	P-Valor
Verde	19,6 ± 0,2	-4,35 ± 0,4	17,99 ± 0,4	0,0001
Amarillo	34,97 ± 0,4	10,63 ± 0,5	38,7 ± 0,6	

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la prueba comparativa de los parámetros L (luminosidad), a^* (coordenadas rojo/verde) y b^* (coordenadas amarillo/azul), obtenidos de los frutos de la piña en dos estados de maduración utilizando un colorímetro. Los resultados indican diferencias significativas entre los dos estados, con la menor luminosidad en el estado verde (0 % maduro) y la mayor luminosidad en el estado amarillo (90% maduro). Con los valores medios de a^* y b^* , es posible ubicar cada estado de la piña en la posición del color al que corresponda, haciendo uso del diagrama de color y las coordenadas CIELab, como se observa en la figura 7, donde varía de verde a amarillo.

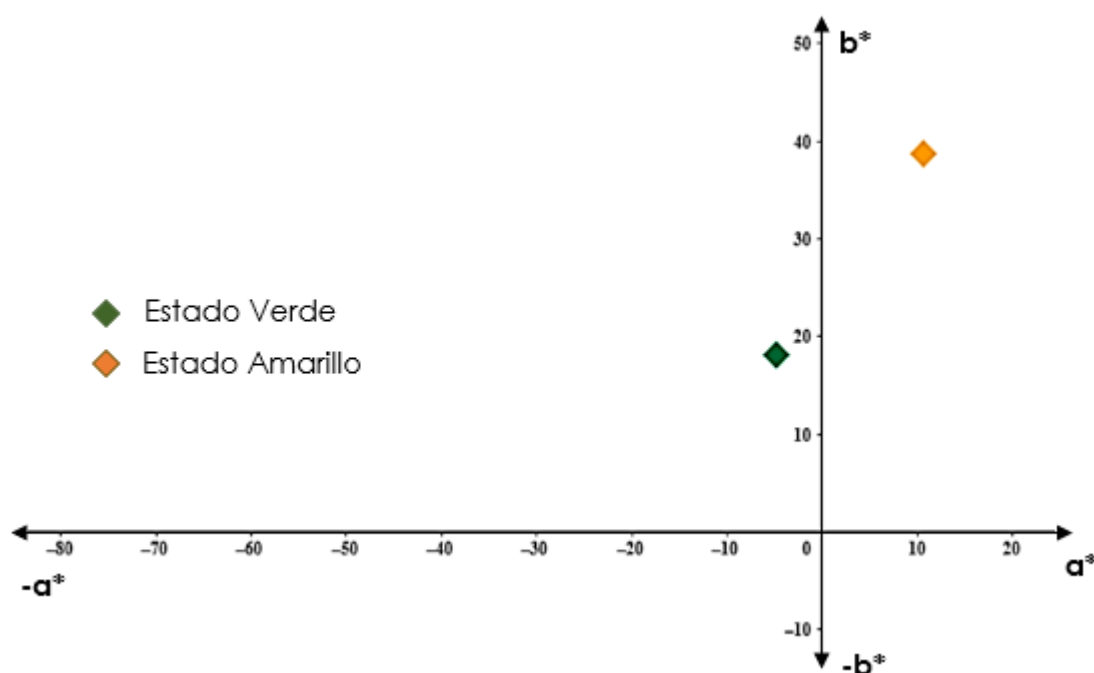


Figura 7. Ubicación de los valores medios de a^* y b^* en el plano.

Los componentes a^* , b^* y c^* presentaron variaciones importantes, atribuyendo que los frutos cambiaron de color verde a amarillo.

Tabla 6. Valores medios de C^* , h^* y IC^* de los dos estados de maduración de la piña.

Estado de madurez	Pureza (C^*)	Tono (h^*)	Índice color (IC)
Verde	$18,46 \pm 0,19$	$0,25 \pm 0,14$	$7,74 \pm 0,1$
Amarillo	$40,23 \pm 0,1$	$0,30 \pm 0,1$	$19,4 \pm 0,10$
P-Valor	$<0,0001$	$0,0002$	$<0,0001$

En la Tabla 6 se presentan los datos de chroma, tonalidad e índice de color, obtenidos mediante las ecuaciones 1, 2 y 3. Posteriormente, se aplicó una prueba LSD Fisher con

un 95% de confianza, la cual reveló cambios significativos en la pureza entre los diferentes estados de maduración. Estos cambios se deben a la transición del color verde al amarillo. El estado uno, con un 19,4%, mostró el índice de color más alto. Estadísticamente, existen diferencias significativas entre los dos estados de maduración de la piña.

4.1.1.2. Actividad enzimática

Se utilizaron métodos de actividad enzimática basados en el método de Halls y Hoover, que mide la capacidad de una enzima para desnaturalizar la proteína caseína presente en la leche. La unidad de medida empleada es la unidad de potencia enzimática (UPE). Los resultados mostraron un p-valor de <0,0001, indicando una diferencia significativa en este parámetro entre los dos estados de madurez.

Tabla 7. Actividad enzimática de la enzima bromelina extraída de la piña.

Estado de madurez	Actividad enzimática (UPE)	N	E. E	Rango
Verde	223,51 ± 0,32	3	0,18	A
Amarillo	212,65 ± 0,29	3	0,18	B

La Tabla 7 muestra una comparación de la actividad enzimática de la bromelina extraída de la piña en dos estados de madurez, utilizando el método de Halls y Hoover. Este método mide el tiempo que tarda la enzima en desnaturalizar la proteína de la leche. Se identificaron dos rangos: el estado verde y el estado amarillo. Los resultados indican que el estado Verde presenta una mayor actividad enzimática en comparación con el estado amarillo. Esto se debe a que, en el estado verde, la piña tiene un menor desarrollo y, por lo tanto, una mayor cantidad de bromelina.

