



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



#### TESIS

**EFFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA DE COCCIÓN, SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, FUNCIONALES Y SENSORIALES  
DE LA CARNE DE LLAMA (*Lama glama*) ENVASADA AL VACÍO**

**PRESENTADA POR:**

**WHANY QUISPE CHAMBI**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**PUNO, PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

- El presente trabajo investigativo, lo dedico con gratitud a Dios, por haberme bendecido, darme sabiduría y salud necesaria para continuar en este proceso de perfeccionamiento profesional.
- Con todo cariño y amor para mis padres que me dieron la vida, por sus enseñanzas, sus sabios consejos, confianza y constante apoyo.
- De manera especial se la dedico a mi hija, quien es mi motor y mayor inspiración de superación personal y profesional.
- A mi compañero de vida por su apoyo moral y desinteresado.



## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, por haber compartido sus conocimientos y por la formación recibida en sus aulas que hicieron viable culminar con éxito el presente trabajo de investigación y así contribuir con mi desarrollo profesional.
- A mi director y asesor de tesis por su invaluable asesoramiento y apoyo en la ejecución de la presente investigación.
- A los miembros del jurado evaluador por su dedicación y valiosos aportes realizados que favorecieron el perfeccionamiento del presente estudio.
- A mis padres por ser mi pilar fundamental por haberme apoyado incondicionalmente, con sus palabras de aliento permitieron que culminara este trabajo de investigación, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.
- A todas las personas involucradas en la realización de este trabajo, quienes merecen un reconocimiento especial de parte mía.



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ACRÓNIMOS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO I

#### REVISION DE LITERATURA

1.1	Marco teórico	3
1.1.1	Características de la canal de llama ( <i>Lama glama</i> )	3
1.1.2	Carne de llama ( <i>Lama glama</i> )	4
1.1.3	Factores que alteran la carne	6
1.1.4	Modificaciones de la carne	8
1.1.5	Métodos de conservación	11
1.2	Antecedentes	15

### CAPÍTULO II

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	22
2.2	Enunciados del problema	23
2.2.1	Problema general	23
		iii



2.2.2	Problemas específicos	23
2.3	Justificación	24
2.4	Objetivos	25
2.4.1	Objetivo General	25
2.4.2	Objetivos específicos	25
2.5	Hipótesis	25
2.5.1	Hipótesis general	25
2.5.2	Hipótesis específicas	25

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Lugar de estudio	26
3.2	Población	26
3.3	Muestra	27
3.4	Método de investigación	27
3.4.1	Descripción de variables analizadas	28
3.4.2	Descripción de materiales y equipos	29
3.4.3	Diseño estadístico	31
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	33
3.5.1	Determinación de las características físico-químicas	33
3.5.2	Evaluación de la actividad antioxidante	37
3.5.3	Evaluación de las propiedades sensoriales	39

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Determinación de las características físico-químicas	41
4.1.1	Color	41
4.1.2	Textura	50



4.1.3	pH	56
4.1.4	Actividad de agua ( $a_w$ )	58
4.1.5	Proteína	59
4.1.6	Humedad	61
4.2	Actividad Antioxidante	63
4.3	Evaluación de las propiedades sensoriales	65
4.3.1	Evaluación del color	65
4.3.2	Evaluación del olor.	66
4.3.3	Evaluación del sabor.	67
4.3.4	Evaluación de la textura.	68
CONCLUSIONES		70
RECOMENDACIONES		71
BIBLIOGRAFÍA		72
ANEXOS		81

Puno, 14 de enero de 2020

**ÁREA:** Ciencia y Tecnología de Alimentos.

**TEMA:** Efecto de Tiempo y Temperatura de Cocción, Sobre las Características Físico-químicas, Funcionales y Sensoriales de la Carne de Llama (*Lama glama*) Envasada al Vacío.

**LÍNEA:** Físicoquímica de Alimentos.



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Composición química de la carne de llama (%)	6
2. Sabores de los componentes resultantes de la actuación enzimática.	9
3. Datos del material experimental.	26
4. Formato para recolección de datos de características físico-químicas y funcionales	37
5. Formato para recolección de datos de propiedades sensoriales	40



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Diagrama de flujo del procesamiento de los lomos de carne de llama.	27
2. Escala cromática L*, a* y b*.	34
3. Croma (C*) de los tratamientos.	42
4. Angulo de tono (H*) de los tratamientos.	43
5. Luminosidad (L*)	45
6. Parámetro del componente de color a*.	46
7. Parámetro del componente de color b*.	47
8. Espacio de color LAB	48
9. TPA Hardness 1 (Fuerza de corte de la carne)	50
10. TPA Hardness 2 (dureza de la carne)	51
11. TPA Cohesión de la carne (Cohesiveness N/mm <sup>2</sup> )	53
12. TPA Elasticidad de la carne (Springiness cm)	54
13. pH de las muestras de carne de llama tratadas	56
14. Actividad de agua (aw) de carne de llama tratada	58
15. Porcentaje de proteína, determinado método semimicro Kjeldahl	60
16. Porcentaje de humedad de la carne de llama tratada	62
17. Actividad Antioxidante	64
18. Promedio de la puntuaciones para el color	65
19. Promedio de la puntuaciones para el olor	66
20. Promedio de la puntuaciones para el sabor	67
21. Promedio de la puntuaciones para la textura	68





## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Cuestionario para evaluación sensorial	82
2. Propiedades ópticas de color CIElab de las muestras tratadas	83
3. Parámetros Instrumentales de Textura (TPA)	86
4. pH de las muestras tratadas	91
5. Actividad de agua ( $a_w$ ) de las muestras tratadas	93
6. Contenido de Proteína en las muestras tratadas	95
7. Contenido de Humedad de las muestras tratadas	97
8. Actividad Antioxidante de los tratamientos	99
9. Evaluación del color en las carnes tratadas	101
10. Evaluación del olor en las carnes tratadas	103
11. Evaluación del sabor en las carnes tratadas	105
12. Evaluación de la textura en las carnes tratadas	107
13. Informes de resultados de análisis de proteínas	109
14. Informe de ensayos de la Actividad antioxidante	110



## ACRÓNIMOS

DRAP	: Dirección Regional Agraria Puno
msnm	: Metros sobre el nivel del mar
°C	: Grados Celsius
h.	: Hora
PAVB	: Proteínas de alto valor biológico
L*	: Luminosidad o claridad
C*	: Croma
H*	: Angulo de Tono
a*	: Componente de color rojo/verde
b*	: Componente de color amarillo/azul
R1, R2, R3	: Repeticiones
%	: Porcentaje
CSA	: Camélido Sudamericano
T1	: Carne cruda
T2	: Carne cocida
T3	: Tratamiento a 60°C por 4horas
T4	: Tratamiento a 60°C por 6horas
T5	: Tratamiento a 80°C por 4horas
T6	: Tratamiento a 80°C por 6horas
CV	: Coeficiente de Variabilidad
HCA	: Aminas aromáticas heterocíclicas
PP	: Polipropileno
PA	: Poliamida
TPA	: Análisis de perfil de textura



N	: Newton, según corresponda
N	: Nitrógeno, según corresponda
mm <sup>2</sup>	: Milímetros cuadrados
cm	: Centímetros
LL	: Longissimus lumborum
CLA	: Ácido linoleico conjugado
IC	: Coeficiente de inhibición
FA	: Ácidos grasos
LC	: Cadena larga
PUFA	: Ácido graso poliinsaturado
n-3	: Omega 3
MDA	: Malonaldehído
WOF	: Warmed-overflavor
CRA	: Capacidad de retención de agua
SGG	: C-glutámico semi aldehídos
TBARS	: Ti barbitúrico y hexanal
AAS	: Amino adípico

## RESUMEN

La carne de llama (*Lama glama*) tiene alto nivel proteico, es magro, poco comercial y escasa industrialización. La investigación permite plantear un nuevo método con mínimo daño térmico sobre sus nutrientes. El objetivo fue evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de cocción, sobre las características físico-químicas, funcionales y sensoriales de la carne de llama envasada al vacío. La cocción fue en envases de alta resistencia al calor, sellados al vacío, por largos periodos de tiempo y temperaturas de pasteurización, fueron cuatro tratamientos al vacío (T2=60°Cx4h, T3=60°Cx6h, T4=80°Cx4h y T5=80°Cx6h), uno por cocción (T6=85°Cx0.5h) y un tratamiento control (T1=12°Cx0h). Los resultados del T2 ( $L^*=67.93$ ,  $a^*=19.1$  y  $b^*=9.20$ ) de color, TPA (Hardness1=27.34N, Hardness2=26.69N, Cohesiveness=0.70N/mm<sup>2</sup> y Springiness=0.41cm), 39.80% de proteína y 6.27 de pH tuvieron diferencias altamente significativas, para  $a_w$  los tratamientos (T2, T3, T4 y T5 con 0.92, 0.91, 0.90 y 0.89) estadísticamente mostraron diferencias altamente significativas ( $p>0.05$ ), ocurriendo lo mismo en % de humedad entre los seis tratamientos, la actividad antioxidante del T6 tuvo el mejor resultado; para las propiedades sensoriales se consideró (T1=85°Cx0.5h, T2=60°Cx4h, T3=60°Cx6h, T4=80°Cx4h y T5=80°Cx6h) donde el T4 tuvo mejor aceptación según la prueba no paramétrica de Friedman. Se concluye que la temperatura influye significativamente y el tiempo no es significativo sobre las propiedades físico-químicas, a 60°Cx4h favorece su conservación con  $a^*=19.1$ , ATP sin diferencias significativas, favorables cambios de pH,  $a_w$  y alto nivel de proteína; a 85°Cx0.5h con 112.17 CI50Trolox mg/100g mostro mejor actividad antioxidante, a 80°Cx4h tuvo mayor aceptabilidad.

**Palabras clave:** Actividad antioxidante, actividad de agua, carne, lomo, vacío.

## ABSTRACT

Llama meat (*Lama glama*) has a high protein level, is lean, not very commercial and has little industrialization. The research allows to propose a new method with minimal thermal damage on its nutrients. The objective was to evaluate the effect of temperature and cooking time on the physical-chemical, functional and sensory characteristics of vacuum-packed llama meat. The cooking was in containers with high heat resistance, vacuum sealed, for long periods of time and pasteurization temperatures, there were four vacuum treatments (T2 = 60°Cx4h, T3 = 60°Cx6h, T4 = 80°Cx4h and T5 = 80°Cx6h), one per cooking (T6 = 85°Cx0.5h) and a control treatment (T1 = 12°Cx0h). The results of the T2 ( $L^* = 67.93$ ,  $a^* = 19.1$  and  $b^* = 9.20$ ) of color, TPA (Hardness1 = 27.34N, Hardness2 = 26.69N, Cohesiveness = 0.70N / mm<sup>2</sup> and Springiness = 0.41cm), percentage 39.80 of (T2, T3, T4 and T5 with 0.92, 0.91, 0.90 and 0.89) statistically showed highly significant differences ( $p > 0.05$ ), the same occurring in percentage humidity between the six treatments, the antioxidant activity of T6 had the best result; for the sensory properties it was considered (T1 = 85°Cx0.5h, T2 = 60°Cx4h, T3 = 60°Cx6h, T4 = 80°Cx4h and T5 = 80°Cx6h) where T4 had better acceptance according to the non-parametric test by Friedman. It is concluded that temperature influences significantly and time is not significant on the physical-chemical properties, at 60°Cx4h it favors its conservation with  $a^* = 19.1$ , ATP without significant differences, favorable changes in pH,  $a_w$  and high protein level; at 85°Cx0.5h with 112.17 IC50Trolox mg / 100g showed better antioxidant activity, at 80°Cx4h had greater acceptability.

**Keywords:** Antioxidant activity, loin, meat, vacuum, water activity.

## INTRODUCCIÓN

La llama (*Lama glama*) es una especie originaria de la zona andina (Campero, 2005). Especie adaptada a zonas de forraje fibroso, cuyos carbohidratos estructurales hacen difícil su digestión (Sumar, 2010). La hembra alcanza la madurez a los 75 kg mientras que el macho llega a los 115 kg, variando de acuerdo al genotipo (Wunzinger *et al.*, 2005).

La carne y productos cárnicos aportan valiosos nutrientes para la salud humana, proporcionando todos los aminoácidos esenciales, así como una buena cantidad de vitaminas, minerales y diversos micronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo (McAffe *et al.*, 2010), además es una fuente importante de Hierro, Zinc y Selenio, así como de vitamina B6, B12 y D, y significativas cantidades de ácidos grasos esenciales como omega 3 (n-3) y ácido linoleico conjugado (CLA) (Ferguson, 2010). Por otro lado, algunos constituyentes de las carnes rojas (grasa y perfil de ácidos grasos), han sido propuestos como responsables de la posible formación de compuestos cancerígenos, (aminas heterocíclicas) por cocinado de carne a altas temperaturas (Bingham *et al.*, 2002).

McAffe *et al.* (2010) afirman que el papel de las carnes rojas magras, presentan una evidencia sustancial como positivo moderador de los perfiles de lípidos, habiendo estudios recientes que la identifican como fuente dietética de antiinflamatorios los n-3 PUFA de cadena larga (LC) y el (CLA).

Realini *et al.* (2004) demostraron que dietas basadas en pasto verde, pueden mejorar significativamente la composición de los ácidos grasos (FA), isómeros totales de (CLA) y el contenido de antioxidante en la carne de bovino, aunque con efectos variables sobre la palatabilidad en general.

Las propiedades sensoriales y las relacionadas a la salud y nutrición, se encuentran entre los factores de motivación más importantes para la compra de carne (Wood *et al.*, 2008). Según, Lawrie & Ledward (2006) los parámetros más importantes considerados en la evaluación de la calidad de la carne son: apariencia, jugosidad, terneza y sabor. La carne debe tener color atractivo que debe ser uniforme a lo largo de todo el corte.

Las propiedades tecnológicas de la carne permiten evaluar su aptitud y comportamiento en las etapas de conservación, comercialización, industrialización y preparación para el



consumo; dentro de ellas el pH, la capacidad de retención de agua, textura, color y su estabilidad (Mamani *et al.*, 2013).

Debido a las bondades nutricionales que tiene la carne de llama (*Lama glama*) y la importancia que tiene la industria cárnica a nivel mundial. En los últimos años, se ha puesto énfasis en la búsqueda de métodos de evaluación de canales que permitan no solo predecir rendimientos (de cortes nobles, proporción de musculo y grasa, etc.), sino también las características organolépticas y tecnológicas de la carne procesada y/o industrializada, a fin de poder estimar la calidad final del producto a nivel del consumidor (Gallo, 2010). Tecnologías que puedan ser aplicados en nuestro medio, evitando el uso de tratamientos térmicos convencionales, que generan daños entre sus componentes y nutrientes de la carne.

En base a dar una inmediata respuesta y un tratamiento adecuado a los lomos de carne de llama (*Lama glama*), se planteó como objetivo general “evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de cocción, sobre las características físico-químicas, funcionales y sensoriales de la carne de llama (*Lama glama*) envasada al vacío”.

## CAPÍTULO I

### REVISION DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

La llama (*Lama glama*) es una de las cuatro especies de camélidos sudamericanos (CSA), localizado en la región andina de Bolivia, Perú, Chile, Argentina y Ecuador, en altitudes entre 2800 y 5000msnm (Campero, 2005). Tiene un gran potencial como fuente de carne en el altiplano, produciendo carcasas más grandes que las de alpaca (*Lama pacos*). Así mismo el cuarto posterior presenta los cortes de más valor y una mayor proporción de musculo que la alpaca (Cristofanelli *et al.*, 2004).

##### 1.1.1 Características de la canal de llama (*Lama glama*)

Factores como edad, raza, fenotipo y alimentación influyen en forma significativa en la ganancia de peso, peso al final del periodo de engorde y rendimiento de canal (Bustinzá, 2001). El comportamiento productivo de los animales de abasto incide directamente en la calidad de las canales, específicamente en el valor comercial y calidad composicional. Dentro de estos parámetros se encuentra el peso de la canal, composición física en términos de musculo, hueso, grasa y rendimiento de los cortes nobles y de grasa en distintos depósitos (Mamani *et al.*, 2014).

##### a. Peso y rendimiento de la canal

La llama (*Lama glama*) tiene un mayor peso corporal que la alpaca (*Lama pacos*) desde el nacimiento, haciéndose una diferencia marcada desde el sexto mes de edad, llegando las llamas machos a alcanzar pesos vivos de 63.2Kg a los 25 meses de edad. Mientras los animales machos tienen rendimiento de la canal de 55.8%, en tanto las hembras tienen un 54.2% (Perez *et al.*, 2000). Por otro lado, indica que el rendimiento de las canales animales menores a 2 años y mayores a 6 años el



rendimiento es de 52.6%, así como en animales entre 2 a 4 años el rendimiento es 59.5% (Bustinza, 2001).

En Perú, García *et al.* (2002) observaron mayores ganancias de peso en llamas de dos años (183g/día) que en las de un año de edad (146g/día) en un periodo de 90 días, así como mayores ganancias de peso en la estación de lluvia (171g/día) que en estación seca (136g/día). Así mismo se apreció una mayor ganancia de peso en pastos cultivados (entre 199g/día a 182g/día) que en praderas nativas (78g/día), (García y San Martín, 1999).

## **b. Calidad de la canal**

La determinación de la canal es uno de los factores más importantes desde el punto de vista económico tanto para el productor como para la industria, puesto que está condicionada por las exigencias del mercado y tiene un efecto directo en el precio (Franco *et al.*, 2010). No obstante, son escasos los estudios realizados sobre la calidad de canales en CSA.

### **1.1.2 Carne de llama (*Lama glama*)**

Carne es todo aquel tejido animal que puede consumirse como alimento; sin embargo, cuando se hace mención a carne, generalmente se hace referencia al tejido muscular de animales que han sido sacrificados y en los que ha tenido lugar el rigor mortis. Es una fuente importante en la dieta humana donde la composición de proteínas, lípidos y carbohidratos varía considerablemente dependiendo de la especie animal, la edad, el sexo, el tipo de alimentación y en condiciones ambientales. La carne que se utiliza normalmente para la elaboración o producción de embutidos cárnicos es de cerdo, ternera y/o pollo (Salva *et al.*, 2009).

La canal de la llama (*Lama glama*) se caracteriza por ser magra y con baja cobertura de grasa, componente importante para el aislamiento térmico durante el *post-mortem* (acortamiento por frío), condiciones que están asociadas con el sabor, textura y jugosidad de la carne (Gallo, 2010). La pobre cobertura de grasa subcutánea y conformación de canales de llama (*Lama glama*) es que las hace susceptible a pérdidas elevadas de humedad durante la refrigeración, estas pérdidas son mayores

en canales pequeñas (3% de peso) que en las grandes (2.3% de peso) (Mamani *et al.*, 2013).

**a. Lomo de carne de llama (*Lama glama*)**

Los lomos de carne de llama presentan mayor contenido de minerales (potasio y hierro) que otras piezas de la carcasa, así mismo presente mayor contenido de proteína contráctil (Actina y miosina) y sarcoplasmica (mioglobina), menor contenido de colágeno que los otros cortes (Duckett *et al.*, 2007).

**b. Composición química de la carne de llama (*Lama glama*)**

La porción proteica es el componente más importante de los productos cárnicos, existen 3 tipos de proteínas: **Contráctil**, soluble en sal, involucrada en la contracción muscular y más funcional en productos cocidos (actina y miosina); **sarcoplásmica**, soluble en agua, llamado proteína del plasma encargado de dar color a la carne (mioglobina) y la del **tejido conectivo**, siendo este el más abundante y más aún en animales mayores, también es el más dañino para la estabilidad de los productos cárnicos (colágeno). La grasa es el componente más variable de la carne en cuanto a composición, las cadenas de ácidos grasos pueden variar en longitud de 12 a 20 carbonos, estos contribuyen al sabor y la textura de los productos cárnicos. Normalmente a medida que el contenido de grasa aumenta o disminuye la combinación de humedad y proteína se desplaza en dirección opuesta (Knipe, 2012).

La composición química proximal se aprecia en la Tabla 1. Su determinación es tan importante como la calidad instrumental. La carne de llama (*Lama glama*) contiene todos los aminoácidos esenciales, vitaminas del complejo B y minerales (hierro hemínico, fósforo, magnesio y zinc) de alta biodisponibilidad, posee (hierro 3.3mg/100g y zinc 4.4 mg/100g), siendo casi el doble que otras carnes rojas (Polidori *et al.*, 2007). La carne de alpaca, así como la de llama producen bajos niveles de grasa (0.49-2.05%) y colesterol (39.0-56.3 mg/100 g) comparada con otras carnes rojas (Huerta *et al.*, 1993).

Tabla 1

*Composición química de la carne de llama (%)*

Componente	*	**	***
Humedad	75.4	75.8	---
Proteína	21.15	24.82	---
Grasa total	2.28	3.0	2.05
Colesterol	66.18 mg	56.0 mg	56.3 mg

Fuente: \*Huerta *et al.* (1993), \*\*Salva (2009), \*\*\*Cristofanelli *et al.* (2004).

**c. Consumo de la carne de llama (*Lama glama*)**

El consumo de carne de llama (*Lama glama*) es tradicional en la región altiplánica, especialmente en Bolivia y Perú. El desarrollo futuro de la carne de llama es prometedor y se ha exportado como carne exótica (Campero, 2005). Se estima una producción anual de 14 973 TM de carne de CSA. De este volumen del 59 al 75% se destina a la venta (animales en pie y animales para faenados), entre el 25 al 41% se destina al consumo familiar de los productores. Asimismo, el 60.3% se destina al consumo de carne fresca (consumo familiar y venta al mercado) y el resto al procesamiento de charqui y embutidos (salchicha). Por otro lado, el 40% de la carne proviene de animales menores de tres años y el restante 60% a animales mayores a tres años, donde la incidencia de sarcocystosis es mayor al 70%, (PRORECA, 2004).

**1.1.3 Factores que alteran la carne**

La alteración de la carne está en función de la velocidad del crecimiento microbiano, los factores que influyen a esta velocidad son:

**a. pH.**

El pH de la carne es una característica fisicoquímica importante en la conservación de este alimento, debido a que en las carnes frescas sometidas a

fermentación láctica la reducción del pH provoca inhibición de la flora contaminante (Mata, 1999).

El pH de un sustrato es uno de los principales factores que determina la supervivencia y el crecimiento de los microorganismos, los rangos del pH de crecimiento de las bacterias oscilan entre 5 a 8 (Luna y Aguilar, 2011).

La estabilidad bacteriológica de la carne es un factor dependiente del pH y la misma es mayor cuando el pH es inferior a 5,5. Las bacterias de la superficie de la carne son en gran parte las que limitan la vida útil de la carne fresca refrigerada. Estas bacterias, en su mayoría no toleran las condiciones acidas. Por lo tanto, el ácido láctico acumulado en los músculos tiene un efecto conservador, lo cual prolonga la vida útil de la carne (Zimmerman, 2009).

#### **b. Humedad**

Cuanto más alto es el contenido de agua más rápidamente crecen las bacterias, la cantidad de agua en las carnes oscila entre 60 % y el 80% y está relacionada con la jugosidad y otros atributos sensoriales como la textura, el color o la dureza de la carne (Garcia y Tello, 1999).

El agua es el componente químico más abundante de la carne, pues puede considerarse el nutrimento más esencial para la vida del animal y del ser humano, el contenido de agua de los animales recién nacidos es de 75-80%. En animales adultos el contenido de agua varía en forma inversa con respecto al contenido de grasa y representa un 75% en base libre de grasa (Mata, 1999).

#### **c. Temperatura**

Las bacterias que deterioran la carne son bacterias Psicofilas o Psicrotrofas, crecen bien a temperaturas cercanas al 0°C siempre y cuando no haya formación de cristales de hielo, ambas crecen muy bien a temperaturas de refrigeración. (Multon y Bureau, 1995).

La temperatura es un agente físico desnaturalizante, sabiendo que el calor es el agente más frecuente empleado para la conservación y procesado de alimentos. Las proteínas sufren diversos grados de desnaturalización durante el

procesamiento y/o cocción, las proteínas parcialmente desnaturalizadas son más digeribles que las proteínas nativas (Fennema, Parkin, y Damodaran, 2010).

Las carnes que se utilizan para la elaboración de productos cárnicos, en especial aves y porcinos, generalmente son sometidos a la congelación en el periodo previo al procesamiento, a temperaturas usuales de entre (-20°C a -35°C), produciéndose desde ya una acusada desnaturalización de las proteínas, debido al aumento de fuerza iónica y la variación de pH. Además, durante su descongelado (durante el proceso) produce un fuerte exudado que contienen vitaminas, sales minerales y aminoácidos y muestran un descenso de la capacidad de gelificación (Cori *et al.*, 2014).

#### **d. Actividad de agua**

La humedad disponible para el crecimiento microbiano se expresa en términos de (actividad de agua)  $a_w$ , la carne roja de las diferentes especies es un medio de cultivo excepcional para el desarrollo de la mayoría de microorganismos, tienen alto contenido de proteína, baja proporción de carbohidratos y sustancias solubles de menor peso molecular y  $a_w$  de 0,99 (Mossel, 2003).

#### **e. Actividad enzimática**

Contribuye a cambios favorables en la maduración de la carne, luego ocurre la modificación organoléptica por la descomposición, son resultados de la proliferación microbiana y sus metabolitos los factores asociados son los cambios de color y textura, así como los malos olores (Mossel, 2003).

### **1.1.4 Modificaciones de la carne**

#### **a. Cambios en las proteínas**

La desnaturalización es un fenómeno en el que el estado inicial bien definido de una proteína formado bajo condiciones fisiológicas se transforme en un estado final mal definido, bajo la acción de un agente desnaturalizante. Lo que no implica que se produzca cambio químico alguno en la proteína, dicho de otra manera. Son modificaciones importantes de la estructura secundaria, terciaria y

cuaternaria sin escisión de los enlaces peptídicos del esqueleto. En el caso de las proteínas alimenticias, la desnaturalización suele insolubilizarlas y suponer la pérdida de algunas propiedades funcionales. La desnaturalización térmica es también un requisito previo para la gelificación de las proteínas alimenticias inducidas por el calor (Fennema *et al.*, 2010).

La proteólisis afecta directamente a la percepción sensorial de los productos cárnicos, al producir un incremento en la concentración de péptidos y aminoácidos que están estrechamente relacionados con el sabor e indirectamente con el aroma, además tienen un impacto sobre la textura al ser responsable de la hidrólisis de las proteínas miofibrilares.

Tabla 2

*Sabores de los componentes resultantes de la actuación enzimática.*

Sabor	Componentes
Dulce	Glicina, alanina, serina, treonina, lisina, prolina, hidroxiprolina, glucosa, fructosa y ribosa.
Acido	Acido aspártico, glutámico, histidina, asparagina, láctico, succínico, pirúvico.
Amargo	Creatina, creatinina, hipoxantina, anserina, carnosina, fenilalanina, arginina, metionina, histidina, valina, leucina, isoleucina, triptófano, tirosina.
Salado	Glutamato y aspartato.
Umami	Glutamato y aspartato mono sódico.

Fuente: Toldra (1998).

El sabor de la carne viene determinado por compuestos hidrosolubles, entre los que se encuentran los **aminoácidos**, **péptidos**, nucleótidos, azúcares y ácidos orgánicos, estos establecen cinco sabores primarios dulce, ácido, salado, amargo y el sabor “umami” o de caldo de carne, es también descrito como una sensación de llenado de boca y su representante más típico lo encontramos en la sal sódica

del ácido glutámico (glutamato monosódico), ampliamente usado en la industria como potenciador del sabor. En la tabla 2, se muestra el sabor que pueden proporcionar diferentes sustancias presentes o generadas en el curado de embutidos (Toldra, 1998).

La saturación cromática  $C^*$  en carnes de color se refieren a la concentración de la mioglobina y también a su grado de desnaturalización de esta proteína. Este valor es más predominante, con mayores concentraciones de mioglobina y con menores tasas de mioglobina desnaturalizada (Castelluci, 2006).

#### **b. Cambios en las grasas**

La oxidación es una de las mayores causas de deterioración de la calidad en productos cárnicos crudos o cocinados, durante su almacenamiento, en refrigeración o en congelación (Byrne *et al.*, 2001).

