



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS

**EFECTO DE LA PAPAÍNA RESIDUAL EN LA
TEXTURA Y COLOR DE CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*)**

PRESENTADA POR:

BACH. SAIRE ROENFI GUERRA LIMA.

ASESOR

DR. WENCESLAO MEDINA ESPINOZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL

MOQUEGUA – PERÚ

2017

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
CAPÍTULO I:	1
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2.1. PREGUNTA GENERAL	2
1.2.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5. VARIABLES.	4
1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	4
1.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE:	5
1.5.2.1. Textura	5
1.5.2.2. Color	5
1.5.2.3. Consumo de energía	6
1.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	6
1.6. HIPÓTESIS	8
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL	8
1.6.2. HIPÓTESIS DERIVADA	9

CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.2. BASES TEÓRICAS	12
2.2.1. CONCENTRACIÓN	12
2.2.2. TEXTURA	13
2.2.3. COLOR	14
2.2.4. ABLANDAMIENTO ENZIMÁTICO	15
2.2.5. ANÁLISIS DE LA TEXTURA EN ALIMENTOS CARNOSOS POR MÉTODO MECÁNICO	17
2.2.6. CONSUMO DE ENERGÍA EN COCCIÓN DE ALIMENTOS	17
2.2.7. TECNOLOGÍAS LIMPIAS	18
2.2.8. HIPOXIA	19
2.3. MARCO CONCEPTUAL	19
2.3.1. PAPAÍNA	19
2.3.2. ALPACA	20
2.3.3. TAXONOMÍA	22
2.3.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	22
2.3.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA	23
2.3.6. RAZAS DE ALPACA	24
2.3.7. COCCIÓN DE LAS PROTEÍNAS DE LA CARNE	25
2.3.8. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	25
2.3.9. ETAPAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES	27
2.3.10. PRE PROCESAMIENTO DE IMAGEN	27
2.3.11. SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES	27
2.3.12. EXTRACCIÓN DE COLOR	28
a) Imágenes RGB	29
b) Modelo de color L*a*b*	31
2.3.13. REACCIÓN DE MAILLARD	33
CAPÍTULO III	34
MÉTODO	34
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	34

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	34
3.2.1. SELECCIÓN DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS	34
3.2.2. METODOLOGÍA	35
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	37
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	37
3.4.1. TÉCNICAS	37
3.4.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
3.4.1.1. Materiales	39
3.1.2. EQUIPOS	39
3.1.3. SOFTWARE	40
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	40
3.5.1. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO	40
3.5.1.1. Análisis proximal	40
3.5.1.2. Acondicionamiento	41
3.5.1.3. Residuos de papaya	41
3.5.1.4. Dilución	41
3.5.1.5. Activación enzimática	42
3.5.1.6. Inmersión de los filetes en las diluciones de papaya	42
3.5.1.7. Análisis de color	42
3.5.1.8. Análisis de textura	42
3.5.1.9. Cocción	43
3.5.1.10. Análisis de color, textura y gasto de energía	43
3.5.1.11. Cuantificación de papaína en residuos de papaya	44
3.5.2. ANÁLISIS DE DATOS	44
CAPÍTULO IV	45
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	45
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	45
4.1.1. DETERMINAR EL EFECTO DE LA PAPAÍNA RESIDUAL EN LA TEXTURA DE LA CARNE DE ALPACA CRUDA Y COCINADA	45
4.1.1.1. Efecto de la papaína en la textura de la carne de alpaca cruda	46
4.1.1.2. Efecto de la papaína en la textura de la carne de alpaca cocinada	48

4.1.2. DETERMINAR EL EFECTO DE LA PAPAÍNA RESIDUAL EN EL CAMBIO DE COLOR DE LA CARNE DE ALPACA CRUDA Y COCINADA	51
4.1.2.1. Efecto de la papaína residual en el cambio de color de carne de alpaca cruda	51
a). Efecto en (CIE L*) de carne cruda	51
b). Efecto en (CIE a*) de carne cruda	52
c). Efecto en (CIE b*) de carne cruda	55
4.1.2.2. Efecto de la papaína residual en el cambio de color de carne de alpaca cocinada	57
a). Efecto en (CIE L*) o luminancia de carne cocida	57
b). Efecto en (CIE a*) o enrojecimiento de carne cocinada	59
c). Efecto en (CIE b*) de carne cocinada	60
4.1.3. DETERMINAR EL EFECTO DE LA PAPAÍNA RESIDUAL EN EL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA COCCIÓN DE CARNE DE ALPACA	63
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	66
4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
CAPITULO V	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1 CONCLUSIONES	70
5.2 RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	85
ANEXO 1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	85
A. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEXTURA EN MILI JOULE (MJ) DE CARNE CRUDAS	85
B. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEXTURA EN MILI JOULE (MJ) DE CARNE COCIDA	85
C. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LUMINANCIA (CIE L*) DE CARNE CRUDA	86
D. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COLOR, FACTOR (CIE A*) DE CARNE CRUDA	86
E. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COLOR, FACTOR (CIE B*) DE CARNE CRUDA	87
F. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LUMINANCIA (CIE L*) DE CARNE COCINADA	87

G. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COLOR, FACTOR (CIE A*) DE CARNE COCINADA	88
H. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COLOR, FACTOR (CIE B*) DE CARNE COCINADA	88
I. RESULTADOS DE TIEMPO DE COCCIÓN EN MINUTOS	89
J. RESULTADOS DE CONSUMO DE ENERGÍA PARA LA COCCIÓN EN KWH	89
ANEXO 2 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) DE LOS RESULTADOS DE TEXTURA	90
A. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN LA TEXTURA DE LA CARNE DE ALPACA CRUDA	90
B. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN LA TEXTURA DE LA CARNE DE ALPACA COCINADA	90
ANEXO 3 (ANVA) ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS DE COLOR	91
A. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN EL COLOR DE LA CARNE DE ALPACA CRUDA FACTOR CIE L*	91
B. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN EL COLOR DE LA CARNE DE ALPACA CRUDA FACTOR CIE A*	91
C. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN EL COLOR DE LA CARNE DE ALPACA CRUDA FACTOR CIE B*	92
D. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN EL COLOR DE LA CARNE DE ALPACA COCINADA FACTOR CIE L*	92
E. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN EL COLOR DE LA CARNE DE ALPACA COCINADA FACTOR CIE A*	93
F. ANVA DEL EFECTO DE LA PAPAÍNA EN EL COLOR DE LA CARNE DE ALPACA COCINADA FACTOR CIE B*	93
ANEXO 4 (ANVA) ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE COCCIÓN	94
ANEXO 5 IMÁGENES DE LOS TRATAMIENTOS.	95
ANEXO 6 RESULTADOS DE ANÁLISIS PROXIMAL DE CARNE DE ALPACA	97
ANEXO 7 RESULTADOS DE CUANTIFICACIÓN DE PAPAÍNA	98
ANEXO 8 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE CASCARAS Y SEMILLAS DE PAPAYA	99
ANEXO 10 MATRIZ DE CONSISTENCIA.	101

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
TABLA 2 TIEMPO Y ENERGÍA CONSUMIDOS EN LOS PROCESOS DE COCCIÓN DE ALIMENTOS	18
TABLA 3 COMPOSICIÓN DE LA CARNE DE ALPACA	23
TABLA 4 VALORES DE LAS COORDENADAS EN CUBO DE COLOR	30
TABLA 5 PRUEBAS DE RANGOS MÚLTIPLES PARA TEXTURA CON CARNE CRUDA, MÉTODO DE TUKEY	47
TABLA 6 DIFERENCIAS ESTIMADAS ENTRE CADA PAR DE MEDIAS ..	47
TABLA 7 PRUEBAS DE RANGOS MÚLTIPLES PARA TEXTURA PARA CARNE COCINADA MÉTODO: TUKEY	49
TABLA 8 DIFERENCIAS ESTIMADAS ENTRE CADA PAR DE MEDIAS ..	50
TABLA 9 TUKEY AL 99% DE CONFIABILIDAD DEL TRATAMIENTO CARNE CRUDA CIE A*	53
TABLA 10 DIFERENCIAS ESTIMADAS ENTRE CADA PAR DE MEDIAS	54
TABLA 11 TUKEY AL 95% DE CONFIABILIDAD DEL TRATAMIENTO CARNE CRUDA CIE B*	55
TABLA 12 DIFERENCIAS ESTIMADAS ENTRE CADA PAR DE MEDIAS	56
TABLA 13 TUKEY AL 95% DE CONFIABILIDAD DEL TRATAMIENTO DE CARNE COCIDA EN EL FACTOR CIE L*	58
TABLA 14 DIFERENCIAS ESTIMADAS ENTRE CADA PAR DE MEDIAS	58

TABLA 15 TUKEY AL 95% DE CONFIABILIDAD DEL TRATAMIENTO	
CARNE CRUDA CIE B*	62
TABLA 16 DIFERENCIAS ESTIMADAS ENTRE CADA PAR DE MEDIAS	62
TABLA 17 PRUEBAS DE RANGOS MÚLTIPLES PARA CONSUMO DE	
ENERGÍA EN LA COCCIÓN DE LA CARNE POR MÉTODO DE TUKEY	
AL 99% DE CONFIANZA.....	64
TABLA 18 DIFERENCIA ESTIMADA ENTRE CADA PAR DE MEDIAS	64
TABLA 19 PODER CALÓRICO DE COMBUSTIBLES MÁS COMUNES EN	
LA INDUSTRIA.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1 ELECTRO MICROGRAFÍA DE EXPLORACIÓN DE TEJIDO CONECTIVO INTRAMUSCULAR PREPARADO A PARTIR DE CARNES TRATADAS CON ENZIMAS	16
FIGURA 2 REPRESENTACIÓN DE UNA IMAGEN DIGITAL.....	26
FIGURA 3 CUBO DE COLOR.....	31
FIGURA 4 ESPACIO DE COLOR TRIDIMENSIONAL CIE L*A*B*.....	33
FIGURA 5 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	36
FIGURA 6 GRÁFICO DE MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE TEXTURA DE CARNE CRUDA	46
FIGURA 7 GRÁFICO DE MEDIAS Y ERRORES ENTANDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE TEXTURA DE CARNE COCINADA	49
FIGURA 8 GRÁFICO DE MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE CIE L* DE CARNE CRUDA	52
FIGURA 9 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE CIE A* O ENROJECIMIENTO DE CARNE CRUDA	53
FIGURA 10 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE CIE B* O AMARILLEZ DE CARNE CRUDA.....	55
FIGURA 11 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE CIE L* DE CARNE COCIDA.....	58

FIGURA 12 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE CIE A* DE CARNE COCINADA	60
FIGURA 13 MEDIAS Y ERRORES ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE CIE B* DE CARNE COCINADA.....	61
FIGURA 14 GRÁFICO DE MEDIAS Y ERROR ESTÁNDAR (S GRUPAL) POR NIVELES DE CONSUMO DE ENERGÍA EN LA COCCIÓN DE LA CARNE DE ALPACA TENDERIZADA.....	64

RESUMEN

La investigación “Efecto de la papaína residual en la textura y color de la carne de alpaca (*Vicugna pacos*)” plantea como problema recuperar la papaína residual de cáscaras y semillas de papaya (*Carica papaya*) para estudiar el efecto de tenderizado, el cambio de color en la carne de alpaca cruda y cocida y sobre todo reducir el consumo de energía en la cocción de carnes, promoviendo el uso de tecnologías limpias en la industria. Se utilizó residuos de papaya verde (cáscaras y semillas) de la variedad maradol, la carne de alpaca adulta fue de sexo hembra, raza huacaya y papaína industrial marca COLLUPULIN® MG, para textura se utilizó un texturómetro de pie, con sonda esférica, en el análisis de color se utilizó el sistema CIE L*a*b*. Se trabajó con cinco variables, la primera muestra con residuos de papaya puros (RPP), la segunda con RPP., en una dilución al 50%, la tercera muestra RPP., en una dilución al 33,33%, la cuarta muestra con una dilución de papaína industrial al 0,1% y se comparó con una muestra sin tratamiento. En los resultados de textura se suavizó la carne con todos los tratamientos en comparación a la muestra control; en el análisis de color existió diferencia significativa entre los tratamientos, tanto en muestras crudas como en cocidas; en CIE L* o luminancia, hay diferencia en la muestra con RPP., siendo la más luminosa. En el parámetro CIE a* la carne cruda inmersa en papaína industrial tiene un rojo menos intenso que la muestra patrón, al cocinarse esta diferencia desaparece. En el parámetro CIE b* la muestra cruda con papaína industrial tiene una tonalidad amarilla baja, esta se revierte al cocinarse. Se demostró que la carne tenderizada requiere menos energía para su cocción.

Palabra clave: Papaína residual, alpaca, textura, color y energía de cocción

ABSTRACT

This research "Effect of residual papain in the texture and color of alpaca's meat (*Vicugna pacos*)" It has the problem to recover the residual papain from peels and seeds of Papaya (*Carica papaya*) to study the effect of tenderizing and change of alpaca's meat color when it is raw and cooked, and reduce the energy consumption in the cooking, Promoting the use of clean technologies in the industry. Waste green papaya (peels and seeds) of the maradol variety, was used meat of adult alpaca was female sex, huacaya race and Industrial papain brand COLLUPULIN® MG, a standing texture analyzer was used For texture, with spherical probe. For color analysis it was worked with the CIE L * a * b * method. The research was worked with five variables, the first one residues of papaya pure (RPP), the second with RPP. in a 50% dilution, the third sample with RPP. at a dilution to 33,33%, the fourth sample dilution with industrial paina at 0,1% of concentration, and compared with an untreated sample. Texture results in all treatments compared to the control sample was softened; in the color analysis has a significant difference between treatments in both raw samples and cooked; in the CIE L * or luminance parameter, there isn't difference when the meat immersed in RPP., is brighter than the others. In the CIE a * parameter immersed papain industrial raw meat has a less intense red than the standard sample, when it was cooked this difference disappears. In CIE b * parameter with Industrial papain the raw meat sample has a low yellow hue, this reverts when is cooked. It was show that tenderized mead needs less energy for cooket

Key Word: Residual papain, alpaca, texture, color and cooking energy

INTRODUCCIÓN

La investigación “Efecto de la papaína residual en la textura y color de la carne de alpaca (*Vicugna pacos*)”, surge de la idea de aprovechar recursos que se desechan cotidianamente ya sea en la industria de las frutas o en los hogares como es el caso de la papaya del que se eliminan la cáscara y sus semillas pudiendo recuperar uno de sus componentes más costosos como es la papaína y utilizarla en el ablandamiento de carnes de alta calidad nutricional, pero poca aceptabilidad en el mercado como la carne de alpaca adulta; pero sobre todo reducir la contaminación ambiental generada por los tiempos prolongados que requiere la cocción de estas carnes duras, ablandando previamente el tejido conectivo, hecho que genera reducción de los tiempos de cocción hasta en un 50%, lo que se traduce en menor consumo de energía y por ende menor contaminación ambiental.

Para el presente estudio, se trabajó con diferentes concentraciones de papaína residual comparándose con una muestra patrón y con papaína de la industria costosa y de difícil adquisición para el común de la población; demostrándose que se puede obtener resultados similares de tenderización utilizando papaína industrial como papaína proveniente de residuos de la papaya, lográndose obtener un producto más blando, de coloración más clara y que requiera menos energía para su cocción.

Para la selección de las variables de estudio se realizaron varias pruebas preliminares como temperaturas y tiempos de reposo, las que no arrojaron diferencia en el tenderizado, sobre todo a temperaturas inferiores a 40°C, también tipos de cocción de los filetes como media, tres cuartos y completa de la que se seleccionó la cocción completa de filete por arrojar datos de texturas más duros y mayor consumo de energía

En el color de carne cruda, se encuentra diferencias en la intensidad de las tonalidades rojas; en la carne cocida el tratamiento con papaína genera mayor luminancia o claridad de las carnes, el cual fue uno de los propósitos de esta investigación.