4.1.1.3. Análisis fisicoquímicos

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos a la enzima extraída de la piña en dos estados de maduración.

4.1.1.4. pH

Se llevó a cabo un análisis de pH en la piña en dos estados de madurez, siguiendo el método descrito en la norma INEN 526 y utilizando un potenciómetro. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 8. Para esta cuantificación, se aplicó la prueba LSD Fisher, que arrojó un p-valor de <0,0001, indicando diferencias significativas entre los dos estados de madurez.

Tabla 8. Análisis de varianza con el 95% de confianza del parámetro pH.

Estado madurez	pH	N	E.E.	Rango
Verde	3,64 ± 0,1	3	0,03	A
Amarillo	3,76 ± 0,01	3	0,03	B

En la prueba LSD Fisher se muestran los resultados de la prueba Fisher con relación al pH donde se evidencia distintos rangos (A y B), el primero indica el parámetro verde y la segunda el parámetro amarillo, por lo que se puede demostrar que son diferentes.

4.1.1.5. Sólidos solubles

El análisis de sólidos solubles en la piña se realizó siguiendo la norma INEN 380, utilizando un refractómetro con un rango de 0 a 32°. Los resultados, que se presentan en la Tabla 9, mostraron un p-valor de 0,0002, lo que indica diferencias significativas en los sólidos solubles entre los dos estados de madurez.

Tabla 9. Análisis de varianza con el 95% de confianza del parámetro sólidos solubles.

Estado madurez	Sólidos solubles	N	E.E.	Rango
Verde	11,03 ± 0,39	3	0,24	A
Amarilla	15,51 ± 0,45	3	0,24	B

4.1.1.5. Proteína

El análisis de proteína se llevó a cabo siguiendo la norma INEN 519, que se utiliza para determinar el contenido de proteína en harinas de origen vegetal. Los resultados mostraron diferencias significativas, con un p-valor de 0,0001.

Tabla 10. Análisis de varianza con el 95% de confianza del parámetro proteína.

Estado madurez	Proteína	N	E.E.	Rango
Verde	10,70 ± 0,1	3	0,05	A
Amarilla	9,53 ± 0,1	3	0,05	B

4.1.1.6. Evaluación sensorial

Se evaluaron los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad global de la carne después de aplicar un ablandador en amarillo tratamientos diferentes. Un total de 50 catadores no entrenados participaron en el proceso, generando 250 observaciones. Para el análisis, se tomaron 15 muestras homogéneas de carne de res, específicamente del pecho, cada una de 40 gramos. Las muestras se cortaron en porciones de 15 mm de altura y 25 mm de ancho.

Luego, se añadió bromelina extraída de la cáscara de la piña en cantidades de 1, 1.5 y 2 gramos, en dos estados de madurez diferentes: Verde (0%) y Amarillo (90%). Las muestras se refrigeraron a 4 °C durante 4 horas. Después de este periodo, se retiró

la bromelina y se condimentaron las muestras con ajo y cebolla para darles un sabor tradicional. Finalmente, los cortes se presentaron a los catadores tras ser cocinados mediante fritura a una temperatura promedio de 170 a 200 °C. Cabe destacar que el mejor tratamiento fue utilizado para realizar los análisis físicos y químicos en los dos estados de madurez de la enzima como (proteína y actividad enzimática) y también para los análisis de textura a la carne aplicada la enzima bromelina de la piña en estado verde y amarilla.

4.1.1.7. Análisis de Textura

Para este análisis se utilizó el TVT Texture Analyzer en la Escuela Politécnica nacional de Quito, para esto se enviaron 42 muestras con el mejor tratamiento después del análisis sensorial en estado Verde y amarillo en dos diferentes cortes de carne de res (Pecho y pierna) para lo cual se obtuvieron 4 tratamientos y se evaluaron los siguientes parámetros: firmeza, cohesividad, elasticidad, masticabilidad.

Firmeza

Los resultados obtenidos en cuanto al análisis de textura con el valor firmeza con el mejor tratamiento de enzima en distintos cortes de carne de res se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis de textura parámetro firmeza.

Tratamientos	Firmeza	N	E.E.	Rango
T1 (Carne con enzima verde, pecho))	3206,83 ± 0,26	6	0,08	A
T2 (Carne con enzima amarilla, pecho)	1277 ± 0,64	6	0,08	B
P-Valor				<0,0001
T3 (Carne con enzima verde, pierna)	1489,83 ± 0,13	6	0,5	A
T4 (Carne con enzima amarilla, pierna)	2048,5 ± 0,39	6	0,5	B
P-Valor				<0,0001

En la tabla 11 se evidencia dos rangos (A y B), indicando que, si existe diferencia significativa entre los diferentes estados de madures (Verde y Amarilla) y los distintos cortes de carne (Pecho y pierna) corroborando así que si hay una diferencia entre cada estado de madurez de la enzima aplicada en la carne de res.

Masticabilidad

Los resultados obtenidos en el análisis de textura con el evaluando el factor masticabilidad con el mejor tratamiento de enzima en distintos cortes de carne de res se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de textura parámetro masticabilidad.