La oxidación lipídica en productos cárnicos es un proceso complejo y su dinámica depende de numerosos factores incluyendo la composición química del producto, el procedimiento tecnológico empleado en la manufactura, el acceso a la luz y al oxígeno, la temperatura de almacenamiento. Por lo tanto, puede ocurrir en las materias primas, durante el procesamiento o en el producto final durante su almacenamiento (Frankel, 2005).

La oxidación lipídica ocurre mediante un mecanismo auto catalítico de radicales libres llamado auto oxidación, que consiste de tres fases: iniciación, propagación y terminación. Se inicia con la quita de un átomo de hidrógeno del grupo metileno localizado entre dos dobles enlaces de un ácido graso y se forma un radical con carbono central (Stahl, 2000).

Los lípidos son componentes estructurales y funcionales de los alimentos, no sólo contribuyen al flavor, color y textura, sino que también les confieren palatabilidad a los alimentos. Además del deterioro microbiológico, la oxidación de lípidos es el principal factor que reduce la calidad y aceptabilidad de los productos cárnicos con alto tenor graso. El deterioro oxidativo de los lípidos es una de las mayores preocupaciones de los tecnólogos de alimentos debido a las pérdidas de calidad asociados con dichos procesos (Fennema *et al.*, 2010).

La oxidación de lípidos es un proceso complejo donde los PUFAs son degradados, vía formación de radicales libres, generando numerosos productos secundarios tales como malonaldehído (MDA) y compuestos volátiles derivados de lípidos causando deterioro de las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos. El desarrollo de rancidez lleva a la formación de numerosos compuestos que tienen efectos adversos sobre los atributos de calidad (olor, sabor, color, textura) y el valor nutritivo, ya que involucra la pérdida de ácidos grasos esenciales y vitaminas, generando además compuestos tóxicos, razón por la cual este proceso puede afectar la vida útil de las carnes procesadas (Fisher *et al.*, 2000).

Dentro de los aromas desagradables encontrados en productos cárnicos cocidos puede citarse el “warmed-overflavor” o WOF, este término es utilizado para describir el flavor oxidado que pueden desarrollar los productos cárnicos obtenidos mediante tratamiento térmico durante su posterior almacenamiento refrigerado. El WOF incluye olores y sabores descritos como “stale” (viejo, no fresco), “card board like”, rancio, ácido, agrio, entre otros (Grigioni *et al.*, 2000).

### **c. Cambios en los hidratos de carbono**

La fermentación de los hidratos de carbono es lo más común en las carnes y se da con mayor intensidad en las fases de maduración y se origina por la acción de las bacterias lácticas presentes de forma natural o añadidas intencionalmente, dando lugar a la formación de ácido láctico, este proceso puede reducir favorablemente el pH, también ejerce una función tecnológica ya que de este modo alcanza el punto isoeléctrico de las proteínas reduciendo la capacidad de retención de agua (CRA), facilitando el secado y desarrollo de la consistencia típica en los productos derivados de la carne (Diaz, 2008).

#### **1.1.5 Métodos de conservación**

##### **1.1.5.1 Envasado al vacío**

El envasado al vacío consiste en la eliminación total del aire del interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas, existiendo una diferencia de presión entre el exterior y el interior del envase (FAO, 2005). Los materiales de envasado deben ser



impermeables a la humedad para evitar la desecación, e impermeables a los gases para evitar el intercambio con la atmósfera.

Este hecho determina que los microorganismos alterantes habituales, que son aerobios y necesitan por tanto oxígeno para crecer, sean fuertemente inhibidos en su crecimiento. De ahí la destacable extensión de la seguridad y la vida útil de los alimentos así envasados, siempre que se mantengan en refrigeración (Gobantes *et al.*, 2001). El envasado es muy importante en el cocinado bajo vacío por su importancia en la inhibición del deterioro químico y microbiológico durante el proceso y almacenamiento (Rodgers, 2007).

#### **a. Envase**

El envase es un elemento clave en la vida comercial de un producto. Éste juega múltiples papeles respecto del producto que contiene: lo protege de roturas, derrames, contaminación y permite su transporte, almacenamiento y distribución (Brody, 2003). En la actualidad el envase está en contacto con el alimento incluso durante los procesos de cocción, horneado y calentado entre otros. Por este motivo, los materiales deben ser capaces de soportar a altas temperaturas y tratamientos térmicos (Newton & Rigg, 1999).

Sin embargo, el envase plástico por sí mismo no es una estructura totalmente inerte y puede transferir sustancias hacia el alimento envasado. Por esta razón, el envasado óptimo de cualquier producto debe adecuarse de forma que el envase y el producto se combinen de la mejor manera posible siendo el grado de compatibilidad entre ellos (Garde-Belza, 2009).

Los envases más utilizados en la cocción bajo vacío, están fabricados de materiales poliméricos, la función principal que desempeña el envase es proteger al alimento del medio externo y preservar el ambiente gaseoso creado en su interior. Los materiales de los que están compuestos dichos envases deben presentar determinadas propiedades barreras al paso de gases y vapor de agua entre otros, como las poliamidas, el polietileno y el polipropileno, que son eficientes contra la humedad y muestran buenas características de sellado (Petersen, 2004). Aparte de esta característica básica, es deseable que reúnan

otras propiedades desde el punto de vista técnico, comercial, legal, etc. las bolsas de esterilización soportan mejor el tratamiento térmico, son más resistentes y más duraderas y adecuadas para alimentos cocinados a los que se quiere proporcionar un largo periodo de caducidad (García-Iglesias *et al.*, 2006).

#### **b. Resistencia a las altas temperaturas**

El material plástico utilizado tiene la capacidad de resistir tanto la temperatura de cocción/pasteurización como la de recalentamiento a la cual va a ser sometido. Un estudio realizado por (Valle, 2002). Puso de manifiesto que durante el recalentamiento de las barquetas de plástico en hornos microondas convencionales, siguiendo las instrucciones de los fabricantes, se alcanzaban temperaturas entre los 61 y los 121° C. Este estudio, no hace más que poner de manifiesto la importancia que tiene elegir de forma correcta el tipo de material plástico utilizado en los envases. Así por ejemplo el polipropileno (PP), poliamida (PA), para productos pasteurizados a temperaturas de entre 70-80° C y posteriormente almacenados a 0-3°C, con una vida útil de menos de 21 días, el uso de materiales como polipropileno (PP) y poliamida (PA) son los más recomendables. Si la vida útil excede de 21 días es mejor el uso de materiales a base de polipropileno y resinas protectoras para asegurar la adecuada impermeabilidad del envase (Garde-Belza, 2009).

#### **c. Impermeabilidad a los gases**

El material de envasado utilizado para la tecnología de cocción bajo vacío, debe suponer una barrera infranqueable para la penetración de los gases (oxígeno, dióxido de carbono, vapor, etc.). El componente plástico que cumple esta premisa es la poliamida (Garde-Belza, 2009).

#### **d. Restricción a la migración**

Otra característica que deben cumplir los materiales de envasado es la de controlar la migración de algunos de sus componentes de bajo peso molecular hacia el alimento, como aditivos del plástico, monómeros, especialmente aceites, agua, etc., pueden migrar y reaccionar con los materiales de envasado. A este respecto, existe en la Unión Europea toda una legislación donde se establecen

los márgenes de migración total de los distintos constituyentes de los plásticos en contacto con un alimento. Además, regula las condiciones de cómo se deben llevar a cabo las pruebas para ver, si hay migraciones y el grado en que ésta se produce, Directivas EUROPEA 93/8/11/CEE (Garde-Belza, 2009).

#### **e. Resistencia mecánica**

La resistencia mecánica del material de envasado, en particular en las zonas de unión deber ser suficientemente alta como para soportar las operaciones durante el procesado del alimento y también durante el almacenamiento y posterior recalentamiento del producto (Roca & Bruges, 2003).

#### **1.1.5.2 Cocción húmeda (convencional)**

Cocción es la aplicación de calor que se hace a un alimento, como consecuencia de ese calentamiento, el alimento experimenta cambios que pueden ser físicos, químicos, e incluso biológicos, que implican modificaciones relacionadas con su calidad, tanto organoléptica como nutricional. Por ello la cocción húmeda puede ser considerada como aquella operación capaz de transformar de modo físico y/o químico el aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor, llegando a cocinarse los alimentos en temperaturas de ebullición (Bello & Sanchez, 2006).

#### **1.1.5.3 Pasteurización**

La pasteurización es un tratamiento térmico relativamente suave, que se aplica sobre los alimentos para eliminar los microorganismos patógenos no esporulados, levaduras y mohos, y conseguir así un producto seguro. Consiste en calentar rápidamente el alimento a temperaturas menores de 100°C por un tiempo determinado y luego enfriarlo a 5°C (Alcazar, 2004).

#### **1.1.5.4 Cocción al vacío**

Bajo vacío o cocción al vacío se define como: Materias primas o alimentos intermedios que se cocinan en condiciones controladas de temperatura y el tiempo de calor interno estables en bolsas sometidos al vacío. (Schellekens, 1996).

La tecnología implica cocinar alimentos bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo dentro del calor estable, mediante el uso de bolsas al vacío, es un método con gran potencial de producción para platos en base a pescado de alta calidad para uso gastronómico (Díaz *et al.*, 2011).

## 1.2 Antecedentes

Esta técnica de cocción se inició en Francia, dentro de la denominada *Cuison en papillote* que incluía a los alimentos cocidos envueltos en papel, la comida se cocinó durante mucho tiempo, a veces más de 24 horas. A diferencia de los recipientes de cocción lenta, la cocción bajo vacío emplea bolsas de plástico herméticas que se sumergen en agua por debajo del punto de ebullición. Este método de cocción muestra mantener la integridad de los alimentos, al calentarlos durante largos periodos de tiempo y temperaturas relativamente bajas, es uno de los sistemas de cocción por pasteurización más desarrollado y estudiado en los últimos 30 años (Hesser, 2005).

En el caso de pescado y productos a base de pescado, evaluar textura fue un parámetro muy importante y la temperatura de cocción fue crucial. Sin embargo, mientras se cocinan a 70°C es adecuado para mejorar la textura del pescado que es rico en colágeno (Roca & Bruges, 2003). Esta temperatura no fue suficiente para garantizar la seguridad del pescado cocido que fue refrigerado por largos periodos de tiempo (Nyati, 2000).

Al evaluar los efectos del almacenamiento prolongado sobre la calidad sensorial y la aceptación del consumidor en platos con recetas a base de carne cocidas al vacío (salsa de carne a la boloñesa y pollo tikka masala), procesados a 70°Cx90min., y 90°Cx45min., almacenados a 1.5°C y evaluados a intervalos de 40 días con panelistas entrenados, los resultados indicaron que los productos se conservaron en gran medida su nivel de calidad sensorial aceptación a lo largo de los 40 días, la cocción al vacío puede producir una percepción “fresca”, conveniente y de alta calidad (Armstrong & McIlveen, 2000).

El efecto de adicionar sal en músculos de carne de res enteros y cocidos al vacío, en concentraciones de (NaCl 0-4%) y tripolifosfato de sodio (STPP 0-0.5%) a los músculos semitendinosos y cocidos a temperaturas de 55°C y 75°C. Su efecto de estos factores sobre, pH, pérdida por cocción y color instrumental, evaluando parámetros de: solubilización y distribución de proteína y micro y ultraestructura, mediante ecuación de

respuestas de superficie cuadráticas mostro que ambas sales, solas o en combinación reducen con éxito la perdida por cocción en concentraciones de 0.25%STPP + 1.20%NaCl y 0.25%STPP + 0.70%NaCl y temperaturas entre 60°C y 65°C reduciéndose cerca del 0%, el pH solo dependía de la concentración de STPP con un valor umbral de 0.25%, el incremento de temperatura y adición de NaCl produjeron reducción del enrojecimiento la incorporación de STPP recupero parcialmente este parámetro en comparación con muestras no agregadas. Los resultados de microscopia y SDS-PAGE respaldan que las sales juntas indujeron a la solubilización de las proteínas y gelificación al calentar (Vaudagna *et al.*, 2008).

Al estudiar el efecto del concentrado de proteína de suero (WPC) y cloruro de sodio (NaCl) en el perfil de olor de carne entera cocida al vacío, mostro que los músculos semitendinosos añadidos del WPC y NaCl en sus cuatro tratamientos (0.875%WPC+0.625%NaCl, 2.625%WPC+0.625%NaCl, 0.875%WPC+1.875%NaCl, 2.625%WPC+1.875NaCl) y un control, analizados con un sistema de control electrónico (sistema de nariz EN) y evaluados por algoritmo de mínimos cuadrados los perfiles de olor de la carne mejoro en función de la cantidad de WPC agregada y no encontraron diferencias frente a la concentración de NaCl, respaldando la metodología EN para analizar el impacto de parámetros de procesamiento en perfiles de olor en carnes (Grigioni *et al.*, 2008).

Al estudiar el efecto que esta tecnología sobre el valor nutritivo, calidad higiénico-sanitaria y sensorial en la trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*). Con previa refrigeración (2 °C y 10 °C), por 45 días y posterior cocción al vacío, el efecto del tiempo de almacenamiento a 2° C o 10° C del pescado cocinado bajo vacío reflejo una estabilidad en la calidad proteica en ambos casos hasta los 21 días de almacenamiento, tiempo habitual de consumo para este alimento por esta tecnología (Villarino, 2009).

Evaluar la composición química y calidad instrumental de las carnes bajo un sistema extensivo conlleva a que evaluar el color es importante y está relacionado con la concentración de mioglobina y pigmentos proteicos presentes en el musculo, pudiendo estas ser afectados por las enzimas, la dieta, la edad del animal e incluso la actividad realizada por el animal (Muchenje *et al.*, 2009). Según Lawrie & Ledward, (2006) los parámetros más importantes considerados en la evaluación de la calidad de la carne son

apariciencia, jugosidad, terneza y sabor, la carne debe tener un color atractivo y uniforme a lo largo de todo el corte.

En el estudio cocinando al vacío, un método de cocción realizado en bolsas de plástico al vacío a temperaturas controladas con precisión, dio mejor elección al uso de ingredientes y la textura que los métodos de cocción tradicional. La cocción en bolsas al vacío estables al calor mejoro la vida útil, el sabor, la nutrición y la seguridad alimentaria (Baldwin, 2011).

Al evaluar los criterio Microbiológicos, físico-químicos y deterioro sensorial durante el almacenamiento refrigerado de lomo de cerdo cocidos al vacío, bajo un envase al vacío en bolsas de poliamida-polipropileno, cocinado a 70°C/12 h, se enfrió a 3°C y se almacenaron a 2°C durante (0, 5 y 10) semanas, mostraron como resultado que el deterioro sensorial y microbiológico de lomo de cerdo, 21 log ufc/g de *psicrófilos*, *anaeróbicos*, *entero bacterias* y *bacterias del ácido láctico* detectándose en cuatro semanas de control, mientras que se encontraron recuentos moderados (2-3 log ufc/g) de mohos y levaduras, hubo pequeños cambios en la actividad de agua, oxidación de lípidos y color, la dureza, la cohesión o gomosidad estaban asociados con el deterioro, solamente se observaron la disminución de ácido láctico, elasticidad y fuerza de corte. El lomo de cerdo era inaceptable después de 10 semanas. La pérdida de aceptación se debió al deterioro de sabor y olor a carne, la pérdida de la apariciencia, jugosidad y la firmeza también contribuyó (Diaz *et al.*, 2011).

El estudio que propone aplicar una forma metódica y sistemática de tratamientos de cocción equivalentes (cocción a ebullición por 11 minutos y cocción al vacío 87°Cx50min.y 91°Cx30min.), para evaluar firmeza, propiedades estructurales, nutricionales y sensoriales en la col roja. Logro tener preferencias por parte del consumidor los cocidos al vacío teniendo mejor color y sabor, siendo más aromáticos frente a la cocina tradicional, ya que en este último tratamiento se perdió el doble de antocianina y mostraron daños en la pared celular, recomendando como un tratamiento para la industria de la restauración con productos de mejor calidad la cocción al vacío (Iborra-Bernad *et al.*, 2013).

Las características físico-químicas, texturales y estructurales de la carne de cerdo, por el método de cocción y su efecto de envasado al vacío, en las combinaciones de temperatura

y tiempo (60 y 80°C) por (5 y 12 horas), mostraron que la temperatura influye fuertemente en el contenido de humedad, color y en las características de textura. Por tanto, la carne de cerdo cocinado a 60°C mostro menor pérdida de agua, más contenido de humedad, un color más intenso y una textura más dura. La interacción de temperatura 80°C por 12h, mostro valores más bajos para dureza, un efecto de pérdida de peso, y solubilidad de colágeno. Al parecer el envasado al vacío no contribuye significativamente a las variables de calidad físico-químicas medido en este estudio. Por último, las carnes de cerdo cocidos en agua hirviendo mostraron diferencias evidentes de color, jugosidad y textura, en contraste con la carne de cerdo cocido a 60°C por (Sanchez del Pulgar *et al.*, 2012).

El efecto de los lomos de cordero sometidos a cocción al vacío a diferentes combinaciones de temperatura (60, 70 y 80°C) y tiempo (6, 12 y 24 horas), en parámetros fisicoquímicos, histológicos y estructurales, tuvo como resultado que a mayor temperatura de cocción mayor pérdida de peso y menor contenido de humedad, los tratados a 60°C mostraron mayor ligereza y enrojecimiento, frente al de mayor temperatura que mostraron valores más altos de amarilleo, así como una marcada interacción entre temperatura y tiempo en cuanto al TPA, teniendo como valores más bajos para textura los lomos tratados a 24 horas, la granulación y gelificación se mostró mejor en muestras tratadas a 70°C, en todos los casos se redujo drásticamente la población microbiana incluso con el tratamiento menos intenso 60°Cx6horas de cocción al vacío (Roldan *et al.*, 2013).

El artículo de calidad tecnológica del músculo de la llama (*Lama glama*) joven, criado en un sistema extensivo y faenados bajo procedimientos estándares luego de ser refrigerados a 4°C los cortes de las muestras no mostraron diferencias estadísticas en el pH entre los músculos, así como los valores de L\*, b\*, y a\*, del color fueron bajando los valores por cocción recibida frente a los no cocidos, los valores de textura WBSF, color y capacidad de retención de agua variaron entre los músculos evaluados (Mamani *et al.*, 2013).

Al estudiar la composición química de la carne de llama (*Lama glama*) y características de la canal, esta presento alto nivel proteico y perfil de aminoácidos similar al de otros rumiantes, bajo nivel de colesterol y lípidos. El perfil de ácidos grasos se caracterizó por poseer moderados niveles de ácidos grasos saturados y altos niveles de ácidos grasos monoinsaturados pero bajos niveles de ácidos grasos poliinsaturados en canales de 36 a 44 meses, se recomiendan ser los más indicados para obtener cortes especiales y las canales

de animales más jóvenes se caracterizan por tener más bajo peso, poca cobertura de grasa, cortes nobles, así como buena calidad de carne (Mamani *et al.*, 2014).

Durante la evaluación del efecto de cocción bajo vacío a diferentes de tiempos (6, 12 y 24 horas) y temperaturas (60, 70 y 80°C), de cuarenta y cinco lomos de cordero, se observó que la estabilidad oxidativa de los lípidos y las proteínas de los lomos de cordero cocidos al vacío, aumentó en dienos conjugados y disminución de sustancias reactivas de ti barbitúrico y hexanal (TBARS). El total de carbonilos proteicos aumentaron a través del tiempo a temperaturas en todos los tratamientos, mientras que un amino adípico (AAS) y c-glutámico semi aldehídos (SGG) aumentaron cuando se cocinó a 60°C, pero no a 80°C (Roldan *et al.*, 2014).

Los efectos del método de cocción al vacío en la formación de aminas aromáticas heterocíclicas (HCA) en tajadas de carne de res, fueron estudiados y comparados con dos métodos de cocción diferentes, en la cual se determinó que el contenido de agua se redujo con proceso de cocción convencional, mientras que su pH aumento y hubo variaciones en los niveles de HCA, mostrando un contenido total entre 0,032 y 0,940mg/g., en función a las condiciones de temperatura y tiempo, siendo más elevado en la cocción a la sartén. (Oz & Zirikov, 2015).

Al aplicar tratamientos de altas presiones a 300 y 600Mpa, durante 5 a 12 minutos y 5°C, sobre la calidad de la cocción al vacío en Besugo (*Sparus aurata*) y evaluar la calidad microbiológica, química y sensorial, realizando 16 análisis en 0, 7, 17, 34, 48 y 62 días de almacenamiento refrigerados a 2+/- 1°C, no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre las muestras sin presurizar hasta 19 días de almacenamiento, desde el día 24 en los que respecta a atributos sensoriales las muestras se volvieron menos firmes, el tratamiento de alta presión 600MPa tuvo textura mejorada y un alto grado de calidad sensorial, como efecto antioxidante alcanzo la cocción al vacío. La alta presión no elimino los recuentos viables totales, en los tratamientos al vacío las bacterias detectables y patógenos estaban ausentes (Espinosa *et al.*, 2015).

El efecto de los tratamientos de cocción al vacío y congelación en la ternura de filetes de músculos semitendinosos dirigido a consumidores de edad avanzada. Pese a que la textura de la carne es relativamente dura, pero nutricionalmente adecuada para personas mayores, se planteó obtener un producto que requirió reducido esfuerzo de masticación y



potencialmente con mejor ingesta, los filetes cocidos al vacío mejoraron textura y aumentaron la retención de jugos naturales, la congelación también tuvo efecto beneficioso en ternura debido a la interrupción celular a través de la formación de cristales de hielo. Cinco tratamientos termales incluyendo cocción al vacío a  $60^{\circ}\text{C} \times 270\text{min.}$ , congelación a  $-20^{\circ}\text{C} \times 48\text{hr.}$ , sus combinaciones y un control, mostraron reducción de valores de 32.97N (control) a 27.80N y 26.57N en dureza y masticabilidad de TPA, con características de color aceptables y visualmente atractivos debido a su reducción de color marrón en comparación con el control, siendo una opción prometedora para la inclusión en dietas de textura modificada dirigida a adultos mayores (Botinestean *et al.*, 2016).

La cocción a bajas temperaturas de la carne de cerdo y evaluación de los aspectos fisicoquímicos y sensoriales, es utilizado cada vez más en el sector alimentario, este estudio comparo tres métodos de calentamiento a bajas temperaturas ( $53^{\circ}\text{C}$ ,  $58^{\circ}\text{C}$  y  $60^{\circ}\text{C}$ ) por 20 horas y un procedimiento convencional de cocción en un horno mixto con especial énfasis en los parámetros sensoriales, mostrando efectos considerables en el ablandamiento de la carne, la de  $60^{\circ}\text{C}$  resulto ser menos tierna pero claramente fue más jugosa, la carne más tierna fue a  $58^{\circ}\text{C}$  pero rechazada principalmente por excesivo desmenuzamiento y sensación de boca seca, el calentamiento convencional a  $180^{\circ}$  con temperatura interna de  $80^{\circ}\text{C}$ , resulto tener baja calidad alimenticia debido a la alta tenacidad y baja jugosidad (Becker *et al.*, 2016).

Debido al estilo de vida actual y en la búsqueda de optimizar el tiempo, llevo a la industria a ofrecer comidas elaboradas con mínima participación de operarios. En el estudio “percepción del consumidor de un mercado no tradicional de platos cocinados al vacío”, una técnica conocida en el ámbito de la alta cocina, pese a que hay productos preparados listos para calentarse, aquellos cocinados al vacío no han sido difundidos en todos el mundo, lo que el presente estudio focalizo seis grupos ( $n=40$ ) en la que tuvo resultados negativos del contener alimentos en una bolsa y desconfianza con respecto al posible uso de aditivos, más sin embargo información útil por tratarse de un alimentos cocinado al vacío y determinado como productos de calidad superior (Roascio & Gambaro, 2017).

Al comparar la bioaccesibilidad de minerales en muestras de hígado de bovino cocidas por ebullición (hervidas) y cocinadas al vacío, el estudio mostró que solo algunos de los nutrientes ingeridos están disponibles para su absorción por el organismo al recibir

tratamiento térmico. Por un lado, la cocción a ebullición promovió el aumento de la bioaccesibilidad de Ca, Cu, Fe, K y Mg, excepto en el caso del Zn, su efecto fue opuesto. Por otro lado, la cocción al vacío proporciono una mayor bioaccesibilidad de los minerales estudiados a excepción del K mostrando valores equivalentes de este mineral en ambos métodos de cocción, teniéndose 39.7% y 95.8% de Ca, 8.78% y 26.9% de Cu, 8.80% y 39.5% de Fe, 30.2% y 42.6% de K, 26.4% y 43.9% de Mg, 24.8% y 36.3% de Zn (Da silva *et al.*, 2017).

Al evaluar la influencia de diferentes factores en los jamones de cerdo cocinados por el método al vacío en combinaciones de temperatura y tiempo (61°C o 71°C por 45 o 90min) y grado de vacío de (98.81% o 96.58%), en cuanto a calidad, propiedades estructurales y microbiológicas de las muestras tratadas en comparación con los de control (envasado al aire con ebullición por 45min), mostro que la temperatura y el grado de vacío afectaron las propiedades de calidad, mientras que el efecto del tiempo fue limitado, los sometidos a 61°C mostraron mayor retención de humedad, enrojecimiento y color rosado, mientras que las muestras tratadas a 71°C mostraron una mayor tasa de perdida de cocción, ligereza y valores básicos de nitrógeno volátiles, no se detectó crecimiento microbiano en ningún grupo de tratamiento de la carne cocida a 61°C y 98.81% de vacío mostro disposición más espaciosa de la fibra de carne (Joung *et al.*, 2018).

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

En la región andina existen aproximadamente 3899,350 llamas y 4000,408 alpacas. Perú es el país con mayor población de estos dos CSA en el mundo, teniendo el 89.9% de las alpacas y el 32.0% de las llamas, según el Censo Agropecuario del 2019 la Provincia de Carabaya reporta una población de 279,810 alpacas y 57,230 llamas, siendo Macusani el Distrito con mayor población de llamas, seguido de Corani (DRAP, 2019). Según la Dirección Regional Agraria, la Provincia de Carabaya tiene una producción de 416m<sup>3</sup> de leche que es de autoconsumo, en cuanto a fibra y carne se producen 45TM y 185TM respectivamente. Teniendo una representación de 33% del total de ingresos por la venta de carne, siendo menor que la venta de fibra dentro del ingreso monetario, debido a que la producción de carne está destinada al mercado local y autoconsumo.

Según las estadísticas del IV Censo Nacional Agropecuario del INEI (2008) muestran que la producción de estos dos productos pecuarios desde el 2008 estuvo en constante crecimiento de 8% anual. Según proyección en el caso de la llama (*Lama glama*) tuvo una reducción de 2.8 %. Apreciándose una marcada preferencia por el consumo de la carne bovina y de pollo (con incremento en producción de 6,8%). Quedando de lado la canal de carne de llama (*Lama glama*) en todos sus cortes, lo que hace que su consumo no sea tan alto. A su vez, es el principal problema que enfrentan los productores de crianza de llama (*Lama glama*), sumado a esto lidian con un bajo ingreso económico por la carcasa debido a que se tiene dificultades de comercializar algunas partes (lomo, piernas, chuleta, paleta) de la canal y la carencia de condiciones necesarias para acceder al mercado formal.

Teniendo en cuenta la problemática del desaprovechamiento de la carne de llama (*Lama glama*), un serio desafío para la industria cárnica y la implantación de nuevos estilos de alimentación y demanda de los consumidores que cada vez prefieren alimentos sanos de consumo inmediato acordes a los estándares de calidad. En este contexto, con el fin de estar a la vanguardia de la innovación y dar inmediata respuesta a estas demandas se genera, el presente trabajo de investigación, planteando una alternativa de conservación y procesado, minimizando riesgos en la salud del consumidor, como una opción para el tratamiento de los lomos de la carne de llama (*Lama glama*), conocido como: Método de **cocción al vacío**, es un estudio de tratamientos a bajas temperaturas por tiempos largos que garanticen la cocción, con mínimo daño sobre los componentes nutricionales que genera cambios favorables en conservar la calidad de la carne fresca, es libre de aditivos y a su vez se adapta a las necesidades del mercado (menos grasa y sal), mejorando su imagen y presentación del corte más apetecido.