Finalmente los residuos de papaya utilizados luego del proceso de ablandamiento o tenderizado de las carnes tienen un pH de 6,8 (anexo 7), una relación carbono nitrógeno de 5,9 (anexo 8); que son características apropiadas para mezclarlas con residuos orgánicos de alta relación C/N y la generación de biogás o compostaje.

CAPÍTULO I:

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

El tiempo de cocción de las carnes rojas requiere gran cantidades de energía y ésta a su vez genera contaminación del medio ambiente, El consumo y la industrialización de frutas genera gran cantidad de residuos (Guerra, 2015), (Raventós, 2010), estos generan el 41,7% de gas metano del total que se emanan y éste es un gas que genera efecto invernadero (Solórzano Ochoa, 2003), la carencia de investigaciones sobre el tema conlleva a la eliminación de cáscara y semillas de la papaya desaprovechando la hidrólisis natural que estos tienen sobre las proteínas animales; es el caso de la papaína que se obtiene a partir del látex de papaya verde. (Ha, Bekhit, Carne, & Hopkins, 2012), (Vasua, Savarya, & Cameronc, 2012) y (Gutiérrez & Velásquez, 2009).

1.2. Definición del problema

La papaína tiene efecto en la textura de la carne, pero se desconoce cómo afectaría la papaína residual de cáscaras y semillas de papaya en la textura de la carne de

alpaca cruda y carne de alpaca cocida, previamente ternizada con papaína residual.

Se desconoce cómo varía la coloración de la carne de alpaca cruda y cocida al estar en contacto directo con una dilución de residuos de papaya verde que genera la industria y el consumo en los hogares.

El efecto de la hidrólisis de la papaína residual en la reducción del consumo de energía para la cocción de la carne de alpaca es una variable que carece de estudios comparativos para reducir la emisión de gases de combustión.

1.2.1. Pregunta general

¿Será posible reducir el consumo de energía en la cocción al ablandar, y cambiar de coloración la carne de alpaca con la papaína residual?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Será posible ablandar la carne de alpaca en estado crudo y cocido, utilizando papaína residual?
- ¿Cambiará de color la carne de alpaca cruda y cocida por la inmersión en papaína residual?
- ¿Se reducirá el consumo de energía en la cocción de carne de alpaca previamente inmersa en papaína residual?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la papaína residual en la textura, coloración y consumo de la energía en la cocción de carne de alpaca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda y cocida
- Determinar el efecto de la papaína residual en el color de la carne de alpaca cruda y cocida.
- Determinar el efecto de la papaína residual en el consumo de energía de la cocción de carne de alpaca.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

La carne es una fuente proteica que al cocinarla se requiere de mucha energía, la fuente energética para dicha cocción ya sea en los hogares, restaurantes e industria suele ser energía eléctrica o por combustión de algún tipo de combustible fósil. La industria de frutas generan gran producción de residuos sólidos y líquidos, que se desechan, como es el caso de la papaína que se extrae industrialmente del látex de la papaya verde; para la obtención de fruta confitada, se utiliza como materia prima la papaya verde, precisamente la materia prima para obtener papaína. La

papaína se utiliza industrialmente para el ablandamiento de carnes rojas como es el caso de la carne de vaca, logrando tener una textura más suave o mayor terniza, además que a las carnes de animales adultos que normalmente son oscuras las empalidece mejorando la calidad sensorial y sobre todo reduciendo los tiempos de cocción de las carnes, de esta manera se da una oportunidad al sector industrial de utilizar tecnologías limpias y no costosas para disminuir el consumo de energía y reducir la emisión de gases invernadero en el tratamiento térmico de las carnes previamente ternizadas.

La carne de alpaca, proviene normalmente de alpaca padre, ya que la crianza de alpacas tiene como principal fin la obtención de fibra, ésta es hilada e industrializada; como los animales para carcasa son adultos, su carne es dura y de coloración oscura, pero la calidad proteica y el bajo porcentaje de grasa la hace una fuente nutritiva de gran calidad, teniendo en la actualidad aceptación en los mercados nacionales e internacionales; pero, si esta carne se lograra mejorar en sus características de textura, coloración y sobre todo con un bajo costo energético para su cocción, el mercado sería más receptivo a este producto andino.

1.5. Variables.

1.5.1. Variables independientes

La variable independiente de estudio es la papaína residual y se considera el siguiente parámetro de estudio.

a). Concentración de la dilución de residuos de papaya en agua destilada; primero, tratamiento testigo sin papaína, segundo tratamiento con residuos de papaya (cáscaras y semilla) licuados puro sin ningún tipo de dilución, tercer tratamiento con una dilución uno de residuos de papaya y uno de agua destilada, el cuarto tratamiento con dilución de uno de residuos de papaya y dos de agua destilada, finalmente un tratamiento con papaína industrial a una concentración de 0,1%

1.5.2 Variable dependiente:

Se considera las siguientes variables dependientes.

1.5.2.1. Textura

La textura de la carne de alpaca, luego de una hora de iniciado el tratamiento por inmersión en papaína y la segunda medición de la textura inmediatamente después de llegar a la temperatura de cocción de las muestras de carne esto es 74°C en el centro del filete. El indicador de medida es en: mJ (D. S. Miyada & A. L. Tappel, 1956) y se utilizó un texturómetro de pie marca Brookfield.

1.5.2.2. Color

El color de la carne de alpaca cruda luego de una hora de iniciado el tratamiento por inmersión en papaína y la segunda medición de color inmediatamente después de llegar a la temperatura de cocción de las muestras de carne esto es 74°C en el

centro del filete el indicador de color se mide en escala R (rojo) G (verde) B (azul), cambiando a Espacio de Color Tridimensional (CIE L*a*b) utilizando el Software ImageJ. Para (Abramoff, Magelhaes, & Ram, 2004).

1.5.2.3. Consumo de energía

El consumo de energía en la cocción de filetes de alpaca tenderizada, transformando el tiempo en el que se logra la cocción de los filetes (74°C en el centro del filete) a consumo de energía en kWh.

1.5.3. Operacionalización de variables

La Operacionalización de variables se muestra en la tabla 1

Tabla 1

Operacionalización de variables

Problema	Objetivos específicos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Escalas técnicas e instrumentales
¿Será posible ablandar la carne de alpaca en estado crudo y cocido, utilizando papaína residual?	Determinar el efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda y cocida	H ₀ No existe efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda o cocida H ₁ Existe efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda o cocida	Variables independientes: Concentración de la dilución de residuos de papaya y agua destilada Variables dependientes: Textura de la carne de alpaca cruda Textura de la carne de alpaca cocinada a 74°C en el punto más frío	Concentración en porcentajes % de dilución Textura en mJ Textura en mJ	Concentración de la dilución de residuos de papaya en agua (1° muestra testigo sin tratamiento, 2° 100% residuos de papaya; 3° 50% de residuos y 50% de agua; 4° 33,3% de residuos y 66,6% de agua 5° papaína al 0,1%). Textura se mide con Texturómetro de pie marca Brookfield
¿Cambiar a de color la carne de alpaca cruda y cocida por la inmersión de papaína residual?	Determinar el efecto de la papaína residual en el cambio de color de la carne de alpaca cruda y cocida	H ₀ No existe efecto de la papaína residual en el color de la carne de alpaca cruda o cocida. H ₁ Existe efecto de la papaína residual en el color de la carne de alpaca cruda o cocida	Variables independientes: Concentración de la dilución de residuos de papaya y agua destilada Variables dependientes: Color de la carne de alpaca cruda Color de la carne de alpaca cocida a 74°C en el punto más frío	Concentración en porcentajes % de dilución Espacio de color tridimensional (CIE) L*a*b* Espacio de color tridimensional (CIE) L*a*b*	Concentración de la dilución de residuos de papaya en agua (1° muestra testigo sin tratamiento, 2° 100% residuos de papaya; 3° 50% de residuos y 50% de agua; 4° 33,3% de residuos y 66,6% de agua 5° papaína al 0,1%). Color se mide en escala RGB, cambiando a Espacio de color tridimensional (CIE) utilizando el Software ImageJ.

¿Se reducirá el consumo de energía en la cocción de carne de alpaca previamente inmersa en papaína residual?	Determinar el efecto de la papaína residual en el consumo de energía de la cocción de carne de alpaca.	H_0 No existe efecto de la papaína residual en el consumo de energía para la cocción de la carne de alpaca H_1 Existe efecto de la papaína residual en el consumo de energía para la cocción de la carne de alpaca.	Variables independientes: Concentración de la dilución de residuos de papaya y agua destilada Variables dependientes: Consumo de Energía para llegar a 74°C en el punto más frío de la carne de alpaca.	Concentración en porcentajes % de dilución Energía kilo Watts por hora	Concentración de la dilución de residuos de papaya en agua (1° muestra testigo sin tratamiento, 2° 100% residuos de papaya; 3° 50% de residuos y 50% de agua; 4° 33,3% de residuos y 66,6% de agua 5° papaína al 0,1%). El consumo de energía se mide por el consumo de energía que tiene el homo y el tiempo que demora en llegar el filete de alpaca a 74°C en el punto más frío.
--	--	--	--	---	--

Fuente: elaboración propia

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

H₀: No existe efecto de la papaína residual en la textura, color y consumo de energía en la cocción de la carne de alpaca.

H₁: Existe efecto de la papaína residual en la textura, color y consumo de energía en la cocción de la carne de alpaca.

1.6.2. Hipótesis derivada

Las hipótesis derivadas son las siguientes

Hipótesis nula H_0

- No existe efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda o cocida
- No existe efecto de la papaína residual en el color de la carne de alpaca cruda o cocida.
- No existe efecto de la papaína residual en el consumo de energía para la cocción de la carne de alpaca.

Hipótesis alternativa H_1

- Existe efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda o cocida
- Existe efecto de la papaína residual en el color de la carne de alpaca cruda o cocida
- Existe efecto de la papaína residual en el consumo de energía para la cocción de la carne de alpaca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Heba H.S. Abdel-Naeem (2016) Utilizaron papaína en una concentración de 0,01% y extracto de jengibre al 7% para ablandar carne de camello para obtener hamburguesas, logrando jugosidad, ternura y aceptabilidad general del producto final.

Los efectos de la papaína y la bromelina en los músculos de carne de vacuno se evaluaron mediante la inyección de salmuera suministrada con papaína y bromelina en diferentes concentraciones. Los efectos producidos por estas enzimas, junto con las enzimas endógenas propias de carne. La papaína y la bromelina llevaron a una hidrólisis limitada de las proteínas de la carne de ternera, y a una mejora de la terneza o suavidad de esta carne. Los efectos de tenderización de papaína y bromelina fueron monitorizados, en la carne cruda durante su maduración a 4 °C por 24 y 48 horas (Ionescu, Aprodu, & Pascaru, 2008)

He, Li, Shang, Xia, & Xiao (2013) Para el ablandamiento de carne de vacuno utilizando papaína y bromelina en una mezcla de 1:1 se disolvieron en un marinado e inyectaron la solución y sumergieron la muestra de carne por 20 minutos a 20 °C; logrando obtener un estofado de ternera con buen color, aroma y sabor. El método reduce el tiempo de cocción y el consumo de energía.

Medina, Skurys, & Aguilera (2010) analizaron imágenes para determinar, la procedencia geográfica de 25 variedades de semillas de quinua, que se cultivan en Europa y América del Sur; siendo una investigación similar a ésta investigación en la metodología de obtención de datos para el análisis de imágenes y posterior análisis de color.

Sargeant, Bowie, & Billington (1993) reportaron que en la utilización de papaína para ablandar carne de vacuno en diferentes concentraciones desde 0 a 40 mg/kg de carne, demostrando que a mayor concentración de papaína la terneza de la carne es mayor.

Rašković et al. (2015) utilizaron la espectroscopia diferencial para controlar el proceso de desnaturalización térmica de la papaína, demostrando que luego de seis ciclos de congelamiento y descongelamiento la papaína perdió el 75 por ciento de su actividad enzimática, también descubrieron que desde 45 a 60 °C la papaína se muestra muy estable en su actividad enzimática.

Cuentas (2008) utilizó tres tiempos de inmersión de carne de alpaca en una solución con papaína por (30; 60 y 90 minutos) para ablandar carne de alpaca en el proceso de obtención de Charqui, teniendo como resultado por medio de panel de catadores, un aclaramiento en el color del músculo y un incremento de la ternura en la carne con el mayor tiempo de inmersión es decir de 90 minutos y el menor espesor de filete que fue de 1 centímetro.

Ledesma, Laca, Rendueles, & Díaz (2016) En su investigación de textura y características del color de productos cárnicos ahumados utilizó un analizador de textura por penetración con una sonda y un terminal de bola de acero de 12,7 mm de diámetro obteniendo lecturas confiables; por este motivo se seleccionó la forma de la sonda esférica para la presente investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concentración

Es la relación, asociación o proporción que se puede establecer al comparar la cantidad de soluto (es decir, de sustancia capaz de disolverse) y el nivel de disolvente (es decir, la sustancia que logra que el soluto se disuelva) presente en una disolución; cuanto más baja sea la proporción de soluto, más chica será la concentración y viceversa ("WordReference," 2016) y (Harris, Navarro, & Murcia, 2006)

2.2.2. Textura

La textura es un componente fundamental de la percepción organoléptica de alimento directamente relacionado con su estructura, se define como el atributo de una sustancia resultante de la combinación de propiedades físicas, percibida por los sentidos del tacto, incluidos aspectos cinestésicos y la palatibilidad, la vista y el oído.(Boatella, Condony, & López, 2004).

La textura del producto alimenticio se valora básicamente por el esfuerzo mecánico no solo total sino el tipo (masticación blanda, fractura, etc.). Un producto debe corresponder a las expectativas texturales que esperamos de él. En términos mecánicos se trata de un fenómeno que mediante la contracción muscular, deforma la materia degustada, pero extraordinariamente compleja, ya que en algunos casos se llega a distinguir características físicas tales como la viscosidad de los fluidos newtonianos y la consistencia de los no-newtonianos. La dificultad en la medida de la textura ha obligado a diseñar complejos aparatos experimentales (texturómetros) que permiten estimar objetivamente estas características y se basan en la medida de aspectos tan diferentes como son la deformación, la comprensión, la resistencia a la tracción y la fuerza de corte o cizalla. Como deformación se entiende la fuerza que se aplica al cuerpo alimenticio para cambiar su forma sin llegar a partirlo. La comprensión, lo que hace es reducir el alimento sin cambiar su forma; lógicamente estos conceptos aplicados a un alimento son caso imposibles de separar ya que en el momento de

cortar hay también una deformación y compresión, aunque luego se recupere (Rosenthal, 2001).

La fuerza de cizalla provoca la división del alimento por deslizamiento de una parte sobre la otra. En realidad estas últimas fuerzas se presentan también combinadas con otras acciones, pero manteniendo constante el modo operatorio, puede llegarse a individualizar y obtener datos representativos y diferenciales para cada producto.(Sancho, Bota, & Castro, 1999).

2.2.3. Color

Nuestros ojos tienen tres tipos de receptores celulares de color en nuestras córneas: rojo, verde y azul, como resultado todos los colores se reducen a estos tres colores, que se mezclan entre sí; a pesar de esto no todos los colores pueden ser visibles por el ojo humano, los que si podemos ver se llaman espectro visible(Morioka, 2008).

