

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA  
CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*) ENVASADA AL VACÍO  
DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN CONGELACIÓN”**

**Presentado por:**

**KATHERINE UBERLINDA MEDINA VALDIVIEZO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Lima – Perú**

**2014**

Quiero dedicar esta tesis a Dios, quien es mi guía y hace todo posible. A nuestra madre del cielo quien me acompaña. A mis padres Margot y Alberto; mis hermanos Alicia, Christopher, Renzo y Mateo por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Especial agradecimiento a mi asesora de tesis, Dra. Bettit Salvá Ruiz, por el apoyo continuo en esta investigación y por la motivación brindada en este periodo.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Facultad de Industrias Alimentarias por haber contribuido en mi formación profesional y por haberme brindado sus instalaciones para la presente tesis. Así como los técnicos de laboratorio de la Facultad de Industrias Alimentarias, Saharita y Sr. Max.

A la empresa ALPAQUEL PERÚ S.A.C. por su apoyo en material de envasado de la carne de alpaca.

A los miembros del jurado por sus orientaciones en el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeras: Alejandra, Medalit y Marcia, con quienes compartimos experiencias en laboratorio.

A todas las personas que me apoyaron en la culminación de este trabajo, en especial a mi familia, profesores y amigos, por su comprensión, paciencia y ánimo que me motivaron a seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1.	LA ALPACA .....	3
2.1.1.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	3
2.1.2.	HÁBITAT .....	3
2.1.3.	CRIANZA.....	4
2.1.4.	POBLACIÓN.....	6
2.1.5.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	7
2.1.6.	RAZAS .....	7
2.1.7.	APROVECHAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FIBRA DE ALPACA .....	8
2.2.	LA CARCASA DE ALPACA.....	10
2.2.1.	DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD.....	10
2.2.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS CARCASAS ALPACA Y LLAMA .....	16
2.2.3.	CORTES REALIZADOS A LA CARCASA O CANAL DE ALPACA .....	17
2.3.	LA CARNE DE ALPACA .....	20
2.3.1.	PRODUCCIÓN DE CARNE DE ALPACA .....	20
2.3.2.	CALIDAD DE LA CARNE DE ALPACA .....	23
2.3.3.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA.....	24
2.4.	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE ALPACA .....	27
2.4.1.	pH .....	28
2.4.2.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) .....	29
2.4.3.	TEXTURA.....	33
2.4.4.	COLOR.....	35
2.5.	OXIDACIÓN DE LÍPIDOS .....	42

2.5.1. MECANISMO DE OXIDACIÓN DE LÍPIDOS .....	45
2.5.2 SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO .....	47
2.6. ATMÓSFERAS PROTECTORAS .....	49
2.6.1. SISTEMAS TRADICIONALES DE ATMÓSFERAS PROTECTORAS.....	50
2.6.2. CARNE ENVASADO AL VACÍO.....	52
2.6.3. MATERIALES PARA EL ENVASADO AL VACIO DE CARNE.....	55
2.7. CONSERVACIÓN EN CONGELACIÓN.....	57
2.7.1. EFECTOS DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE .....	58
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>66</b>
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....	66
3.2. MATERIA PRIMA .....	66
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS .....	67
3.3.1. MATERIALES .....	67
3.3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS .....	68
3.3.3. REACTIVOS .....	69
3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....	70
3.4.1. ESQUEMA EXPERIMENTAL .....	70
3.4.2. OBTENCIÓN DE CARNE DE ALPACA ENVASADA AL VACÍO Y CONGELADA.....	71
3.4.3. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE ALPACA.....	72
3.4.4. CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LA CARNE DE LA ALPACA ENVASADA AL VACÍO .....	72
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	73
3.5.1. ANÁLISIS PROXIMAL .....	73
3.5.2. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS INDICADORES DE CALIDAD .....	73
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS .....	75
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>76</b>
4.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE ALPACA.....	76