## 2.2 Enunciados del problema

En base a las consideraciones enunciadas, se planteó las siguientes interrogantes de investigación:

### 2.2.1 Problema general

- ¿Cómo influye la temperatura y el tiempo de cocción, sobre las características físico-químicas, funcionales y sensoriales de la carne de llama (*Lama glama*) envasada al vacío?

### 2.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué efecto tiene la temperatura y el tiempo de cocción, sobre las características físico-químicas favorables del lomo de carne de llama (*Lama glama*) envasado al vacío?
- ¿Cómo influye los tratamientos de la cocción, sobre la actividad antioxidante en el lomo de carne de llama (*Lama glama*) envasado al vacío y no envasado al vacío?
- ¿Cuál es el efecto del tratamiento de cocción de la carne de llama (*Lama glama*) envasada al vacío, sobre las propiedades sensoriales y su aceptabilidad?

### 2.3 Justificación

La llama (*Lama glama*) domesticada dio origen a la primera ganadería autóctona y sus características han permitido utilizar esta especie animal como fuente de carne, como animal de carga y también como proveedor de fibra y cuero. Tiene un comportamiento más eficiente y requiere menos cuidados que otras especies ganaderas en cuanto al clima y las pasturas. Su carne como todo alimento de origen animal, posee proteína de alto valor biológico (PAVB) siendo mayor al de otras carnes rojas, posee menor proporción de grasa y colesterol frente a otras especies. Es rica en micronutrientes (vitaminas y minerales) de alta biodisponibilidad y apto para consumo humano; además presentan un sabor compatible a las diversas carnes industriales, principalmente el corte más apetecido es el lomo (Perez *et al.*, 2000).

La industria cárnica en su intento de propiciar métodos de procesado, con ciencia y tecnología actualizada para elaborar derivados cárnicos ha desarrollado con gran intensidad en los últimos años, considerando inclusive como carne industrial la de los camélidos sudamericanos, trayendo consigo la utilización de determinados tratamientos con la llama (*Lama glama*), donde se produce daños por calor a las proteínas, vitaminas u oxidación de lípidos, modificando así la textura, olor, color, sabor, considerables pérdidas de agua y compuestos aromáticos. Así mismo se intensificó el uso de aditivos químicos como las sales curantes ( $\text{HNO}_2$  ácido nitroso). Ante esta situación del uso de cuestionados tratamientos y agentes químicos que inciden en la salud de los consumidores como es el cáncer y frente a la deficiente utilización de los lomos de la carne de llama (*Lama glama*), una de las carnes que afecta en menor porcentaje a la salud frente a otras carnes rojas, que representa a su vez una de las más importantes fuentes de proteína para la población andina, se plantea un método de procesamiento y comercialización.

La aplicación de este método es un gran aporte a la ciencia y tecnología de los alimentos, principalmente a la industria cárnica, ya que nos permite establecer la relación temperatura y tiempo de cocción, con el fin de demostrar la conservación de sus características físico-químicas, funcionales y sensoriales, alcanzando un equilibrio con la seguridad alimentaria, puesto que el envasado al vacío reduce el crecimiento microbiano e impide la re-contaminación después de su cocinado. Estas muestras tratadas serán comparadas con la carne cruda (control) y carne cocida convencionalmente (patrón).

## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de cocción, sobre las características físico-químicas, funcionales y sensoriales de la carne de llama (*Lama glama*) envasada al vacío.

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Establecer la temperatura y el tiempo de cocción que favorece las características físico-químicas del lomo de carne de llama (*Lama glama*) envasado al vacío.
- Evaluar el efecto de los tratamientos de cocción, sobre la actividad antioxidante en el lomo de carne de llama (*Lama glama*) envasado al vacío y no envasado al vacío.
- Determinar cuál tratamiento de cocción, mejora las propiedades sensoriales de la carne de llama (*Lama glama*) envasada al vacío y establecer su aceptabilidad.

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Las temperaturas y tiempos de cocción influyen sobre las características físico-químicas, funcionales y sensoriales de la carne de llama (*Lama glama*) envasados al vacío.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

- La temperatura y el tiempo de cocción favorecen y mejoran las características físico-químicas del lomo de carne de llama (*Lama glama*) envasado al vacío.
- Los tratamientos de cocción, influyen sobre la actividad antioxidante en los lomos de carne de llama (*Lama glama*) envasado al vacío y no envasado al vacío.
- Los tratamientos de cocción mejoran positivamente sobre las propiedades sensoriales de la carne de llama (*Lama glama*) envasada al vacío que favorezcan su aceptabilidad.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudio

El presente estudio de investigación, así como sus análisis se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, ubicado en la ciudad de Puno a una altura de 3827msnm, una temperatura promedio de 16°C y Humedad Relativa promedio de 75 %. Siendo importante resaltar que la llama (*Lama glama*) es originaria de la zona andina y en beneficio de los productores de esta especie se ubicó realizar es estas instalaciones.

- El material experimental (lomo de carne de llama) fue tratado, en la Planta Piloto de la EPIAI.
- La determinación de actividad antioxidante se realizó en el Laboratorio de cromatografía y espectrometría de la UNSAAC.
- Los análisis físico-químicos y sensoriales se realizaron en los laboratorios de: Postcosecha, Evaluación nutricional y Biotecnología de los alimentos de la EPIAI.

#### 3.2 Población

La población en estudio para la presente investigación fue la carne de llama (*Lama glama*), según lo detallado en la Tabla 3.

Tabla 3

*Datos del material experimental.*

Especie	Raza	Edad	Sexo	Procedencia
Carne de llama	Q´ara	1.5 años	Macho	Dist. Macusani-Puno

### 3.3 Muestra

La muestra es el lomo de la carne de llama (*Lama glama*), obtenido por corte longitudinal y de tamaño de 2\*5\*7cm de cada lado, envasado en bolsas de vacío de 90 micras compuesto por poliamida (20) y polietileno (70) adquirida de la casa comercial ALITECNO S.A.C., material termo resistente de (-40°C a +120°C), con permeabilidad de O<sub>2</sub> de 9cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por 24h., y permeabilidad al vapor de agua de 1.2g/m<sup>2</sup> por 24h.

### 3.4 Método de investigación

Frente a la búsqueda de un nuevo método de aprovechamiento de los lomos de carne de llama (*Lama glama*) se determinó que el tipo de investigación es cuantitativo y se planteó la metodología experimental descrita en la figura 1. Dichas muestras de los tratamientos fueron comparadas con la carne fresca (control) y la carne tratada por cocción convencional.

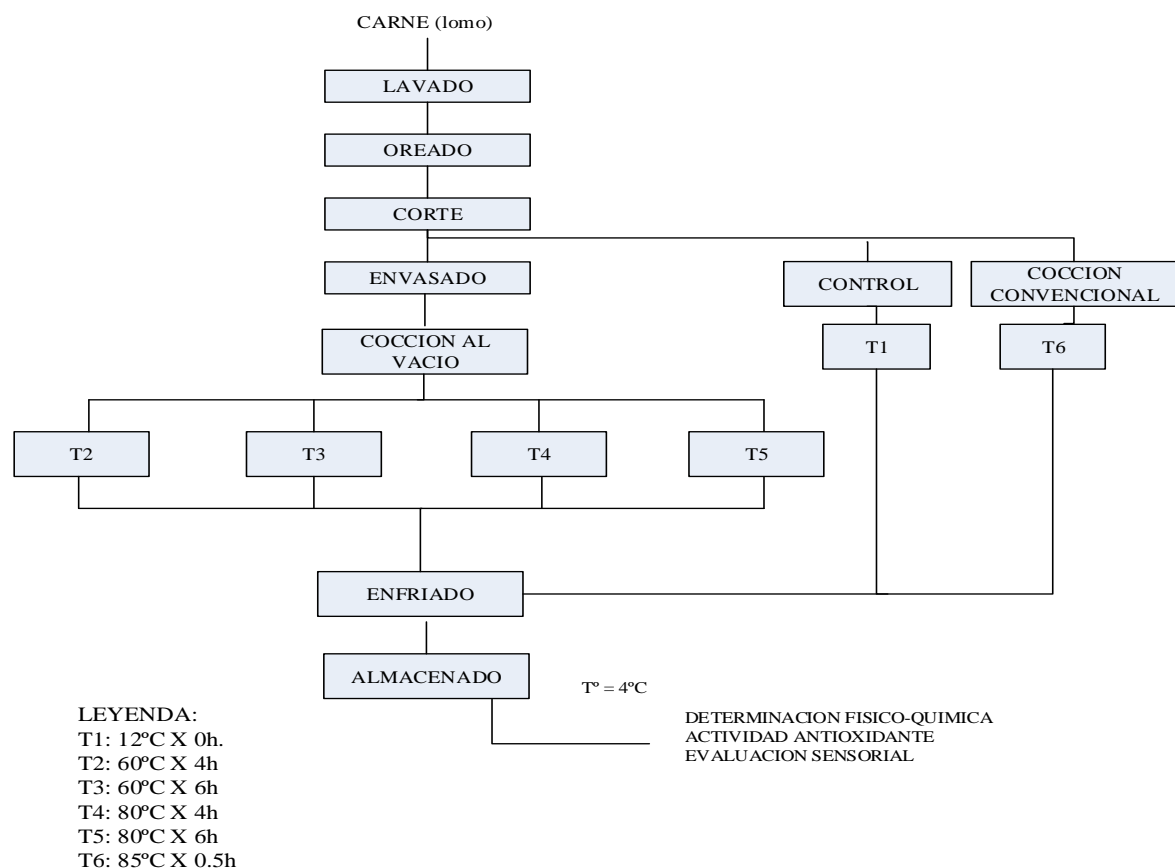


Figura 1. Diagrama de flujo del procesamiento de los lomos de carne de llama.



El tratamiento de la carne de llama (*Lama glama*), se realizó del siguiente modo:

**Recepción de materia prima:** Los lomos se obtuvieron por corte longitudinal separando los paquetes musculares hasta dejar descarnado del tejido óseo.

**Lavado:** Se realizó con una solución de cloruro de sodio y agua (al 0.2 %), para eliminar restos de impurezas que se puede impregnarse durante el beneficio.

**Oreado:** Se efectuó con la finalidad de eliminar la humedad superficial.

**Corte:** En forma manual se hizo cortes pequeños para las muestras, las mismas que fueron de tamaño uniforme 2\*5\*7cm, con un peso de 90g cada uno.

**Sellado al vacío:** Los lomos fueron envasados y sellados al vacío con 0.6 BAR de vacío, en envases con especificaciones requeridas para el presente estudio, con el fin de proteger al producto de la contaminación.

**Cocinado:** Este proceso se realizó en baño maría con control de temperaturas de 60°C y 80°C por tiempos de 4 y 6 horas.

**Enfriado:** La carne cocida fue enfriada a una temperatura de 4°C.

**Almacenamiento:** Se almacenó en cámara de refrigeración y luego se analizó.

### 3.4.1 Descripción de variables analizadas

Las variables de estudio y respuesta para un adecuado análisis de datos fueron:

#### 3.4.1.1 Variables en estudio

##### a) Temperaturas de tratamiento:

- 60°C
- 80°C

##### b) Tiempos de tratamiento

- 4 horas
- 6 horas

#### 3.4.1.2 Variables de respuesta

##### a) Características físico-químicas

- Color
- Textura

- pH.
- $a_w$ .
- % proteína
- % humedad

#### **b) Evaluación de actividad antioxidante**

- ABTS

#### **c) Evaluación sensorial**

- Color
- Olor
- Sabor
- Textura

### **3.4.2 Descripción de materiales y equipos**

Para la aplicación de la metodología antes descrita y obtener resultados se hizo uso del siguiente materiales y equipos.

#### **a. Material e instrumentos de laboratorio**

- Pipetas de vidrio graduadas, con capacidades de: 0.5 ml, 1 ml, 5ml y 10 ml.
- Fiolas de vidrio marca pírex, capacidad 100ml y 250ml.
- Vasos de precipitado marca pírex, material de vidrio de forma baja, graduado y con pico Beaker capacidad de 10ml, 50ml y 100ml.
- Frasco lavador de polietileno, boca angosta de capacidad 500ml.
- Matraces Erlenmeyer marca pírex, material de vidrio boca angosta graduado de 100ml, 250ml y 500ml.
- Probeta graduada con pie hexagonal y pico, marca pírex, material de vidrio de capacidad 50ml, 100ml y 250ml,
- Mortero y pilón de porcelana, capacidad de 250ml., con pistón tipo 55 y tipo 56.
- Espátula de hoja, material acero inoxidable N° 100, peso 40g.
- Plumón de tinta indeleble, marca Faber Castell.
- Luna de reloj, marca pírex, material de vidrio

- Tablas de picar, material plástico color blanco.
- Cuchillos manuales de acero inoxidable marca tramontina
- Cámaras de cata o de evaluación sensorial, color blanco
- Vasos y platos para degustación, color blanco.
- Olla de acero inoxidable N° 10.

#### **b. Equipos e instrumentos de medición**

- Balanza analítica de precisión marca AND FR-300, sensibilidad 0.0001g y Cap de 310g.
- Acidómetro marca Kimax, material de vidrio, capacidad de 10ml.
- Equipo de cocción al vacío, con control de tiempo y temperatura, material de acero inoxidable.
- Hornilla eléctrica, marca PREMIER.
- Equipo Kjeldahl (destilador de nitrógeno) de vidrio, marca GERHARDT.
- Aparato de digestión y balones de 100ml, marca PIREX.
- Determinador de actividad de agua ( $a_w$ ), marca AQUALAB, con escalas de 0 a 1.
- Analizador de porcentaje de humedad electrónico, de la serie PMC 50, marca AQUALAB.
- Analizador de perfil de textura (TPA), modelo CT3, marca BROOKFIELD.
- pH-metro digital, marca METRHOM 222.R, DE 0-14pH ATC.
- Refrigeradora LEHEL COL- EIPA-ME042, marca GOLDEX.
- Termómetro multi digital HERMOMELER (-50 A 200 °C).
- Espectrofotómetro 4802 –UV/VIS DOUBLE BEAN.
- Estufa modelo DGH-9023A, marca ICSA.
- Licuadora marca OSTER, de 3 velocidades y vaso de vidrio con capacidad de 200ml.
- Baño maría, marca MEMERT de acero inoxidable tipo 1.4301.
- Empacadora a vacío, modelo JUMBO 42, sellado 260mm x 8mm, marca HENKELMAN.
- Colorímetro digital PCE, con escalas LAB y longitud de onda entre 100 y 700nm, para determinar  $L^*a^*b^*$ , marca HUNTERLAB.
- Agitador magnético marca CAT 400°C y 1200rpm.

### c. Reactivos

- Agua destilada estéril, marca Merck Peruana S.A.
- Ácido clorhídrico (HCl) diluido en una concentración de 0,5N, 0,1N.
- Ácido bórico, de concentración al 4%
- Ácido sulfúrico, de concentración al 98%.
- Catalizador de Sulfato de cobre ( $\text{SO}_4\text{Cu}:\text{SO}_4\text{K}$ ).
- Soluciones buffer de 4, 7 y 10, para el indicador de pH.
- Solución de Hidróxido de sodio (NaOH) diluido en una concentración al 0,1N.
- Indicador de Fenolftaleína, de concentración al 95%.
- ABTS (2,2 Azino-bis 3 Ethylbenzothiazolone-6-sulfonic. Acid Diammonium Salt 98%) de la marca de SIGMA ALDRICH.
- Acido gálico (acido 3, 4, 5-trihidroxibenzoico), Merck Peruana S.A.
- Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Merck Peruana S.A.
- Folin Ciocalteu 2N, Merck Peruana S.A.
- Solvente orgánico, Metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  en una concentración al 99.8%, de la marca SIGMA ALDRICH.
- Persulfato de sodio, adquirido de Merck Peruana S.A.
- Sulfato potásico químicamente puro.
- Sulfato cúprico químicamente puro.
- Ácido bórico químicamente puro.
- Indicador rojo de metilo / verde de bromocresol
- Solución de ácido sulfúrico al 0,01N.

### d. Software

- Microsoft Office Profesional Excel 2013.
- Programa estadístico Infostat 2019.

#### 3.4.3 Diseño estadístico

Los análisis estadísticos para procesar los datos obtenidos durante la investigación, específicamente para el primer y segundo objetivo, fueron el diseño completamente al azar (DCA), basado en un arreglo factorial de  $6 \times 3$ , 6 tratamientos y 3

repeticiones, con 18 observaciones y un nivel de significancia al 5%. La efectividad se realizó con la prueba de análisis de varianza (ANOVA) expresado en una ecuación lineal y con el Test de comparación múltiple de Duncan para determinar las posibles diferencias significativas entre los tratamientos. Se trabajó con el programa estadístico Infostat 19.0, cuyo modelo estadístico lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es una observación en la j-esima unidad experimental, sujeto al i-esimo tratamiento.

$\tau_i$  = Es el efecto del i-esimo tratamiento

$\mu$  = Es el efecto de la media general o constante común.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto verdadero de la j-esima unidad experimental (replica) sujeta al i-esimo tratamiento (error experimental)

Con respecto a la evaluación sensorial, el diseño estadístico empleado fue el diseño de bloque completamente al azar (DBCA), los resultados fueron procesados estadísticamente de acuerdo a las varianzas de cada atributo según el análisis descriptivo no paramétrico de **Friedman** en una categorización cualitativa. Su ecuación lineal es como sigue.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada en la unidad experimental ubicada en el j-esimo bloque que recibe el tratamiento "i".

$\mu$  = Constante común para toda la observación o media de la población.

$\tau_i$  = Es el efecto del tratamiento "i", el cual es igual a  $(\mu_i - \mu)$ , es la diferencia entre el promedio poblacional del bloque y la media poblacional  $\mu$ .

$\beta_j$  = Es el efecto del bloque “j”, que es igual a  $(\mu_i - \mu)$ , es la diferencia entre el promedio poblacional del tratamiento y la media poblacional  $\mu$ .

$\varepsilon_{ij}$  = Termina que representa el error de su respectiva  $Y_{ij}$  que se considera como la variable distribuida en forma normal e independiente con media cero y varianza constante

### 3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Para un adecuado manejo de los resultados, los métodos aplicados para obtener los resultados según los objetivos planteados, se detalla a continuación.

#### 3.5.1 Determinación de las características físico-químicas

##### a. Determinación de color

Para determinar las características cromáticas del color se utilizó un colorímetro PCE-TCD 100, el cual fue calibrado con un mosaico blanco antes de cada medición, colocando el equipo sobre la superficie de corte de los músculos, las medias de las lecturas fueron tomados directamente sobre el producto escaneando cada una de las muestras tratadas en tres ubicaciones, considerando el principio del uso del equipo que se basa en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro, y refleja por el color blanco, así como la descomposición de la misma en los colores rojo, azul, amarillo y verde, los valores que caracterizan estos colores son a, b, y L (Contreras, 2009). El eje L (claridad) o de luminosidad va del cero a cien (el 0 corresponde al negro) y (el 100 corresponde al blanco). Los otros ejes de coordenadas  $a^*$  (enrojecimiento) y  $b^*$  (amarillo/azul) representan variación del color rojo (valores positivos) al verde (valores negativos) y de amarillo (valores positivos) y de azul (valores negativos) respectivamente (García *et al.*, 2002).

Los resultados de esta característica óptica se midieron en la escala CIELab, Figura 2 la escala cromática está definida por  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , las puntuaciones obtenidas se utilizaron para calcular magnitudes derivadas que son la croma ( $C^*$ ) y un ángulo de tono ( $H^*$ ) según las ecuaciones.

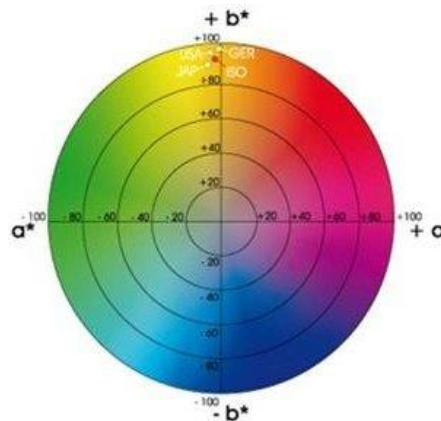


Figura 2. Escala cromática L\*, a\* y b\*.

Ecuaciones:

$$\text{Chroma (C}^*) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{Hueangle (H}^*) = \arctg(b^*/a^*) \times (360^\circ/2 \times 3.14).$$

Donde:

a\* (componente del color rojo/verde)

b\* (componente del color amarillo/azul)

## b. Determinación de textura

Los parámetros instrumentales de textura se midieron, utilizando el analizador de Perfil de Textura (TPA), se realizó siguiendo el método instrumental propuesto por (Steffe, 1996). Los datos fueron obtenidos con un texturómetro CT3 BROOKFIELD, diseñada para determinar la fuerza de deformación. Donde algunas porciones uniformes de los músculos cocinados se cortarían en cubos de 2\*2\*1cm. Estos fueron comprimidos axialmente al 50% de la altura original con un embolo plano de 50mm de diámetro (P/50) a una velocidad de la cruceta de 2mm/s a través de una secuencia de 2-ciclo. Los resultados de esta característica se expresan: Hardness1 (fuerza de corte en N), Hardness2 (dureza en N), Cohesiveness (cohesión en N/mm<sup>2</sup>) y Springiness (elasticidad en cm).

### **c. Determinación de pH.**

Esta determinación se realizó con un pH-metro digital, de acuerdo al método reportado por (Raveendran, 1993). La misma que indica picar 10 g. de muestra a las que se adicione 90ml de agua destilada, posteriormente se homogenizo en una licuadora domestica a máxima velocidad durante aproximadamente 5 minutos.

A partir de esta solución se tomó 10ml a los cuales se midió el pH, por introducción directa del electrodo en la muestra, cada medición se realizó por triplicado.

### **d. Determinación de actividad de agua.**

La medición de la actividad de agua ( $a_w$ ), se realizó siguiendo el método reportado por (Rodriguez, 2011), con un determinador directo de actividad de agua en productos, Marca AQUALAB.

En una cubeta de plástico especial del equipo de medida se pesó 2g de carne tratada al vacío, previamente picado, en seguida se introdujo la cubeta en la cámara de medición de productos por un tiempo de 10 a 15 minutos, hasta que se estabilice, posteriormente se procedió a realizar la lectura correspondiente del valor de actividad de agua, la determinación se realizó por triplicado.

### **e. Determinación de proteína**

La determinación de proteína bruta se realizó por el método oficial AOAC 918.10, método semimicro Kjeldahl, que consiste en la transformación de los compuestos nitrogenados presentes en la muestra en amonio por digestión en ácido sulfúrico concentrado y en presencia de oxidantes, método recomendado por la (A.O.A.C., 1990), la misma que consiste en:

Realizar la digestión con finalidad fundamental de transformar los compuestos nitrogenados presentes en la muestra en amonio, con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores (metales de mercurio,



selenio, sulfato de cobre o sulfato de potasio) de este modo la muestra se transformó en nitrógeno amoniacal  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Luego se realizó el proceso de destilación, al producto obtenido de la digestión se añadió exceso de hidróxido de sodio a la solución sulfúrica y se destiló el amoníaco sobre un ácido (ácido bórico) combinándose ambos y resultando el borato amónico.

Finalmente, la valoración se realizó con ácido sulfúrico al 0.01N, usando como indicador rojo de metilo, el mismo que vira del rosa al amarillo, el valor obtenido fue restado del nitrógeno total determinado por el método semimicro Kjeldahl y se determina la proteína multiplicando por el factor, los cálculos se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\% \textit{Proteina} = \frac{V * N * meqN * 100}{\textit{peso de la muestra}} * 6.25$$

Donde:

- V : Volumen del gasto de ácido sulfúrico  
N : Normalidad del ácido sulfúrico  
Meq : mili equivalente 14/1000  
6.25 : Factor (relación nitrógeno-proteína 100/16).

#### f. Determinación humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó según el método propuesto por (Nollet, 1996) utilizando una termo balanza o balanza de humedad a través de la detección automática se obtuvo el porcentaje de humedad de los lomos de tratados, colocando (5g) de muestra para cada análisis, la humedad es tomada como pérdida de peso al secado, para tal fin el equipo consta de una balanza de torsión sensible y una lámpara infrarroja y cada medición se realizó por triplicado.

El formato para la recolección de datos de la determinación de las características fisicoquímicas y funcionales se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

*Formato para recolección de datos de características físico-químicas y funcionales.*

Muestras	Tratamientos		Repetición	Evaluaciones	
	Temperatura (°C)	Tiempo		Características físico-químicas	Características funcionales
T1	12	0 horas	R1		
			R2		
			R3		
T2	60	4 horas	R1		
			R2		
			R3		
T3	60	4 horas	R1		
			R2		
			R3		
T4	60	6 horas	R1		
			R2		
			R3		
T5	80	4 horas	R1		
			R2		
			R3		
T6	85	0.5 horas	R1		
			R2		
			R3		

### 3.5.2 Evaluación de la actividad antioxidante

Para este análisis se utilizó la metodología reportada por (Arnao, 2001). El método permite evaluar debido a la decoloración de un radical libre preformado por la

acción del compuesto oxidante, es aplicable para antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos.

Según, Rice-Evans, Millar & Paganda (1996), la capacidad antioxidante de un compuesto está determinado por:

- Su reactividad como un agente donador de hidrogeno y electrón.
- El destino resultante del radical derivado antioxidante, que se rige por su capacidad para estabilizar y deslocalizar electrones desapareados.
- Su reactividad con otros antioxidantes.
- Su potencial de quelación de metales de transición.

La solución ABTS, se preparó diluyendo 78.4mg, luego se enraso a 10ml de agua destilada en una fiola (Reactivo A). Por otro lado, también se preparó una solución de per sulfato de potasio (Reactivo B), para lo cual se pesa 26.4mg., se enrasa a 20ml con agua destilada en una fiola, las soluciones se almacenaron en frascos oscuros.

Después se preparó la solución Madre de ABTS<sup>+2</sup> empleando volúmenes iguales de los reactivos A y B (relación 1:1), luego se mezclaron bien y se dejó reposar en oscuridad por 12 horas a temperatura ambiente antes de ser utilizadas.

De la solución madre se preparó una solución diluida de ABTS<sup>+2</sup> y se le adiciono 60ml de metanol al 96%, esta solución debe dar una lectura de absorbancia a 734nm de  $1,1 \pm 0.02$ , de lo contrario debe corregirse agregando metanol o solución madre, según sea el caso (se debe conservar en un frasco ámbar). Se llevó a cero el espectrofotómetro con metanol.

Para proceder a la cuantificación de la actividad antioxidante se tomó 15µl de los extractos obtenidos, se adicionan 2850µl de solución de ABTS diluida, luego se agito por 2 horas y 30min., en ese tiempo se mantuvo constante a temperatura ambiente. Luego se procedió a realizar las lecturas de absorbancia a 734nm. Las lecturas están comprendidas entre 0.1 y 1.05. Para preparar el blanco se procede de la misma forma, pero se utiliza en lugar de la muestra metanol. La actividad antioxidante se estima usando una curva estándar teniendo como patrón el trolox,

que es una sustancia hidrosoluble análoga de la vitamina E. los resultados se expresan como  $\mu\text{mol trolox equivalente/g. de carne}$ .

Tomando como referencia la curva estándar para la cuantificación de la actividad antioxidante se toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$\mu\text{mol trolox equivalente/ml} = (0.7836 \times \Delta\text{Abs}) - 0.001$$

Y la capacidad antioxidante se calculará con la ecuación:

$$Y = ((0.7836 \times \Delta\text{Abs}) - 0.001) \times Fd \times A$$

Donde:

Y :  $\mu\text{mol trolox equivalente/g. de muestra}$

$\Delta\text{Abs}$  : Absorbancia Del blanco – absorbancia de la muestra (734nm)

Fd : Factor de dilución

A : Vol. (ml) de solvente utilizado + peso de muestra (g)/peso de muestra (g).

### 3.5.3 Evaluación de las propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales evaluadas fueron: color, olor, sabor y textura. Se evaluaron con un panel de 20 jueces y se empleó el cuestionario formulado que se encuentra en el Anexo 1, utilizando una escala hedónica, donde las categorías fueron definidas por números según lo recomendado por (Anzaldúa-Morales, 1994). El formato de recolección de datos se muestra en la tabla 5.