Forma de la percepción visual, integrado por tres atributos específicos: luminosidad, tono o matiz y saturación, o bien, claridad, tono y croma. Se dice también percepción, el color se concibe por lo general como inspirado por la sugerencia del córtex visual del cerebro (Sanz & Gallego, 2001).

2.2.4. Ablandamiento enzimático

El ablandamiento de la carne se desarrolla en los tejidos conectivos, el uso de ácidos débiles, como el vinagre y el limón, son un método tradicional que facilita el hinchamiento del colágeno, rompiendo los puentes de hidrogeno de sus fibras (Ramírez & Cruz, 2007); También se emplean enzimas proteolíticas ablandadoras de origen vegetal, y la más utilizada se encuentra en las enzimas que hidrolizan los enlaces peptídicos, que degrada diversas proteínas tisulares como el glucógeno, la elastina y miofibrillas. La papaína está en el látex de la papaya verde (*Carica Papaya*) y es el que se emplea con mayor frecuencia en los ablandadores artificiales (Valderrama & Rojas, 1998), (Ramírez & Cruz, 2007). La suavidad del tejido conectivo varía de acuerdo con el contenido de colágeno, al diámetro de las fibras perimisiales y al entrecruzamiento de las fibras de colágeno. Alternativamente se puede usar enzimas proteolíticas, las enzimas vegetales (papaína, bromelina y ficina) son las que se usan principalmente como ablandadores, siendo más eficiente la bromelina y ficina para degradar al colágeno; la papaína y la ficina atacan principalmente a la actomiosina, utilizándolos en soluciones salinas (García, Quintero, & López, 1993). En la figura 1 se ve la diferencia de los tejidos conectivos intramusculares de carnes tratadas con enzimas proteolíticas

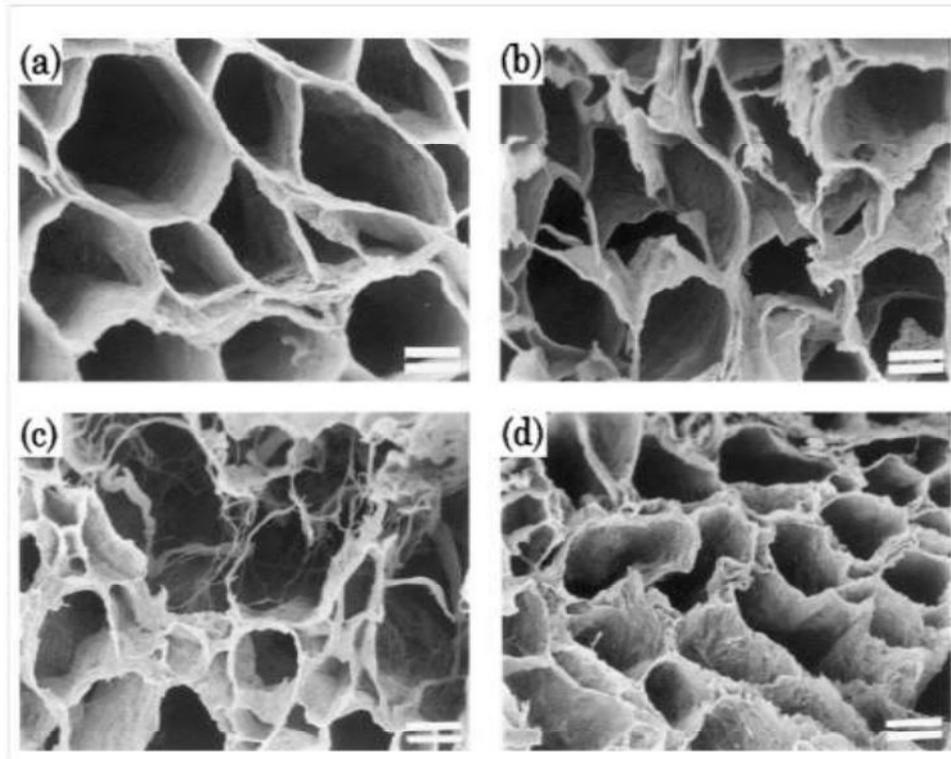


Figura 1 Electro micrografía de exploración de tejido conectivo intramuscular preparado a partir de carnes tratadas con enzimas

Fuente: Gerelt, Ikeuchi, & Suzuki, 2000

En la figura 1 se observa carnes tratadas con enzimas proteolíticas después de una deshidratación osmótica y almacenada durante 24 horas entre 3-4°C, cada marca en la escala indica 20 micras (a) es la muestra control, (b) tratamiento con papaína (c) tratamiento con proteinasa de A. soja y (d) tratamiento con proteinasa de A oryzae

2.2.5. Análisis de la textura en alimentos carnosos por método mecánico

Los procedimientos sensoriales utilizados en la evaluación de la textura, simplemente requiere de panelistas que cuenten el número de mascadas necesarias para ingerir un tamaño de carne; Los texturómetros han sido los más ampliamente utilizados para evaluar la ternura de las carnes, ya que estandarizan la textura en estudio, pudiendo comparar resultados de distintos estudios (D. S. Miyada & A. Tappel, 1956).

La instrumentación para medir la textura involucra indicadores de tensión y celdas de carga para medir las fuerzas y posición o detectores de movimiento, por el contrario la percepción humana está gobernada por fenómenos psicofísicos, que tienden a ser no lineales, además cuando se mastica la mandíbula se puede mover entre 200 y 400 cm/min en contraste con las máquinas instrumentales típicas de ensayo que operan alrededor de 20cm/min (Rosenthal, 2001).

2.2.6. Consumo de energía en cocción de alimentos

Se espera que el consumo de energía se incremente en cerca del 50% en los próximos 30 años (Bezzo et al., 2010) por lo que podríamos asegurar que la actividad antropogénica tiene una alta incidencia en el calentamiento global (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007).

Riofrio, Carrión, Orozco, Vaca, & Martinez (2014) Han demostrado que la cocción de alimentos en una cocina eléctrica por inducción a alta potencia es más

eficiente que a potencia reducida o controlada en comparación a una cocina de gas licuado de petróleo, debido al menos tiempo que se requiere para este proceso y la cantidad de energía requerida para el mismo. En la Tabla 2, se puede ver la diferencia entre estos tipos de fuentes energéticas

Tabla 2

Tiempo y energía consumidos en los procesos de cocción de alimentos

	Energía eléctrica limitada a 3kW	Sin limitar la energía eléctrica	Cocina de GLP
Tiempo (min)	65	45:30	49
Energía (kWh)	2,67	2,28	5,51

Fuente: Riofrio et al., 2014

2.2.7. Tecnologías limpias

La energía no se crea ni se destruye, se transforma; por tal razón tendríamos que esforzarnos en utilizar tecnologías limpias, sostenibles renovables y en la medida de lo posible disminuir el uso de ellas con tecnologías eficientes; vivir supone producir y consumir energía (Merce Conangla & Jaume Soler, 2009)

Las tecnologías limpias consisten en aplicar estrategias tales como reciclaje, sustitución, recuperación y revaloración, puede ser muy sencilla o sofisticada, como el uso de compostaje de los residuos o aplicaciones biotecnológicas a combustibles fósiles (Marco Brown & Reyes Gil, 2015)

2.2.8. Hipoxia

La hipoxia o falta de oxígeno ocurre a partir de los 2400 metros de altitud aumenta la pérdida de agua en el músculo, los mecanismos de tolerancia a la hipoxia puede solaparse con los de baja tolerancia a la temperatura y se correlacionan con la mayor fluidez de las membranas o alteraciones en la proteína. (Leigh Boardman, 2015)

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Papaína

La papaína es una enzima proteolítica con aplicaciones restringidas debido a su limitada estabilidad. (Varca et al., 2007). Es una enzima hidrolizada de la proteasa de cisteína que está presente en el látex de papaya (*Carica papaya*). El látex de la fruta verde contiene dos enzimas proteolíticas, la quimopapaína y papaína. Aunque el primero es más abundante, el último tiene dos veces la potencia proteolítica. La papaína tiene numerosas aplicaciones; en la industria alimentaria, la papaína se utiliza ampliamente para ablandar carne o clarificar la cerveza y otras bebidas, así como en otros alimentos fabricados ("PAPAIN," 1992). La papaína también se vende como una receta digestiva en la medicina alternativa y ablandadora de carne (Niinimaki, Reijula, Pirila, & Koistinen, 1993). La papaína puede estar presente en los fluidos de limpieza de lentes de contacto, pasta de

dientes (como un blanqueador de dientes) y en los cosméticos (por ejemplo, cremas abrasivas).(Goeminne, Adams, Deschepper, Valcke, & Nmery, 2013).

Esta enzima ha demostrado tener un amplio espectro en todo en rango del pH entre 5 a 8, con una temperatura óptima de actividad enzimática a 65°C, se almacena a temperaturas inferiores a 4°C y se inactiva por encima de 90°C (Betim Cazarin, Carielo Lima, Silva, & Maróstica, 2016).

2.3.2. Alpaca

La alpaca (*Vicugna pacos*) es una de las cuatro especies de camélidos sudamericanos. Vive en los Andes de América del Sur, principalmente en el Altiplano de Perú, tiene varias habilidades productivas como la producción de fibra de calidad y carne (Aréstegui, 2005) y (Cruz, Cervantes, Burgos, Morante, & Gutiérrez, 2015) en el que se crían alpacas para prosperar en el difícil vegetación en zonas con altitudes de más de 4000 metros sobre el nivel del mar (Neely, Taylor, Prosser, & Hamlyn, 2001).

Alpacas representan un importante recurso de carne para las familias rurales andinas (Fairfield, 2006), en Perú, el número de alpacas anualmente sacrificados es de alrededor de medio millón produciendo más de 11 millones kg de carne, el porcentaje en la carcasa de alpaca esperado es al menos un 50%, con un promedio de peso de la canal de unos 23 kg (Hack, 2001).

Los principales problemas de aceptabilidad de la carne de alpaca parecen estar relacionados con la higiene y seguridad alimentaria por la presencia de (*Sarcocystis aucheniae*) presente en algunos especímenes (Fairfield, 2006). Según (Hack, 2001), la carne de alpaca no sólo es consumida de manera local por los sectores rurales de los Andes, sino que también la carne de alpacas sana y joven es requerida por los consumidores de los sectores de ingresos más altos. Los animales preferidos son los de hasta dos años de edad, que se explica porque, a esta temprana edad, la carne es tierna. Sin embargo, la mayoría de las alpacas en Perú son sacrificadas entre 2-8 años de edad, debido a la resistencia de los pequeños productores a sacrificar animales jóvenes (Fairfield, 2006).

La carne de alpaca contiene un bajo contenido de grasa intramuscular y está compuesta por minerales y aminoácidos, poliinsaturadas con una proporción de ácidos grasos saturados, (...) Los valores de los parámetros de calidad tecnológica de la carne de alpaca se encuentran en los rangos reportados para carnes rojas convencionales (Salvá, Zumalacárregui, Figueira, & Osorio, 2009).

2.3.3. Taxonomía

Rodriguez (2012), Menciona que la alpaca se encuentra en:

Reino: Animal

Phylum: Chordata

Clase: Mamalia

Orden: Arthiodactila

Suborden: Tylopoda

Familia Camelidae

Genero Vicugna

Especie Vicugna pacos

2.3.4. Características morfológicas

La alpaca es un animal de cuerpo esbelto que presenta almohadillas plantares, característica que le otorga la condición de animal ecológico al no dañar el pasto ni provocar erosión (CONACS, 2005).

El peso de la canal de alpaca es uno de los criterios importantes para valorar su calidad. Esta variable está relacionada con el peso vivo y con el rendimiento de la canal, entendido como el porcentaje que representa la canal sobre el peso del animal antes del sacrificio. El peso vivo del animal viene dado por el sistema productivo aplicado en la crianza (alimentación, edad al sacrificio,

etc.). El rendimiento presenta importancia económica y técnica tanto para el matadero, como para la comercialización de los animales y sus canales (Oyagüe et al., 2010).

2.3.5. Composición química de la carne de alpaca

La composición química de la carne de alpaca depende de muchos factores en la tabla 3 se muestran los principales parámetros.

Tabla 3

Composición de la carne de alpaca

Parámetro	Media ± desviación estándar
Composición proximal	Porcentaje
Humedad	74,07 ± 1,57
Proteína	22,69 ± 1,70
Grasa intramuscular	2,05 ± 0,85
Ceniza	1,10 ± 0,11
Minerales	(mg 100 g ⁻¹)
Potasio	419 ± 48
Fósforo	295 ± 30
Sodio	88,4 ± 15,2
Magnesio	33,8 ± 4,11
Calcio	10,7 ± 4,0
Zinc	4,44 ± 2,14
Hierro	2,69 ± 0,96
Cobre	0,101 ± 0,058
Manganeso	0,015 ± 0,004
Los aminoácidos	(% en total de aminoácidos)
Ácido glutámico	16,61 ± 1,80
Ácido aspártico	12,06 ± 1,82
Isoleucina	leucina 11,40 ± 1,08
Lisina	11,05 ± 2,76

Histidina + treonina	7,63 ± 0,52
Alanina	7,30 ± 0,48
Arginina	6,90 ± 1,46
Glicina	5,97 ± 0,48
Fenilalanina triptófano	5,17 ± 2,93
Serina	4,76 ± 0,29
Valina	3,33 ± 0,26
Prolina	3,27 ± 0,28
Tirosina	2,36 ± 0,32
Metionina	2,19 ± 0,84
La mioglobina	4,99 ± 0,76 (mg g ⁻¹)
El colágeno	4,92 ± 1,61 (mg g ⁻¹)

Fuente: Salvá et al., 2009

2.3.6. Razas de alpaca

En los rebaños se pueden encontrar animales de dos razas, la Huacaya y la Suri, se diferencian claramente por sus características fenotípicas. Aunque, pese a la diferencia de aspecto, no hay diferencias marcadas en el peso de las crías al nacer (7,5 a 8,0 kg) ni en el peso vivo adulto (promedio de 65 kg en hembras y 70 kg en machos) entre individuos de las dos razas, la alpaca suri presenta fibra de gran longitud que se organizan en rizos que caen por los costados del cuerpo, en cambio la alpaca huacaya presenta un vellón de apariencia esponjosa, con fibras de menor longitud; el 90 % de las alpacas de los rebaños peruanos pertenecen a la raza huacaya (Oyagüe et al., 2010).

2.3.7. Cocción de las proteínas de la carne

Las proteínas más importantes de la carne son la miosina, actina y el colágeno, cada una de ellas tiene una temperatura específica a la cual se cocionan o desnaturalizan, la miosina se desnaturaliza a 54,80°C, el colágeno a 66,18°C y la actina a 74,36°C que es la temperatura a la que se considera un filete está completamente cocinado (Balaguer, Fito, & Castro, 2012)

2.3.8. Procesamiento digital de imágenes

El campo del procesamiento de imágenes deriva en dos áreas principalmente: mejorar la información pictórica para la percepción humana, incluyendo la impresión y transmisión, y procesar los datos de una escena para la percepción autónoma por una máquina. Una imagen digital se define como una imagen descrita por la función (x,y) , donde x e y son las coordenadas espaciales y f representa la intensidad de esas coordenadas. Las coordenadas espaciales se relacionan con la resolución de la imagen entre mayor sea el valor que adquieran, mayor será la resolución. De esta forma $x \in [1, xmax]$ y $y \in [1, ymax]$. También puede considerarse como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto de la imagen y el valor correspondiente al elemento de la matriz indica el nivel de color en ese punto y los elementos de esa distribución digital se conocen como píxeles (Ver Figura 2). La cantidad de valores empleados para describir. Un pixel depende de cuanta información es empleada para representar el color de tales elementos de la imagen.(Barrera, 2010).