4.2. CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA ENVASADA AL VACÍO.....	78
4.2.1. pH.....	78
4.2.2. PÉRDIDAS POR EXUDADO .....	81
4.2.3. PÉRDIDAS POR PRESIÓN .....	84
4.2.4. DUREZA .....	87
4.2.5. SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO .....	91
4.2.6. METAMIOGLOBINA .....	94
4.2.7. CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES.....	97
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>102</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>121</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Población de alpacas, llamas y vicuñas en Perú .....	6
Cuadro 2: Producción de fibra de alpacas, llamas y vicuñas en Perú (toneladas métricas) .....	10
Cuadro 3: Pesos característicos encontrados en alpacas Huacaya machos en el Centro Experimental “La Raya” de Puno .....	12
Cuadro 4: Peso y composición de canales de alpaca y llama .....	13
Cuadro 5: Rendimientos a nivel nacional de diferentes especies ganaderas .....	13
Cuadro 6: Proporción de componentes provenientes del faenamiento de la alpaca.....	14
Cuadro 7: Composición de tejidos más abundantes en la carcasa de alpaca.....	14
Cuadro 8: Determinación de la edad en alpacas y llamas en base a la dentición .....	16
Cuadro 9: Proporción de los cortes de una canal de alpaca.....	19
Cuadro 10: Peso promedio de vísceras y apéndices de alpaca y llama (en kg y porcentaje) .....	20
Cuadro 11: Producción de carne de alpacas y llamas en Perú (expresada en toneladas métricas) .....	21
Cuadro 12: Principales componentes en la calidad de la carne.....	24
Cuadro 13: Composición química del músculo <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpacas y llamas .....	25
Cuadro 14: Composición del músculo <i>Longissimus lumborum</i> de bovino, llama y caballo.....	25
Cuadro 15: Composición química de la pierna de alpaca, cerdo y cordero .....	26
Cuadro 16: Contenido de colesterol (mg/100g) en el músculo <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpacas y llamas.....	26
Cuadro 17: Contenido de minerales (mg/100g) en el músculo <i>Longissimus thoracis</i> de alpacas y llamas .....	27
Cuadro 18: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca .....	29
Cuadro 19: Capacidad de retención de agua de alpacas y llamas a diferentes tiempos <i>post-mortem</i> .....	32

Cuadro 20: Terneza (kg/cm <sup>2</sup> ) del músculo <i>Longissimus thoracis</i> de alpaca y llama después de dos y siete días de almacenamiento.....	35
Cuadro 21: Medición del color instrumental del músculo <i>Longissimus lumborum</i> de alpaca .....	41
Cuadro 22: Efecto del tiempo de maduración al vacío sobre el color del músculo <i>L. thoracis</i> de ternera de raza Rubia Gallega.....	41
Cuadro 23: Descripción de las principales tecnologías de envasado en atmósfera protectora para productos alimenticio .....	52
Cuadro 24: Permeabilidades al oxígeno y al dióxido de carbono de algunos films y compuestos plásticos utilizados en el empaquetado de carne .....	56
Cuadro 25: Composición química proximal del músculo <i>Longissimus thoracis</i> y <i>lumborum</i> de alpaca.....	76
Cuadro 26: Comparación del análisis proximal en carne de alpaca .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aprovechamiento y derivados de la alpaca.....	9
Figura 2: Canales de alpaca criados con pastos naturales (izquierda) y cultivados (derecha).....	15
Figura 3: Ubicación de los cortes obtenidos de una alpaca.....	18
Figura 4: Principales cortes de una canal de alpaca. ....	18
Figura 5: Efecto del pH sobre la capacidad de retención de agua.....	31
Figura 6: Efecto de la adición de sal sobre la capacidad de retención de agua.....	31
Figura 7: Estructura de la mioglobina.....	36
Figura 8: Reacciones redox de la mioglobina en la superficie de la carne.....	37
Figura 9: Estructura de la metamioglobina.....	38
Figura 10: Especies reactivas del oxígeno generadas por la reacción de Fenton.....	38
Figura 11: Reacciones involucradas en la autooxidación de lípidos.....	45
Figura 12: Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malondialdehído.....	48
Figura 14: Esquema experimental de la investigación.....	70
Figura 13: Flujo de operaciones para envasar y congelar carne de alpaca.....	71
Figura 15: Comparación del pH en el <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C).....	78
Figura 16: Comparación de pérdidas por exudado en el <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C).....	82
Figura 17: Comparación de la capacidad de retención de agua (CRA) en el <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpaca envasado con y sin vacío por el método de pérdida por presión, por el almacenamiento en congelación (-20°C).....	85
Figura 18: Comparación de la dureza en el <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C).....	88
Figura 19: Comparación de TBARS en el <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C).....	91

Figura 20: Comparación del contenido de metamioglobina en el <i>Longissimus thoracis</i> y <i>lumborum</i> de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C).....	94
Figura 21: Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables TBARS, pérdidas por presión, pérdidas por exudado, pH, metamioglobina y dureza .....	97