- Me gusta muchísimo (5)
- Me gusta mucho (4)
- Ni me gusta ni me disgusta (3)
- Me gusta poco (2)
- No me gusta (1)

Los tratamientos evaluados fueron del modo que se indica a continuación, debido a que para efectos de la degustación no se consideró la carne fresca o cruda, quedando del siguiente modo:

- T1 (85°C/0.5hrs)
- T2 (60°C/4hrs)
- T3 (60°C/6hrs)

- T4 (80°C/4hrs)
- T5 (80°C/6hrs)

Tabla 5

*Formato para recolección de datos de propiedades sensoriales*

Juez	Muestras				
	T1 PATRON	T2 (60°C/4hrs)	T3 (60°C/6hrs)	T4 (80°C/4hrs)	T5 (80°C/6hrs)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
...					
20					

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Determinación de las características físico-químicas

Dentro de estas características se reportan los resultados de color, textura, pH,  $a_w$ , contenido de proteína y contenido de humedad.

##### 4.1.1 Color

En el anexo 2 se presenta los resultados de las propiedades ópticas del color para las muestras de los seis tratamientos, donde se observa valores para croma ( $C^*$ ) siendo 21.20 el promedio máximo para  $60^\circ\text{C}\times 4\text{h}$ , y el promedio mínimo de 12.27 que pertenece al sometido a  $85^\circ\text{C}\times 0.5\text{h}$ .

Donde el ANOVA del Anexo 2 muestra las puntuaciones medias y las desviaciones estándar obtenidas para la magnitud derivada del croma  $C^*$  en los diferentes tratamientos, teniendo como medias desde 21.20, 17.50, 16.10, 15.00, 13.97 y 12.27 estas diferencias sin embargo no fueron significativas ( $P>0.05$ ) siendo aceptable estos valores con CV de 15.48%. Sin embargo, el test de Duncan muestra según los valores reportados para el tratamiento de  $60^\circ\text{C}\times 4\text{h}$  y  $85^\circ\text{C}\times 0.5\text{h}$  que existe diferencia estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ) entre estos dos tratamientos.

Al respecto en la figura 3 se puede apreciar que no hay diferencia significativa de los valores reportados entre los seis tratamientos y no hay efecto significativo entre la interacción del tiempo (4h. y 6h.) y la temperatura ( $60^\circ\text{C}$  y  $80^\circ\text{C}$ ) aplicado durante la cocción al vacío para la carne de llama, en la magnitud derivada del croma  $C^*$ .

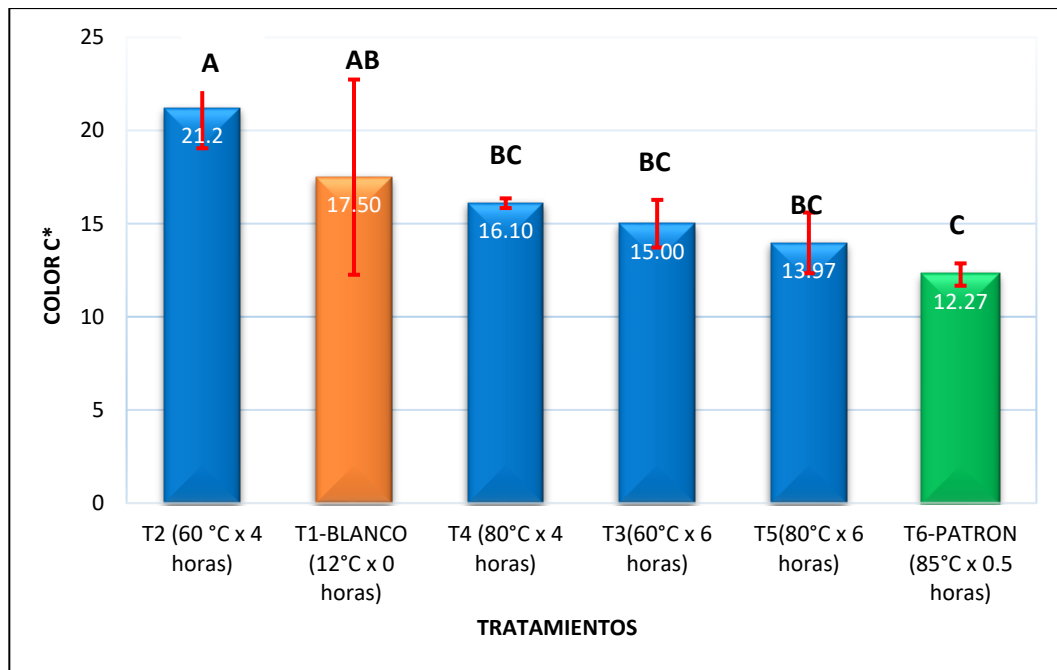


Figura 3. Croma (C\*) de los tratamientos.

Los resultados de este estudio nos muestran valores de croma más alto para la muestra tratada a 60°Cx4h con 21.20, frente a la muestra tratado a 80°Cx4h con 16.10, similar tendencia se tuvo con la muestra tratada a 60°Cx6h con 15.00 frente a la muestra tratada a 80°Cx6h con 13.97, siendo estos valores mayores aun frente al valor de 12.27 de la muestra patrón (85°Cx0.5h) tratado por cocción convencional. Lo que nos demuestra que el grado de desnaturalización de las proteínas que valora el croma C\* se da en función de la temperatura y más aún se ven afectados por el tiempo de tratamiento.

Estos resultados son coincidentes con lo estudiado por (Sanchez del Pulgar *et al.*, 2012), los valores de croma C\* para la carne de cerdo tratado a 60°C, fueron más altos frente a los valores de croma C\* tratado a 80°C, y que los cocinados a ebullición, excepto para aquellos que se envasaron y fueron cocidos a 60°C durante 12 horas.

Esto se debe a que la saturación croma C\* en las carnes de color está en función a la concentración de mioglobina y a su grado de desnaturalización, alcanzando valores más altos con mayores concentraciones de mioglobina y menores tasas de mioglobina desnaturalizada.

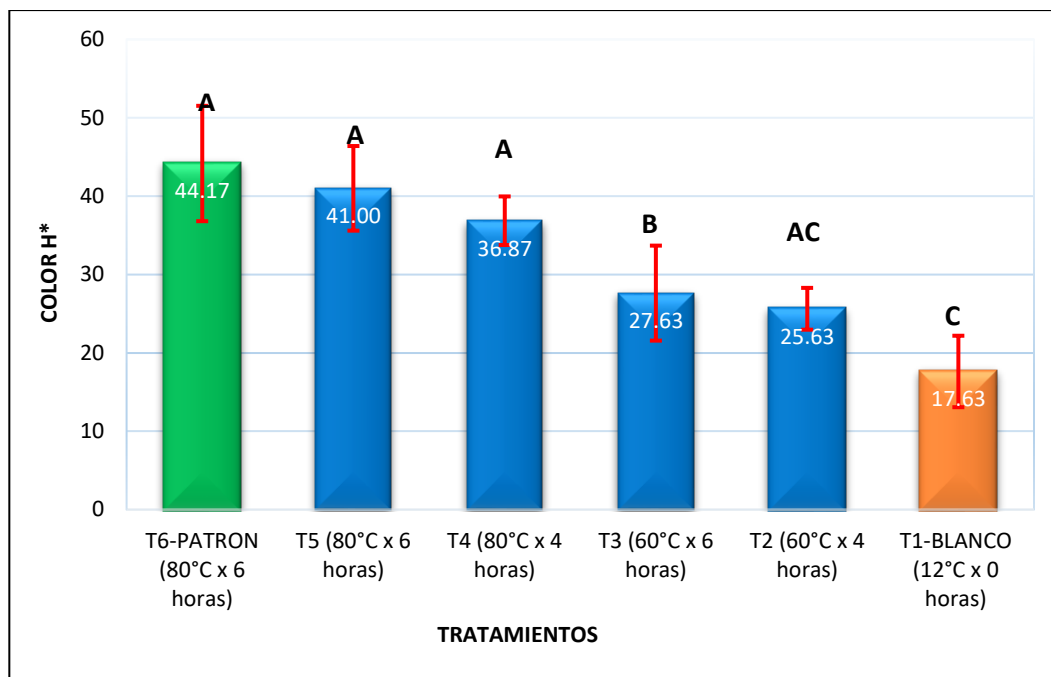


Figura 4. Angulo de tono ( $H^*$ ) de los tratamientos.

En cuanto a los parámetros de ángulo de tono ( $H^*$ ) de la escala CIELab para las seis muestras tratadas de los lomos de carne de llama se aprecia en la Figura 4, en la cual se observa que se tiene como promedio mínimo 17.63 para  $12^\circ\text{C} \times 0\text{h}$  y 44.17 como promedio máximo a la muestra sometida a  $85^\circ\text{C} \times 0.5\text{h}$ .

En donde en el ANOVA muestra entre los valores de las medias que no hay diferencia estadísticamente significativa entre todos los tratamientos. Por otro lado, el Test de Duncan muestra valores observables de 44.17, 41.0 y 36.87 entre los tratamiento  $85^\circ\text{C} \times 0.5\text{h}$ ,  $80^\circ\text{C} \times 6\text{h}$  y  $80^\circ\text{C} \times 4\text{h}$  respectivamente, para los tratamientos  $60^\circ\text{C} \times 6\text{h}$  y  $60^\circ\text{C} \times 4\text{h}$  muestra valores de 27.6 y 25.63 respectivamente y para los tratamientos  $12^\circ\text{C} \times 0\text{h}$  y  $60^\circ\text{C} \times 4\text{h}$  se aprecia valores de 17.7 y 25.63; deduciéndose en los tres casos comparativos que estas diferencias sin embargo no fueron significativas ( $P > 0.05$ ) siendo aceptable estos valores con CV de 15.85%.

Como resultado de este estudio nos muestra valores de Angulo de tono Hue ( $H^*$ ) más alto cuanto más alta es la temperatura y tiempo de tratamiento, esta inversamente relacionado con el valor de  $a^*$ . Por lo tanto, las muestras cocidas a  $60^\circ\text{C}$  muestran valores inferiores de  $H^*$   $60^\circ\text{C} \times 4\text{h} = 25.63$  y  $60^\circ\text{C} \times 6\text{h} = 27.63$  que los cocidos a  $80^\circ\text{C}$  teniendo  $80^\circ\text{C} \times 4\text{h} = 36.87$  y  $80^\circ\text{C} \times 6\text{h} = 41.0$  de  $H^*$ , y más aún que los cocinados a temperatura de ebullición a  $85^\circ\text{C} \times 0.5\text{h}$  con  $H^* = 44.17$ .



Estos resultados comparados con los obtenidos por (Sanchez del Pulgar *et al.*, 2012) son similares, tienen la misma tendencia debido a que el Angulo de tono Hue ( $H^*$ ) es afectado por el estado químico de la proteína sarcoplásmica que es soluble en agua (mioglobina). Muy probablemente esto se debe al menor grado de desnaturalización de la mioglobina.

Evaluando las magnitudes derivadas del  $C^*$  y  $H^*$ , podemos apreciar que en ambos casos no existen diferencias significativas en los resultados reportados entre los tratamientos control y el sometido a  $60^\circ\text{C}\times 4\text{h}$ , teniendo en cuenta que el control es la carne cruda, las características de color se conservaron al ser sometidas a  $60^\circ\text{C}$  demostrando así que el sometido a  $60^\circ\text{C}\times 4\text{h}$  fue el único que no vario significativamente es cuanto a esta característica. Sabiendo que el color de la carne es un factor importante que influye en la aceptación del consumidor, en las decisiones de compra y en la satisfacción proporcionada por los productos cárnicos, estos resultados también lo afirman (Lawrie & Ledward, 2006).

El color está relacionado con la concentración de mioglobina, que para la carne de llama es de 4.99 mg/g y pigmentos proteicos presentes en el músculo (Muchenje *et al.*, 2009). Por lo tanto el enrojecimiento ( $a^*$ ) intensidad de la carne cocida al vacío esta inversamente relacionada con el grado de mioglobina desnaturalizada, un proceso de desnaturalización que ocurre a partir de  $60^\circ\text{C}$ ; de acuerdo a ello las muestras de lomo de llama cocidas a  $60^\circ\text{C}$  revelaron un color rojo más intenso que los cocidos a  $80^\circ\text{C}$  y las muestras cocidas a temperatura de ebullición mostraron menores valores de  $a^*$  que cualquiera de los otros tratamientos estudiados, estas tendencias fueron reportadas por las investigaciones de (Vaudagna *et al.*, 2002) y lo reportado por (Sanchez del Pulgar *et al.*, 2012) en muestras de mejillas de cerdo bajo similares tratamientos.

En cuanto a la coordenada colorimétrica de claridad ( $L^*$ ) que está directamente relacionada a la sensación visual de luminosidad, se aprecia en la Figura 5, como promedio máximo 68.63 para el tratamiento de  $85^\circ\text{C}$  por 0.5h., y de 42.30 como valor mínimo para la carne cruda  $12^\circ\text{C}\times 0\text{h}$ , considerado para el estudio como muestra control.

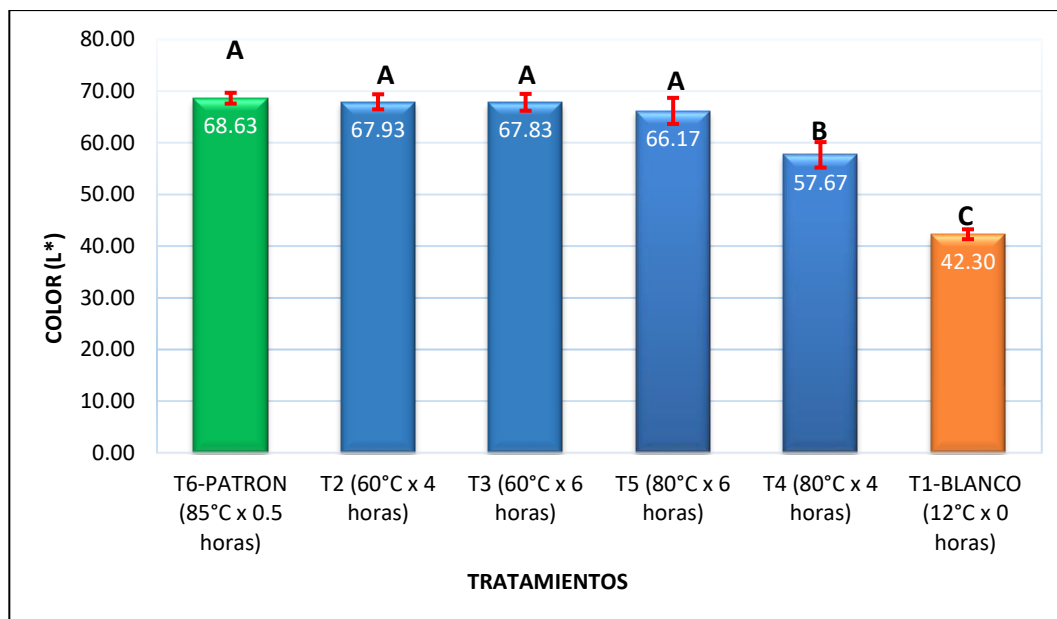


Figura 5. Luminosidad (L\*) de los tratamientos

Donde en el ANOVA para L\* se muestra los valores en la que indica que hay diferencia altamente significativa entre los tratamientos con respecto a la temperatura aplicada, siendo solo estadísticamente significativo en cuanto al tiempo de tratamiento y la interacción de tiempo y temperatura. Mientras los valores observados en el test de Duncan para 85°Cx0.5h, 60°Cx4h, 60°Cx6h y 80°Cx6h, muestra que no existen diferencias significativas entre estos tratamientos aun nivel de significancia de (5%), siendo buenos estos valores con un CV de 2.91%.

Todos los parámetros de color se vieron afectados por la temperatura de cocción. Por tanto, las muestras cocidas a 60°C muestran mayores valores de L\* (67.93 y 67.83), que los cocidos a 80°C con valores de L\* (66.17 y 57.67), lo que no ocurrió con la muestra cocida a 85°C x 0.5h., Estos resultados no coinciden con lo observado por Sánchez del pulgar, (2012), quien manifiesta que por cocción en húmedo debería tener menor valor de L\*, sin embargo nuestro valor L\* para el sometido a 85°Cx0.5h es 68.63, lo que debería ser el menor valor ya que estos resultados deben estar relacionados con la mayor cantidad de agua exudada. Tal vez se debió a que permaneció impregnada en la superficie de la muestra con otros componentes y el agua de exudado, aumentando así el valor de L\*.

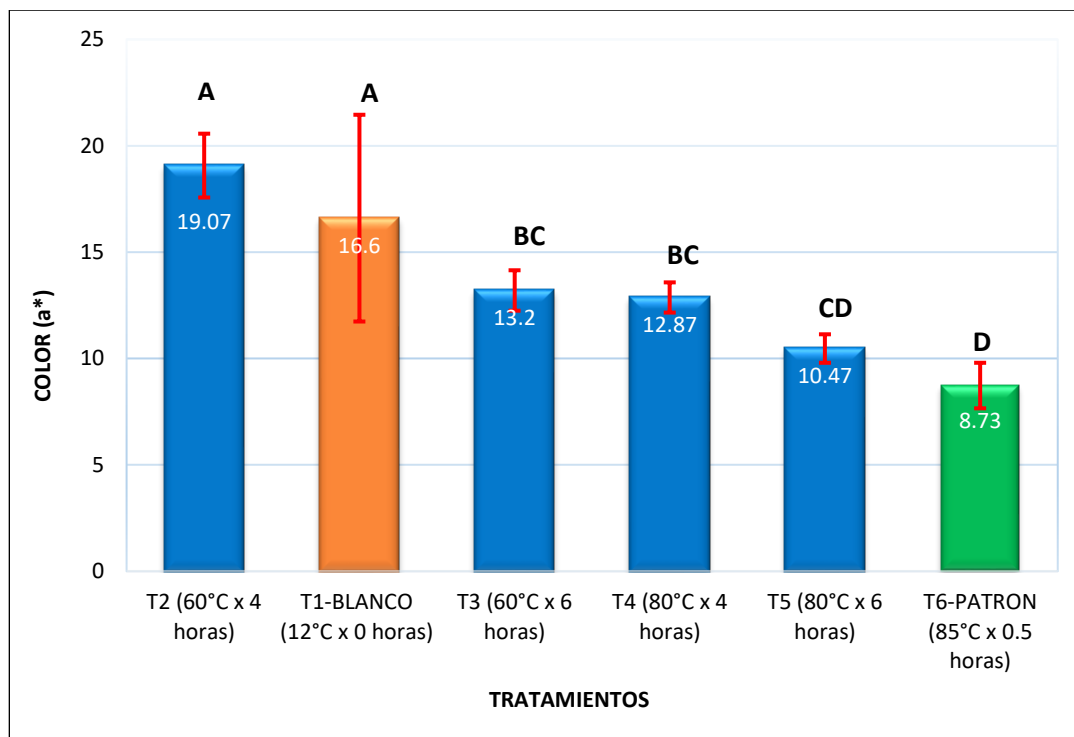


Figura 6. Parámetro del componente de color a\*.

Con respecto al componente del color a\* (de rojo a verde) se puede observar en la Figura 6, donde se tiene como promedio máximo de 19.07 que corresponde al 60°Cx4h, seguido de la carne cruda con promedio de 16.60 y a 85°Cx0.5h con el promedio mínimo de 8.73. En el que el ANOVA indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos con respecto a la temperatura, siendo aceptable el CV con 16.26%.

En cambio, en el Test de Duncan para a\* muestra que entre los tratamientos de 60°Cx4h y 12°Cx0h no hay diferencias significativas. Al respecto se deduce que el tratamiento 60°Cx4h conservo mejor la concentración de mioglobina y pigmentos proteicos presentes en el músculo de la carne de llama (*Lama glama*) acercándose a los resultados de la muestra control carne cruda 12°Cx0h.

En comparación al componente de color b\* (de amarillo a azul) mostrado en la Figura 7. Indica que el promedio máximo es 9.63 que pertenece a la muestra sometida a 80°Cx4h., y de 5.33 como promedio mínimo que pertenece a la muestra control. Por un lado, el ANOVA nos indica que estadísticamente no es significativo el resultado de los tratamientos, no obstante, su CV de 21.60 es no confiable. Por

otra parte, también el Test de Duncan revela que no hay diferencia significativa entre los tratamientos de 80°Cx4h, 80°Cx6h y 60°Cx4h. Sin embargo, existe diferencia de los tratamientos demás tratamientos frente a la muestra control (12°Cx0h).

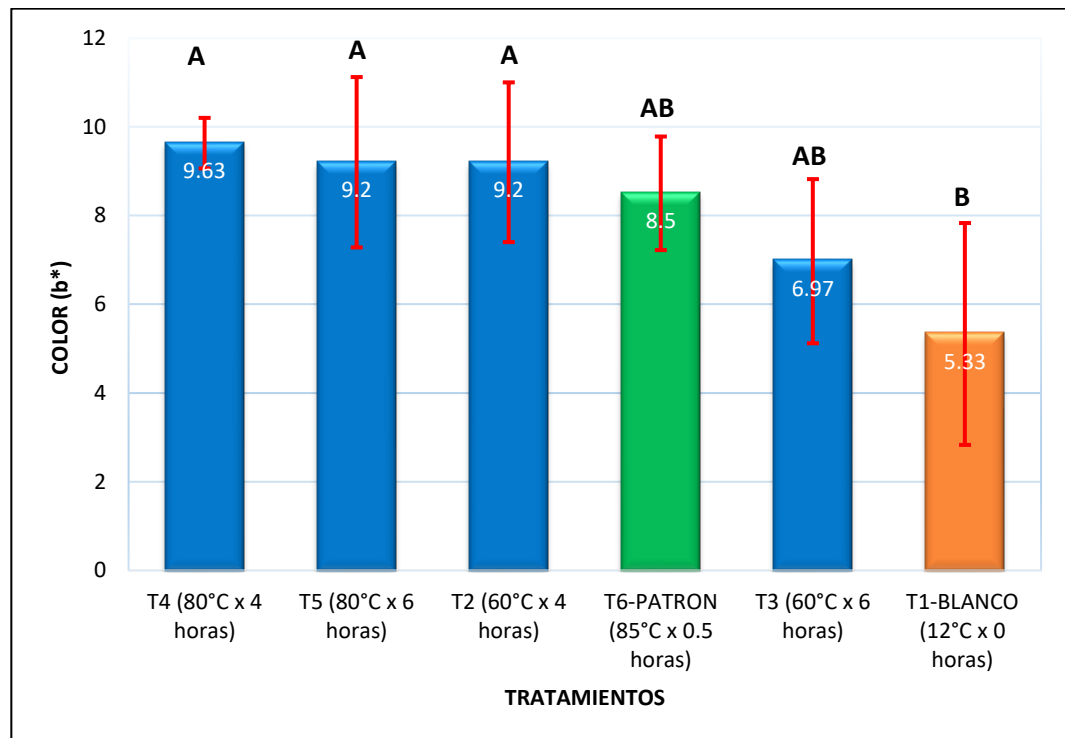


Figura 7. Parámetro del componente de color b\*.

Evaluar el color como un criterio de calidad en la carne de llama (*Lama glama*), bajo diferentes tratamientos de cocción envasados al vacío, permitió observar que el color está asociado al tratamiento recibido, los pigmentos y componentes presentes en las muestras, fueron modificándose por el tiempo y la temperatura a la cual estuvieron expuestos. Tal como podemos observar en la figura 8. Espacio del color LAB, el sometido a 60°Cx4h presenta mejores características de calidad del color, mostrando valores de  $L^*=67.93$ ,  $a^*=19.07$  y  $b^*=9.20$  resultados que están próximos a los valores experimentales obtenidos en la carne cruda 12°Cx0h.

ITINTEC (1997) indica que la medida del color sirve como una medida de la calidad homogénea, donde  $L^*$  indica la Luminosidad de la muestra; esta va de 0 (negro) a 100 (blanco), lo que generalmente se utiliza para evaluar el color, el centro del diagrama es acromático; esto quiere decir que conforme se incrementan los

valores va aumentando la saturación del color (Arzapalo *et al.*, 2015). Para el caso la media de la  $L^*$  del sometido a  $60^{\circ}\text{C}\times 4\text{h}$  no es estadísticamente diferente al patrón, muestra sometida a  $85^{\circ}\text{C}\times 0.5\text{h}$ .

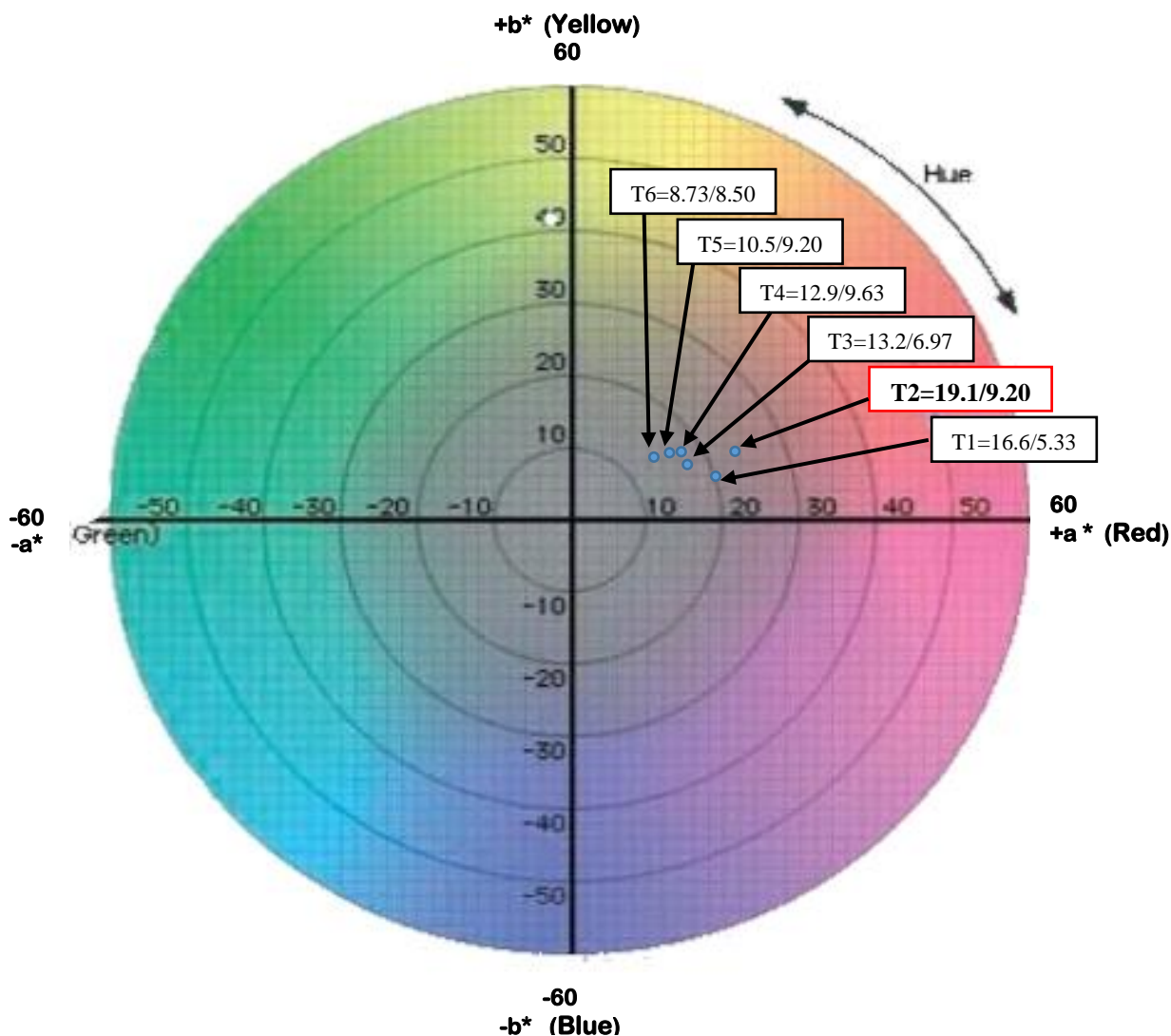


Figura 8. Espacio de color LAB

Fuente: Datos reportados según el colorímetro PCE-TCD 100.