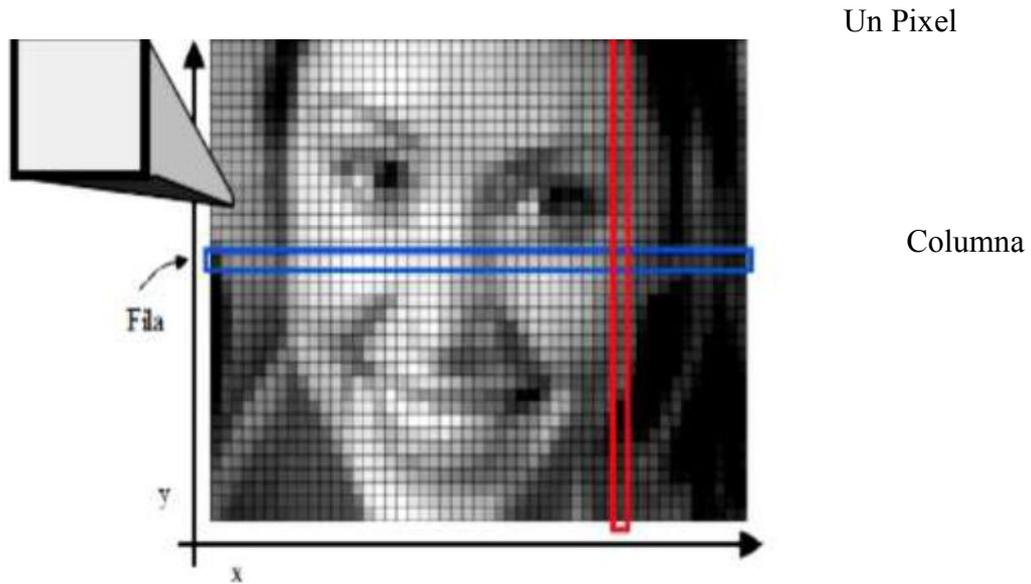


Figura 2 Representación de una imagen digital

Fuente: Barrera, 2010

Cuando las imágenes son en blanco y negro solo se requiere de una función y los valores de un píxel es 0 (negro) y 1 (blanco). En una imagen en escala de grises, permite 256 niveles de grises, donde, 0 es negro y 255 blanco. En cambio una imagen a color necesita de tres funciones independientes f_1 , f_2 y f_3 , en las cuales se representa la intensidad del píxel para cada componente (RGB). (Barrera, 2010)

2.3.9. Etapas de procesamiento de imágenes

El proceso de análisis de imágenes consta de cinco etapas descrito por (Cheng-Jin & Da-Wen, 2004), las cuales son: (1) operaciones de adquisición de imagen para convertir imágenes en forma digital; (2) pre procesamiento operaciones para obtener una imagen mejorada con las mismas dimensiones como la imagen original; (3) las operaciones de segmentación de imagen para dividir en partes una imagen digital en 8 regiones disjuntas y poco imbricadas; (4) las operaciones de medida del objeto para medir las características de objetos, como el tamaño, la forma, el color y la textura; y (5) las operaciones de clasificación para identificar objetos por ahí clasificarlos en grupos diferentes. (Mery & Pedreschi, 2005)

2.3.10. Pre procesamiento de imagen

A través del pre-procesamiento, la calidad de las imágenes digitales es mejorada antes de que sean analizadas. Algunas de las técnicas empleadas en el pre-procesamiento son eliminación de ruidos de la imagen y mejora del contraste a través del filtrado digital. Además, en esta etapa la imagen en color se convierte en una imagen en escala de grises, llamado intensidad de la imagen (Castleman, 1996).

2.3.11. Segmentación de imágenes

La segmentación subdivide una imagen en sus partes constituyentes u objetos, con el fin de separar las partes de interés del resto de la imagen, por lo tanto el nivel al

que se lleva a cabo esta subdivisión depende del problema a resolver. En el proceso de detectar las partes en una imagen se identifican bordes de la imagen, o se segmenta está en regiones, líneas o curvas, etc. Otra definición considera a la segmentación como la clasificación de los puntos de la imagen (píxeles), indicando las clases a la que pertenecen los diferentes píxeles. Los atributos básicos de segmentación de una imagen son: la luminancia en imágenes monocromáticas, los componentes de color en imágenes en color, textura, forma, etc.(Gonzalez & Woods, 1996).

2.3.12. Extracción de color

El color y su uniformidad son componentes vitales de la calidad visual de los alimentos frescos y tienen un papel muy importante en la elección del consumidor. Sin embargo, pueden tener menos importancia a baja temperatura en el caso de las materias primas para el procesado. En los tratamientos a baja temperatura tales como el enfriamiento, la congelación o la liofilización, el color cambia poco durante el procesado, y por ello el color de las materias primas representa una buena guía en cuanto a su utilidad para el procesado. En casos de procesos largos, el color cambia claramente durante la cocción. Por ejemplo algunas frutas pierden su color durante el enlatado, mientras que las peras adquieren un tinte rosado, las papas se pardean durante el tratamiento con calor debido a la reacción de Maillard. Por esto, algunos productos se prestan mejor a la fritura en la que el pardeamiento es deseable, que al enlatado en que el pardeamiento constituirá un gran problema (Bernnan, 2008).

a) Imágenes RGB

Cuevas, Zalvívar, & Pérez (2010), describen el modelo de color RGB, basándose en la combinación de los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) (ver Figura 3). El origen de este modelo se encuentra en la tecnología de la televisión y puede ser combinada como la representación fundamental del color en las computadoras, cámaras digitales y escáneres, así como en el almacenamiento de imágenes. La mayoría de los programas para el procesamiento de imágenes y de representación gráfica utilizan este modelo para la representación interna del color.

El modelo RGB es un formato de color aditivo, lo que significa que la combinación de colores se basa en la adición de los componentes individuales considerando como base el negro. Este proceso puede imaginarse como el traslape de 3 rayos de luz de colores rojo, verde y azul. La intensidad de los diferentes componentes de color determina tanto el tono como la iluminación de color resultante. El blanco y el gris o tonalidades de gris son producidos de igual manera a través de la combinación de los tres correspondientes colores primarios RGB. El modelo RGB forma un cubo, cuyos ejes de coordenadas corresponden a 3 colores primarios R, G y B. los valores RGB son positivos y sus valores se encuentran restringidos al intervalo de $[0, Vmax]$, en donde normalmente $Vmax=255$. Cada posible color C_i corresponde a un punto dentro del cubo RGB, con los componentes:

$$C_i = (R_i, G_i, B_i) \cdot V$$

Dónde: $0 \leq R_i, G_i, B_i \leq V_{max}$. Normalmente el intervalo de valores de los componentes de color es normalizado al intervalo [0, 1] como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Valores de las coordenadas en cubo de color

Punto	Color	R	G	B
N	Negro	0	0	0
R	Rojo	1	0	0
A	Amarillo	1	1	0
G	Verde	0	1	0
C	Cyan	0	1	1
B	Azul	0	0	1
M	Magenta	1	0	1
W	Blanco	1	1	1
K	Gris	0.5	0.5	0.5

Fuente: Cuevas et al., 2010

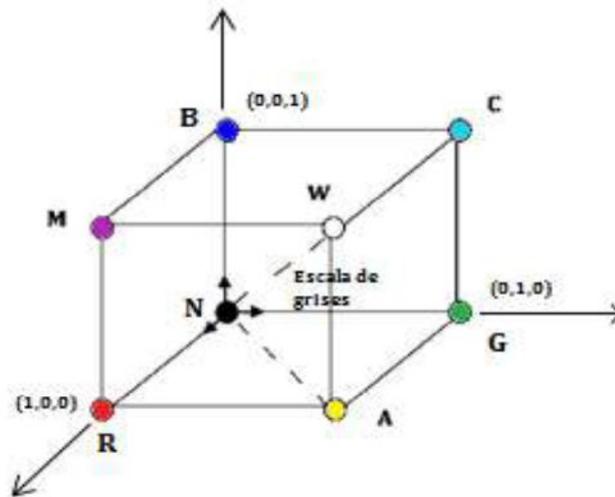


Figura 3 Cubo de color

Fuente: Cuevas et al., 2010

La Figura 3, representa el espacio de color RGB como cubo unitario. Los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) constituyen los ejes coordenadas. Los colores puros rojo (R), verde (G) y azul (B), cyan (C), magenta (M) y amarillo (A) se encuentran ubicados en las esquinas del cubo de color. Todos los valores de intensidad de grises, tal como (K) se ubican sobre la diagonal trazada de (N) a (W). (Cuevas et al., 2010)

b) Modelo de color $L^*a^*b^*$

El sabor, la textura, olor y el color son atributos que los consumidores tienen presente para evaluar la calidad de los alimentos al momento de adquirirlos. El cambio en el color en frutas y hortalizas está relacionado con reacciones entre sus componentes como clorofilas, carotenoides, antocianinas, o por reacciones

enzimáticas. Las reacciones de pardeamiento enzimático permiten el estudio de la evolución en el tiempo del cambio de color de un tejido vegetal por acción de la Polifenoloxidasa. De aquí, se deriva el cálculo de ciertos parámetros como L^* , a^* , b^* o la variación total del color (VTC), los cuales son útiles en la investigación del control del pardeamiento en frutas, al evaluar diferentes clases de antioxidantes.(Pérez, 2007).

El espacio de color tridimensional, CIE $L^*a^*b^*$ está definido por tres coordenadas L^* , a^* y b^* . L^* es el eje vertical y representa la medida de la luminosidad de un color, variando desde cero para un negro hasta 100 para un blanco (los colores fluorescentes pueden dar un valor de L^* mayor que 100). a^* es uno de los dos ejes horizontales y representa una medida del contenido de rojo o de un color verde. Si un color tiene rojo, a^* será positiva, mientras que si a^* es negativa entonces el color tendrá cierta cantidad de verde. b^* es el otro eje horizontal, perpendicular al eje a^* . Valores positivos de b^* indican contenido de amarillo, mientras valores negativos de b^* indican contenido de azul. (Mac Dougall, 2002)En la figura 4 se muestra gráficamente el espacio de color tridimensional CIE $L^*a^*b^*$

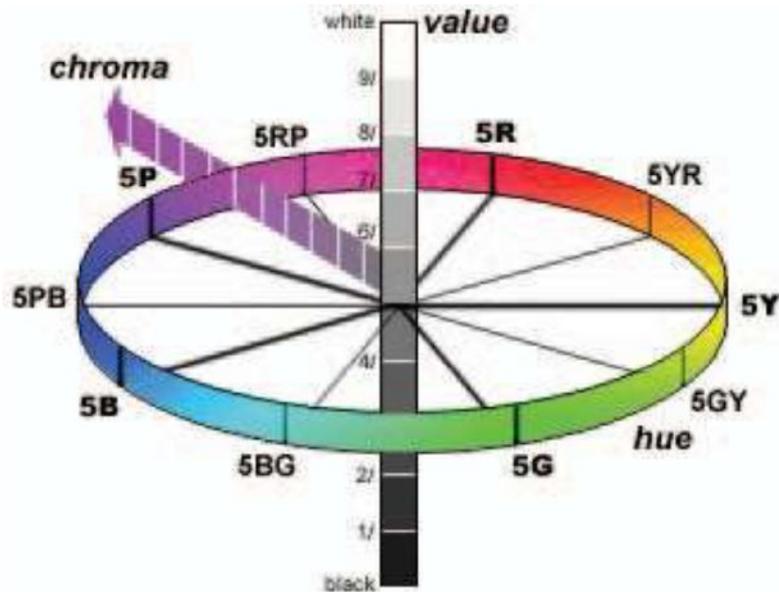


Figura 4 Espacio de color tridimensional CIE L*a*b*

Fuente: Sands 2007

2.3.13. Reacción de maillard

Es una compleja red de reacciones de cadenas químicas, responsables del aroma, color y sabor de alimentos tratados térmicamente; esta reacción se ve favorecida en la ausencia de oxígeno aunque su presencia no evita su desarrollo, es más consistente a pH neutro-básico, a actividades bajas e intermedias de agua a las condiciones de calentamiento suave. La RM. Ocasiona la oxidación de lípidos, también un reordenamiento de la glicosilamina. Las melanoidinas con compuestos aniónicos poliméricos marrones producidos por medio de la condensación de producto aminos de las etapas intermedios de la reacción de Maillard (Ruflán-Henares & Pastoriza, 2015)

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo es una investigación explicativa con un diseño Cuasi experimental el cual es una subdivisión del diseño experimental; por el motivo que se manipuló al menos una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Selección de pruebas estadísticas

La prueba estadística para cada uno de los objetivos específicos se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones.

En este diseño el valor de cada unidad experimental Y_{ij} se aplica según el siguiente modelo lineal (Ibañez, 2009).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array} \right.$$

Dónde:

Y_{ij} = Es una observación en la j -ésima unidad experimental sujeta al i -ésimo tratamiento.

τ_i = Es el verdadero efecto del i -ésimo tratamiento

μ = Es la media general poblacional o constante común.

ε_{ij} = Efecto verdadero de la j -ésima unidad experimental (replica), sujeta al i -ésimo tratamiento (error experimental).

En los casos que resultaron significativa la diferencia de medias, se efectuó la prueba de significación de rango múltiple de Tukey con un ($\alpha=0.05$)

3.2.2. Metodología

Para cumplir con los objetivos planteados se adoptó la metodología experimental que se muestra en la Figura 5.

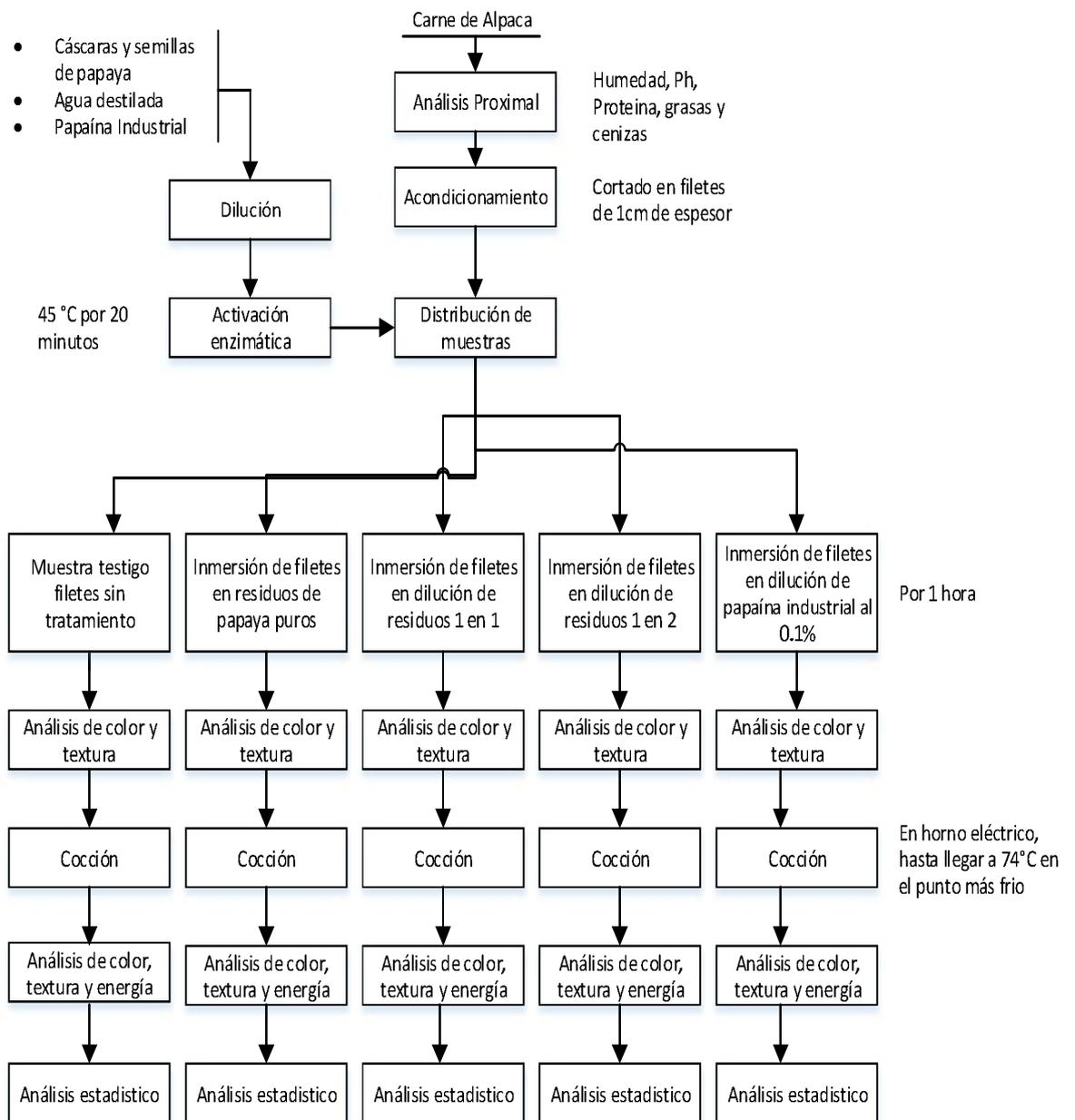


Figura 5 Descripción de la metodología

Fuente: propia

3.3. Población y muestra

La muestra que se utilizó fue de alpaca hembra con una dentición de cuatro dientes permanentes, de acuerdo al (INDECOPI, 2006) tiene una edad de 3,5 a 4,5 años de la raza huacaya con pH de 5,8; adquirido del fundo Aricoma del distrito de Ajoyani Provincia de Carabaya de la región de Puno Perú; este fundo es uno de los principales productores alpaqueros de dicha región.