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Determinación de jugo liberado por pérdidas por presión .....	121
ANEXO 2: Determinación instrumental de la dureza .....	122
ANEXO 3: Evaluación de sustancias reactivas con el ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS)..	123
ANEXO 4: Curva de calibración con TEP para TBARS .....	125
ANEXO 5: Determinación del contenido de metamioglobina .....	126
ANEXO 6: Controles del envase.....	127
ANEXO 7: Resultados de pH para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación .....	128
ANEXO 8: Resultados de las pérdidas por presión para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación.....	129
ANEXO 9: Resultados de las pérdidas por exudación para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación.....	130
ANEXO 10: Resultados de TBARS para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación.....	131
ANEXO 11: Resultados de dureza para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación.....	132
ANEXO 12: Resultados de metamioglobina para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación .....	133
ANEXO 13: Análisis estadístico del pH para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación.....	134
ANEXO 14: Análisis estadístico del pH para cada mes por tipo de envasado .....	136
ANEXO 15: Análisis estadístico del pH para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación.....	139
ANEXO 16: Análisis estadístico de las pérdidas por exudado para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación.....	140
ANEXO 17: Análisis estadístico de las pérdidas por exudado para cada mes por tipo de envasado .....	142

ANEXO 18: Análisis estadístico de las pérdidas por exudado para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación .....	145
ANEXO 19: Análisis estadístico de las pérdidas por presión para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación.....	146
ANEXO 20: Análisis estadístico de las pérdidas por presión para cada mes por tipo de envasado .....	148
ANEXO 21: Análisis estadístico de las pérdidas por presión para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación .....	151
ANEXO 22: Análisis estadístico de TBARS para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación .....	152
ANEXO 23: Análisis estadístico de TBARS para cada mes por tipo de envasado .....	154
ANEXO 24: Análisis estadístico de TBARS para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación .....	157
ANEXO 25: Análisis estadístico de dureza para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación .....	158
ANEXO 26: Análisis estadístico de dureza para cada mes por tipo de envasado .....	160
ANEXO 27: Análisis estadístico de dureza para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación.....	163
ANEXO 28: Análisis estadístico de metamioglobina para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación .....	164
ANEXO 29: Análisis estadístico de metamioglobina para cada mes por tipo de envasado .....	166
ANEXO 30: Análisis estadístico de metamioglobina para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación .....	169

## RESUMEN

El estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto del envasado al vacío sobre las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca durante su almacenamiento en congelación. Se tomó muestras de lomos (*Longissimus thoracis* y *lumborum*) de un mercado local, provenientes de alpacas macho de raza Huacaya de entre 2 y 2.5 años de edad. Las muestras de *L. thoracis* y *lumborum* fueron adquiridas 48 horas después del sacrificio (día 0), trozadas (n=20), envasadas individualmente al vacío (99%) y almacenadas en congelación a -20 °C. Los análisis se realizaron en los meses 1, 2, 3, 4, 5 y 6, se midieron: pH, CRA (pérdidas de agua por presión y pérdidas por exudado) oxidación de lípidos (TBARS), dureza (WBSF) y contenido de metamioglobina. Los resultados se analizaron con el paquete estadístico *Statgraphics Centurion*<sup>®</sup>, mediante un arreglo factorial en DCA aplicando un análisis de varianza (ANOVA) para los tratamientos establecidos ya que existió diferencias significativas para un nivel de significancia de 95 por ciento ( $p < 0.05$ ), se realizó un test de comparación múltiple mediante la prueba de Duncan. Los resultados de la evaluación demostraron el efecto significativo ( $p < 0.05$ ) positivo del envasado al vacío y el tiempo en congelación sobre las propiedades: capacidad de retención agua, pH, dureza, oxidación de lípidos y el contenido de metamioglobina. Así también, las propiedades evaluadas muestran una variación mucho menor en el envasado con vacío que en el envasado sin vacío. Las pérdidas por presión, pérdidas por exudado, dureza, oxidación de lípidos y pH de la carne congelada y descongelada tuvieron una tendencia decreciente; mientras que, la oxidación de lípidos y el contenido de metamioglobina aumentaron durante el almacenamiento en congelación.