Tratamientos	Masticabilidad	N	E.E.	Rango
T1 (Carne con enzima verde, pecho)	1835,18 ± 0,29	6	0,6	A
T2 (Carne con enzima amarilla, pecho)	768,05 ± 0,15	6	0,6	B
P-Valor				<0,0001
T3 (Carne con enzima verde, pierna)	656,46 ± 0,17	6	0,4	A
T4 (Carne con enzima amarilla, pierna)	1086,21 ± 0,18	6	0,4	B
P-Valor				<0,0001

En la tabla 12 se muestran dos grupos (A y B) demostrando que, si hay una diferencia significativa entre los distintos tratamientos utilizando dos cortes de res diferentes y dos estados de madures de la bromelina diferente, en el caso de la enzima aplicada en el pecho de la carne de res se observa que la enzima requiere menos trabajo que la carne con enzima verde y en el caso del corte de la pierna de res se observa que la enzima verde fue mejor para facilitar la masticabilidad de la carne.

Elasticidad

Los resultados logrados en el análisis de textura en cuanto a elasticidad con el mejor tratamiento de enzima en distintos cortes de carne de res se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Análisis de textura parámetro elasticidad.

Tratamientos	Elasticidad	N	E.E.	Rango
T1 (Carne con enzima verde, pecho)	0,69 ± 0,1	6	0,11	A
T2 (Carne con enzima amarilla, pecho)	0,7 ± 0,15	6	0,11	B
P-Valor				0,0002
T3 (Carne con enzima verde, pierna)	0,58 ± 0,18	6	0,9	A
T4 (Carne con enzima amarilla, pierna)	0,62 ± 0,14	6	0,9	B
P-Valor				<0,0001

En la tabla 13 se evidencia las medias pertenecientes a dos grupos (A y B), si hay una diferencia significativa entre los distintos tratamientos utilizando dos cortes de res diferentes y dos estados de madures de la bromelina diferente, en el caso de la enzima aplicada en el pecho de la carne de res en tratamiento con enzima en estado de madurez verde tardo menos tiempo en recuperarse de la compresión inicial y en el caso del corte de la pierna de res se observa que la enzima en estado verde tardo menos tiempo en recuperarse a la deformación inicial.

Cohesividad

Los resultados logrados en el análisis de textura en cuanto a cohesividad con el mejor tratamiento de enzima en distintos cortes de carne de res se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Análisis de textura parámetro cohesividad.

Tratamientos	Cohesividad	N	E.E.	Rango
T1 (Carne con enzima verde, pecho)	0,55 ± 0,1	6	0,18	A
T2 (Carne con enzima amarilla, pecho)	0,6 ± 0,33	6	0,18	B
P-Valor				0,0005
T3 (Carne con enzima verde, pierna)	0,43 ± 0,15	6	0,12	A
T4 (Carne con enzima amarilla, pierna)	0,52 ± 0,14	6	0,12	B
P-Valor				<0,0001

En la tabla 14 se evidencian dos diferentes grupos, demostrando que, si hay una diferencia significativa entre la enzima verde y amarilla aplicada a distintos cortes de carne de res, demostrando así que la carne con enzima verde necesita menos fuerza para que la carne pueda romperse.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Determinación de color

Los resultados obtenidos en cuanto a la determinación de color en dos diferentes estados de madurez de la piña se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados de la determinación de color en dos estados de maduración de la piña.

Estado madurez	L*	a*	b*
Verde	19,6 ± 0,2	-4,35 ± 0,4	17,99 ± 0,4
Amarilla	34,97 ± 0,4	10,63 ± 0,5	38,7 ± 0,6

La Tabla 15 muestra los resultados de L* (luminosidad), a* (coordenadas rojo/verde) y b* (coordenadas amarillo/azul), así como el índice de color en dos estados de maduración de la piña. Estos resultados difieren de los presentados por Morán (2020), quien evaluó las características de calidad de la piña en estados de madurez verde y amarilla. En su estudio, el valor promedio de L* para la piña amarilla fue de 53,2, con valores de a* y b* de 2,7 y 29,8 respectivamente. Para la piña verde, el valor de L* fue de 27,9, con un valor de a* de -2,2 y de b* de 21,10. Esto indica que, en este estudio, la piña presentó valores diferentes en comparación con el estudio de Morán.

En otro estudio publicado por (Rueda & Trinidad, 2020), en la evaluación de cada uno de los atributos de color, en el estado de madurez fisiológica (amarilla) también se obtuvieron valores diferentes en cuanto a Luminosidad L* y las coordenadas de cromaticidad (a* y b*) en cuanto a color L* fue 58 y respecto a las coordenadas de cromaticidad a* y b* fue de 3,2 y 30 respectivamente.

4.2.2. Actividad enzimática

Los datos de la actividad enzimática de la enzima bromelina extraída en dos estados de maduración de la piña se presentan en la tabla 16.

Tabla 16. Actividad enzimática en dos estados de maduración de la piña.

Estado de madurez	Actividad enzimática (UPE)
Verde	223,51 ± 0,32
Amarilla	212,65 ± 0,29

En la tabla número 16 se evidencia la actividad enzimática de la piña indicando que el estado de maduración Verde (Verde) presenta mayor actividad enzimática que el estado Uno (Amarillo), datos que difieren con los de (García-Hernández et al., 2023) pero esto es debido al tipo de metodología aplicada en cada uno de los estudios, ya que en cuanto a otro estudio utilizando la misma metodología (Método Halls y Haber) pero diferentes tipos de fruta como la de (Arellano, 2019) se obtuvieron resultados diferentes pero no tan distantes, donde se evaluó la actividad enzimática presente en el chilacúan como alternativa de cuajo vegetal donde se obtuvieron valores de 251 – 257 Upe y se puede decir que el método y los resultados se consideran confiables.

4.2.3. Características fisicoquímicas

Las características evaluadas en este periodo fueron las siguientes; pH, Sólidos solubles, y proteína.