Para las diluciones de papaya se obtuvieron residuos (cáscaras y semillas) de papaya verde variedad maradol o nacional de la planta piloto de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

La enzima papaína fue proporcionada por la compañía DSM Food Specialties, de Holanda, bajo el nombre comercial de COLLUPULIN® MG, el cual cumple con las especificaciones generales para el uso de las enzimas en los alimentos y cumple con los actuales estándares de la FDA de los Estados Unidos

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Técnicas

La técnica utilizada para esta investigación fue observación experimental, ya que se obtuvieron datos en condiciones controladas.

Para esta investigación se midió cuantitativamente la textura de la carne de alpaca adulta con la utilización de un texturómetro cuyas condiciones fue en modo de test normal, velocidad del test 10 mm/s que es la velocidad máxima del texturómetro, el parámetro de deformación fue de 5 mm y una sonda o terminal de penetración esférico de media pulgada de diámetro.

Para medir el cambio de color por efecto de los residuos de papaya se utilizó un sistema de adquisición de imágenes con sistema de iluminación estabilizado en formato jpg con una composición de colores Red Green Blue y por medio de ImageJ. Software; se convirtió a CIE $L^*a^*b^*$ luego se analizaron los parámetros de luminancia L^* , para ver cómo afectó la papaína residual, aclarando u oscureciendo el tratamiento; después se realizó el análisis de los cambios en la croma a^* y croma b^* para comparar los cambios de color en escalas de rojo, verde azul y amarillo respectivamente.

Para cuantificar el gasto de energía que se utilizó en la cocción de las muestras de carne de alpaca, se midió el tiempo que demora en considerarse coccionada la carne y se transformó a kilo watts por hora; el consumo que genera el horno eléctrico con respecto a tiempo; en este caso el horno marca Toshiba modelo HGR-200E con un consumo de 1200 W

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó los siguientes instrumentos:

3.4.1.1. Materiales

- 02 Tablas de picar
- 02 Cuchillos de acero inoxidable de 8 pulgadas
- 03 Pinzas
- 02 Recipientes de acero inoxidable de dos y cuatro litros
- 20 Vasos de precipitado de 40ml

3.1.2. Equipos

- Cámara fotográfica digital D7000 4F – S DX con objetivo micro de 40 mm marca Nikon
- Computador Intel (R) Core (TM) i7-2600 CPU @ 3,40 GHz.
- Sistema de iluminación. (LEDs ALGU103WCW de 3,1W 220V).
- Soportes y conexión eléctrica a la red de 220V.
- Soporte para la cámara.
- Calibre digital de 6" (150 mm) marca Stanley.
- Analizador de textura de pie marca Brookfield con sonda esférico de acero inoxidable de media pulgada de diámetro.
- Equipo de termocupla con sensor tipo k marca Arduino
- Horno eléctrico marca Toshiba modelo HGR-200E
- Estufa marca Binder modelo DIN 12880
- pH metro marca Hanna Instruments, modelo HI8424
- Licuadora marca Oster de 500W de potencia.

- Espectrofotómetro digital Thermo 20 Genesys, visible de 325 a 1100 NM

3.1.3. Software

- Software Matlab, versión 9,0 para el procesamiento de los datos obtenidos en el análisis de color
- Software Statgraphics Centurión XVI.I (Análisis Estadístico)
- Camera Control Pro 2 versión 2,8,001
- PowerFlow pro V1,2 Bld 20, para digitalizar los resultados de textura
- ImageJ. Software de procesamiento de imagen digital de dominio público

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Técnicas de procesamiento

Las técnicas para obtener los datos se muestran en la figura 5 de descripción de la metodología; a continuación se desarrollan cada una de ellas.

3.5.1.1. Análisis proximal

En el laboratorio de análisis de los alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA-Puno se realizaron estos análisis como

proteína, grasa, carbohidratos y cenizas, los resultados se encuentran en el Anexo 5.

3.5.1.2. Acondicionamiento

Acondicionamiento de la carne de alpaca: se trabajó con las piernas de alpaca donde se congelaron para realizar un corte más preciso de las muestras, con un espesor de 1cm, luego se realizaron cortes de filetes de 7cm por 3cm aproximadamente.

3.5.1.3. Residuos de papaya

Los residuos de obtuvieron de la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas de la UNAPuno, que constaban de semillas y cáscaras, estos se licuaron hasta obtener una pasta homogénea.

3.5.1.4. Dilución

La pasta de cáscaras y semillas se dividió en tres vasos de precipitado para realizar las diluciones; primero se dejó una muestra sin dilución, luego se hizo una muestra diluyendo dicha pasta 1 en 1, es decir 50% de residuos y 50% de agua destilada, la siguiente muestra se hizo con una dilución de 1 en 2 o lo que es 33,33% de residuos de papaya mezclados con 66,66% de agua destilada, la última muestra se realizó haciendo una dilución de papaína industrial con agua destilada hasta obtener una muestra con 0,1% de concentración de papaína.

3.5.1.5. Activación enzimática

La activación se realizó a 45°C en una estufa por 20 minutos, a las muestras de diluciones con residuos de papaya y a la de papaína industrial.

3.5.1.6. Inmersión de los filetes en las diluciones de papaya

Esta actividad se realizó por un tiempo de una hora donde todos los filetes de alpaca se sumergieron en los distintos tratamientos de las diluciones de papaya y papaína industrial, con respecto a la muestra testigo se le obvia esta operación unitaria.

3.5.1.7. Análisis de color

Se realizó en el laboratorio de Imágenes de la UNA-Puno con cámara fotográfica digital Nikon D7000 4F – S DX con objetivo micro de 40mm marca Nikon; se adquirieron las imágenes de los tratamientos sobre una base negra para su mejor contraste

3.5.1.8. Análisis de textura

Se trabajó en el laboratorio de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial donde se utilizó un analizador de textura de pie marca Brookfield con sonda esférica de acero inoxidable de media pulgada de diámetro con una

deformación de 5mm, carga de 10g, velocidad de prueba 10mm/s y los resultados se dieron mJ.

3.5.1.9. Cocción

Este proceso se realizó con horno precalentado a 200°C donde al centro del filete se le colocó una termocupla para tener la temperatura en el punto más frío y garantizar que el filete estuviera cocinado de manera homogénea para todos los tratamientos, la temperatura que se utilizó como referencia fue de 74°C que es la que garantiza que el colágeno que es la proteína de la carne más resistente a la desnaturalización o cocción se haya cocinado correctamente. Se tomó los datos de tiempo en llegar a cocinarse las carnes para determinar el gasto de energía que requiere el proceso.

3.5.1.10. Análisis de color, textura y gasto de energía

Luego de la cocción inmediatamente se realizaron las medidas de textura y de color, debido a que la textura varía considerablemente cuando la carne se enfría, luego se realizaron los análisis de color y textura, durante el proceso de cocción se midió el tiempo que cada tratamiento llegase a 74 °C para transformar el tiempo en energía por la potencia que tiene el horno.

3.5.1.11. Cuantificación de papaína en residuos de papaya

Este análisis se realizó en laboratorio de Análisis Bromatológico de la E.P de Ing. Agronómica de la UNA-Puno, utilizando la metodología 971,16 de la AOAC (Official Methods Analysis of AOAC International) por espectrofotometría a una longitud de onda de 280 nm

3.5.2. Análisis de datos

Los datos se analizaron con el Software Statgraphics Centurión XVI.I, los resultados estadísticos se muestran en el Anexo 1 de Resultados de la Investigación.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

Como parte de los resultados obtenidos en esta investigación se realizó un análisis de cuantificación de la presencia de papaína en la cascara y semillas de papaya por el método N° 971,16 de la A.O.A.C., teniendo como resultado que el 0,093% de los residuos de la papaya, contiene papaína, como se muestra en el Anexo 7.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, se detallan de acuerdo a los objetivos específicos:

4.1.1. Determinar el efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda y cocinada

Mediante el Software Statgraphics Centurión XVI.I se analizaron los datos obtenidos en el laboratorio respecto al efecto de los residuos de la papaya en la textura de la carne de alpaca en estado crudo y cocinado; obteniéndose los siguientes resultados:

4.1.1.1. Efecto de la papaína en la textura de la carne de alpaca cruda

Los datos obtenidos en el análisis de textura para las distintas muestras se ven en el anexo 1-a, donde se muestra los resultados en mili Joule (mJ).

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar la variación existente entre los distintos tratamientos con un nivel de significancia de ($P < 0,05$), este ANVA se encuentra en el anexo 2. Teniendo un P de 0,00; de lo que se concluye que hay diferencia altamente significativa en por lo menos uno de los tratamientos, además la figura 6 se aprecia la diferencia de medias y error estándar grupal de acuerdo a los tratamientos y para demostrar qué tratamientos son diferentes se realizó la prueba de Tukey al 95% de confianza que está en la Tabla

4

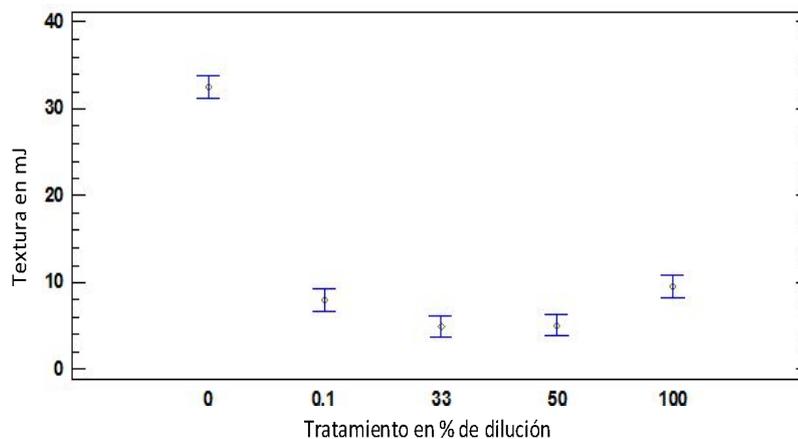


Figura 6 Gráfico de medias y errores estándar (s grupal) por niveles de textura de carne cruda

Tabla 5*Pruebas de rangos múltiples para textura con carne cruda, método de Tukey*

Tratamiento	Media	Grupos Homogéneos
33	4,85	X
50	5,1	X
0,1	7,98	X
100	9,57	X
0	32,54	X

Tabla 6*Diferencias estimadas entre cada par de medias*

Contraste	Sig.	Diferencia
0 - 0,1	*	24,55
0 - 33	*	27,69
0 - 50	*	27,44
0 - 100	*	22,96
0,1 - 33		3,13
0,1 - 50		2,88
0,1 - 100		-1,58
33 - 50		-0,25
33 - 100	*	-4,72
50 - 100	*	-4,47

* indica una diferencia significativa.

Con estos datos de la prueba de rangos múltiples se puede decir que el efecto de la papaína en la carne de alpaca es significativo en todos los tratamientos en comparación a la carne que no recibió tratamiento alguno,

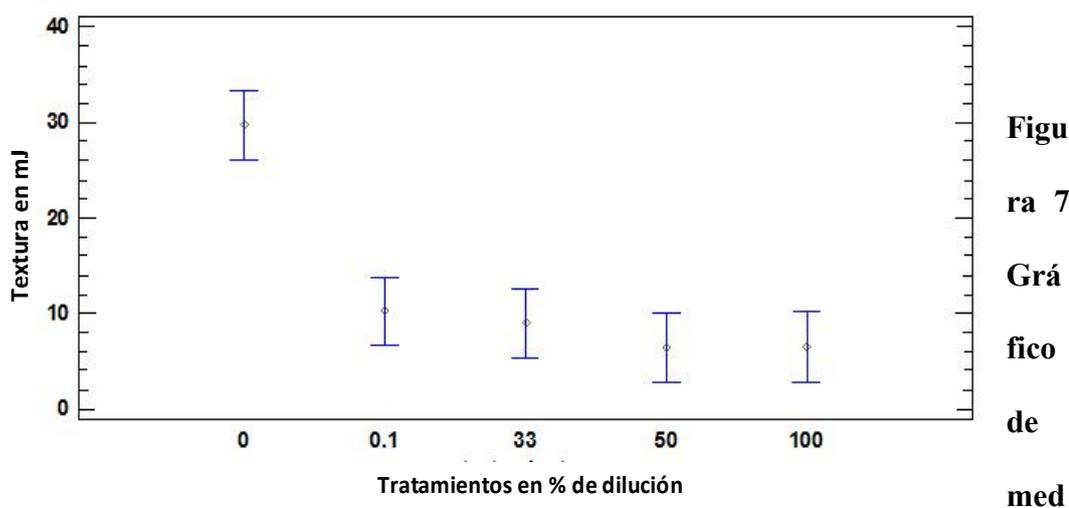
lográndose ablandar la carne de alpaca con la inmersión en residuos de papaya, (Heba H.S. Abdel-Naeem, 2016) también lograron el ablandamiento de carne de camello notándose una destrucción del tejido conectivo de esta carne.

Hay diferencia significativa en el tratamiento de residuos de papaya puro sin dilución, con los tratamientos de diluciones al 50% y 33%, que de acuerdo a los resultados experimentales vemos que los residuos de papaya puros no ablandaron la carne tanto como si lo hicieron las diluciones, que por estar más fluidas, penetraron mejor en el interior de la carne de alpaca, lo que al parecer no sucedió con los residuos puros sin dilución al tener una textura pastosa.

4.1.1.2. Efecto de la papaína en la textura de la carne de alpaca cocinada

Los datos obtenidos en el análisis de textura para los distintos tratamientos se ven en el anexo 1-b, donde se muestra los resultados en mili Joule (mJ).