La variación del color depende del tratamiento que recibieron y la temperatura de análisis, estos factores afectan notablemente el color de las muestras (Castro, 2009).

Aunque exista escasa disponibilidad de información en la literatura sobre las características del color del Longissimus dorsi (la dorsal más larga) de los CSA y otros rumiantes, para la carne de llama se encontró que tanto  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , los

resultados obtenidos en el estudio, se encuentran cercano a los valores reportados para la carne de llama fresca (34.97 para  $L^*$ , 9.75 para  $b^*$  y 11.73 para  $a^*$ ) por (Mamani, Gallo y Cayo, 2013) las mínimas diferencia podrían deberse a la parte del corte ya que en el estudio se experimentó con el lomo y la edad de la llama (*Lama glama*) fue de 1.5 años.

Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  para la carne fresca de llama (*Lama glama*) reportados por (Orellana *et al.*, 2009) oscilan desde (11.1 a 23.6 para  $a^*$  y de 6.1 a 11.3 para  $b^*$ ), lo que para nuestro caso los resultados obtenidos de  $a^*$  y  $b^*$  se encuentran dentro de estos rangos, considerando inclusive que las muestras fueron tratadas a 60° y 80°C por 4h y 6h.

En relación a lo mencionado por (Muchenje *et al.*, 2009) en cuanto a Luminosidad ( $L^*$ ) que van entre 33.2 a 41.0, también es cercano a nuestros resultados donde la media fue de 42.3, talvez la mínima diferencia se debe a que las muestras tomadas en su estudio de las llamas machos fueron de 18 a 24 meses de edad, a pesar que el sistema de cría fue extensivo, es decir tuvieron alimentación basada en pastura nativa, similar a este trabajo de investigación.

En el Anexo 2, se muestra los resultados de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  del estudio, en el que se observa que todos los parámetros de color instrumental fueron afectados muy significativamente por las temperaturas (60°C y 80°C) y significativamente por el tiempo de tratamiento (4h. y 6h.) observando para:  $L^*=67.93$  a 60°Cx4h. y  $L^*=57.67$  a 80°Cx4h.; valores de  $a^*=19.07$  a 60°Cx4h. y  $a^*=12.87$  a 80°Cx4h.; y para  $b^*=9.20$  a 60°Cx4h. y  $b^*=9.63$  a 80°Cx4h. Roldan, (2013) indica lo mismo en su estudio realizado en muestras de carne ovina, tratadas a cocción por vacío, a temperaturas de (60°C, 70°C y 80°C) quien obtuvo como resultado los valores de:  $L^*=66.18$  a 60°Cx6h.,  $L^*=67.18$  a 70°Cx6h. y  $L^*=63.96$  a 80°Cx6h.; valores de  $a^*=15.15$  a 60°Cx6h.,  $a^*=12.45$  a 70°Cx6h. y  $a^*=11.21$  a 80°Cx6h.; y para  $b^*=8.65$  a 60°Cx6h.,  $b^*=9.89$  a 70°Cx6h. y  $b^*=11.17$  a 80°Cx6h. Evidenciando estos valores muy cercanos al estudio realizado, pese a que son muestras de carne de diferentes especies; por un lado de los resultados obtenidos se deduce que en ambos estudios los valores medios de  $L^*$  y  $a^*$  disminuyen cuanto mayor es la temperatura y

mínimamente en función al tiempo del tratamiento; por otro lado los valores medios de  $b^*$  aumentan cuanto mayor es la temperatura de tratamiento.

#### 4.1.2 Textura

En el Anexo 3, se observa los resultados de TPA de las muestras tratadas por cocción y envasada al vacío, al respecto en el ANOVA para la fuerza de corte (Hardness 1) se aprecia valores en la que indican estadísticamente que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos con respecto a la temperatura empleada y el tiempo aplicado, con un CV bueno de 8.11%.

Además, los valores observados en el test de Duncan para  $12^{\circ}\text{C} \times 0\text{h}$ ,  $60^{\circ}\text{C} \times 4\text{h}$ ,  $60^{\circ}\text{C} \times 6\text{h}$  y  $80^{\circ}\text{C} \times 4\text{h}$  nos muestra que si existen diferencias significativas entre estos tratamientos a un nivel de significancia de (5%) 0.05. Sin embargo, entre los tratamientos de  $80^{\circ}\text{C} \times 6\text{h}$  y  $85^{\circ}\text{C} \times 0.5\text{h}$  no hay diferencias significativas.

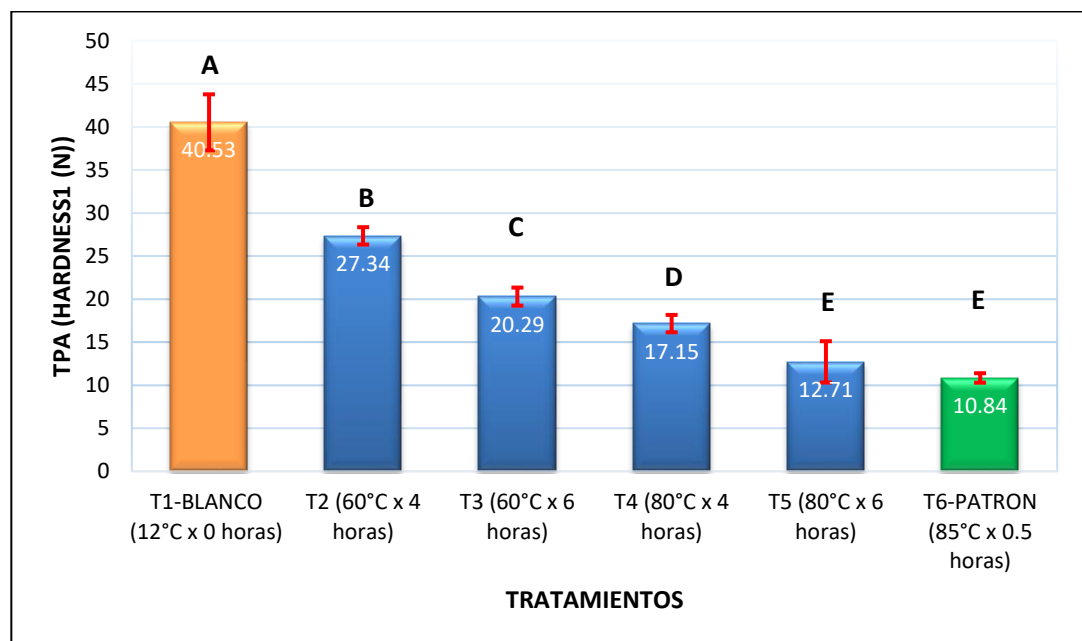


Figura 9. TPA Hardness 1 (Fuerza de corte de la carne)

En la Figura 9 se ve los valores de fuerza de corte, el promedio máximo es 40.53N de  $12^{\circ}\text{C} \times 0\text{h}$  y 10.84N como promedio mínimo del tratamiento de  $85^{\circ}\text{C} \times 0.5\text{h}$ . Podemos aseverar lo indicado por Roldan *et al.*, (2013) que la temperatura influye directamente en la textura de la carne, a pesar que el tiempo empleado fue de 0.5h., considerando la temperatura más alta que fue de  $85^{\circ}\text{C}$ ., esta influyo con

determinación en la fuerza de corte. Estos promedios nos demuestran que la carne cruda es más dura, debido al flujo viscoso en los canales llenos de líquido entre las fibras y haces de fibras, y a medida que se calienta o en incremento de la temperatura aumenta la sensibilidad por que el agregado de proteína sarcoplásmica (mioglobina) formando un gel, el colágeno se solubiliza formando un coagulo y estos cambios facilitan la fractura de la carne, requiriendo menor fuerza (N) para la deformación y corte en las muestras más expuestas al calor.

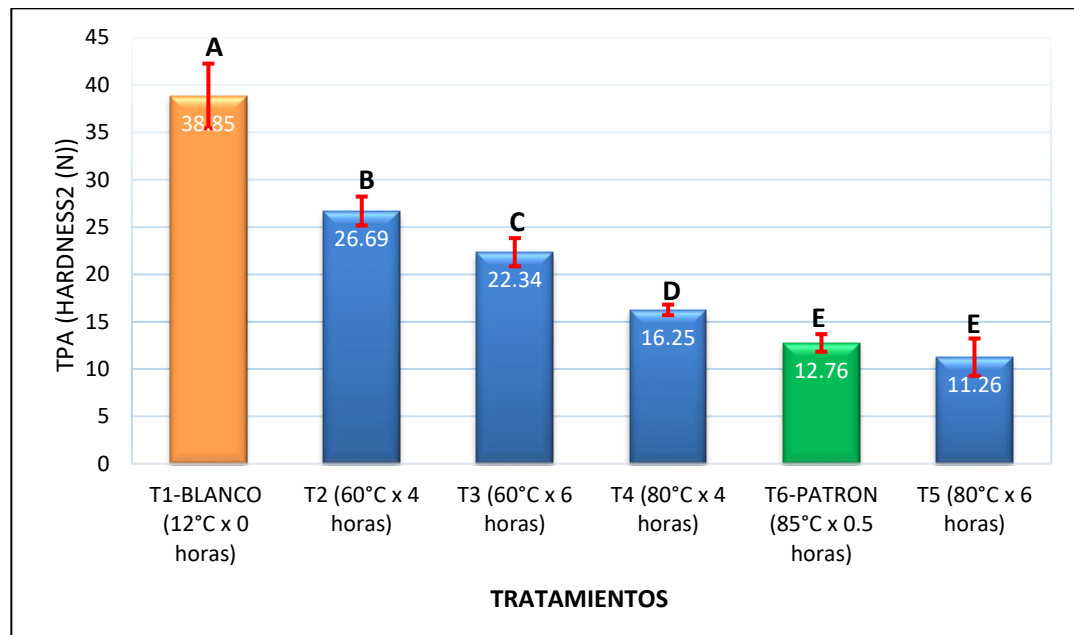


Figura 10. TPA Hardness 2 (dureza de la carne)

Con respecto a la figura 10, se puede apreciar que las temperaturas y tiempos empleados en la investigación tuvieron el mismo comportamiento para la dureza (Hardness 2) en el caso de las muestras sometidas a 12°Cx0h, 60°Cx4h, 60°Cx6h y 80°Cx4h. En cambio, en el de 80°Cx4h muestra el menor valor de promedio frente al sometido a 85°Cx0.5h con promedio mínimo de 11.26N, teniendo como promedio máximo de 38.85N del tratamiento 12°Cx0h, lo que nos indica que evidencia menor dureza frente a todos los otros tratamientos. Ahora bien, en el ANOVA para la dureza (Hardness 2) se muestra valores que revelan que existe diferencia altamente significativa entre las muestras con respecto a la temperatura aplicada, sin embargo, solo existe diferencias significativas con respecto al tiempo empleado en cada tratamiento, con CV bueno de 8.82%. Al mismo tiempo los valores observados en el test de Duncan para los cuatro primeros tratamientos



muestran que si existen diferencias entre estos a un nivel de significancia de (5%) 0.05. En cambio, entre los de 85°Cx0.5h y 80°Cx6h no hay diferencia estadísticamente significativa.

Según, Sanchez del Pulgar *et al.* (2012) menciona que las muestras cocinadas a 80°C y por más tiempo mostraron los valores más bajos para todos los parámetros de textura evaluados en su estudio, tal como ocurrió en el presente estudio en cuanto a la dureza.

Todos los valores de las variables texturales fueron afectados por la interacción de tiempo y temperatura, como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas contráctil (miosina de 40°C a 60°C), la (actina de 66°C a 73°C) y la contracción del tejido conectivo (colágeno 56°C a 62°C). Lo cual permite que un tratamiento a 60°C conserve mejor la dureza, requiriendo 26.69N para la deformación y medida que incremente la temperatura a 80°C sea menor la dureza de la muestra requiriendo solo 11.26N para la deformación. En cambio, la coagulación de la proteína miofibrilar (actina y miosina) es otra de las razones que influye también en el aumento de la dureza. Donde menor temperatura 60°C y menor tiempo transcurrido 4h., es aún menor la coagulación, por lo tanto, se conserva su dureza el de 60°Cx4h con 26.69N. Mientras mayor sea la temperatura 80°C y mayor sea el tiempo transcurrido 6h., es mayor la coagulación de la carne por lo tanto pierde dureza como el caso de 80°Cx6h con 11.26N.

En la figura 11 se puede ver los resultados obtenidos sobre la cohesión (Cohesiveness) para las muestras de lomo de carne de llama envasadas a vacío y tratadas a cocción, para el caso se tiene como promedio máximo de 0.74N/mm<sup>2</sup> en el caso de la carne cruda y un promedio mínimo de 0.25N/mm<sup>2</sup> en el caso de la carne cocida a 85°Cx0.5h, siguiendo el mismo patrón de disminución de la cohesión a medida que se aumenta la temperatura y el tiempo de tratamiento.

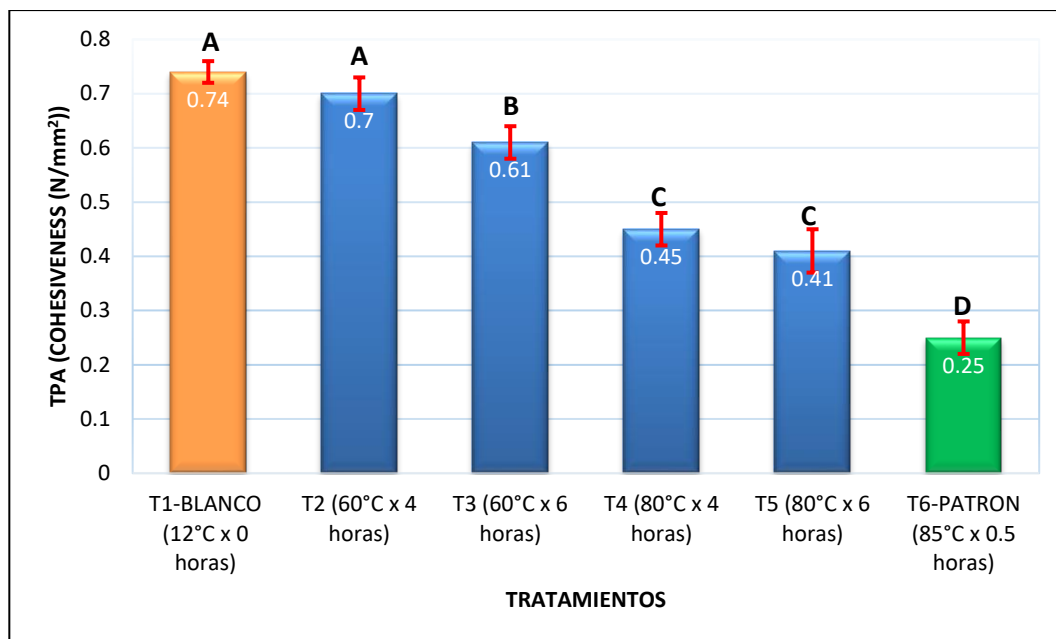


Figura 11. TPA Cohesión de la carne (Cohesiveness N/mm<sup>2</sup>)

Para el caso en el ANOVA se puede verificar según los valores reportados estadísticamente que hay diferencia altamente significativa entre estos tratamientos con respecto a la temperatura, existe diferencia significativa entre estos tratamientos con respecto al tiempo, más sin embargo entre la interacción de ambas variables de estudio no muestra ser significativo, con un CV bueno de 5.55%. Por el contrario, los valores observados en el test de Duncan nos indican que entre el de 12°Cx0h y 60°Cx4h, así como entre el 80°Cx4h y 80°Cx6h no hay diferencias significativas a un nivel de significancia de (5%).

Roldan *et al.* (2013) con respecto a la cohesión afirma y ratifica en su estudio que a 80°C por de 24h., se aprecia la media más baja de cohesión ya que, esta temperatura y tiempo de tratamiento aplicado a los lomos de ovino afecto a un 50% de las fibras y haces de fibras, cortándolos transversalmente y generando gran fragilidad de las estructuras, relacionándolo también con la menor capacidad de retención de agua. Lo que para nuestro caso tuvo la misma tendencia menor temperatura 60°C y tiempo 4h tuvo mejor cohesión con 0.70N/mm<sup>2</sup>. A mayor temperatura 80°C por mayor tiempo 6h., menor cohesión 80°Cx6h con solo 0.41N/mm<sup>2</sup>. Más aun disminuye la cohesión si la muestra es tratada por cocción convencional 85°Cx0.5h, provocando mayor coagulación de las proteínas y menor cohesión con 0.25 N/mm<sup>2</sup>.

Por lo que se refiere a los resultados de elasticidad (Springiness) se observa en la figura 12, cuyos promedios oscilan entre 0.5cm como valor promedio máximo que corresponde al sometido a 85°Cx0.5h y de 0.25cm como valor promedio mínimo correspondiente al sometido a 80°Cx6h. En el ANOVA se observa los valores en la que indica estadísticamente que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos con respecto a la temperatura y existe diferencia significativa con respecto al tiempo, más sin embargo entre la interacción de ambas variables tiempo y temperatura no muestra ser significativo, con un CV bueno de 4.25%. En cambio, según los valores observados del test de Duncan se aprecia que entre el tratamiento 12°Cx0h y 60°Cx4h no hay diferencias significativas a un nivel de significancia de (5%), tal como podemos apreciar en todos los resultados anteriores con respecto a la textura.

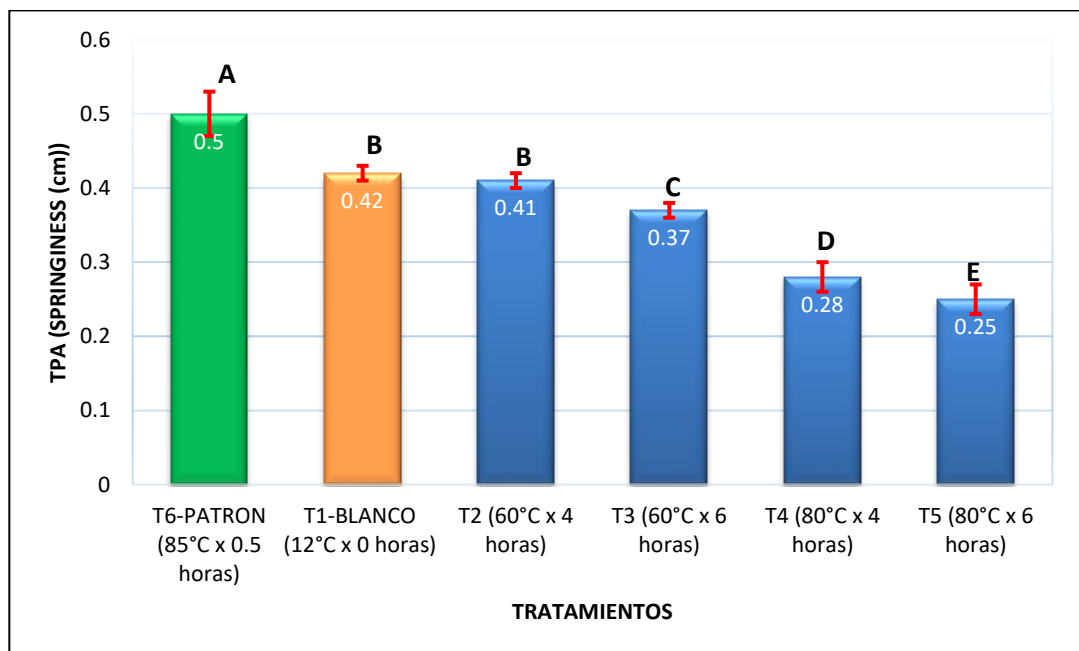


Figura 12. TPA Elasticidad de la carne (Springiness cm)

En cambio, ocurre que para la muestra de 85°Cx0.5h, los valores de elasticidad son mayores frente a los demás tratamientos, inclusive frente a la carne cruda, estos resultados no serían concordantes frente a lo reportado por Roldan *et al.*, (2013) ya que indica que a mayor tiempo de cocción muestra mayor solubilidad el colágeno y por lo tanto pierde gradualmente su elasticidad. También menciona que las Temperaturas de 70°C a 80°C no son suficientes para solubilizar completamente las

proteínas. Lo que podría deberse a que el tratamiento a  $85^{\circ}\text{C}\times 0.5\text{h}$ , a pesar de la presumiblemente mayor solubilización del colágeno, esta podría estar asociado con un mayor encogimiento de la proteína miofibrilar y del colágeno, liberando grasa y humedad de su estructura, convirtiéndose en gelatina, lo que podría haber permitido mejorar su elasticidad.

Knipe (2012) indica que la proteína más abundante de la carne del tejido conectivo es el colágeno, que, si es cocinado por mucho tiempo en un ambiente húmedo, esta se convierte en gelatina, siendo indeseable en los embutidos cárnicos ya que se prefiere textura firme más no elástica.

En el anexo 3, se muestra los resultados de TPA en el cual se verifica que los valores del análisis de perfil de textura estuvieron significativamente afectados por la temperatura ( $60^{\circ}\text{C}$  o  $80^{\circ}\text{C}$ ) y el tiempo (4h y 6h) de tratamiento, se observa que las medias de todos los tratamientos en fuerza de corte, dureza, cohesión y elasticidad disminuyen gradualmente.

Roldan *et al.* (2013) demuestra lo mismo en su estudio realizado en lomos de carne ovina, tratadas a cocción por vacío, a temperaturas de ( $60^{\circ}\text{C}$ ,  $70^{\circ}\text{C}$  y  $80^{\circ}\text{C}$ ) quien obtuvo como resultado una disminución de sus valores en: *hardness1* (fuerza de corte), *hardness2* (dureza), *cohesiveness* (cohesión), *springiness* (elasticidad), *adhesiveness* (viscosidad), *gumminess* (gomosidad) y *chewiness* (masticabilidad).

Por otro lado, (Weston *et al.*, 2002) menciona que el colágeno es el tejido conectivo que más contribuye a la reducción de terneza de la carne, aunque solo constituye menos de 2% del musculo esquelético, está asociado con la dureza y puede ser muy resistente a la degradación física durante la cocción. Se reporta que en llamas de 2 años del total de colágeno es de 6.28mg/g, o contenidos inferiores en animales jóvenes, de los cuales el 20.28% es colágeno soluble y 79.82% es colágeno insoluble.

Duckett *et al.* (2007) reporta que contenidos de colágeno total más elevados fueron observados en bovinos de 3 años, pero con menor porcentaje de colágeno insoluble comparado con llamas (*Lama glama*).

### 4.1.3 pH

Como se aprecia en el anexo 4 los resultados de pH con tres repeticiones en cada muestra de carne de llama tratada a cocción por vacío y se tiene como promedio mínimo 5.57 de pH para la carne cruda 12°Cx0h y como promedio máximo el de la muestra patrón con 6.4 de pH. En efecto se visualiza tales reportes en la Figura 13, donde se nota claramente que hay un incremento gradual de pH a medida que pasa el tiempo y aumenta la temperatura de tratamiento.

Al respecto de estos resultados obtenidos en el ANOVA se deduce estadísticamente que la diferencia entre todos los tratamientos es altamente significativa ( $P < 0.05$ ) con respecto a la temperatura, más sin embargo en cuanto al tiempo de tratamiento no existe diferencia significativa entre los tratamientos, con un CV bueno de 1.69%. Sin embargo, el test de Duncan nos indica que entre todos los tratamientos si hay diferencias significativas.

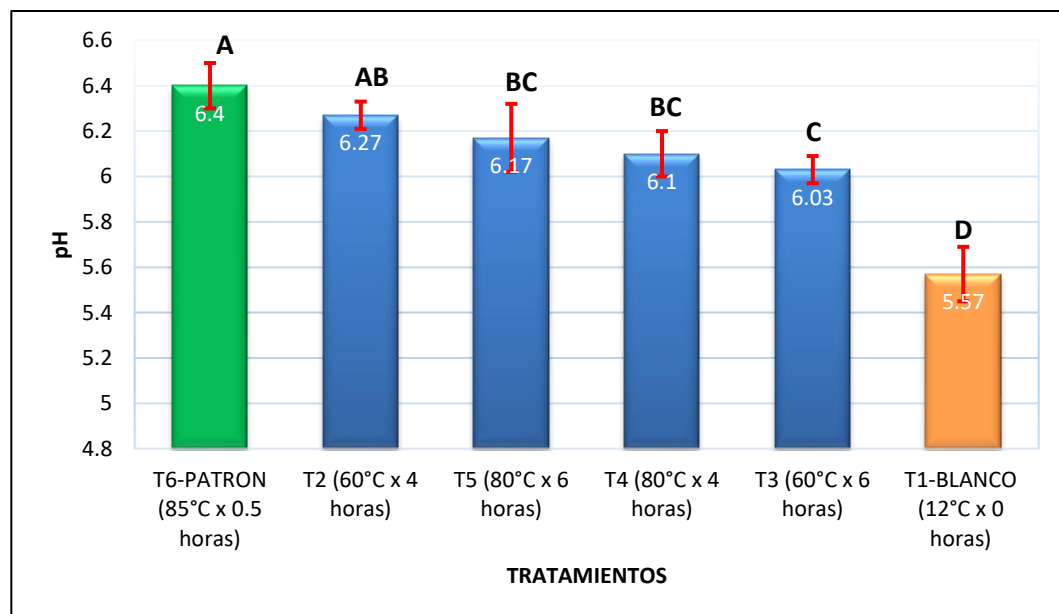


Figura 13. pH de las muestras de carne de llama tratadas

A fin de poder estimar la calidad final de producto a nivel del consumidor (Gallo, 2010) manifiesta que las características organolépticas y propiedades tecnológicas de la carne como el pH, la capacidad de retención del agua, la textura el color y su estabilidad permiten evaluar su aptitud y comportamiento en las etapas de conservación, comercialización, industrialización y preparación para el consumo.

Apaoblaza *et al.* (2008) indica que el pH es un parámetro importante relacionado con la susceptibilidad de la carne y su deterioro, es usado para decidir sobre el tipo de procesamiento al que se va a destinar la carne, depende de factores tales como el estrés *ante-mortem*, factores genéticos, condiciones *post-mortem*, sexo, tipo de alimentación y región anatómica en que se mide, entre otros.

Cristofanelli *et al.* (2004) evaluó el pH en las canales de 20 llamas después de 1, 6, 12, 24 y 48 h. *post-mortem*, observando en todos los casos un proceso glicolítico normal, alcanzando finalmente valores de pH en torno a 5.5 a los 72h., siendo concordantes con los resultados de (Mamani, Cayo, Gallo y Lindon, 2014) quienes reportan pH de 5.66, 5.47, 5.34 y 5.47 a las 12, 24, 48 y 72h., respectivamente en llamas de 18 a 24 meses de edad. Por otro lado, se tiene similar estudio realizado también por (Cristofanelli *et al.*, 2004) sobre la calidad tecnológica de 12 músculos de llamas jóvenes criados bajo un sistema de alimentación extensiva en la que reporta el valor de pH es 5.60 a las 24 horas de sacrificio, teniendo el mismo resultado de pH=5.57 en el presente trabajo de investigación para el lomo de carne de llama a 12°Cx0h de tratamiento.

En definitiva, para nuestro caso el pH del lomo crudo de la llama de 18 meses de edad, con 24 horas de *post-mortem*, tuvo en promedio 5.6 de pH, el mismo que fue variando e incrementando este valor de pH según cada tratamiento aplicado en cada muestra. Desde el punto de vista tecnológico se considera al sometido a 85°Cx0.5h como la muestra patrón con pH de 6.4 que para el estudio sería el adecuado. Y como estadísticamente según en test de Duncan se muestra que frente al sometido a 60°C de temperatura por 4horas de tiempo con un pH de 6.3, no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos.

Oz & Zirikov (2015) en su estudio “los efectos de la cocción al vacío sobre la formación de aminas aromáticas heterocíclicas (HCA)”, comparando entre sus resultados de dos métodos de cocción diferente, determinó que el contenido de agua de las muestras disminuyo, mientras que el pH fue aumentando, caso similar ocurrió entre nuestros tratamientos.