En cuanto al pH se obtuvo un valor de 3,64 en el estado Verde y 3,76 en el estado uno según Yugcha et al. (2013), indica que usualmente el contenido de ácidos es ligeramente mayor en el estado de madurez inicial por esta razón se presentan los datos indicados anteriormente de pH, se encuentran en un rango permitido y óptimo para este tipo de enzima el cual va de 3 a 8 según (Gallardo et al., 2008) en este estudio se extrajo la bromelina a partir de los residuos de piña de diferentes partes del fruto. En cuanto al análisis de sólidos solubles se obtuvieron datos bastante parecidos a los del estudio de (Morán, 2020) donde se obtuvieron valores de entre 10,93 – 13,43, el valor que difiere altamente es el de la piña en estado maduro donde se obtuvieron datos mayores, debido a que en este estudio solo se tomaron datos en un estado de madurez de la piña.

En la evaluación de proteína se obtuvieron datos diferentes a la investigación presentada por (Chaurasiya & Hebbar, 2013) ya que en su investigación se

obtuvieron resultados mayores entre 12,60 - 13,50 los datos pudieron ser más parecidos si se hubiera utilizado un buffer para estabilizar el pH de la enzima en la etapa de extracción.

4.2.3.1. Evaluación sensorial

En la evaluación no se presentaron diferencias significativas en varios atributos como; Textura y aceptación global con una calificación media de 3,80 calificación que está cercana a la clasificación me gusta moderadamente esto puede deberse a que se ablando de forma casi imperceptible para nuestros catadores no entrenados, en los demás atributos como sabor, olor y color existió significancia en cuanto al tratamiento 1 (1 gramo de enzima en estado Verde) con una calificación de 4 (me gusta moderadamente), siendo el mejor tratamiento frente a los demás esto se debe principalmente a una diferencia en cuanto al trabajo presentado por (J. Chamorro, 2023) ya que en este estudio se utilizó la enzima como sazonador lo que hizo que tenga un sabor amargo a diferencia de la presente investigación donde se la utilizó únicamente para mejorar las características texturales de la carne.

4.2.3.2. Análisis de textura

Los resultados para la carne con enzima bromelina (mejor tratamiento) en diferentes estados de madures aplicada a distintos cortes de res se presentan en la tabla 16.

Tabla 17. Análisis de textura carne de res aplicada la enzima bromelina en distintos cortes de res.

Corte	Estado de madurez	Firmeza	Masticabilidad	Elasticidad	Cohesividad
Pecho	Verde	3206,83 ± 0,26	1835,18 ± 0,29	0,69 ± 0,1	0,55 ± 0,1
	Amarilla	1277 ± 0,64	768,05 ± 0,15	0,7 ± 0,15	0,6 ± 0,33
Pierna	Verde	1489,83 ± 0,13	656,46 ± 0,17	0,58 ± 0,18	0,43 ± 0,15
	Amarilla	2048,5 ± 0,39	1086,21 ± 0,18	0,62 ± 0,14	0,52 ± 0,14

En la tabla 17 se muestran los resultados del análisis de textura en dos cortes de res distintos (pecho y pierna) con una aplicación de la enzima bromelina en diferentes estados de madures (Verde y Amarillo) del mejor tratamiento evidenciado así que el estado de madurez verde presenta una mayor eficiencia al mejorar varias características organolépticas de la carne de res pero también se puede observar que en varias características la enzima en estado Amarillo es mejor, tanto en firmeza y masticabilidad del corte pecho señalando que la enzima tiene un efecto ablandador esperado como en la investigación realizada por (J. Chamorro, 2023) donde se evalúa la efectividad del chilguacón para ablandar la carne de res,

obteniendo resultado que la enzima papaína en estado verde mejoro varias características texturales de la carne como ; Dureza, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad, presentando mayor efectividad que el tratamiento testigo. Concluyendo así que en ambas investigaciones la carne con enzima en estado verde fue más efectiva para cambiar las características texturales de la carne por el rompimiento de las paredes celulares y demás compuestos del tejido conectivo, lo que permite un relajamiento en los enlaces peptídicos de las proteínas según (Tatiana et al., 2021)

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La bromelina extraída de la cáscara de piña en distintos estados de madurez mostró un efecto ablandador, desnaturalizando la caseína en la leche y degradando las proteínas de la carne de res, lo que mejoró su textura.
- En cuanto a las características fisicoquímicas evaluadas de la enzima bromelina extraída de la cáscara de piña en dos diferentes estados de madurez se presentaron diferencias significativas en cada uno de los análisis realizados.
- La enzima bromelina extraída de la cáscara de piña en diferentes estados de madurez mostro significancia en varios parámetros como; sabor, olor y color, pero en cuanto al valor de textura no existió significancia por lo que se puede inferir que todos los tratamientos donde se utilizó la enzima mejoraron varias características texturales, pero con diferencias casi imperceptibles para los catadores no entrenados que se tuvo en el proceso de evaluación.
- En cuanto a la actividad funcional se la midió haciendo uso de una determinación enzimática mediante el método Halls Haber obteniendo que ambos estados de madures cuentan con actividad funcional, pero encontrando diferencias entre cada una ya que el estado Verde tuvo mayor actividad funcional con 223,51 Upe con respecto a los 212,65 Upe de la enzima en estado de madurez amarillo.
- Con respecto al análisis de textura la carne tratada con la enzima en estado Verde o verde surtió más efecto en el cambio de las características texturales de la carne, pero también se obtuvieron diferencias en dos tratamientos donde se aplicó la enzima en estado uno (amarilla) que fue más efectiva para ablandar la firmeza y masticabilidad del corte pecho.

- Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa en la que se menciona que el grado de madures de la piña influye en las características de textura y físicas de diferentes cortes de carne de res.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para que la enzima mantenga sus cualidades y funcionalidad es recomendado que se mantenga a temperaturas de refrigeración de -4°C .
- Se recomienda utilizar un Buffer o tampón químico en la etapa de extracción de la enzima para que se estabilice y así se pueda extraer un mayor porcentaje de enzima.
- Se recomienda mantener la enzima bromelina en un pH de 6 o cercano en la etapa de determinación de la actividad enzimática, ya que es el pH óptimo para un mejor funcionamiento de la enzima.
- Si se utiliza un horno de secado para que la enzima pierda el mayor contenido de agua posible se recomienda no exceder el siguiente rango de temperatura $45-50^{\circ}\text{C}$ ya que si se supera esta temperatura la enzima podría perder varias de sus propiedades.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, J. (2019). *Extracción de la enzima papaína presente en el chilacuan (Vasconcellea pubescens) como alternativa de cuajo vegetal*. 3, 1–9.
- Baque, J. (2019). *Propuesta de factibilidad para el desarrollo de un ablandador de carnes a base de Babaco (Vasconcellea heilbornii)*. April, 33–35.
- Braña Varela, D., Ramírez Rodríguez, E., Rubio Lozano, M. de la S., Sánchez Escalante, A., Torrescano Urrutia, G., Arenas de Moreno, M. L., Partida de la Peña, J. A., & Ponce Alquicira, E. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Brezmes-Llecha, J. (2000). Técnicas de control de calidad en fruta. *Control de Calidad*, 13–34. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6877/CAPITOL2.pdf>
- Calero Yáñez, F. (2006). *Aspectos Generales de la Piña*.
- CADENA, E. 2002, "Estudio de prefactibilidad del babaco." ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. "La irradiación de los alimentos". Una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos".
- Cervantes, K., Cruz, A., & Campos, M. (2016). *Subproductos obtenidos a partir de distintas cáscaras de fruta*. 4, 1–3.
- ¿Cómo funcionan los ablandadores de carne? - Spiegato. (2021, July 13). Spiegato. <https://spiegato.com/es/como-funcionan-los-ablandadores-de-carne>
- Conservación de la piña potencializaría su comercialización*. (2020, June 25). Foodnewlatam.com. <https://www.foodnewlatam.com/paises/77-colombia/10207-conservaci%C3%B3n-de-la-pi%C3%B1a-potencializar%C3%ADa-su-comercializaci%C3%B3n.html>
- Chamorro, J. (2023). *Evaluación del efecto ablandador en carne bovina de la enzima papaína extraída del Chigualcán (Vasconcellea pubescens)*. 1–103.
- Chamorro, L. (2014). *Caracterización físico-química del ovo (Spondia purpurea L) DE AMBUQUÍ*. 22–26.
- Chaurasiya, R. S., & Hebbar, H. U. (2013). *Tecnología de separación y purificación Extracción de bromelina del corazón de piña y purificación por RME y métodos de precipitación*. 111, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.03.029>
- Decheco, A. (2016). *Aprovechamiento de residuos de Ananas comosus (piña) para*

la producción de etanol por vía fermentativa de *Saccharomyces cerevisiae*.
Universidad Le Cordon Bleu, 4–103.
<http://repositorio.ulcb.edu.pe/xmlui/handle/ULCB/35>

Gallardo, L., Sánchez, A., Montalvo, C., & Alonso, A. (2008). Extracción de bromelina a partir de residuos de piña. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 18, 1–4.

García-Hernández, A., Hernández-Guzmán, G., Barboza-Corona, J. E., & Rodríguez-Hernández, G. (2023). Extracción, purificación y cuantificación de bromelina a partir de cáscara de piña, *Ananas comosus*, para la formulación de un producto dermatológico contra la dermoabrasión. 8, 526–531.

Guacho, A. (2017). Propuesta de aplicación de las enzimas de la piña y la papaya como ablandadores naturales de carne de res y cerdo en recetas innovadoras de sal. 17–20. <https://www.ucuenca.edu.ec/171-cat-recursos-servicios/cat-biblioteca/1557-historia>

Horcada, A., & Polvillo, O. (2010). Conceptos Básicos sobre la Carne. *La Producción de Carne En Andalucía*, 113–140.

Hui, Y., Guerrero, I., & Rosmini, M. (2013). *Ciencia y tecnología de las carnes* (pp. 229–153).

Hui, Y., Meunier-Goddik, L., Josephsen, J., J. N., W, K. P., & Suprunchuk, T. (2012). *Handbook of food and beverage fermentation technology*. CRC Press.

Jaya, R. M. A. (2015). *Escuela politécnica nacional facultad de ingeniería química y agroindustria estudio de la variación de la actividad enzimática proteolítica del látex del babaco (Vasconcellea heilbornii cv babaco) EN FUNCIÓN DE LA EDAD DEL FRUTO*.

K, C., Zhao, S., Goonewardene, L., & Aalhus, J. (2019). Mitigating dark-cutting beef: A review of the underlying mechanisms, strategies, and potential solutions. *Meat Science*, 44-55.

Morán, D. (2020). *Obtención de vinagre natural a partir de residuos orgánicos (cáscara) de piña (Ananas comosus) tipo Golde Sweet o MD-2*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcan.

Murillo Fuentes, A., & Chuya Chuya, J. (2015). *Viabilidad para industrializar y comercializar bebidas aromáticas de la cáscara de la piña, posicionar en el mercado de consumo nacional e internacional, acorde con el cambio del modelo de matriz productiva*. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Administrativas. Tesis.