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar la variación existente entre los distintos tratamientos con un nivel de confianza de 0,05%, este ANVA se encuentra en el Anexo 3. De lo que podemos interpretar que hay diferencia significativa en por lo menos unos de los tratamientos para lo que mostramos la figura 7 con la diferencia de medias y error estándar grupal y la prueba de Duncan al 95% de confianza para identificar que tratamiento es estadísticamente diferente a los demás.



ias y errores entandar (s grupal) por niveles de textura de carne cocinada

Tabla 7

Pruebas de rangos múltiples para textura para carne cocinada método: Tukey

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
50	6,40	X
100	6,46	X
33	8,96	X
0,1	10,22	X
0	29,76	X

Tabla 8***Diferencias estimadas entre cada par de medias***

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
0 – 0,1	*	19,54
0 – 33	*	20,80
0 – 50	*	23,36
0 - 100	*	23,30
0,1 - 33		1,26
0,1 - 50		3,82
0,1 - 100		3,76
33 - 50		2,56
33 - 100		2,5
50 - 100		-0,06

* indica una diferencia significativa.

Con estos datos podemos interpretar que todos los tratamientos de carne de alpaca cocinada al horno que contenían papaína ya sea pura o diluida no existe diferencia significativa entre sí, ya que al ser carne tenderizada la carne es más suave, y ninguno de los tratamiento de tenderización produjo un incremento en la suavidad de la carne que sea estadísticamente diferente con los demás; pero el tratamiento testigo si difiere significativamente de los otros tratamientos ya que cuando se cociona la carne de alpaca éste requiere de más energía para ser masticado; por consiguiente la papaína residual en sus distintas concentraciones si tiene efecto en la textura de la carne de alpaca cocinada. Además se puede comparar esta papaína residual proveniente de las cáscaras y semillas de papaya con la papaína industrial a una concentración de 0,1%; en cuanto a lo que reporta

(Cuentas, 2008) la concentración de 0,1% le dio los mejores resultados de tenderización en charqui de alpaca que 0,01% de concentración.

4.1.2. Determinar el efecto de la papaína residual en el cambio de color de la carne de alpaca cruda y cocinada

De acuerdo a la investigación realizada se obtienen resultados de las siguientes características:

4.1.2.1. Efecto de la papaína residual en el cambio de color de carne de alpaca cruda

Para este estudio del efecto en el cambio de color se hizo un análisis estadístico en cada componente de color por el método CIE $L^*a^*b^*$.

a). Efecto en (CIE L^*) de carne cruda

De acuerdo a los resultados Anexo 1-C y el análisis estadístico que se muestra en el anexo 3 con respecto al factor L^* (luminosidad) de las diferentes muestras de carne de alpaca cruda con y sin adición de papaína residual, no hay diferencia significativa entre ellas; al analizar los datos de L^* se tiene un promedio de 63,13, esto quiere decir que la muestra de carne en estudio es más clara en comparación a lo que reportan (Salvá et al., 2009) que dan un L^* de 36,17; haciendo un análisis de la diferencia de estos datos, (Salvá et al., 2009) las razones que causan diferencia en color de acuerdo a (Estrada, Figueroa, Figueroa, Hernández, &

Hernández, 2016) son: la raza, el genotipo, la dieta, el clima y otras condiciones de cría de los animales. En la Figura 8 se muestra la diferencia de medias y error grupal de los resultados experimentales.

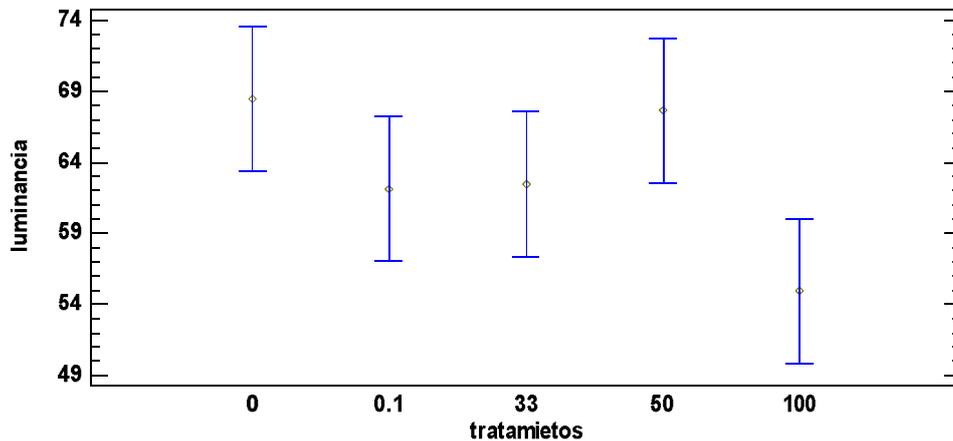


Figura 8 Gráfico de medias y errores estándar (s grupal) por niveles de CIE L* de carne cruda

b). Efecto en (CIE a*) de carne cruda

Los datos anexo 1-d, obtenidos del análisis de imágenes en la carne cruda de alpaca de la cromía a* o enrojecimiento y el ANVA del anexo 3-a, demuestran que si hay una diferencia altamente significativa en por lo menos uno de los tratamientos ya que el valor de P es de 0,0039; esta diferencia se demuestra en la Figura 9 que es una gráfica de diferencia de medias y error estándar grupal, además, se realizó una prueba de Tukey al 99% para diferenciar los tratamientos, los datos obtenidos son los siguientes:

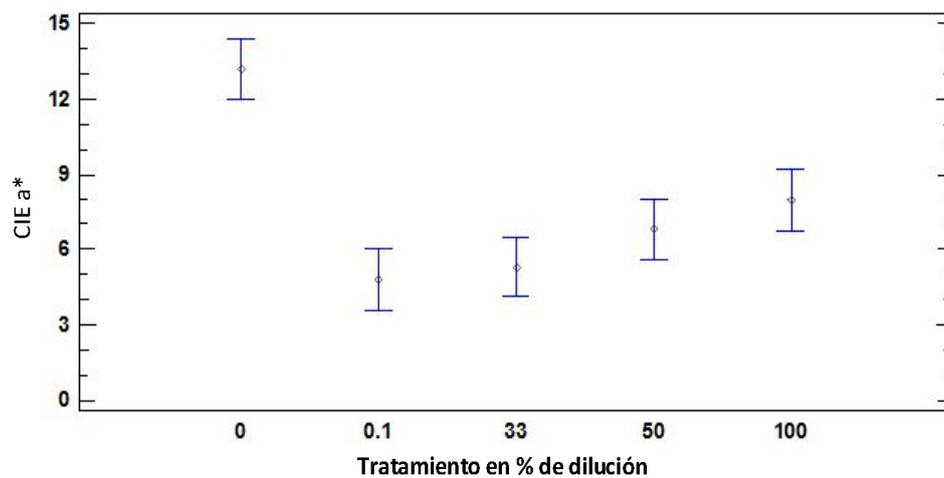


Figura 9 Medias y errores estándar (s grupal) por niveles de CIE a* o enrojecimiento de carne cruda

Tabla 9

*Tukey al 99% de confiabilidad del tratamiento carne cruda CIE a**

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
0,1	4,79695	X
33	5,29391	X
50	6,80023	X X
100	7,96863	X X
0	13,2009	X

Tabla 10

Diferencias estimadas entre cada par de medias

Contraste	Sig.	Diferencia
0 - 0,1	*	8,40391
0 - 33	*	7,90694
0 - 50	*	6,40062
0 - 100	*	5,23222
0,1 - 33		-0,496963
0,1 - 50		-2,00328
0,1 - 100		-3,17168
33 - 50		-1,50632
33 - 100		-2,67472
50 - 100		-1,1684

* indica una diferencia significativa.

Con estos datos se interpreta que la carne sin tratamiento difiere estadísticamente con las carnes con tratamiento en la intensidad rojiza con un enrojecimiento 7,6121 (Salvá et al., 2009) reporta en el mismo parámetro 15,05; esta diferencia está dada por las mismas razones que difieren en la luminosidad y porque los paquetes musculares de la alpaca tienen distintas tonalidades de rojo entre sí.

En el caso de las muestras tratadas con papaína si se ve que todos los casos se pierde la coloración rojiza, contrariamente con lo que reporta (Heba H.S. Abdel-Naeem, 2016) que en la carne de camello tratada con papaína no encuentra cambio significativo de la tonalidad de rojo.

c). Efecto en (CIE b*) de carne cruda

De los resultados del anexo 1-e, generan un ANVA que se encuentra en el anexo 3-c, del análisis de imágenes en la carne cruda de alpaca de la croma b* o amarillez; demuestran que si hay una diferencia significativa en por lo menos uno de los tratamientos como se demuestra en la Figura 10. Para lo que se realizó una prueba de Tukey al 95% de confianza para diferenciar los tratamientos, los datos obtenidos son los siguientes:

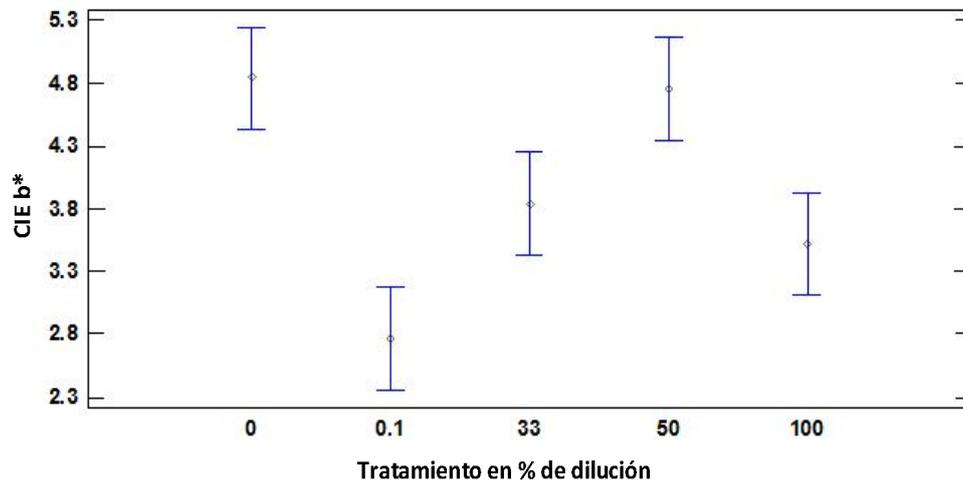


Figura 10 Medias y errores estándar (s grupal) por niveles de CIE b* o amarillez de carne cruda

Tabla 11

*Tukey al 95% de confiabilidad del tratamiento carne cruda CIE b**

Tratamientos	Media	Grupos Homogéneos
0,1	2,76	X
100	3,52	X X
33	3,84	X X
50	4,75	X
0	4,84	X

Tabla 12

Diferencias estimadas entre cada par de medias

Contraste	Sig.	Diferencia
0 – 0,1	*	2,08
0 – 33		1,00
0 – 50		0,09
0 - 100		1,32
0,1 - 33		-1,08
0,1 - 50	*	-1,99
0,1 - 100		-0,76
33 - 50		-0,91
33 - 100		0,32
50 - 100		1,23

* indica una diferencia significativa.

De esta prueba se interpreta que la muestra con dilución de papaína industrial al 0,1% de concentración difiere significativamente con las muestras de residuos de papaya puros y con la dilución de residuos de papaya al 50%; al observar los datos experimentales del anexo 1 se aprecia que los tratamientos con residuos de papaya puros y los diluidos al 50% tiene una mayor intensidad en el color amarillo que la muestra con papaína industrial. Al comparar los resultados con los de (Salvá et al., 2009) que tiene como dato de la croma b* 1,16; y el promedio de esta investigación en el factor croma b* es de 3,945 se diría que la

muestra del músculo de la presente investigación es más intenso en la tonalidad amarilla. Sin embargo (Heba H.S. Abdel-Naeem, 2016) no reportan diferencia en la carne de camello en la amarillez de las muestras con y sin adición de papaína.

4.1.2.2. Efecto de la papaína residual en el cambio de color de carne de alpaca cocinada

Para este estudio del efecto en el cambio de color en la carne de alpaca cocinada, se hizo un análisis estadístico en cada componente de color por el método CIE $L^*a^*b^*$.

a). Efecto en (CIE L^*) o luminancia de carne cocida

Los datos obtenidos en el ANVA del análisis de imágenes en la carne cocinada de alpaca del factor Luminancia L^* , demuestran que si hay una diferencia significativa en por lo menos uno de los tratamientos anexo 3-d. Para lo que se muestra la Figura 11 de gráfica de medias y error estándar grupal además se realizó una prueba de Tukey al 95% de confianza para diferenciar los tratamientos, los datos obtenidos son los siguientes:

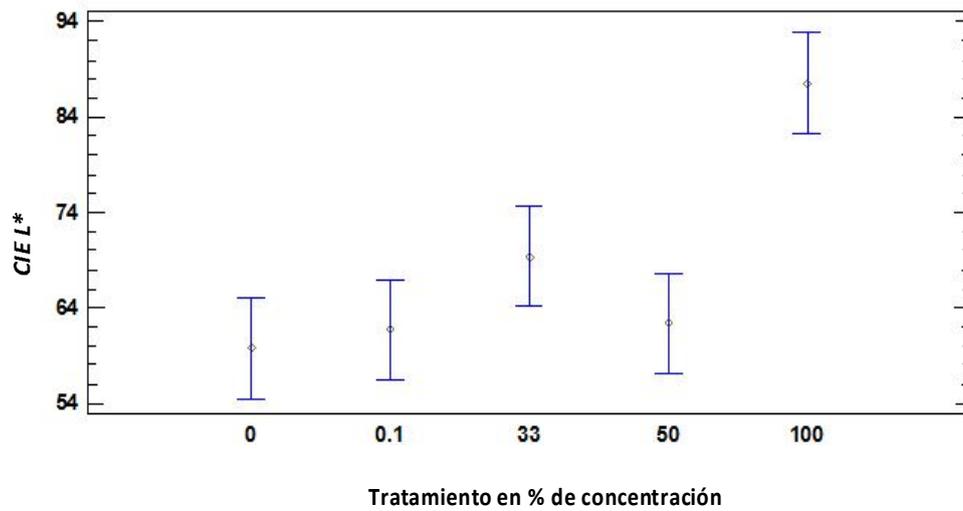


Figura 11 Medias y errores estándar (s grupal) por niveles de CIE L* de carne cocida

Tabla 13

*Tukey al 95% de confiabilidad del tratamiento de carne cocida en el factor CIE L**

tratamiento	Media	Grupos Homogéneos
0	59,75	X
0,1	61,70	X
50	62,40	X
33	69,40	X X
100	87,61	X

Tabla 14

Diferencias estimadas entre cada par de medias

Contraste	Sig.	Diferencia
0 – 0,1		-1,96
0 – 33		-9,65
0 – 50		-2,65

0 - 100	*	-27,86
0,1 - 33		-7,69
0,1 - 50		-0,69
0,1 - 100	*	-25,90
33 - 50		7,00
33 - 100	*	-18,21
50 - 100	*	-25,21

* indica una diferencia significativa.

Estos datos se compararon con los datos obtenidos en el experimento donde se aprecia que la muestra con 100% de papaína residual tiene mayor luminosidad que cualquier tratamiento e incluso con el tratamiento testigo sin papaína. Lográndose tener un filete cocinado más brillante y más claro con respecto a los demás; según reporta (Estrada et al., 2016) los valores de luminancia en carnes cocidas dependen por el pH relacionadas con la retención de líquidos, la orientación de la fibras y la presencia de grasa y colágeno en la carne

b). Efecto en (CIE a*) o enrojecimiento de carne cocinada

De los datos del anexo 1-g, se genera el ANVA del análisis de imágenes en la carne cocinada de alpaca de la croma a*, anexo 3-e, demuestran que no hay una diferencia significativa en entre los tratamientos, a una confianza de 95% podemos decir que luego de la cocción realizada a la carne de alpaca la aplicación de papaína no varía significativamente en las tonalidades rojas, además en la figura 12 se muestra la media de errores estándar grupal.