#### 4.1.4 Actividad de agua ( $a_w$ )

En el Anexo 5, se muestra los resultados en relación a la actividad de agua ( $a_w$ ) con tres repeticiones de cada tratamiento. También se verifica en la Figura 14, y se tiene como promedio máximo de 0.97 para la muestra de 12°Cx0h y como promedio mínimo 0.87 para el de 85°Cx0.5h. En relación a estos resultados obtenidos el ANOVA nos indica que existe estadísticamente diferencia altamente significativa entre los tratamientos con respecto a la temperatura, con un CV bueno de 1.04%. Sin embargo, al aplicar el test de Duncan al 5% de significancia como análisis estadístico para evaluar las diferencias, este nos determina en cuanto a la actividad de agua que estadísticamente hay diferencias significativas entre los seis tratamientos.

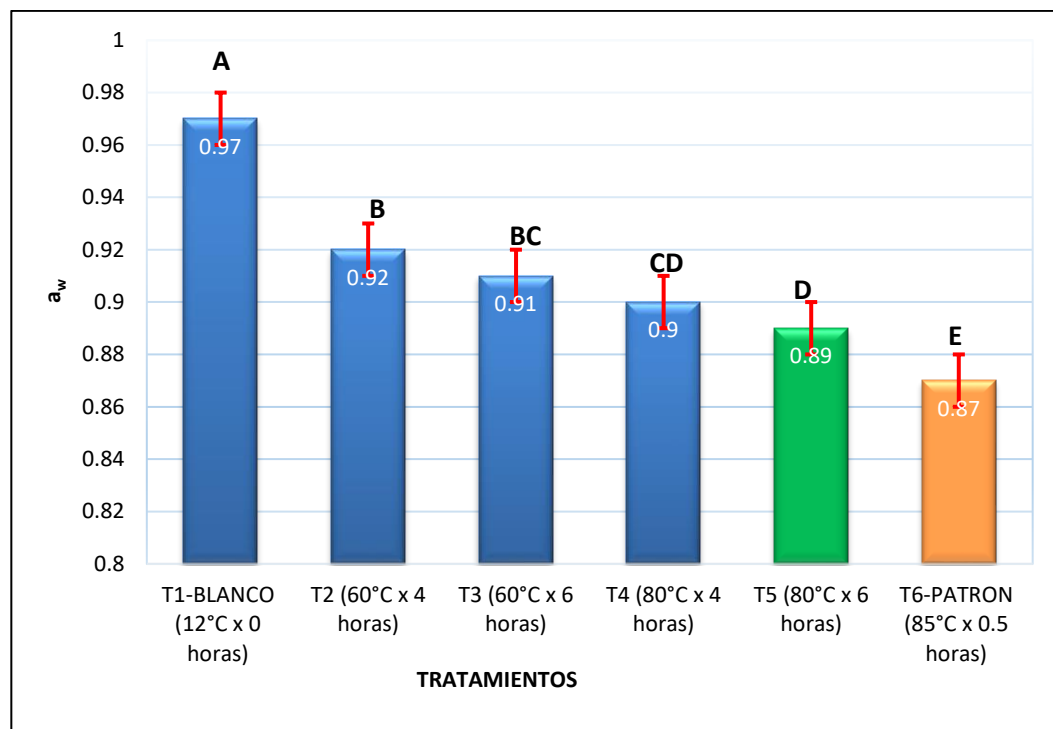


Figura 14. Actividad de agua ( $a_w$ ) de carne de llama tratada.

Teniendo referencia que la actividad de agua ( $a_w$ ) para la carne fresca es 0.98, para los embutidos es 0.96 y para carnes curadas debe ser 0.86 según Alcázar (2004) en nuestro caso hay que hacer notar que ocurrió un comportamiento similar, que cuando las carnes se procesan la  $a_w$  desciende, de manera que la posibilidad para la actividad microbiana estaría controlada, los valores de  $a_w$  fue reduciéndose desde 0.97 en carne cruda y a medida que fue aumentándose la temperatura y el tiempo

de la cocción al vacío la  $a_w$  fue descendiendo gradualmente hasta 0.87 para el de 85°Cx0.5h (muestra patrón), de esto se puede deducir que las muestras de carne fueron eliminando su propio líquido, es decir exudando en el envase herméticamente cerrado y al vacío, lo que influyó durante su análisis y la determinación para obtener estos valores, es decir se cuentan con productos cuya  $a_w$  son más bajos que la materia prima (carne cruda) y conservando su jugosidad gracias a la solubilidad del colágeno presente.

Los tratamientos sometidos a 60°C y de 80°C mostraron resultados de  $a_w$  desde 0.92 a 0.89, promedios que se encuentran dentro de la  $a_w$  de agua para embutidos y carnes curadas, lo que garantizaría la calidad de estos productos, en cuanto a la determinación de la  $a_w$ . Así mismo estadísticamente no hay diferencia significativa entre estos cuatro tratamientos.

#### **4.1.5 Proteína**

Los resultados obtenidos de la determinación del contenido de proteínas expresado en %, en las muestras analizadas se muestran en el Anexo 6 con tres repeticiones para cada tratamiento. También podemos notar en la Figura 15 el valor medio máximo de 39.80% de proteína para el de 60°Cx4h y como valor medio mínimo 16.17% de proteína para el de 85°Cx0.5h. En concordancia a estos resultados obtenidos el ANOVA nos indica que hay diferencia altamente significativa entre los tratamientos y el efecto de las variables de estudio son altamente influyentes, con un CV bueno de 1.34%.

Mediante el test de Duncan como análisis estadístico para evaluar las diferencias a un nivel de significancia del 5%, se observa estadísticamente que hay diferencias significativas entre todos los tratamientos.



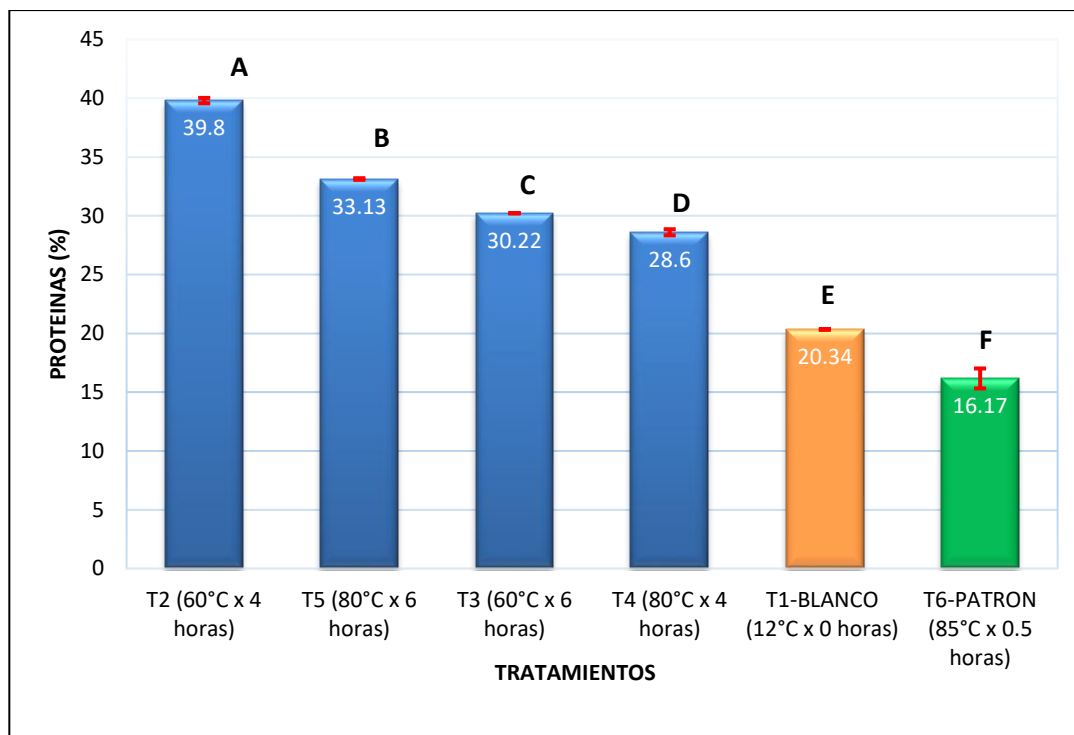


Figura 15. Porcentaje de proteína, determinado método semimicro Kjeldahl.

Se conoce que en la carne se encuentran 3 tipos de proteínas; el **colágeno** proteína del tejido conectivo de la carne y la más abundante, la contráctil la **Actina** y la **Miosina** solubles en sal y la sarcoplásmica la **mioglobina** que es soluble en agua; todas ellas asociados con la textura y color de la carne, ya que se manifestaron de diferente modo en cada tratamiento, en la figura 15 se observa que cuanto menor fue el tiempo de exposición a la menor temperatura, mejor se conservó el contenido proteico, teniendo para el de 60°Cx4h un 39.80% de proteína. Lo que no dio lugar a solubilizarse, coagularse y desnaturalizarse excesivamente las proteínas presentes en la carne de llama.

Aparentemente según la figura 15 los resultados de porcentaje de proteína total presente en cada muestra, se fueron concentrando (aumentando su valor) en las temperaturas de 60°C y 80°C a tiempos de 4h y 6h. Lo que para el caso de la muestra tratada a 85°Cx0.5h se redujo notablemente su contenido, esto se debe básicamente a que este último por la presencia de colágeno fue absorbiendo humedad durante el proceso de cocción, encogiéndose y convirtiéndose en gelatina; solubilizándose y coagulando, logrando desnaturalizarse totalmente, por otro lado, la mioglobina

también fue solubilizándose y liberándose en el agua de cocción, lo que hizo que su contenido proteico del sometido a  $85^{\circ}\text{C}\times 0.5\text{h}$  sea 16.17%.

#### 4.1.6 Humedad

Los resultados obtenidos de la determinación del porcentaje de humedad, de las muestras tratadas se muestran por triplicado en el Anexo 7. Así mismo se observa en la Figura 16 los valores de porcentaje de humedad de todos los tratamientos teniendo como el mayor promedio el de  $85^{\circ}\text{C}\times 0.5\text{h}$  con 79.59% de humedad y como promedio mínimo 60.03% de humedad para el de  $60^{\circ}\text{C}\times 4\text{h}$ .

En concordancia a estos resultados obtenidos el ANOVA indica que hay diferencia altamente significativa entre los tratamientos con respecto a la temperatura y la interacción de tiempo y temperatura, con un CV bueno de 0.76%. Mediante el test de Duncan aplicado como análisis estadístico para evaluar las diferencias al 5% de significancia, muestra estadísticamente que hay diferencias significativas entre todos los tratamientos.

Otro efecto potencial de la cocción del lomo envasado al vacío a temperaturas moderadas ( $60^{\circ}\text{C}$  y  $80^{\circ}\text{C}$ ) durante largos periodos de tiempo, comparado con la cocción a temperatura de ebullición, es que son inferiores la pérdida de humedad, a su vez hay menor oxidación de lípidos por la ausencia de oxígeno en el envase termo resistente, modificaciones agradables del flavor ya que los compuestos volátiles se quedan retenido por la hermeticidad del envase y sellado, también se conservan las características de color. Esto también puede deberse a que cuando se analizó no se consideró la cantidad de agua que exudó la carne en cada tratamiento, en cada una de la muestra aproximadamente hubo una exudación de unos 30 a 35 ml de líquido de color rojizo, asumiendo que se encuentra presente parte de la mioglobina liberada por la exposición al calor.

La edad del animal joven (1.5 años), influye radicalmente en la presencia o concentración de colágeno, siendo menor que en animales mayores de la misma especie, sin embargo, en nuestro caso el colágeno presente, tiene la característica de ser más soluble y menos duro y si el cocinado es por mucho tiempo en un ambiente húmedo (rodeado de agua) se convierte en gelatina, reteniendo la mayor

cantidad de agua tal como paso en el de 85°Cx0.5h observado en la figura 16. Y estos resultados de contenido de humedad presente son inversamente proporcional al contenido de proteína presente en todos los tratamientos.

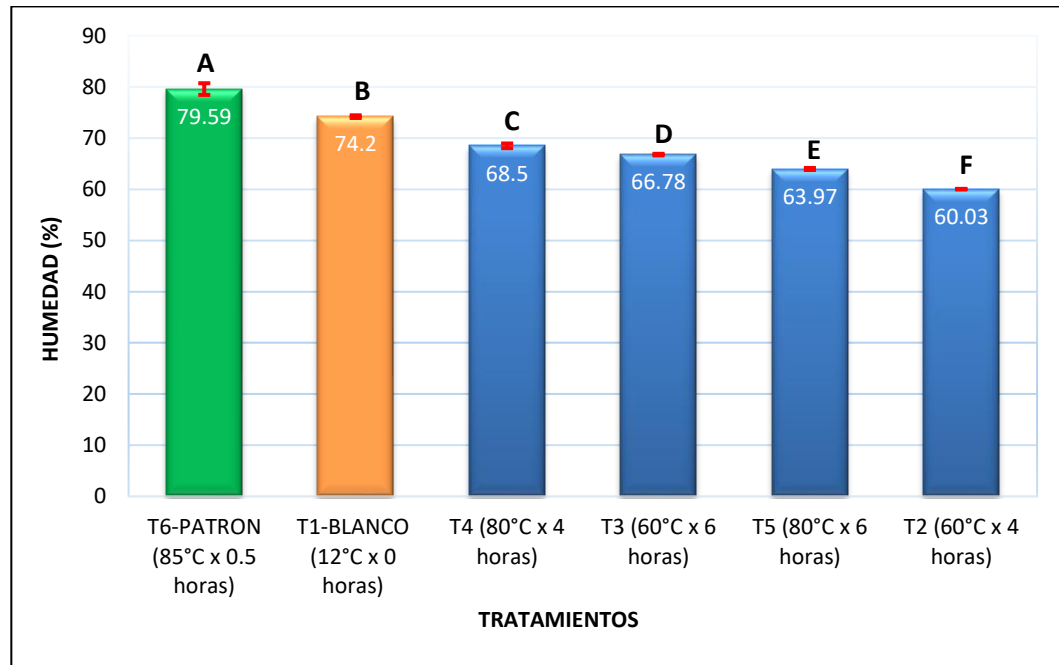


Figura 16. Porcentaje de humedad de la carne de llama tratada.

En efecto, Polidori *et al.* (2007); Mamani *et al.* (2013) confirman que el contenido de humedad y proteína en el musculo de Longissimus lumborum (LL), de las llamas no fueron estadísticamente significativo, mientras que el contenido graso fue afectado, siendo más alto en llamas faenadas en estación de lluvia que aquellas faenadas en estación seca. Asimismo, el contenido graso en su estudio fue inferior encontrándose entre 1.56 a 3.52%, en llamas de 2 a 3.5 años de edad.

Con respecto a los tratamientos de cocción a la cual fueron sometidas las muestras de estudio, podemos afirmar que si presenta menos dureza la muestra de 85°Cx0.5h con 12.76N, aumenta su ternura (tiernos), por lo tanto, también aumenta la retención de jugos naturales es decir retiene su propia agua como la muestra de 85°Cx0.5h con 79.59% de humedad, estos resultados tienen comportamiento similar a los estudios realizados con la carne de vacuno (Botinestean *et al.*, 2016).

Por otro lado, Sanchez del Pulgar *et al.* (2012) en sus muestras evaluadas de carne de cerdo (mejilla) tratados por cocción al vacío, concluyen que las pérdidas de peso

fueron menores y el contenido de humedad mayor en las muestras cocidas a la misma temperatura y los tiempos más cortos, es decir los tratamientos que tuvieron este comportamiento fueron (60°Cx5h. y 80°Cx5h.), comparados con (60°Cx12h. y 80°Cx12h.). Al respecto de los resultados obtenidos para la carne de llama (*Lama glama*), las muestras tratadas a 80°C por 4h y 6h tuvieron la misma tendencia y comportamiento. Lo que no ocurrió en el caso de las muestras tratadas a 60°C, siendo para este caso lo contrario, donde la pérdida de peso fue mayor y el contenido de humedad menor en la muestra cocinada por tiempo más corto. Al respecto podemos concluir indicando que el comportamiento de los componentes en este caso particular el contenido de humedad, son diferentes entre especies, por el tipo de corte, por el tamaño, por el tipo de alimentación y crianza recibida y por la edad del animal, la raza y sexo.

#### 4.2 Actividad Antioxidante

El resultado se muestra en el Anexo 8, donde se evidencia que a medida que fueron sometidas las muestras a temperatura cada vez más altas y por mayor tiempo, es mejor su actividad antioxidante. Así mismo se observa en la Figura 17 los valores de actividad antioxidante de todos los tratamientos, teniendo como mayor valor promedio el de carne cruda con 203.50CI50 TROLOX mg/100gr y menor valor promedio el de 85°Cx0.5h con 111.44CI50 TROLOX mg/100gr. En la que se deduce que este último tiene mejor actividad antioxidante frente a los otros tratamientos, ya que cuanto menor es el valor mejor es su actividad antioxidante.

En concordancia a los resultados obtenidos el ANOVA nos indica estadísticamente que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos con respecto a la temperatura, no siendo así con respecto al tiempo, esto con un Coeficiente de Variabilidad de 7.9% siendo bueno para este estudio. Mediante el test de Duncan tabla aplicado como análisis estadístico para evaluar las diferencias al 5% de significancia, se observa que estadísticamente no hay diferencias entre los tratamientos de 12°Cx0h y 60°Cx6h, pero si existe diferencias significativas entre los demás tratamientos.

Velasco y Williams (2011) indican que estudios y evaluación de actividad antioxidante en su mayoría se realizan a productos de origen vegetal o sus extractos de estos, ya que los compuestos bioactivos en su mayoría se encuentran en estas fuentes. Más sin embargo

se aprecian estudios de capacidad antioxidante en derivados cárnicos con adición de sus extractos de estos vegetales, con la finalidad de retardar la oxidación de los lípidos presente en la carne, mejorar su calidad y estabilidad del producto.

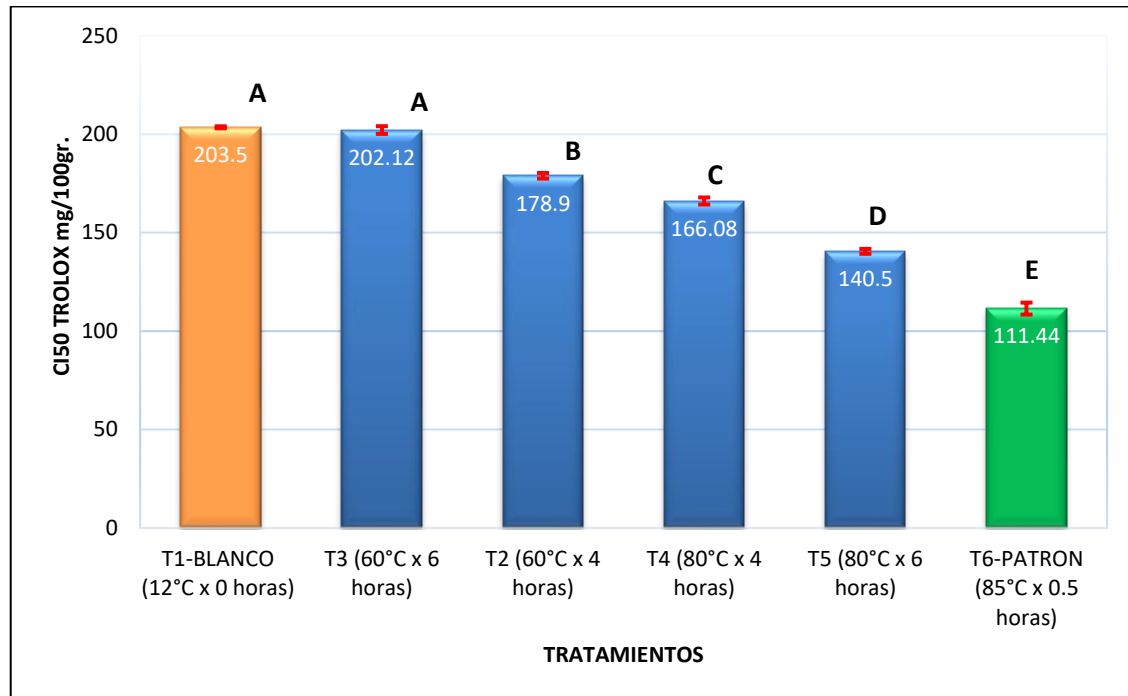


Figura 17. Actividad Antioxidante.

Lo que se quiso demostrar en este estudio fue lo sugerido y recomendado por (Realini, Duckett, Brito, Dalla & De Mattos, 2004) quien en su estudio demostró que dietas basadas en pasto verde, pueden mejorar significativamente la composición de los ácidos grasos (FA), isómeros totales de (CLA) y el **contenido de antioxidante** en la carne de bovino, aunque con efectos variables sobre la palatabilidad en general. Y lo evidenciado por McAfee *et al.* (2010) que la carne roja magra es un positivo moderador de los perfiles de lípidos, cuyos estudios recientes que la identificaron ser una fuente dietética de anti-inflamatorios, los n-3 PUFA de cadena larga (LC) y el (CLA).

Velasco y Williams (2011) en su búsqueda de mejorar la calidad de carne, utilizaron antioxidantes naturales de determinados vegetales; en el cual tuvo resultados de (19.91) para la carne con orégano (*Origanum vulgare L.*), de (38.7) para la muestra con romero (*Rosmarinus officinalis L.*) y de (17.0) en el caso de la carne con salvia (*Salvia officinalis L.*). Sin embargo, en nuestro caso se tuvieron valores entre el rango de (111.44 a 203.50),

siendo mejor según los resultados la actividad antioxidante en las carnes aplicadas con los extractos de los vegetales.

### 4.3 Evaluación de las propiedades sensoriales

Con respecto a la evaluación sensorial se reportan los siguientes resultados:

#### 4.3.1 Evaluación del color

En el Anexo 9, se muestra las puntuaciones para el atributo del color, para el análisis de este atributo se utilizó una escala hedónica, según el cuestionario mostrado en el Anexo I, donde la escala de calificación fueron los siguientes (1=no me gusta, 2=me gusta poco, 3=ni me gusta ni me disgusta, 4=me gusta mucho y 5=me gusta muchísimo). Al observar la figura 18, las puntuaciones del color mostraron mayor valor en la muestra de 80°Cx4h con 4.6 de promedio considerado como el mejor, seguido de la muestra patrón (85°Cx0.5h).

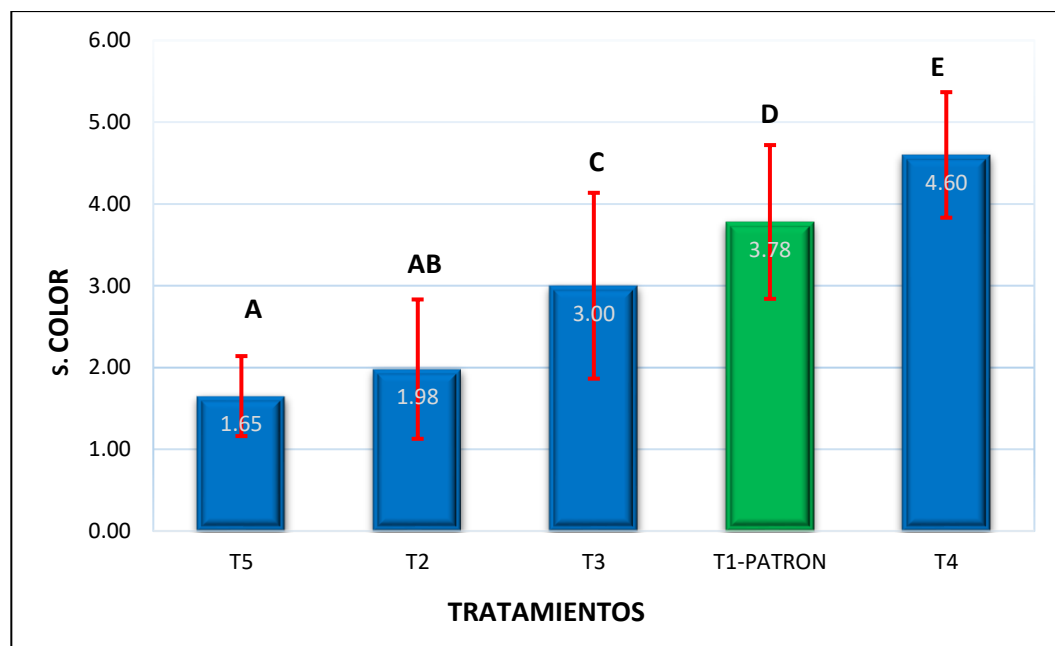


Figura 18. Promedio de la puntuación para el color.

Evaluando los cálculos estadísticos, mediante la prueba de Friedman para el análisis descriptivo no paramétrico, tenemos  $T^2 = 37.70 > F = 3.29$ , nos indica que las otras muestras han recibido tratamientos diferentes. Existiendo una evidencia estadística para decir que al menos una de las muestras no ha recibido el mismo tratamiento.

Por lo tanto, se afirma que las muestras de carne tratadas por cocción al vacío presentan diferencias significativas en cuanto al color.

#### 4.3.2 Evaluación del olor.

En el Anexo 10, se muestra las puntuaciones del olor para analizar este atributo se utilizó la misma escala hedónica empleada para evaluar color, según el Anexo 1, donde la escala de calificación fue: 1 como el peor y 5 como el mejor. Al observar la figura 19, las puntuaciones del olor mostraron mayor valor para el tratamiento de 80°Cx4h con 4.7 considerado como el mejor, seguido de la muestra patrón (85°Cx0.5h) con 3.95.

Al evaluar los cálculos estadísticos, según la prueba de Friedman para el análisis descriptivo no paramétrico, tenemos  $T^2 = 57.98 > F = 3.29$ , lo que nos indica que las muestras han recibido tratamientos diferentes. Existiendo una evidencia estadística para decir que al menos una de las muestras no ha recibido el mismo tratamiento. Se afirma que las muestras de lomo tratadas por cocción envasada al vacío presentan diferencias significativas en cuanto al olor.

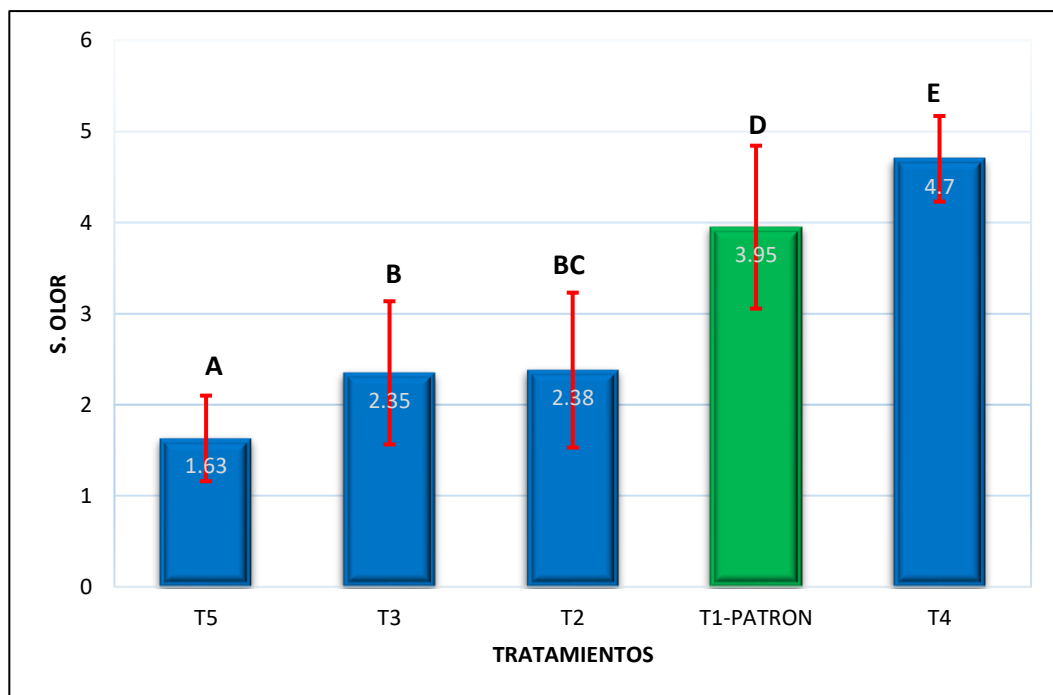


Figura 19. Promedio de la puntuación para el olor.