Pietrosemoli, S., Cardenia, V., Rodriguez-Estrada, M., & Mandrioli, M. (2019). Metabolomics study of pale, soft, and exudative (PSE) pork meat. *Journal of Food Science*, 84-2432-2438.

Rueda, M., & Trinidad, R. (2020). *Influencia de la bromelina de cáscara de piña (ananas comosus) en el pretratamiento para inhibir el pardeamiento enzimático*

en el deshidratado de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

Subiabre, I., & Morales, R. (2023). *Metodologías para el Análisis de Calidad de Carne*. INIA Remehue.

Talavera, J., & Perez, M. (2002). *Técnicas culinarias. La gran cocina de la carne*.

Tatiana, Lady, Pincay, R., Mishell, Y., & Zambrano, Z. (2021). *Evaluación del tiempo y porcentaje de dos extractos enzimáticos naturales "BROMELINA Y PAPAÍNA" COMO ABLANDADORES DE MÚSCULO VACUNO*.

Valdes Diaz, S. (2018). *Aislamiento y purificación parcial de enzimas microbianas de tipo lacasa, para la degradación de desechos de piña; banano y caña*. Heredia : Universidad Nacional de Costa Rica. Sistema de estudio de Posgrado. Maestría en agricultura alternativa con medición en agricultura ecológica. Tesis.

Villagómez, A. (2011). *Estudio del efecto del Glicerol y del aceite de Anis en un recubrimiento comestible sobre el tiempo de vida útil del babaco* (CVillagómez, A. (2011). *Estudio del efecto del Glicerol y del aceite de Anis en un recubrimiento comestible sobre el tiempo de vid*. 129. [http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3747/1/IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE FRUTAS Y VERDURAS EN LA ALIMENTACIÓN.pdf](http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3747/1/IMPORTANCIA%20DEL%20CONSUMO%20DE%20FRUTAS%20Y%20VERDURAS%20EN%20LA%20ALIMENTACI%C3%93N.pdf)

II. ANEXOS



Figura 8 .Lavado y desinfección.



Figura 11. Cáscara añadido etanol al 96%.



Figura 9. Picado del fruto.



Figura 12. Refrigeración con etanol al 96% por 7 días.

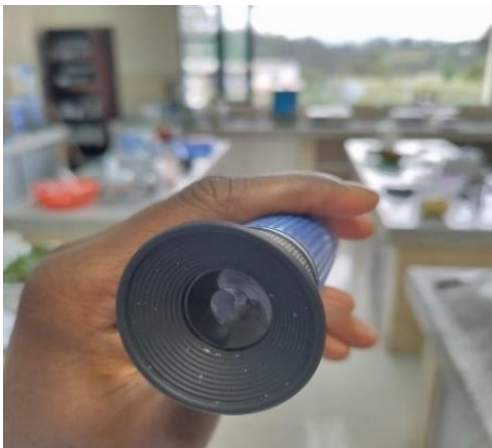


Figura 10. Medición grados Brix.



Figura 13 . Secado.



Figura 14 . Enzima molida.



Figura 16. Análisis sensorial.



Figura 15. Conservación de la enzima.



Figura 17. Actividad Enzimática.

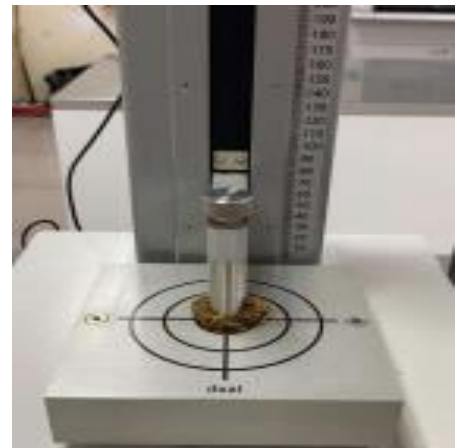



Figura 18. Análisis de textura.

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR


ESTUDIANTE:	POLO AYALA WILMAN ALEXANDER	CÉDULA DE IDENTIDAD:	1752722692
PERIODO ACADÉMICO:	2024B		
PRESIDENTE TRIBUNAL	MSC. WILMAN JENNY YAMBAY VALLEJO	DOCENTE TUTOR:	MSC. CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO
DOCENTE:	MSC. LILIANA MARGOTH CHAMORRO HERNÁNDEZ		
TEMA DEL TIC:	"Estudio de la incidencia del estado de maduración al extraer la enzima bromelina presente en la cáscara de piña (<i>Ananas Comosus</i>) para su aplicación como un ablandador en distintas cortes de carne de res."		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7,67	Actualizar los verbos de los objetivos. Separar el tercer objetivo específico o aclarar las pruebas físicas que se utilizarán en la investigación. Identificar por qué se utilizan los dos estados de madurez de la piña.
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6,67	Profundizar los conceptos del análisis colorimétrico y de textura. Análisis sensorial.
3	METODOLOGÍA	7,00	No debe colocar idea a defender. La hipótesis debe estar acorde con los objetivos y el tema. Revisar la tabla de operacionalización de variables, colocar los datos que se trabajaron.
4	RESULTADOS	7,00	En función de los resultados se revise la información de los objetivos, marco teórico, discusión y conclusiones. Colocar el gráfico en los 4 cuadrantes de la escala de globos.
5	DISCUSIÓN	6,33	Colocar los autores con quién discute en la presentación. Trabajar la discusión con más profundidad.
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7,00	Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos planteados.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Revisar la guía didáctica.

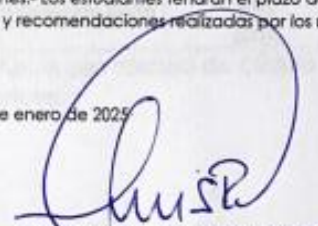
Obteniendo una nota de: **7,27** Por lo tanto, **APRUEBA** : debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.