La diferencia en la tonalidad de rojos con entre las muestras cocidas y crudas, se basa sobre todo cuando los productos cárnicos se someten a un tratamiento térmico superior de 50 a 60°C desnaturalizándose el hemocromógeno de la mioglobina que inicialmente fue de color rosado, pero cuando la carne es expuesta a altas temperaturas hasta llegar a una cocción completa o cuatro cuartos, como es el caso de esta investigación se forma una costra seca y tonalidades marrón generadas por la reacción de Maillard (Ruflán-Henares & Pastoriza, 2015)

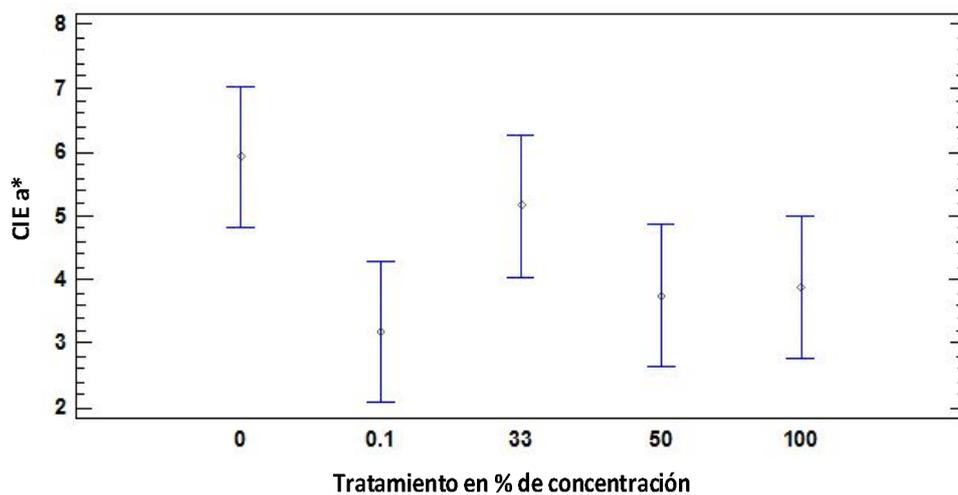


Figura 12 Medias y errores estándar (s grupal) por niveles de CIE a* de carne cocinada

c). Efecto en (CIE b*) de carne cocinada

De los datos obtenidos en el anexo 1-h, se genera el ANVA del anexo 3-f, del análisis de imágenes en la carne cocinada de alpaca de la croma b* del que indica que hay una diferencia altamente significativa en por lo menos uno de los tratamientos debido a que se tiene un valor de $P=0,0077$, en la Figura 13 se ve las medias y errores estándar agrupados; además se realizó una prueba de Tukey al

99% de confianza para diferenciar los tratamientos, los datos obtenidos son los siguientes:

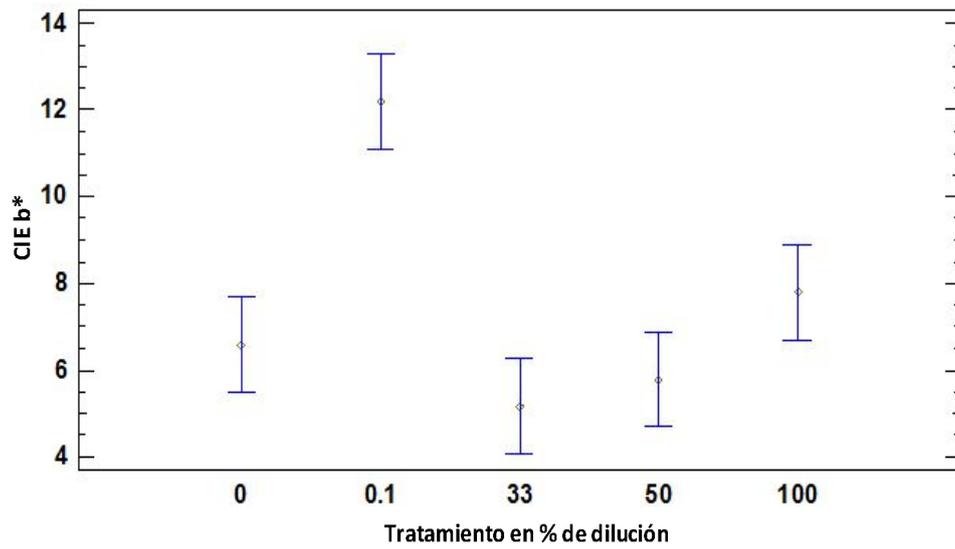


Figura 13 Medias y errores estándar (s grupal) por niveles de CIE b* de carne cocinada

Tabla 15*Tukey al 95% de confiabilidad del tratamiento carne cruda CIE b**

Tratamiento	Media	Grupos Homogéneos
33	5,16385	X
50	5,77912	X X
0	6,58235	X X
100	7,80255	X X
0,1	12,1986	X

Tabla 16*Diferencias estimadas entre cada par de medias*

Contraste	Sig.	Diferencia
0 - 0,1	*	-5,62
0 - 33		1,42
0 - 50		0,80
0 - 100		-1,22
0,1 - 33	*	7,03
0,1 - 50	*	6,42
0,1 - 100	*	4,40
33 - 50		-0,62
33 - 100		-2,64
50 - 100		-2,02

* indica una diferencia significativa.

De esta prueba se interpreta que la muestra con dilución de papaína industrial al 0,1% de concentración, difiere significativamente con todas las muestras tratadas con y sin papaína, al ver los datos de la croma b* o amarillez de la carne cocida del anexo1 se diferencia los datos con papaína industrial que tiene

mayor intensidad en la coloración amarilla de la carne cocinada y al ver las fotos de los distintos tratamientos se aprecia que estas muestras están más doradas formando costra.

4.1.3. Determinar el efecto de la papaína residual en el consumo de energía de la cocción de carne de alpaca

De los datos obtenidos del Anexo 4 del análisis de varianza del consumo de energía, se aprecia que hay una diferencia altamente significativa en por lo menos uno de los tratamientos y el consumo de energía en kilo Watts por hora, en la figura 14 Se aprecia la diferencia de medias y error estándar grupal, para demostrar que tratamiento es diferente se realizó la prueba de Tukey al 99% de confianza, la que se encuentra en la Tabla 17

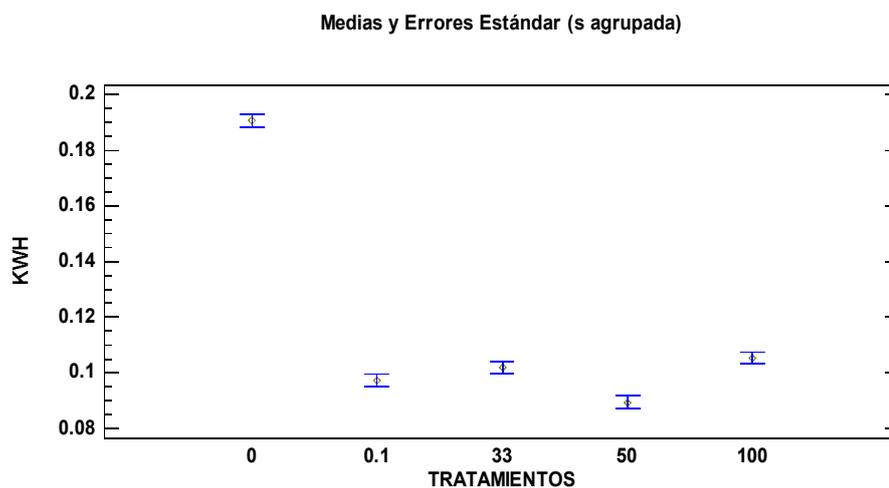


Figura 14 Gráfico de medias y error estándar (s grupal) por niveles de consumo de energía en la cocción de la carne de alpaca tenderizada

Tabla 17

Pruebas de rangos múltiples para consumo de energía en la cocción de la carne por método de Tukey al 99% de confianza

Tratamiento	Media	Grupos Homogéneos
50	0,089	X
0,1	0,097	X
33	0,102	X X
100	0,105	X
0	0,191	X

Tabla 18

Diferencia estimada entre cada par de medias

Contraste	Sig.	Diferencia
0 – 0,1	*	0,09
0 – 33	*	0,09
0 – 50	*	0,10
0 - 100	*	0,09
0,1 - 33		-0,00
0,1 - 50	*	0,01
0,1 - 100	*	-0,01
33 - 50	*	0,01
33 - 100		-0,00
50 - 100	*	-0,02

* indica una diferencia significativa.

Con estos datos de rango múltiple y la figura 14 de medias y errores y el ANVA del Anexo 4, se puede decir que el efecto de la papaína en el consumo de energía en la cocción de carne de alpaca es altamente significativo en todos los tratamientos con respecto a la muestra patrón sin tratamiento, pero de acuerdo a la tabla 17 prueba de rangos múltiple de Tukey, el tratamiento que tubo los mejores resultados en cuanto ahorro de energía en la cocción de carne de alpaca fue la que tenía una concentración del 50% de residuos de papaya, probablemente debido a su fácil contacto con la carne, alta concentración de la enzima papaína y fresca de la misma en comparación a las otras muestras; estos datos son inéditos para poderlos comparar con otros estudios en cuanto al ahorro de energía en carnes tenderizadas, lo que demuestra que se puede generar procesos e industrias limpias en la cocción de carnes reduciendo la huella de carbono en la cocción de carnes. En la tabla 19 se observa el poder calorífico de diferentes fuentes de energía que en el proceso de combustión generan gases invernadero, lo que de acuerdo a estos resultados se evitarían hasta en un 50%

Tabla 19

Poder calorífico de combustibles más comunes en la industria

Combustible	Poder calorífico
Petróleo diesel	8500 a 10500 Kcal/litro
Alquitrán combustible	9000 a 10000 Kcal/litro
Carbon de piedra	6500 a 7100 Kcal/kg
Leña	3000 a 3700 Kcal/kg
Basura o desperdicios domesticos	1800 a 2200 Kcal/kg
Gas licuado de petroleo	11500 a 12000 kcal/m ³

Fuente: (Abarca Bahamondes & Dümmer Oswald, 2017)

4.2. Contrastación de hipótesis

De acuerdo a las hipótesis planteadas en esta investigación, se puede decir:

De la primera hipótesis derivada se consideró la Hipótesis alternativa la cual dice: H_1 Existe efecto de la papaína residual en la textura de la carne de alpaca cruda o cocida; al hacer la contrastación con los resultados obtenidos podemos decir que realmente si existe diferencia significativa entre las carnes que recibieron tratamiento con papaína residual en sus diferentes concentraciones y la papaína industrial al 0.1% con respecto al tratamiento control. Por lo que la hipótesis alternativa fue la correcta.

De la segunda hipótesis derivada se consideró la Hipótesis alternativa la cual dice: H_1 Existe efecto de la papaína residual en el color de la carne de alpaca cruda o cocida; para dicho estudio de color se utilizó la metodología CIE $L^*a^*b^*$, para lo que se analizó cada uno de los parámetros, en el análisis de la carne cruda se aprecia que hay diferencia con la muestra patrón en el parámetro CIE a^* lo que quiere decir que esta muestra tiene una tonalidad rojiza más intensa; con lo que se puede concluir que la hipótesis alternativa para carne cruda, es correcta. En caso de los tratamientos con carne cocinada se considera la Hipótesis nula, ya que no existe efecto de la papaína residual en el color de la carne de alpaca cocinada, el cambio de coloración en estas muestras dependerán sobre todo por la reacción de

Maillard que ejerce la cocción de la carnes cuando son horneadas como es el presente caso.

En la tercera hipótesis se considera como certera la hipótesis derivada que dice: existe efecto de la papaína residual en el consumo de energía para la cocción de carne de alpaca, denostándose que la carne tenderizada con papaína residual se cocina más rápidamente y por ende requiere menos energía en la cocción.

4.3 Discusión de resultados

En el caso de la textura de la carne de alpaca se puede decir que el efecto de la papaína en la carne de alpaca es significativo en todos los tratamientos en comparación a la carne que no recibió tratamiento alguno, lográndose ablandar la carne de alpaca con la inmersión en residuos de papaya, (Heba H.S. Abdel-Naeem, 2016) también lograron el ablandamiento de carne de camello notándose una destrucción del tejido conectivo de esta carne.

En la textura de la carne de alpaca cocida todos los tratamientos tenderizados ablandaron la carne como también reportó (Cuentas 2008) que su mejor tratamiento para ablandar carne de alpaca en charqui fue a concentraciones de 0,1%

con respecto al factor L^* (luminosidad) de las diferentes muestras de carne de alpaca cruda con y sin adición de papaína residual, no hay diferencia significativa entre ellas; al analizar los datos de L^* se tiene un promedio de 63,13,

esto quiere decir que la muestra de carne en estudio es más clara en comparación a lo que reportan (Salvá et al., 2009) que da un L^* de 36,17; haciendo un análisis de la diferencia de estos datos, (Salvá et al., 2009) las razones que causan diferencia en color de acuerdo a (Estrada et al., 2016) son: la raza, el genotipo, la dieta, el clima y otras condiciones de cría de los animales. En la Figura 8 se muestra la diferencia de medias y error grupal de los resultados experimentales. Los resultados de color rojo en el caso de las muestras tratadas con papaína si se ve que todos los casos se pierde la coloración rojiza, contrariamente con lo que reporta (Heba et al., 2016) que en la carne de camello tratada con papaína no encuentra cambio significativo de la tonalidad de rojo.

Al comparar los resultados de la croma b^* con (Salvá et al., 2009) que tiene como dato de la croma b^* 1,16; y el promedio de esta investigación en el factor croma b^* es de 3,945 se diría que la muestra del músculo de la presente investigación es más intenso en la tonalidad amarilla. Sin embargo (Heba et al., 2016) no reportan diferencia en la carne de camello en la amarillez de las muestras con y sin adición de papaína.

En la carne de alpaca cocida se encontró diferencia (Estrada et al., 2016) reporta que los valores de luminancia en carnes cocidas dependen por el pH relacionadas con la retención de líquidos, la orientación de la fibras y la presencia de grasa y colágeno en la carne. En caso del enrojecimiento de las carnes cocidas, no existe diferencias ya que éstas forman una costra marrón generadas por la reacción de Maillard (Ruflán et al., 2015); solo en el caso de la croma b^* el

tratamiento con papaína industrial diluida al 0,1% tiene una mayor intensidad en el tono amarillo de las muestras.

El efecto de la papaína en el consumo de energía en la cocción de carne de alpaca es significativo en todos los tratamientos con respecto a la muestra patrón sin tratamiento, pero el tratamiento que tubo los mejores resultados en cuanto ahorro de energía en la cocción de carne de alpaca fue la concentración del 50% de residuos de papaya, estos datos son inéditos para poderlos comparar con otros estudios en cuanto al ahorro de energía en carnes tenderizadas, lo que demuestra que se puede generar procesos e industrias limpias en la cocción de carnes reduciendo la huella de carbono en la cocción de carnes.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Primera: Los residuos de papaya verde (cáscaras y semillas) si tiene un efecto en la textura de la carne de alpaca en comparación con la muestra control, ablandándola significativamente cuando la carne esta cruda y también cuando esta cocida, no habiendo una diferencia significativa entre las diluciones de los residuos de papaya con la papaína industrial en concentraciones de 0,1%

Segunda: El color de la carne de alpaca varía cuando se le aplica tratamientos de inmersión en residuos de papaya verde (cáscaras y semillas) ya sea en muestras crudas como en cocidas; en el parámetro CIE L* de luminosidad en los tratamientos con carne cruda no existió diferencia significativa, pero estas mismas muestras difieren cuando están cocinadas con el tratamiento de residuos de papaya pura que resulto ser más luminosa o más clara con respecto a los demás como se muestra en el anexo 4. En el parámetro CIE a* se vio una diferencia significativa de las muestras que recibieron tratamiento con papaína comparándola con la muestra patrón que resultó tener mayor intensidad en el color rojo cuando

la carne está cruda; no sucede lo mismo cuando está cocinada ya que todos los tratamientos no difieren entre sí. En el parámetro CIE b^* la muestra de papaína industrial tiene una tonalidad amarilla inferior a los otros tratamientos cuando la carne está cruda, pero cuando se cocinan el color amarillo es mucho más intenso que las demás muestras debido a que comienza a formar costra como se ve en el anexo 5.