Para el caso de la evaluación de olor y color, según los panelistas se tienen misma apreciación, con inclinación a la muestra tratada a 80°Cx4h.

### 4.3.3 Evaluación del sabor.

En el Anexo 11 se muestra los resultados del sabor, para el análisis de este atributo se empleó la misma escala hedónica de calificación que para los otros atributos y con los mismos criterios, en la figura 20 se observa los valores del sabor, se muestra mayor promedio para la muestra tratada a 80°Cx4h con 4.48 en promedio, siendo también el mejor tratamiento en cuanto a este atributo.

Analizando el estadístico según la prueba de Friedman para el análisis descriptivo no paramétrico en cuanto al sabor se tiene  $T^2 = 48.68 > F = 3.29$  la que nos evidencia que todas las muestras han recibido tratamientos diferentes. Existiendo una evidencia estadística para decir que al menos una de las muestras no ha recibido el mismo tratamiento. Por consiguiente, se puede aseverar que las muestras de lomo de carne de llama (*Lama glama*) envasadas al vacío y tratadas por cocción presentan diferencias significativas en cuanto al sabor.

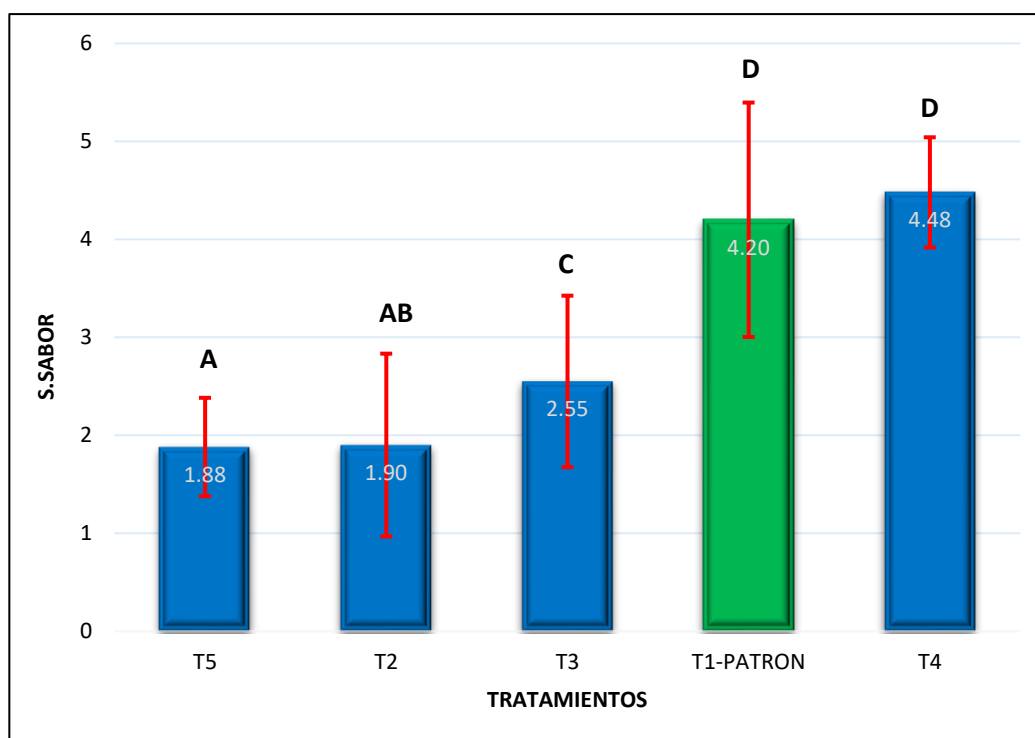


Figura 20. Promedio de la puntuación para el sabor.



Toldra (1998) menciona que el sabor de la carne cocida provoca una sensación de llenado de boca o caldo de carnes, es por la presencia de glutamato y aspartato monosódico básicamente, esta misma sensación sintieron los panelistas, probablemente por la concentración de este compuesto al ser sometido a cocción por periodos largos.

#### 4.3.4 Evaluación de la textura.

En el Anexo 12 se muestra los valores obtenidos según lo evaluado al atributo de textura, al evaluar este atributo se empleó la misma escala hedónica mostrada en el Anexo 1, con la misma escala de calificación. Si observamos la figura 21, se aprecia que en cuanto a textura la muestra de 80°Cx4h tiene mayor aceptabilidad con 4.73 de promedio, seguido del patrón 85°Cx0.5h con 3.60.

Al respecto los cálculos estadísticos, de la prueba de Friedman para el análisis descriptivo no paramétrico, tenemos  $T^2 = 39.72 > F = 3.29$ , lo que manifiesta que todas las muestras fueron tratadas de diferente modo. Se evidencia estadísticamente que todas las muestras de lomo de llama envasada al vacío y cocinada presentan diferencias significativas en cuanto a la textura.

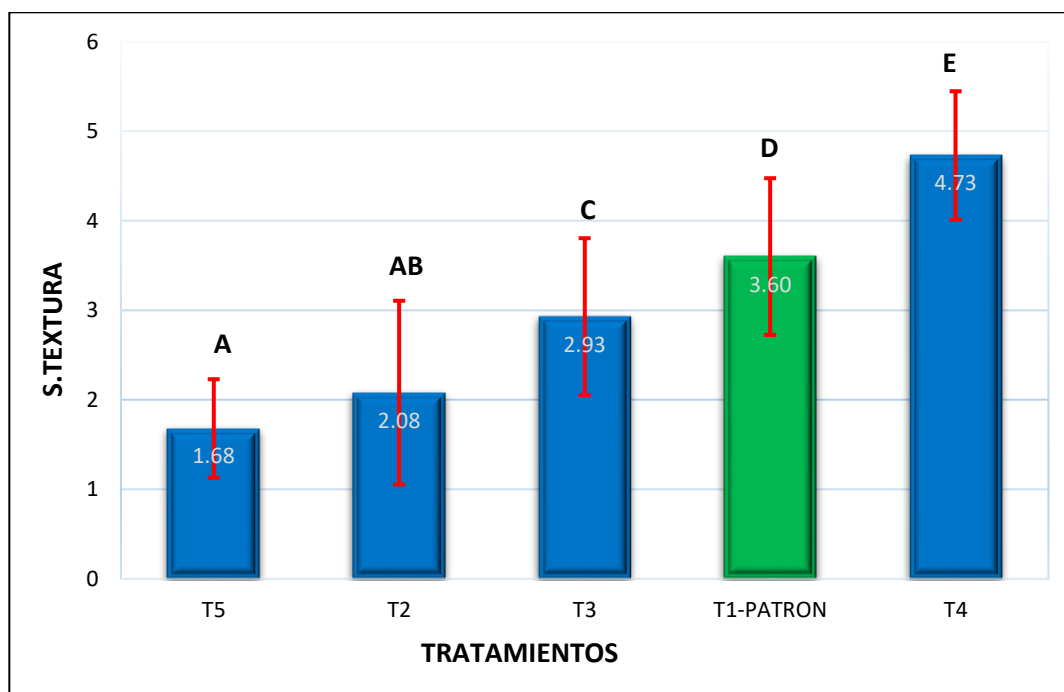


Figura 21. Promedio de la puntuación para la textura.



Para la evaluación sensorial en cuanto a los cuatro atributos evaluados, según los resultados reportados por los panelistas, el T4=80°Cx4h tiene aceptabilidad.

Por lo tanto, las preferencias de aceptabilidad según los panelistas (jueces no entrenados) se inclinan por el tratamiento T4 aquel sometido a 80°Cx4h, estos resultados fueron obtenidos según la prueba subjetiva de encuesta y degustación, mostrando un claro reflejo que sus preferencias, evidenciándose una marcada inclinación por la carne muy cocida. Mientras que los resultados de las propiedades fisicoquímicas muestran ser mejores en el tratamiento T2 (60°Cx 4h.), todos estos determinados por análisis instrumental y comparados con otros estudios ya realizados y encontrándose dentro de los estándares aceptables de calidad.

## CONCLUSIONES

- Las temperaturas de cocción utilizados en lomo de carne de llama (*Lama glama*) envasado al vacío afectan significativamente sobre las características físico-químicas evaluadas, siendo no significativo los tiempos de tratamiento empleados. Sin embargo podemos concluir que el tratamiento que favoreció estas características en el presente estudio fue la muestra sometida a 60°C por 4horas, estableciéndose como la óptima interacción con  $C^*=21.20$ ,  $a^*=19.1$  y  $b=9.20$  ubicándose en escala cromática adecuada, con Hardness 1 27.34N, Hardness 2 de 26.69N, cohesión de 0.70N/mm<sup>2</sup> y elasticidad de 0.41cm, conservando una buena textura; cambios favorables en su pH de 6.27 y  $a_w$  0.92 aceptable en derivados cárnicos, con mayor contenido de proteína 39.80% e inversamente proporcional asu contenido de agua de 60.03%, valores satisfactorios para este estudio.
- Se evaluó la actividad antioxidante de los lomos de carne de llama (*Lama glama*) envasados al vacío y no envasados al vacío, donde se observa que el mejor resultado obtenido presenta la muestra sometida a 85°C por 0.5horas (112.17 CI50Trolox mg/100g) con respecto a los demás tratamientos, seguido de la muestra sometida a 80°C por 6horas (140.50 CI50Trolox mg/100g), deduciendo que a mayor temperatura mejora significativamente la actividad antioxidante, no siendo significativo el tiempo de tratamiento ni el envasado al vacío.
- La evaluación de las propiedades sensoriales según la prueba de Friedman, nos mostró estadísticamente que todas las muestras han recibido tratamientos diferentes, siendo más aceptable en sus cuatro atributos sensoriales (color, olor, sabor y textura) la muestra tratada a 80°C de temperatura por un tiempo de 4horas, con promedios 4.60, 4.7, 4.48 y 4.73 respectivamente. Aseverando que la temperatura y el tiempo afectan significativamente a las propiedades sensoriales de los lomos de carne de llama (*Lama glama*).



## RECOMENDACIONES

- Es posible y viable la aplicación del método de cocción propuesto, en otros cortes de la carne de llama y hacerlo más comercial, ya que los resultados en los cortes de lomo mostraron resultados satisfactorios con respecto a la conservación de sus características físico-químicas, lo que garantiza su calidad nutricional.
- Para mejorar las utilidades de los productores de esta especie animal, es factible potenciar la aplicación del método de cocción estudiado en todos los cortes de la carcasa, ya que a mayor tiempo y temperatura de tratamiento mejoro su actividad antioxidante. La evaluación microbiológica y la vida útil permitirían garantizar la calidad del producto en el mercado minimizando costos.

## BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (1990). *Official Methods of Analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Alcazar, J. (2004). *Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias*. Cuzco Peru: CYBERCOPY Impresiones Offset.
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en los Teoría y en la Práctica*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
- Apaoblaza, A., Pulido, R., & Gallo, C. (2008). *Efecto de una suplementación en base a maíz roleado, sobre la prevención de corte oscuro (CO) y algunas variedades de calidad de la carne en novillo*. Valdivia, Chile: Congreso Anual de la sociedad Chilena en la producción Animal.
- Armstrong, G. A., & McIlveen, H. (2000). Efecto del almacenamiento prolongado sobre la calidad sensorial y aceptación del consumidor en platos con recetas a base de carne cocidas al vacío. *Elsevier: Food quality and Preference*, 377-385.
- Arnao, H. (2001). Some Methodological Problems in the Determination of Antioxidant Activity. *Trend in Food Science and Technology*. 11, 419-443.
- Arzapalo, D., Huaman, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2015). *Extracción y Caracterización del almidón de tres variedades de quinua, collana negra, pasankalla roja y blanca de Junin*. 44-54: Rev. Soc. Química. 81.
- Baldwin, D. (2011). Sous vide de Cocción. *Science Direct*.
- Becker, A., Boulaaba, A., Pinggen, S., Krischek, C., & Klein, G. (2016). Cocción a baja temperatura de carne de cerdo y aspectos fisicoquímicos y sensorial. *Meat Science*, 1-28.
- Bello, J., & Sanchez, M. (2006). Development of mathematical model to describe the acidification occurring during the ripening of dry fermented sausage. *Food Chemistry*, 101-105.

- Bingham, S. A., Hughes, R., & Cross, A. J. (2002). Effect of white versus red meat on endogenous N-nitrosation in the human colon and further evidence of a dose response. *J. Nutrition* 132, 3522-3525.
- Botinestean, C., Derek, F., Keenan, Kerry, J., & Hamill, R. (2016). The effect of sous vide and freezing thermal treatments on tenderness of beef M. semitendinosus steak targeted at elderly consumer. *Food Science and Technology*. 74, 154-459.
- Brody, A. (2003). Foodservice drives packaging developments. *Food technology*. 56, 78-86.
- Bustinza, V. (2001). *La alpaca*. Puno: Publicaciones UNA - Puno.
- Byrne, D., O Sullivan, M., Dijksterhuis, G., Bredie, W., & Martens, M. (2001). Sensory panel consistency during development of a vocabulary for warmed-over. *Food Quality and Preference*, 171-187.
- Campero, J. R. (2005). Llama (*Lama glama*) and guanaco (*Lama guanicoe*): general perspective. *ICAR/FAO Tecnicas Series 11, Tunisia*, 11-18.
- Castelluci, F. (2006). *Determinacion de las Caracteristicas cromaticas segun CIELab*. Chile: Direccion General de la OJV - Secretaria de Asamblea General.
- Castro, M. (2009). *Evaluacion de propiedades fisicoquimicas y sensoriales de la patata para fritura*. España: Biotecnologia Alimentaria, Universidad de Burgos.
- Contreras, B. (2009). *Caracterizacion de la harina instantanea obtenida por calentamiento ohmico*. Queretaro Mexico: Instituto Politecnico Nacional - Tecnologia avanzada.
- Cori, E., Michelangeli, C., De Basilio, V., Figueroa, R., & Rivas, N. (2014). Solubilidad proteica contenido de mioglobina, color y pH de la carne de pollo, gallina y codorniz. *Science Direct*. 63, 241.
- Cristofanelli, S., Antonini, M., Torres, D., Polidori, P., & Renieri, C. (2004). Meat and carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Sci* 66., 589-593.

- Da silva, F. L., De Lima, J. P., Melo, L. S., Da silva, Y. S., Gouveia, S. T., Lopes, G. S., & Matos, W. O. (2017). Comparacion de la bioaccesibilidad de minerales en muestras de higado de bovino en coccion a ebullicicon y cocinado al vacio. *Elsevier, Food Science and Technology*, 120-125.
- Diaz, P., Nieto, G., Garrido, M., & Bañon, S. (2011). Microbial, physical-chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Sci.*, 2-8.
- Diaz, R. (2008). *Efecto de la adicion de protesas en el proceso madurativo de los embutidos crudo curados*. Madrid, España: Departamento Nutricion y Bromatologia Universidad Complutense.
- DRAP. (2019). *Direccion Regional Agraria - Puno*. Puno: DEAI.
- Duckett, S., Neel, J., Sonon, R., Fontenot, J., Clapham, W., & Sgaglia, G. (2007). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: II Ninth-tenth-eleventh-rib composition, muscle color and palatability. *Animal Sci.* 85, 2691-2698.
- Espinosa, M. C., Diaz, P., Linares, M. B., Teruel, M. R., & Garrido, M. D. (2015). Quality characteristics of sous vide ready to eat seabream preprocessed by high pressure. *LWT-Food Science and Technology*, 1-26.
- FAO. (2005). *Produccion de camelidos sudamericanos*. Argentina: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fennema, O., Parkin, K., & Damodaran, S. (2010). *Quimica de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
- Ferguson, L. R. (2010). Meat and cáncer. *Meat Sci* 84, 303-308.
- Fisher, A., Enser, M., Richardson, R., Wood, J., Nute, G., & Kurt, E. (2000). Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from fou diverse breed production systems. *Meat Sci.* 55, 141-147.
- Franco, D., Gonzales, L., Bispo, E., Rodriguez, P., Garabal, J., & Moreno, T. (2010). Study of hydrolyzed protein composition free amino acid, and taurine content in different muscles of Galician blonde beef. *Meat Sci. Foods* 21, 769-784.

- Frankel, J. (2005). Ethanollic potato extracts were effective in retarding lipid oxidation in lamb meat. *Agriculture and Food chemistry*, 76.
- Gallo, C. (2010). *La calidad de las canales y su carne*. Chile: Informativo sobre carne y productos carneos 39, Universidad Austral.
- Garcia , W. V., San Martin, F. H., Novoa, C. M., & Franco, E. L. (2002). Engorde de llamas bajo diferentes regimenes alimenticios. *Revista Investigativa Veterinaria Puno Peru* 13, 1-9.
- Garcia, P., & Tello, E. (1999). *Microbiologia de los alimentos*. Puno, Peru: Tajavi Impresiones.
- Garcia, W., & San Martin, F. (1999). *Efecto de cuatro tipos de alimentacion sobre la ganancia de peso en llamas de uno a dos años de edad durante el periodo de seca*. Cuzco, Peru: II Congreso Mundial sobre Camelidos.
- Garcia-Iglesias, E., Gago-Cabezas, L., & Fernandez-Nuevo, J. (2006). *Tecnologias de envasado en atmosferas protectoras*. Retrieved from Informe de Vigilancia protectora: <http://www.madrimasd.org>
- Garde-Belza, J. A. (2009, Marzo 1). *Departamento de Tecnologias del envase*. Retrieved from Centro Tecnologico AINIA: <http://www.guiaenvase.com>
- Gobantes, I., Gomez, R., & Choubert, G. (2001). Envasado de alimentos. Aspectos Tecnicos del envasado al vacio y bajo atmosfera protectora,. *Alimentacion equipos y tecnologia*, 75-84.
- Grigioni, G., Langman, L., Szerman, N., Irurueta, M., & Vaudagna, S. (2008). Efecto de concentraciones del concentrado de proteina de Suero y cloruro de sodio en el perfil de olor en carne cocida al vacio. *Elsevier 79: Meat Science-Science Direct*, 568-575.
- Grigioni, G., Margaria , C., Pensel, N., Sanchez, G., & Vaudagna, S. (2000). warmed-over flavour analysis in low temperature-long time processed meat by an "electronic nose". *Meat Sci.* 56, 221-228.
- Hesser, A. (2005). *Under Pressure*. New York.: Magazyne.





- Huerta, N., Cross, H., Savell, J., Lunt, D., Baker, J., Pelton, L., & Smith, S. (1993). Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *Animal Sci.* 71, 625-630.
- Iborra-Bernad, C., Tarrega, A., Garcia-Segovia, P., & Martinez-Monzon, J. (2013). Ventajas de la Col roja cocida al vacio: Estructural, Nutricional y Aspectos Sensoriales. *Elsevier, Food Science and Technology*, 310-326.
- INEI. (2008). *Ministerio de Agricultura y Riego - Oficina de Estudios economicos y estadisticos*. Puno: Direccion General de Competitividad.
- ITINTEC. (1997). *Almidones y Feculas, metodos para determinar el material no amilaceo*. Lima, Peru: Instituto de Investigacion Tecnologica Industrial y de NTN.
- Joung, K. Y., Hyeonbin, O., Shin, S. Y., & Kim, Y. S. (2018). Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat Science* 17, 1-26.
- Knipe, L. (2012). *Ciencia Basica del procesado de la carne*. Ohio, E.E. U.U.: Departamento de Zootecnia Ohio State University.
- Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006). *woodhead publishing*. USA: Meat Science.
- Luna, G., & Aguilar, S. (2011). *Conservacion de alimentos y prediccion de su vida util*. Puno - Peru: Edit. Imprenta Arco Iris.
- Mamani, L. W., Gallo, C. B., & Cayo, F. (2013). Calidad tecnologica de doce musculos de carne de llama jovenes bajo un sistema de crianza extensiva. *Revista Investigaciones Veterinarias Puno, Peru* 24, 168-175.
- Mamani, L., Cayo, F., Gallo, C., & Lindon, W. (2014). Caracteristicas de canal, calidad de carne y composicion quimica de carne de llama. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru* 25, 123-150.
- Mata, A. (1999). *Empleo de fermentos lacticos en la fabricacion de productos carnicos*. Cordoba, Argentina: Facultad Veterinaria, Universidad de Cordoba.



- McAfee, A., McSorley, E., Cuskelly, G., Moss, B., Wallace, J., Bonham, M., & Fearon, A. (2010). Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. *Meat Sci* 84, 1-13.
- Mossel, D. (2003). *Microbiología de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P., Hugo, A., & Raats, J. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health. *Food and Chemistry*. 112, 279-289.
- Multon, J., & Bureau, G. (1995). *Embalaje de los alimentos de gran consumo*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
- Newton, K., & Rigg, W. (1999). The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum-packed meat. *Journal and Applied Bacteriology*. 47, 433-441.
- Nollet, L. (1996). *Handbook of food analysis*. New York.: M Dekker.
- Nyati, H. (2000). AN evaluation of the effect of storage and processing temperature on the microbiological status of sous vide extended shelf life products. *Food Control*. 11, 471-476.
- Orellana, C., Peña, F., Garcia, A., Perez, J., Martos, J., Domenech, V., & Acero, R. (2009). Carcass characteristics, fatty acid composition and meat quality of criollo ARGENTINO and Braford steers raised on forage in a semi tropical region of Argentina. *Meat Sci*. 81, 57-64.
- Oz, F., & Zirikov, E. (2015). The effects of sous vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *Food Science and Technology*. 64, 120-125.
- Perez, P., Maino, M., Guzman, R., Vaquero, C., Kobrich, C., & Pokniak, J. (2000). *Carcass characteristics of llamas (Lama glama)*. Chile: Central Chile 37.

- Petersen, M. (2004). Influence of sous vide processing, stemming and boling on vitamin retention and sensory quality in broccoli florets. *Zeischrift fur Lebensmittel - Untersuchung Forschung*, 375-390.
- Polidori, P., Antonini, M., Torres, D., Beghelli, D., & Renieri, C. (2007). Tenderness and minerals of llama (Lama glama). *Meat Sci.* 75, 356-358.
- PRORECA. (2004). *Mapeo y Analisis competitivo de la cadena productiva de camelidos*. La Paz, Bolivia: Proyecto regional de Camelidos.
- Raveendran. (1993). *Determinacion de pH*. USA: Valdivia.
- Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Dalla, R. M., & De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid compositium, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66, 567-577.
- Rice - Evans, C., Millar, N., & Paganda, G. (1996). Structure antioxidant activity relation ship of flavoids and phenolic Acid. *Free Radical biology y Medicine.* 20, 933-956.
- Roascio, A., & Gambaro, A. (2017). Consumer Perception of a Non-Traditional Market on Sous-Vide Dishes. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 11: 20–24..
- Roca, J., & Bruges, S. (2003). *Sous vide cuisine*. Barcelona, España: Montagud Editores S. A.
- Rodgers, S. (2007). Innovation in food service technology and its strategic role . *Hospitality Managemnt.* 26, 899-912.
- Rodriguez, M. (2011). *Efectos del contenido de agua en los alimentos*. E.E. U.U.: U.D.C.A.
- Roldan, M., Antequera, T., Armenteros, M., & Ruiz, J. (2014). Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *ELSEVIER - Food Chemistry*, 129-136.



- Roldan, M., Antequera, T., Martin, A., Mayoral, A., & Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous vide cooked lamb loins. *Meat Sci.* 93, 572-578.
- Salva, B., Zumalacarregui, J., Figueira, A., Osorio, M., & Mateo, J. (2009). Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru. *Meat Sci.* 82, 450-455.
- Sanchez del Pulgar, J., Gazquez, A., & Ruiz-Carrascal, J. (2012). Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous vide cooked pork cheeks as affected by vacuum cooking temperature and cooking time. *Meat Science, Elsevier.*, 828-835.
- Schellekens, M. (1996). Los nuevos temas de investigación en cocina al vacío, tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos 7. *Food Science*, 256-262.
- Stahl, S. (2000). *Essential psychopharmacology neuroscientific basis and practical applications*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Steffe, J. (1996). Viscoelastic properties of foods. *Food Sci.*, 6-10.
- Sumar, J. (2010). Nutrition in camelids. En: Winter F, et al. (eds). Updates on ruminant production and medicine. *XXVI World Buiatrics Congress. Santiago, Chile.*, 343-357.
- Toldra, F. (1998). Proteolysis and lipolysis in flavor development of dry-cured meat products. *Meat Sci.* 49, 101-110.
- Valle, A. D. (2002). *Materiales complejos para el envasado de alimentos en vacío o en atmósfera modificada*. Retrieved from MAP SUDPACK: <http://www.suedpack.com>
- Vaudagna, S. R., Sanchez, G., Neyra, M. S., Insani, E. N., Picallo, A. B., & Gallinger, M. M. (2002). Sous vide cooked beef muscles: effects of low temperature-long time (LT-LT) Treatments on their characteristics and storage stability. *Food Science and Technology.* 37, 425-441.



- Vaudagna, S., Pazos, A., Guidi, S., Sanchez, G., Carp, D., & Gonzales, C. (2008). Effect of Salt Addition on Sous Vide Cooked Whole Beef Muscles from Argentina. *Meat Science- Science Direct: 79*, 200-212.
- Velasco, V., & Williams, P. (2011). Mejoramiento de la calidad de carne utilizando antioxidantes naturales. *Journal of agricultural research. 2*, 313-322.
- Villarino, A. (2009). Efecto del almacenamiento sobre el valor nutritivo, la calidad higiénico-sanitaria y sensorial de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) procesada mediante la tecnología sous vide. *Meat Sci.*, 6-9.
- Weston, A. R., Rogers, R. W., & ALthen, T. G. (2002). The role of Collagen in meat tenderness. *Animal Sci. 18*, 107-111.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., & Richardson, R. I. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality. *Meat Sci 78*, 343-358.
- Wunzinger, M. T., Delgado, J., Nornberg, M., Valle Zarate, A., Stemmer, A., Ugarte, G., & Sflkner, J. (2005). Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. *Lives Prod Sci 95*, 73-81.
- Zimmerman, M. (2009). *Instituto nacional de Tecnologia Agropecuaria*. Argentina: INTA.



## ANEXOS



**Anexo 1. Cuestionario para evaluación sensorial**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA DE POS GRADO  
MAESTRIA EN AGRICULTURA ANDINA  
ESPECIALIDAD CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Nombre:.....fecha:.....

Muestra evaluada:.....Nº de prueba:.....

**Indicaciones:**

Por favor deguste las muestras que se le presentan y señale la aceptación del atributo sensorial según la escala planteada.

ATRIBUTO	ESCALA		T1	T2	T3	T4	T5
COLOR	5	Me gusta muchísimo					
	4	Me gusta mucho					
	3	Ni me gusta ni me disgusta					
	2	Me gusta poco					
	1	No me gusta					
OLOR	5	Me gusta muchísimo					
	4	Me gusta mucho					
	3	Ni me gusta ni me disgusta					
	2	Me gusta poco					
	1	No me gusta					
SABOR	5	Me gusta muchísimo					
	4	Me gusta mucho					
	3	Ni me gusta ni me disgusta					
	2	Me gusta poco					
	1	No me gusta					
TEXTURA	5	Me gusta muchísimo					
	4	Me gusta mucho					
	3	Ni me gusta ni me disgusta					
	2	Me gusta poco					
	1	No me gusta					

COMENTARIOS:.....

.....

Gracias.