Para constancia del presente, firmamos en la ciudad de Tulcán el **martes, 21 de enero de 2025**



MSC. WILMAN JENNY YAMBAY VALLEJO
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSC. CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO
DOCENTE TUTOR



MSC. LILIANA MARGOTH CHAMORRO HERNÁNDEZ
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI - FOREIGN AND NATIVE
LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: William Alexander Polo Ayala				
DATE: Lunes, 17 de febrero de 2025				
Topic: "Estudio de la incidencia del estado de maduración al extraer la enzima bromelina presente en la cáscara de piña (Ananás Comosus) para su aplicación como un ablandador en distintos cortes de carne de res."				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI-
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o
Investigación.



Autor: William Alexander Polo Ayala William Alexander Polo Ayala
Fecha de recepción del abstract: 17 de febrero de 2025
Fecha de entrega del informe: 17 de febrero de 2025

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

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

Observaciones:

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

<p>Revisado por:</p>  <p>JESSICA PAOLA YANDÚN BECERRA Fecha: 202502.17 0.5153.0500'</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p>JUAN CARLOS LÓPEZ COORDINADOR</p>
<p>Loda. Jéssica Yandún Becerra Docente del CIDEN</p>	<p>MSc. Juan Carlos López Coordinador de Centros Académicos y de Formación Complementaria</p>

Anexo 3. Hoja de cata

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE ALIMENTOS FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL						
Producto: Carne de res ablandada con bromelina.		Fecha: 06/05/2024					
Género:		Edad:					
Objetivo: Determinar el grado de aceptación en los atributos, color, olor, sabor, textura y aceptabilidad global de 6 muestras de carne con diferente porcentaje de Bromelina en dos estados distintos de maduración.							
Instrucciones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Frente a usted se presenta tres (6) muestras de carne, Deguste cada una de ellas de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado marcando con una X de acuerdo con el puntaje de la escala indicada abajo, en el código correspondiente a cada una de las muestras. RECUERDE enjuagar su boca con agua entre cada degustación, mismos que se encuentra a su derecha (Esquina superior). 							
REVISE AMBOS LADOS DE LA HOJA PARA RESPONDER, GRACIAS.							
Puntaje	Categoría	225					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Color</th> <th style="width: 15%;">Olor</th> <th style="width: 15%;">Sabor</th> <th style="width: 15%;">Textura</th> <th style="width: 15%;">Aceptación Global</th> </tr> </table>	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global
Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global			
1	Me disgusta mucho						
2	Me disgusta moderadamente						
3	No me gusta ni me disgusta						
4	Me gusta moderadamente						
5	Me gusta mucho						
Puntaje	Categoría	756					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Color</th> <th style="width: 15%;">Olor</th> <th style="width: 15%;">Sabor</th> <th style="width: 15%;">Textura</th> <th style="width: 15%;">Aceptación Global</th> </tr> </table>	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global
Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global			
1	Me disgusta mucho						
2	Me disgusta moderadamente						
3	No me gusta ni me disgusta						
4	Me gusta moderadamente						
5	Me gusta mucho						
Puntaje	Categoría	309					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Color</th> <th style="width: 15%;">Olor</th> <th style="width: 15%;">Sabor</th> <th style="width: 15%;">Textura</th> <th style="width: 15%;">Aceptación Global</th> </tr> </table>	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global
Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global			
1	Me disgusta mucho						
2	Me disgusta moderadamente						
3	No me gusta ni me disgusta						
4	Me gusta moderadamente						
5	Me gusta mucho						

Puntaje	Categoría	919				
		Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global
1	Me disgusta mucho					
2	Me disgusta moderadamente					
3	No me gusta ni me disgusta					
4	Me gusta moderadamente					
5	Me gusta mucho					

Puntaje	Categoría	903				
		Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global
1	Me disgusta mucho					
2	Me disgusta moderadamente					
3	No me gusta ni me disgusta					
4	Me gusta moderadamente					
5	Me gusta mucho					

Puntaje	Categoría	212				
		Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación Global
1	Me disgusta mucho					
2	Me disgusta moderadamente					
3	No me gusta ni me disgusta					
4	Me gusta moderadamente					
5	Me gusta mucho					

Observaciones:

.....

.....



.....

.....

.....

Nota: Estos resultados evaluados serán utilizados únicamente para fines académicos.

Anexo 4. Informe Análisis de Textura Escuela Politécnica Nacional

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO·Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26	
ISO/IEC 17025		VERSION: 04	

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO O TRABAJO

CLIENTE/EMPRESA: POLO AYALA WILLIAM ALEXANDER
Persona de contacto: ELENA BELTRÁN
Dirección cliente: QUITO, ATUCUCHO, ANTONIO CABEZAS Y ZULEMA BLACIO
Correo electrónico: william.polo@upec.edu.ec
Fecha de muestreo: No aplica
Referencia al plan y método de muestreo: No aplica
Fecha de recepción muestra en SC: 2024-07-05
Fecha de realización análisis: 2024-07-17
Fecha de emisión Informe: 2024-07-25
Condiciones ambientales (T, HR): No aplica
ORDEN DE TRABAJO: DC-OT0066-2024



INFORME No: IE-LEV-24-003
Teléfono: 0982054735
Fax:
Tipo de muestra: Sólida

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

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU10566	PECHO BROMELINA VERDE	<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza • Elasticidad • Resiliencia • Cohesividad • Gomosidad • Masticabilidad • Peso de la muestra 	Bromatología

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
2	DC-MU10567	PECHO BROMELINA MADURA	<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza • Elasticidad • Resiliencia • Cohesividad • Gomosidad • Masticabilidad • Peso de la muestra 	Bromatología