Tercera: En conclusión el efecto que genera la papaína residual en el color de la carne de alpaca cruda es en el parámetro CIE a^* , teniendo la muestra control una mayor intensidad en la coloración roja de la carne, en comparación con las muestras tratadas con papaína. En las muestras cocinadas al horno, no se vieron diferencias significativas debido a que en el proceso de cocción el efecto de la coloración es más intensa por las reacciones de Maillard que el efecto causante por la papaína.

Cuarta: des del punto de vista ambiental este es el aporte más significativo, demostrándose que se puede reducir significativamente el consumo de energía en un promedio del 50% al cocinar carnes tenderizadas con papaína residual, reduciendo también la contaminación generada por el hombre en el consumo de sus alimentos. Teniendo como mejor tratamiento la concentración al 50% de residuos de papaya diluidos en agua.

5.2 RECOMENDACIONES

Primera: Hacer estudios del efecto tenderizante del papayuelo (*Vasconcellea pubescens*) en la tenderización de carnes de consumo masivo.

Segunda: Realizar estudios de la conductividad térmica en carne tenderizada, ya que en esta investigación se pudo observar que la carne tratada con papaína de residuos disminuye considerablemente el tiempo de cocción, esto generaría procesos más eficientes en el consumo de energía, propiciando el uso de tecnologías limpias en el ramo de la industria de los alimentos, y emanando menor cantidad de gases por cocción de carnes.

Tercero: Debido a que los residuos de papaya tiene un pH 6.8 y la relación C/N de 5,9 se recomienda enriquecer los residuos con alguna fuente alta den carbohidratos para destinarlos a la producción de gas metano o de compostaje.

Cuarto: hacer un estudio de las carnes tenderizadas en la industria de los enlatados, debido a la gran cantidad de energía que esta industria requiere, incentivando el uso eficiente de los recursos energéticos en la industria alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca Bahamondes, P., & Dümmer Oswald, W. (17 de 11 de 2017). *Potencia y Rendimiento de la Caldera*. Obtenido de ACHS: <http://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/potencia-y-rendimiento-de-la-caldera.pdf>

Abramoff, M., Magelhaes, P., & Ram, S. J. (2004). *Image processing with image*. Biophotonics. Recuperado el 2015

Aréstegui, D. (2005). Alpaca and vicuña General perspectives In Proceedings. *ICAR/PAO Technical series*(11), 31-36.

Balaguer, N., Fito, P. J., & Castro, M. (2012). *tesis de maestria Study of cooking process in ham by termography and dielectric spectroscopy*. Valencia: Instituto Universitario de Ciencia e Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/28123/Tesina_final_Nuria_020712%5B1%5D_versi%C3%B3n%20imprimir.pdf?sequence=1

Barrera, L. (2010). *Desarrollo e implementación de algoritmos para el sistema de percepción y localización de los robots bogobots*. Instituto tecnológico y estudios superiores de Monterey, Atisápan de Zaragoza.

- Bernnan, J. (2008). *Manual de procesos de los alimentos*. Zaragoza España: Acribia S. A.
- Betim Cazarin, C. B., Carielo Lima, G., Silva, J., & Maróstica, R. (2016). Enzymes in Meat Processing. En M. Chandrasekaran, *Enzymes in Food and Beverage Processing* (pág. 538). New York: CRC Press.
- Bezzo, E., Bermejo, A., Cozza P., Fiora, J., Gil, S., Maubro, M., & Prieto R. (2010). Impacto de los consumos pasivos en artefactos a gas en el consumo de energía. *Congreso Muldial de la Energía* (págs. 1-9). Buenos Aires: Congreso Muldial de la Energía.
- Boatella, J., Condony, R., & López, P. (2004). *Química y bioquímica de los alimentos II*. barcelona: Ed. Universitaria Bareclona.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climatico: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*, 8(10), 1-12. Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
- Castleman, K. R. (1996). *Digital imaging processing englewood cliffs*. New Jersey: Prentice-Hall.

Cheng-Jin, D., & Da-Wen, S. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 230-249. doi:10.1016/j.tifs.2003.10.006

CODEX, ALIMENTARIUS. (1992). *PAPAIN*. Obtenido de <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-302.pdf>

CONACS, C. N. (2005). Plan estratégico nacional de camélidos sudamericanos. Lima, Perú: CONACS.

Cruz, A., Cervantes, I., Burgos, A., Morante, R., & Gutiérrez, J. (2015). Estimation of genetic parameters for reproductive traits in alpacas. *Animal Reproduction Science*(163), 48-55. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.09.017>

Cuentas, C. (2008). *Efecto de la papaina en el proceso de obtención de charqui a partir de carne de alpaca*. Puno: Tesis de Grado Universidad Nacional del Altiplano.

Cuevas, E., Zalvivar, D., & Pérez, M. (2010). *Procesamiento digital de imágenes usando MATLAB y Simulink*. México DF.: Alfaomega Grupo Editorial.

Definición.de. (12 de 3 de 2016). *definición.de*. Obtenido de [definicion.de](http://definicion.de/concentracion/): <http://definicion.de/concentracion/>

- Estrada, J., Figueroa, K. A., Figueroa, B., Hernández, F., & Hernández, A. S. (2016). Microstructure and physical changes in the Mexican cooked lamb meat barbacoa made with chilled and frozen meat. *Meat Science*, *118*, 122-128. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.001>
- Fairfield, T. (2006). The politics of livestock sector policy and the rural poor in Peru. *Food and Agriculture Organization - Animal Production and Health Division*(32), 70.
- García, G., Quintero, R., & López, M. (1993). *Biotechnología Alimentaria*. Mexico: Limusa.
- Gerelt, B., Ikeuchi, Y., & Suzuki, A. (Noviembre de 2000). Meat tenderization by proteolytic enzymes after osmotic dehydration. *Meat Science*, *56*(3), 311-318. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00060-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00060-7).
- Goeminne, P., Adams, E., Deschepper, K., Valcke, Y., & Nmery, B. (2013). PAPAINE-INDUCED ASTHMA: A MAN WITH DYSPNEA FROM DAWN TILL DUST. *Acta Clinica Belgica*, 132-4.
- Gonzalez, R., & Woods, R. (1996). *Tratamiento digital de imágenes*. Washington: Addison-Wesley Publishing Co.
- Guerra, S. R. (2015). *Gestión de Residuos y Sub Productos Agroindustriales*. Puno: E&B Concepto Industria Gráfica.

- Gutiérrez, G., & Velásquez, V. (2009). *Determinación del efecto de maduración de la lechosa (carica papaya) sobre la concentración de papaína*. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta.
- Ha, M., Bekhit, A. E.-D., Carne, A., & Hopkins, D. L. (2012). Characterisation of commercial papain, bromelain, actinidin and zingibain protease preparations and their activities toward meat proteins. *Jurnal Food Chemistry*, *134*(1), 95-1005. doi:10.1016/j.foodchem.2012.02.071
- Hack, W. (2001). The Peruvian alpaca meat and hide industries – A travel report, Publication. *Rural Industries Research & Development Corporation (RIRDC)*, *1*(19), 11.
- He, Z., Li, H., Shang, Y., Xia, Y., & Xiao, X. (2013). *China Patente n° C2014k59384*.
- Heba H.S. Abdel-Naeem, H. M. (agosto de 2016). Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. *Meat Science*, *118*, 52-60. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.021.
- Ibañez, V. (2009). *Análisis y diseño de experimentos*. Puno: Ed. Universitaria.
- Instituto Nacional de Defensa de la de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2006). Carne y productos cárnicos

Charqui, requisitos. Lima, Perú: INDECOPI. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=WnXL78pKPjoc&printsec=frontcover&dq=alpaca&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjg74flk7DLAhUM6SYKHVt_CCEQ6AEIHTAA#v=onepage&q=alpaca&f=false

Ionescu, A., Aprodu, I., & Pascaru, G. (2008). Effect of papain and bromelin on muscle and collagen proteins in beef meat. *ProQuest Engineering Collection*, 9-16. Recuperado el febrero de 2015, de <http://ezproxy.concytec.gob.pe:2178/docview/33702507?accountid=170233>

Ledesma, E., Laca, A., Rendueles, M., & Díaz, m. (2016). Texture, colour and optical characteristics of a meat product depending on smoking time and casing type. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 164-172. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.077>

Leigh Boardman, J. G. (2015). Physiological and molecular mechanisms associated with cross tolerance between hypoxia and low temperature in *Thaumatotibia leucotreta*. *Journal of Insect Physiology*, 82, 75-84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.09.001>

Mac Dougall, D. B. (2002). *Colour measurement of food*. Boca Raton: CRC Press.

Marco Brown, O., & Reyes Gil, R. (2015). Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. *Interciencia*, 1844. Obtenido de http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38561042/Interciencia_-_Tecnologias_limpias_aplicadas_a_la_agricultura.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1481003998&Signature=lz8guTfyRxx8H4D2jCRYFduu2mA%3D&response-content-disposition=inline%3

Medina, W., Skurys, O., & Aguilera, J. (marzo de 2010). Study on image analysis application for identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) geographical provenance. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 238-246. doi:10.1016/j.lwt.2009.07.010

Merce Conangla, M., & Jaume Soler, L. (2009). *La ecología emocional*. España: AMAT.

Mery, D., & Pedreschi, F. (2005). segmentation of colour food imagenes using a roust algorithm. *journal of food engineering*, 66, 353-360.

Miyada, D. S., & Tappel, A. (1956). Meat Tenderization: Two mechanical devices for measuring texture. *Food Technology*, 10, 142-145.

Miyada, D. S., & Tappel, A. L. (1956). Meat Tenderization: Two mechanical devices for measuring texture. *Food Technology*, 10, 142-145.

- Morioka, A. (2008). *Color Design Workbook: A Real World Guide to Using Color in Graphic Design*. Rockport Publishers. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=xsBc9kzVVQUC>
- Neely, C., Taylor, O., Prosser, F., & Hamlyn. (2001). Alpaca and llama meats from the statistical analysis of data collected using an electronic nose. *Meat Science*, 58.
- Niinimäki, A., Reijula, K., Pirila, T., & Koistinen, A.-M. (1993). Papain-induced allergic rhinoconjunctivitis in. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 93(3), 492-493. doi:10.1016/0091-6749(93)90129-4
- Oyagüe, J. M., Salvá, B. K., Ramos, D. D., Canales, I. C., Prieto, a. E., & González, A. E. (2010). *Características de la Carne de Alpaca y Procesamiento de Charqui en los Departamentos de Puno y Cusco (Perú)*. (B. Salvá, Ed.) León, España: Gráficas Celarayn S.A.
- Pérez, M. B. (2007). *Frutas y hortalizas cortadas en fresco*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez, K., & Cruz, V. (2007). Cinéticas Enzimáticas de Actividades Proteolíticas de Productos Utilizando Latex de Papaya (Carica Papaya) Para Lograr el Ablandamiento de la Carne. En J. Judith (Ed.), *XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*. Morelia: Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos. ENCB-IPN.

Prol. de Carpio y Plan de Ayala, Col. Sto. Tomás, México D.F., CP.
11340.

Rašković, B., Popovic, M., Ostojić, S., Anđelković, B., Tešević, V., & Polović, N. (2015). Fourier transform infrared spectroscopy provides an evidence of papain denaturation and aggregation during cold storage. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 150, 238-246. doi:10.1016/j.saa.2015.05.061

Raventós, M. (2010). *Industria alimentaria, Tecnologías emergentes*. Cataluña: Unve. Politénica de Cataluña.

Riofrio, A., Carrión, D., Orozco, M., Vaca, D., & Martinez, J. (2014). ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN PROCESOS DE COCCIÓN. *VIII congreso latinoamericano de ingeniería mecánica* (págs. 304-314). Cuenca: COLIM. doi:10.13140/RG.2.1.1487.6885

Rodriguez, C. Y. (2012). *Identificación de la microflora bacteria ruminal de la Alpaca (Vicugna pacos) mediante análisis del gen 16S RNDA*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, E.A.P. de Medicina Veterinaria. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3966/1/Rodriguez_wc.pdf

- Rosenthal, A. (2001). *Textura de los alimentos medida y percepción*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Ruflán-Henares, J., & Pastoriza, S. (2015). *Encyclopedia of Food and Health* (Vol. 3). (B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá, Edits.) Amsterdam: Elsevier.
- Salvá, B., Zumalacárregui, J., Figueira, A., & Osorio, M. (2009). Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru. *En Juornal Meat Science*, 82(4), 450-455. doi:10.1016 / j.meatsci.2009.02.015
- Sancho, J., Bota, E., & Castro, J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Cataluña: Universitaria de Barcelona España.
- Sands, S. (16 de enero de 2007). *Just Paint The Nomenclature of Color*. Obtenido de Just Paint The Nomenclature of Color: <http://oldsite.goldenpaints.com/justpaint/jp16article1.php>
- Sanz, J. C., & Gallego, R. (2001). *Diccionario Akal del Color*. Ediciones AKAL. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=2S3UJ3HB4QcC>
- Sargeant, J. G., Bowie, H. M., & Billington, M. J. (1993). Determination of papain in raw meat by immunoassay. *Meat Science*, 34(1), 39-47. doi:10.1016/0309-1740(93)90017-C

Solórzano Ochoa, G. (2003). Aportación de gases de efecto invernadero por el manejo de residuos sólidos en México: el caso del metano. *Gaceta Ecológica*, 8-15. Obtenido de file:///C:/Users/windows8.0/Downloads/Dialnet-AportacionDeGasesDeEfectoInvernaderoPorElManejoDeR-2887406.pdf

SUDAMERICANOS, C. N. (2005). Plan estratégico nacional de camélidos sudamericanos CONACS. IIMA, Perú.

Valderrama, J., & Rojas, C. (1998). *Información tecnológica*. La Serena, Chile: Rosales Almagro.

Varca, G. H., Andréo-Filho, N., Fraceto, L., Kaneko, T., Ferraz, H., Esteves, N., . . . Lopes, P. (2007). Thermal characterization and cytotoxicity of complexes formed by papain and cyclodextrin. *Journal of Biological Physics*, 33, 463-475. doi:10.1007/s10867-008-9098-8

Varca, G., Andréo-Filho, N., Fraceto, L., Kaneko, T., Ferraz, H., Esteves, N., . . . Lopes, P. (2007). Thermal characterization and cytotoxicity of complexes formed by papain and cyclodextrin. *Journal of Biological Physics*, 33, 463-475.

Vasua, P., Savarya, B., & Cameron, R. (2012). Purification and characterization of a papaya (*Carica papaya* L.) pectin methylesterase isolated from a

commercial papain preparation. *Food Chemistry*, 133(2), 366-372.
doi:10.1016/j.foodchem.2012.01.042

WordReference. (12 de 3 de 2016). *WordReference*. Obtenido de
WordReference.com:

<http://www.wordreference.com/definicion/concentraci3n>