**Anexo 2. Propiedades ópticas de color CIElab de las muestras tratadas**

MUESTRAS	TRATAMIENTOS		REPETICION	CIElab				
	Temperatura (°C)	Tiempo		L*	a*	b*	C*	H*
CARNE			R1	41.6	11.1	3.6	11.7	18
FRESCA	12	0 horas	R2	43.4	18.4	4.2	18.9	12.9
(T1)			R3	41.9	20.3	8.2	21.9	22
T2			60	4 horas	R1	69.5	19.2	8.7
	R2	67.7			17.5	7.7	19.1	23.8
	R3	66.6			20.5	11.2	23.4	28.7
T3	60	6 horas	R1	69.1	13.3	9.1	16.1	34.4
			R2	66	14.1	5.9	15.3	22.7
			R3	68.4	12.2	5.9	13.6	25.8
T4	80	4 horas	R1	56	12.1	10.1	15.8	39.9
			R2	56.5	13.5	9	16.2	33.7
			R3	60.5	13	9.8	16.3	37
T5	80	6 horas	R1	63.9	11.2	10.1	15.1	42.1
			R2	65.7	10.3	10.5	14.7	45.6
			R3	68.9	9.9	7	12.1	35.3
CARNE			R1	69.7	9.3	7.1	11.7	37.4
COCIDA	85	0.5 horas	R2	67.6	7.5	9.6	12.2	52
(T6)			R3	68.6	9.4	8.8	12.9	43.1

Fuente: Datos obtenidos según el colorímetro PCE-TCD 100, donde T1= carne fresca, T2=60°Cx4h., T3=60°Cx6h., T4=80°Cx4h., T5=80°Cx6h., T6=carne cocida; R1, R2, R3=repeticiones; L\*=luminosidad, C\*=croma, H\*=tono, a\*=componente de color rojo/verde, b\*=componente de color amarillo/azul

**ANOVA para la magnitud derivada de la croma C\*.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Temperatura(°C)	80.63	3	26.88	4.38	0.0267
Tiempo	52.08	1	52.08	8.49	0.0130
Temperatura(°C)*Tiempo	12.40	1	12.40	2.02	0.1806
Error	73.65	12	6.14		
Total	218.77	17			

C.V. 15.48



Test de Duncan para la magnitud derivada de la croma C\*.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2 (60°C x 4 horas)	21.20	3	1.43 A
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	17.50	3	1.43 A B
T4 (80°C x 4 horas)	16.10	3	1.43 B C
T3 (60°C x 6 horas)	15.00	3	1.43 B C
T5 (80°C x 6 horas)	13.97	3	1.43 B C
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	12.27	3	1.43 C

Error: 6.1378 gl: 12

ANOVA para el ángulo de tono H\*.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Temperatura(°C)	1524.08	3	508.03	19.55	0.0001
Tiempo	28.21	1	28.21	1.09	0.3179
Temperatura(°C)*Tiempo	3.41	1	3.41	0.13	0.7233
Error	311.77	12	25.98		
Total	1867.48	17			

C.V. 15.85

Test de Duncan para el ángulo de tono H\*.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	44.17	3	2.94 A
T5 (80°C x 6 horas)	41.00	3	2.94 A
T4 (80°C x 4 horas)	36.87	3	2.94 A
T3 (60°C x 6 horas)	27.63	3	2.94 B
T2 (60°C x 4 horas)	25.63	3	2.94 B C
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	17.63	3	2.94 C

Error: 25.9811 gl: 12

ANOVA para luminosidad L\*.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	1502.92	3	500.97	155.61	<0.0001	**
Tiempo	52.92	1	52.92	16.44	0.0016	*
Temperatura(°C)*Tiempo	55.47	1	55.47	17.23	0.0013	*
Error	38.63	12	3.22			
Total	1649.94	17				

CV: 2.91

Test de Duncan para Luminosidad L\*.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	68.63	3	1.04	A
T2 (60°C x 4 horas)	67.93	3	1.04	A
T3 (60°C x 6 horas)	67.83	3	1.04	A
T5 (80°C x 6 horas)	66.17	3	1.04	A
T4 (80°C x 4 horas)	57.67	3	1.04	B
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	42.30	3	1.04	C

Error: 3.2194 gl: 12

ANOVA para componente de color rojo/verde (a\*).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	158.76	3	52.92	11.00	0.0009	*
Tiempo	51.25	1	51.25	10.66	0.0068	
Temperatura(°C)*Tiempo	9.01	1	9.01	1.87	0.1961	
Error	57.71	12	4.81			
Total	276.74	17				

CV: 16.26

Test de Duncan para componente de color rojo/verde (a\*).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2 (60°C x 4 horas)	19.07	3	1.27	A	
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	16.60	3	1.27	A	B
T3 (60°C x 6 horas)	13.20	3	1.27		B C
T4 (80°C x 4 horas)	12.87	3	1.27		B C
T5 (80°C x 6 horas)	10.47	3	1.27		C D
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	8.73	3	1.27		D

Error: 4.8089 gl: 12

ANOVA para componente de color amarillo/azul (b\*).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Temperatura(°C)	33.82	3	11.27	3.65	0.0445
Tiempo	5.33	1	5.33	1.73	0.2135
Temperatura(°C)*Tiempo	2.43	1	2.43	0.79	0.3926
Error	37.08	12	3.09		
Total	78.66	17			

CV: 21.60

Test de Duncan para componente de color amarillo/azul (b\*).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2 (60°C x 4 horas)	9.63	3	1.01	A	
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	9.20	3	1.01	A	
T3 (60°C x 6 horas)	9.20	3	1.01	A	
T4 (80°C x 4 horas)	8.50	3	1.01	A	B
T5 (80°C x 6 horas)	6.97	3	1.01	A	B
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	5.33	3	1.01		B

Error: 3.0900 gl: 12

**Anexo 3.** Parámetros Instrumentales de Textura (TPA).

MUESTRAS	TRATAMIENTOS	TPA (Análisis de Perfil de textura)
----------	--------------	-------------------------------------

	Temperatura(°C)	Tiempo	REPE- TICION	Hardness1 (N)	Hardness2 (N)	Cohesive- ness (N/mm2)	Springi- ness (cm)
CARNE			R1	43.15	35.49	0.75	0.42
FRESCA (T1)	12	0 horas	R2	41.56	38.75	0.74	0.43
			R3	36.89	42.31	0.72	0.41
T2	60	4 horas	R1	28.19	25.31	0.73	0.41
			R2	26.24	28.34	0.69	0.42
			R3	27.7	26.43	0.67	0.4
T3	60	6 horas	R1	20.24	23.77	0.63	0.36
			R2	21.36	22.44	0.58	0.38
			R3	19.26	20.8	0.61	0.38
T4	80	4 horas	R1	16.04	15.7	0.48	0.27
			R2	18.03	16.81	0.44	0.3
			R3	17.37	16.24	0.42	0.28
T5	80	6 horas	R1	10.43	9.07	0.46	0.23
			R2	14.37	12.91	0.4	0.25
			R3	13.33	11.79	0.38	0.26
CARNE COCIDA (T6)	85	0.5 horas	R1	10.65	13.74	0.25	0.47
			R2	10.42	12.66	0.23	0.52
			R3	11.46	11.88	0.28	0.51

Fuente: Datos obtenidos según el Analizador de Perfil de Textura CT3, donde T1= carne fresca, T2=60°Cx4h., T3=60°Cx6h., T4=80°Cx4h., T5=80°Cx6h., T6=carne cocida; R1, R2, R3=repeticiones; Hardness 1= Fuerza de corte, Hardness 2= Dureza, Cohesiveness= Cohesión, Springiness= Elasticidad.

ANOVA para Hardness 1 (N).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	1719.23	3	573.08	188.76	<0.0001	**
Tiempo	99.65	1	99.65	32.82	0.0001	**
Temperatura(°C)*Tiempo	5.28	1	5.28	1.74	0.2119	
Error	36.43	12	3.04			
Total	1860.59	17				

C.V. 8.11

Test de Duncan para Hardness 1 (N).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	40.53	3	1.01	A
T2 (60°C x 4 horas)	27.34	3	1.01	B
T3 (60°C x 6 horas)	20.29	3	1.01	C
T4 (80°C x 4 horas)	17.15	3	1.01	D
T5 (80°C x 6 horas)	12.71	3	1.01	E
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	10.84	3	1.01	E

Error: 3.0311 gl: 12

ANOVA para Hardness 2 (N).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	1546.47	3	515.49	145.37	<0.0001	**
Tiempo	65.57	1	65.57	18.49	0.0010	*
Temperatura(°C)*Tiempo	0.30	1	0.30	0.09	0.7747	
Error	42.55	12	3.55			
Total	1654.90	17				

C.V. 8.82

Test de Duncan para Hardness 2 (N).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	38.85	3	1.09	A
T2 (60°C x 4 horas)	26.69	3	1.09	B
T3 (60°C x 6 horas)	22.34	3	1.09	C
T4 (80°C x 4 horas)	16.25	3	1.09	D
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	12.76	3	1.09	E
T5 (80°C x 6 horas)	11.26	3	1.09	E

Error: 3.5461 gl: 12

ANOVA para Cohesiveness (N/mm<sup>2</sup>).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	0.506	3	0.169	198.521	<0.0001	**
Tiempo	0.011	1	0.011	13.422	0.0032	*
Temperatura(°C)*Tiempo	0.002	1	0.002	2.833	0.1181	
Error	0.010	12	0.001			
Total	0.530	17				

C.V. 5.55

Test de Duncan para Cohesiveness (N/mm<sup>2</sup>).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	0.74	3	0.017	A
T2 (60°C x 4 horas)	0.70	3	0.017	A
T3 (60°C x 6 horas)	0.61	3	0.017	B
T4 (80°C x 4 horas)	0.45	3	0.017	C
T5 (80°C x 6 horas)	0.41	3	0.017	C
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	<u>0.25</u>	3	0.017	D

Error: 0.0008 gl: 12

ANOVA para Springiness (cm).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	0.1271	3	0.0424	169.4370	<0.0001	**
Tiempo	0.0040	1	0.0040	16.1333	0.0017	*
Temperatura(°C)*Tiempo	0.0000	1	0.0000	0.0000	>0.9999	
Error	0.0030	12	0.0003			
Total	0.1341	17				

C.V. 4.25

Test de Duncan para Springiness (cm).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	0.50	3	0.01	A
T2 (60°C x 4 horas)	0.42	3	0.01	B
T3 (60°C x 6 horas)	0.41	3	0.01	B
T4 (80°C x 4 horas)	0.37	3	0.01	C
T5 (80°C x 6 horas)	0.28	3	0.01	D
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	<u>0.25</u>	3	0.01	E

Error: 0.0003 gl: 12

**Anexo 4.** pH de las muestras tratadas.

MUESTRAS	TRATAMIENTOS		REPETICION	pH
	Temperatura(°C)	Tiempo		
CARNE FRESCA (T1)	12	0 horas	R1	5.5
			R2	5.7
			R3	5.5
T2	60	4 horas	R1	6.3
			R2	6.2
			R3	6.3
T3	60	6 horas	R1	6
			R2	6
			R3	6.1
T4	80	4 horas	R1	6.1
			R2	6.2
			R3	6
T5	80	6 horas	R1	6
			R2	6.2
			R3	6.3
CARNE COCIDA (T6)	85	0.5 horas	R1	6.3
			R2	6.5
			R3	6.4

Fuente: Datos obtenidos según el pH-metro digital METRHOM, donde T1= carne fresca, T2=60°Cx4h., T3=60°Cx6h., T4=80°Cx4h., T5=80°Cx6h., T6=carne cocida; R1, R2, R3=repeticiones; pH=Potencial de hidrogeniones.



ANOVA para pH.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	1.14	3	0.38	36.09	<0.0001	**
Tiempo	0.02	1	0.02	1.97	0.1854	
Temperatura(°C)*Tiempo	0.07	1	0.07	6.39	0.0265	
Error	0.13	12	0.01			
Total	1.36	17				

CV: 1.69

Test de Duncan para pH.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.			
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	6.40	3	0.06	A		
T2 (60°C x 4 horas)	6.27	3	0.06	A	B	
T5 (80°C x 6 horas)	6.17	3	0.06		B	C
T4 (80°C x 4 horas)	6.10	3	0.06		B	C
T3 (60°C x 6 horas)	6.03	3	0.06			C
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	5.57	3	0.06			D

Error: 0.0106 gl: 12

**Anexo 5.** Actividad de agua ( $a_w$ ) de las muestras tratadas.

MUESTRAS	TRATAMIENTOS		REPETICION	$a_w$
	Temperatura(°C)	Tiempo		
CARNE FRESCA (T1)	12	0 horas	R1	0.96
			R2	0.97
			R3	0.97
T2	60	4 horas	R1	0.93
			R2	0.92
			R3	0.91
T3	60	6 horas	R1	0.92
			R2	0.9
			R3	0.91
T4	80	4 horas	R1	0.89
			R2	0.91
			R3	0.9
T5	80	6 horas	R1	0.88
			R2	0.89
			R3	0.9
CARNE COCIDA (T6)	85	0.5 horas	R1	0.88
			R2	0.87
			R3	0.86

Fuente: Datos obtenidos según el determinador de actividad de agua AQUALAB, donde T1=carne fresca, T2=60°Cx4h., T3=60°Cx6h., T4=80°Cx4h., T5=80°Cx6h. T6=carne cocida; R1, R2, R3=repeticiones;  $a_w$ =Actividad de agua.

ANOVA para Actividad de agua  $a_w$ .

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	0.0159	3	0.0053	59.7292	<0.0001	**
Tiempo	0.0003	1	0.0003	3.3750	0.0911	
Temperatura(°C)*Tiempo	0.0000	1	0.0000	0.0000	>0.9999	
Error	0.0011	12	0.0001			
Total	0.0173	17				

CV: 1.04

Test de Duncan para Actividad de agua  $a_w$ .

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.			
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	0.97	3	0.01	A		
T2 (60°C x 4 horas)	0.92	3	0.01		B	
T3 (60°C x 6 horas)	0.91	3	0.01		B	C
T4 (80°C x 4 horas)	0.90	3	0.01			C D
T5 (80°C x 6 horas)	0.89	3	0.01			D
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	0.87	3	0.01			E

Error: 0.0001 gl: 12

**Anexo 6.** Contenido de Proteína en las muestras tratadas.

MUESTRAS	TRATAMIENTOS		REPETICION	% PROTEINA
	Temperatura(°C)	Tiempo		
CARNE			R1	20.36
FRESCA	12	0 horas	R2	20.35
(T1)			R3	20.31
			R1	39.5
T2	60	4 horas	R2	39.9
			R3	39.9
			R1	30.31
T3	60	6 horas	R2	30.32
			R3	30.33
			R1	28.8
T4	80	4 horas	R2	28.7
			R3	28.3
			R1	33.15
T5	80	6 horas	R2	33.19
			R3	33.05
CARNE			R1	17.01
COCIDA	85	0.5 horas	R2	16.18
(T6)			R3	15.32

Fuente: Datos según el informe de análisis por método semimicro Kjeldahl, donde T1= carne fresca, T2=60°Cx4h., T3=60°Cx6h., T4=80°Cx4h., T5=80°Cx6h, T6=carne cocida; R1, R2, R3=repeticiones; % proteína=Porcentaje de proteína.

ANOVA para proteína (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	942.72	3	314.24	2235.44	<0.0001	**
Tiempo	18.13	1	18.13	128.97	<0.0001	**
Temperatura(°C)*Tiempo	146.51	1	146.51	1042.24	<0.0001	**
Error	1.69	12	0.14			
Total	1109.05	17				

CV: 1.34

Test de Duncan para proteína (%).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2 (60°C x 4 horas)	39.80	3	0.22	A
T5 (80°C x 6 horas)	33.13	3	0.22	B
T3 (60°C x 6 horas)	30.22	3	0.22	C
T4 (80°C x 4 horas)	28.60	3	0.22	D
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	20.34	3	0.22	E
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	16.17	3	0.22	F

Error: 0.1489 gl: 12

**Anexo 7.** Contenido de Humedad de las muestras tratadas.

MUESTRAS	TRATAMIENTOS		REPETICION	% HUMEDAD
	Temperatura(°C)	Tiempo		
CARNE FRESCA (T1)	12	0 horas	R1	73.9
			R2	74.4
			R3	74.3
T2	60	4 horas	R1	60.1
			R2	60.0
			R3	60.0
T3	60	6 horas	R1	66.59
			R2	66.88
			R3	66.87
T4	80	4 horas	R1	68.1
			R2	68.4
			R3	69
T5	80	6 horas	R1	63.75
			R2	64.01
			R3	64.15
CARNE COCIDA (T6)	85	0.5 horas	R1	78.49
			R2	79.52
			R3	80.76

Fuente: Datos obtenidos según el analizador de humedad; donde T1= carne fresca, T2=60°Cx4h., T3=60°Cx6h., T4=80°Cx4h., T5=80°Cx6h., T6=carne cocida; R1, R2, R3=repeticiones; % humedad=Porcentaje de humedad.

ANOVA para porcentaje de humedad (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	650.72	3	216.91	791.85	<0.0001	**
Tiempo	3.69	1	3.69	13.45	0.0032	*
Temperatura(°C)*Tiempo	95.37	1	95.37	348.17	<0.0001	**
Error	3.29	12	0.27			
Total	753.06	17				

CV:0.76

Test de Duncan para porcentaje de humedad (%).

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	79.59	3	0.30	A
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	74.20	3	0.30	B
T4 (80°C x 4 horas)	68.50	3	0.30	C
T3 (60°C x 6 horas)	66.78	3	0.30	D
T5 (80°C x 6 horas)	63.97	3	0.30	E
T2 (60°C x 4 horas)	60.03	3	0.30	F

Error: 0.2750 gl: 12

**Anexo 8.** Actividad Antioxidante de los tratamientos.

MUESTRAS	TRATAMIENTOS		REPETICION	CI50 TROLOX mg/100gr.
	Temperatura(°C)	Tiempo		
CARNE			R1	204.019
FRESCA	12	0 horas	R2	203.4999
(T1)			R3	202.9808
			R1	179.4419
T2	60	4 horas	R2	177.28
			R3	179.9824
			R1	200.274
T3	60	6 horas	R2	204.1467
			R3	201.9337
			R1	164.7718
T4	80	4 horas	R2	165.3303
			R3	168.1231
			R1	139.7835
T5	80	6 horas	R2	139.7835
			R3	141.9258
CARNE			R1	109.9702
COCIDA	85	0.5 horas	R2	109.4203
(T6)			R3	114.9188

Fuente: Datos obtenidos según el método ABTS; donde T1= carne fresca, T2=60°Cx4h., T3=60°Cx6h., T4=80°Cx4h., T5=80°Cx6h., T2=carne cocida; R1, R2, R3=repeticiones; CI50 TROLOX mg/100gr.=Coeficiente de inhibición con reducción en un 50% la absorbancia de la solución, mediante el uso del estándar trolox.

ANOVA para actividad antioxidante.



F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Temperatura(°C)	17703.17	3	5901.06	42.02	<0.0001	**
Tiempo	4.18	1	4.18	0.03	0.8657	
Temperatura(°C)*Tiempo	0.00	1	0.00	sd	sd	
Error	1825.68	12	140.44			
Total	19533.03	17				

CV:7.9

Test de Duncan para actividad antioxidante.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1-BLANCO (12°C x 0 horas)	203.50	3	1.05	A
T3 (60°C x 6 horas)	202.12	3	1.05	A
T2 (60°C x 4 horas)	178.90	3	1.05	B
T4 (80°C x 4 horas)	166.08	3	1.05	C
T5 (80°C x 6 horas)	140.50	3	1.05	D
T6-PATRON (85°C x 0.5 horas)	111.44	3	1.05	E

Error: 3.3356 gl: 12

**Anexo 9.** Evaluación del color en las carnes tratadas.

JUEZ	MUESTRAS				
	T1-	T2	T3	T4	T5
	PATRON	(60°C/4hrs)	(60°C/6hrs)	(80°C/4hrs)	(80°C/6hrs)
1	3	1	1	4	2
2	4	1	2	4	2
3	2	5	2	2	1
4	4	1	4	5	2
5	1	3	4	5	2
6	2	1	1	4	1
7	4	5	2	4	2
8	3	1	1	4	2
9	3	5	3	4	2
10	4	2	3	5	1
11	4	1	2	4	1
12	4	2	2	5	1
13	4	1	2	4	1
14	4	2	2	5	2
15	5	1	3	4	1
16	3	3	5	5	2
17	4	2	3	4	2
18	4	2	3	4	2
19	3	5	4	3	2
20	3	5	4	5	2



Prueba de Friedman para color

T1- PATRON	T2	T3	T4	T5	T <sup>2</sup>	p
3.78	1.98	3.00	4.60	1.65	37.70	<0.0001

Tratamientos	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
T5	33.00	1.65	20	A
T2	39.50	1.98	20	A B
T3	60.00	3.00	20	C
T1-PATRON	75.50	3.78	20	D
T4	92.00	4.60	20	E

**Anexo 10.** Evaluación del olor en las carnes tratadas.

JUEZ	MUESTRAS				
	T1-	T2	T3	T4	T5
	PATRON	(60°C/4hrs)	(60°C/6hrs)	(80°C/4hrs)	(80°C/6hrs)
1	4	1	1	5	2
2	5	2	2	4	2
3	2	5	3	4	2
4	5	1	2	4	1
5	4	3	2	5	2
6	4	1	1	4	1
7	3	5	2	4	1
8	4	1	1	4	2
9	4	5	2	4	2
10	5	2	4	5	2
11	4	2	2	4	1
12	4	2	2	5	2
13	3	2	2	4	2
14	4	4	3	5	1
15	5	1	2	5	2
16	4	3	3	4	2
17	4	1	2	4	2
18	3	3	3	4	2
19	3	5	3	4	2
20	2	5	3	4	1

Prueba de Friedman para olor

T1- PATRON	T2	T3	T4	T5	T <sup>2</sup>	p
3.95	2.38	2.35	4.70	1.63	57.98	<0.0001

Tratamientos	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
T5	32.50	1.63	20	A
T2	47.00	2.35	20	B
T3	47.50	2.38	20	B C
T1-PATRON	79.00	3.95	20	D
T4	94.00	4.70	20	E

**Anexo 11.** Evaluación del sabor en las carnes tratadas.

JUEZ	MUESTRAS				
	T1-	T2	T3	T4	T5
	PATRON	(60°C/4hrs)	(60°C/6hrs)	(80°C/4hrs)	(80°C/6hrs)
1	4	1	1	4	2
2	3	1	2	4	1
3	4	5	4	2	2
4	5	1	2	4	1
5	4	4	2	5	2
6	2	1	2	4	1
7	5	5	1	4	2
8	4	1	1	3	1
9	4	5	2	3	1
10	5	2	4	5	2
11	5	1	2	4	1
12	5	1	1	4	1
13	5	2	3	4	2
14	4	3	2	4	2
15	3	1	3	4	1
16	5	2	2	4	2
17	3	1	1	4	1
18	3	1	2	5	2
19	1	4	3	4	2
20	2	5	1	3	4



Prueba de Friedman para sabor

T1- PATRON	T2	T3	T4	T5	T <sup>2</sup>	p
4.20	1.90	2.55	4.48	1.88	48.68	<0.0001

Tratamientos	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
T5	37.50	1.88	20	A
T2	38.00	1.90	20	A B
T3	51.00	2.55	20	C
T1-PATRON	84.00	4.20	20	D
T4	89.50	4.48	20	D

**Anexo 12.** Evaluación de la textura en las carnes tratadas.

JUEZ	MUESTRAS				
	T1-	T2	T3	T4	T5
	PATRON	(60°C/4hrs)	(60°C/6hrs)	(80°C/4hrs)	(80°C/6hrs)
1	5	2	3	4	1
2	2	1	3	4	2
3	4	5	2	3	1
4	3	1	2	5	2
5	2	2	4	5	2
6	2	1	1	4	1
7	4	5	3	4	1
8	4	2	2	3	2
9	4	5	2	4	2
10	3	4	4	5	2
11	4	1	2	5	1
12	4	1	2	4	2
13	3	3	4	5	2
14	4	1	2	5	3
15	4	1	2	5	1
16	4	2	3	5	2
17	3	2	4	4	2
18	3	1	3	4	2
19	3	5	3	4	2
20	2	5	2	3	2





Prueba de Friedman para textura

T1- PATRON	T2	T3	T4	T5	T <sup>2</sup>	p
3.60	2.08	2.93	4.73	1.68	39.72	<0.0001

Tratamientos	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
T5	33.50	1.68	20	A
T2	41.50	2.08	20	A B
T3	58.50	2.93	20	C
T1-PATRON	72.00	3.60	20	D
T4	94.50	4.73	20	E

Anexo 13. Informes de resultados de análisis de proteínas.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150, Telf.: (051)599430 / IP. 10301 / (051) 366080

LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0065-2019-LENA-EPIA

SOLICITANTE : Ing. WHANY QUISPE CHAMBI  
LUGAR DE PROCEDENCIA : MACUSANI  
TITULO : Efecto de método Sous-vide sobre las características físico químicas, sensoriales y estructurales sobre la carne de llama (*Lama glama*)  
PRODUCTO : CARNE DE LLAMA A DIFERENTES TRATAMIENTOS (EDAD 1.5 AÑOS, MACHO)  
ENSAYO SOLICITADO : PROTEINA (Método Semimicro Kjeldahl)  
FECHA DE RECEPCION : 29 de Mayo del 2019  
FECHA DE ENSAYO : 29 de Mayo del 2019  
FECHA DE EMISION : 31 de Mayo del 2019

**RESULTADOS:**

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

RESULTADOS FISICO QUIMICOS




TRATAMIENTOS	% PROTEINA
CARNE DE LLAMA FRESCA	20.34
CARNE DE LLAMA COCIDA	16.17
TRATAMIENTO 1	39.80
TRATAMIENTO 2	30.32
TRATAMIENTO 3	28.60
TRATAMIENTO 4	33.13

METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:

- AOAC. 1990 (Semimicro Kjeldahl)

- CONCLUSION: Los resultados de Proteína están conformes.

Puno, C.U. 31 de Mayo del 2019

  
 Osvaldo Andrés Alca  
 INGENIERO AGROINDUSTRIAL  
 C.I.P. 160625  
  
 LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL  
 INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
 JEFATURA  
 Alimentos Instrumentación  
 UNA PUNO  
  
 Dr. Luis Alberto Jiménez Montenegro  
 C.I.P. 19512  
 JEFE DE LABORATORIO

## Anexo 14. Informe de ensayos de la Actividad antioxidante



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA - Pabellón de Control de Calidad  
AV. De la Cultura 733 - CUSCO - PERU Contacto: 973868855

### RESULTADOS

Cusco 30 de Mayo del 2019

Solicitantes : Ing Whany Guispe Chambi  
Tipo de Análisis : Actividad Antioxidante  
Metodo : ABTS.  
Tipo de Muestras : Carne de llama a diferentes tratamientos  
Cantidad de Muestra : 6 con 50g cada uno Denominado  
Almacenamiento : 4 °C.

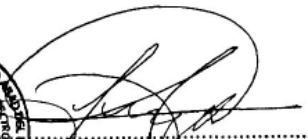
#### Condiciones de Análisis por Espectrofotometro

Equipo : Espectrofotometro Genesis 20 Thermo Electron  
Longitud de Onda : 734 nm  
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm.  
Ecuacion de la curva patrón :  $y = 0.0467x + 0.0479$ ,  $R^2 = 0.9911$

Nombre	Repeticiones					Promedio	
	1	2	3	4	5	CI50 Trolox mg/100gr	CI50 Trolox mmol/100gr
Carne de llama fresca	204.0190	203.4999	202.9808	202.9808	201.9425	203.08	0.8114
Tratamiento 1	179.4419	177.2800	179.9824	173.4965	176.7395	177.39	0.7087
Tratamiento 2	200.2740	204.1467	201.9337	201.3805	201.3805	201.82	0.8064
Tratamiento 3	164.7718	165.3303	168.1231	163.0961	162.5376	164.77	0.6583
Tratamiento 4	139.7835	139.7835	141.9258	134.9634	136.5701	138.61	0.5538
Carne de llama cocida	109.9702	109.4203	114.9188	111.0699	115.4687	112.17	0.4482

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante fue realizado por quintuplicado, expresa la Inhibición al 50% (CI<sub>50</sub> o IC<sub>50</sub>) en miligramos equivalentes Trolox que están presente en 100 gramos de muestra. La metodología utilizada es de acuerdo a: (con algunas modificaciones.)

- Reddivari L., Hale A. L., Miller J. C., Determination of Phenolic Content, Composition and their Contribution to Antioxidant Activity in Specialty Potato Selections Amer J of Potato Res (2007) 84:275-282
- Song, H. S., Bae, J. K., & Park, I. (2013). Effect of Heating on DPPH Radical Scavenging Activity of Meat Substitute. Preventive Nutrition and Food Science, 18(1), 80-84. <https://doi.org/10.3746/pnf.2013.18.1.080>



Ing. Jorge Choquenaira Pari  
Asistente del Laboratorio de Cromatografía y  
Espectrometría - UNSAAC.  
COP - 914