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
3	DC-MU10568	PIERNA BROMELINA VERDE	<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza • Elasticidad • Resiliencia • Cohesividad • Gomosidad • Masticabilidad • Peso de la muestra 	Bromatología

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11 253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26	
ISO/IEC 17025		VERSION: 04	

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
4	DC-MU10569	PIERNA BROMELINA MADURA	<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza • Elasticidad • Resiliencia • Cohesividad • Gomosidad • Masticabilidad • Peso de la muestra 	Bromatología

Configuración del perfil

Ajuste de parámetro

Compresión de ciclos múltiples

Altura de la muestra (mm) 25,0

Distancia inicial de la muestra (mm) 5,0

Número de ciclos 2

Compresión (%) 50,00

Tiempo de mantenimiento (s) 0

Velocidad inicial (mm/s) 2,0

Velocidad de ensayo (mm/s) 2,0



Velocidad de retracción (mm/s) 2,0

Fuerza de disparo (g) 20

Velocidad de datos (pps) 200

RESULTADOS

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
DC-MU10566	Firmeza	3206,83	g f	Texturómetro (Cámicos, Compresión de doble ciclo)
	Elasticidad	0,69	Adimensional	
	Resiliencia	0,35	Adimensional	
	Cohesividad	0,55	Adimensional	
	Gomosidad	1835,28	Adimensional	
	Masticabilidad	1835,18	Adimensional	
	Peso de la muestra	8,00	g	

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11 253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26	
ISO/IEC 17025		VERSION: 04	

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
4	DC-MU10569	PIERNA BROMELINA MADURA	<ul style="list-style-type: none"> • Firmeza • Elasticidad • Resiliencia • Cohesividad • Gomosidad • Masticabilidad • Peso de la muestra 	Bromatología

Configuración del perfil

Ajuste de parámetro

Compresión de ciclos múltiples

Altura de la muestra (mm)	25,0
Distancia inicial de la muestra (mm)	5,0
Número de ciclos	2
Compresión (%)	50,00
Tiempo de mantenimiento (s)	0
Velocidad inicial (mm/s)	2,0
Velocidad de ensayo (mm/s)	2,0
Velocidad de retracción (mm/s)	2,0
Fuerza de disparo (g)	20
Velocidad de datos (pps)	200

RESULTADOS

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
DC-MU10566	Firmeza	3206,83	g f	Texturómetro (Cámicos, Compresión de doble ciclo)
	Elasticidad	0,69	Adimensional	
	Resiliencia	0,35	Adimensional	
	Cohesividad	0,55	Adimensional	
	Gomosidad	1835,28	Adimensional	
	Masticabilidad	1835,18	Adimensional	
	Peso de la muestra	8,00	g	

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11 253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 2023.06.26	
ISO/IEC 17025		VERSION: 04	

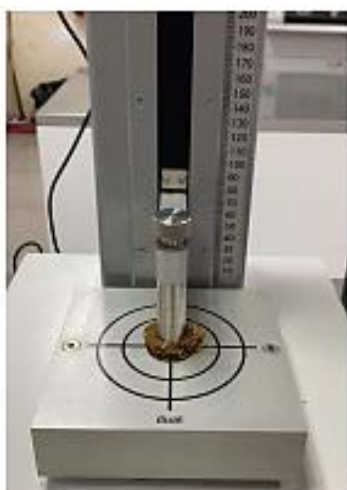


Figura 1. Muestra ensayada (Compresión)

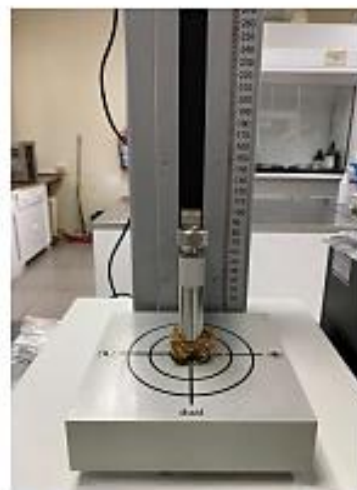


Figura 2. Muestra ensayada (Retracción)

COMENTARIOS:

El acondicionamiento de la muestra se realizó con las condiciones entregadas por el cliente. Se utilizó una Probeta Cilíndrica TVT 6700, 20mm de diámetro.

Realizado por: Ing. Mauricio Criollo MBA



Analista DECAB



Aprobado por: PhD Edwin Vera



Responsable de Calidad DECAB

CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

- Toda la información obtenida o creada durante la ejecución de las actividades del laboratorio es confidencial, excepto por información que el cliente haya puesto al alcance del público o cuando haya sido acordado entre el laboratorio y el cliente (ej. gestión de quejas, encuestas).
- El laboratorio declara que la información completa relativa a los ensayos solicitados está a disposición del cliente, cuando así lo requiera.
- Cuando la ley exija al laboratorio revelar información confidencial o cuando el laboratorio esté autorizado por acuerdos contractuales para revelar información confidencial, el cliente o persona involucrada, a menos que lo prohíba la ley, será notificado sobre la información suministrada.
- Cuando el cliente solicite una declaratoria de conformidad, se definirá la especificación o la norma y la regla de decisión. La regla de decisión seleccionada se comunicará y acordará con el cliente, a menos que esta sea inherente a la especificación o a la norma solicitada.
- El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO-Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
	ISO/IEC 17025	FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26 VERSION: 04	

y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o en forma escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.

- El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero sí se responsabiliza de las muestras, tal como se las recibe.
- El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados reportados en este informe son únicamente referentes al ítem ensayado.