**Palabras clave:** alpaca, carne, envasado al vacío, almacenamiento en congelación, pH, oxidación de lípidos, dureza.

## ABSTRACT

The study sought to determine the effect of vacuum packaging on the technological properties of alpaca meat during frozen storage. Were collected loins (*Longissimus thoracis* and *lumborum*) from a local market, from male alpacas of Huacaya race and between 2 and 2.5 years old. *L. thoracis* and *lumborum* samples were acquired 48 hours after slaughter (day 0), cut (n=20), individually vacuum packed (99%) and stored at -20°C. Analyses were performed on months 0, 1, 2, 3, 4, 5, and 6, were measured: pH, water holding capacity (water losses by pressure and drip loss), lipid oxidation (TBARS), hardness (WBSF) and metmyoglobin content. The results were analyzed using the statistical package Statgraphics Centurion ® through a completely randomized design (CRD) applying a factorial analysis of variance (ANOVA) for established treatments because existed significant differences for a significance level of 95 per cent ( $p<0.05$ ), proceeded to make a multiple comparison test by Duncan test. The test results indicated a significant effect ( $p<0.05$ ) positive of vacuum packaging and frozen storage duration on properties: water holding capacity, pH, hardness (WBSF), lipid oxidation (TBARS), and metmyoglobin content. In addition, the evaluated properties showed lower variation in the vacuum packaging than without packaging vacuum during frozen storage. The water losses by pressure, drip loss, hardness (WBSF), lipid oxidation (TBARS) and pH of frozen and thawed meat tend to be lower than prior to freezing; while, the lipid oxidation (TBARS) and the metmyoglobin content increased during frozen storage.

**Palabras clave:** alpaca, meat, vacuum packaging, frozen storage, pH, lipid oxidation, hardness.

## I. INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos*) es un camélido sudamericano (CSA) doméstico de gran importancia en la zona andina (Claverías, 1990; Jeri, 1990; Murray, 1989; citados por Pérez *et al.*, 2000). Es raramente utilizado como animal de carga, siendo históricamente más bien criado para la producción de fibra y carne. El uso de su fibra es un producto muy bien valorizado y su carne es principalmente utilizada por sus criadores (Sánchez, 2004).

El consumo de carne de camélidos cada vez va cobrando mayor participación en el mercado ya que se consume en fresco o deshidratada (Charqui). Así como también existen y siguen los estudios en productos procesados como los embutidos. La carne de alpaca es un recurso nacional importante, desde el punto de vista nutricional, tiene bajo contenido de grasa y colesterol, además cuenta con una cantidad apreciable de hierro hemínico. Además presenta una apreciable cantidad de ácido linoléico conjugado (CLA), cuyo diseño le confiere propiedades contra la obesidad, contra afecciones al corazón y el cáncer, así como también propiedades antioxidantes, sobre el sistema inmunitario y la arteriosclerosis.

Las propiedades tecnológicas de la materia prima en estudio cumplen un rol importante para determinar el destino adecuado en la industrialización, obteniendo mayor aprovechamiento en cada uno de los productos; sin embargo, son pocas las investigaciones acerca de las propiedades fisicoquímicas de la carne camélidos sudamericanos e inexistentes acerca de su comportamiento durante el almacenamiento. Por otro lado, uno de los principales inconvenientes en la conservación de la carne es la oxidación de lípidos, la cual depende principalmente del oxígeno, por lo que esta tecnología contribuiría a controlar dicha oxidación.

De acuerdo a lo mencionado esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del envasado al vacío sobre las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca durante el almacenamiento en congelación.

Las características evaluadas fueron pH, capacidad de retención de agua (CRA), contenido de metamioglobina , dureza y la oxidación de lípidos de la carne de alpaca envasada al vacío, durante 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses de almacenamiento en congelación a -20°C.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. LA ALPACA

#### 2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El nombre científico *Lama pacos* ha sido utilizado por diversos autores (Vallenas, 1970; citado por Barzola, 1988; Bustinza, 2001; citado por Chang *et al.*, 2006; Fernández-Baca, 2005; Polidori *et al.*, 2007; Arias y Gamarra, 2001) para hacer referencia a la alpaca; sin embargo, investigaciones recientes han concluido que no existen evidencias para tratar a la alpaca dentro del género *Lama*; al contrario la alpaca y la vicuña están estrechamente relacionados (Kadwell *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2004; Marín *et al.*, 2007; Stanley *et al.*, 1994), por lo cual la clasificación taxonómica de la alpaca es la siguiente:

Clase	: Mammalia
Subclase	: Theria
Infraclase	: Eutheria
Orden	: Artiodactyla
Suborden	: Ruminantia
Infraorden	: Tylópoda
Familia	: Camelidae
Género	: Vicugna
Especie	: <i>Vicugna pacos</i>

#### 2.1.2. HÁBITAT

Los camélidos sudamericanos se desarrollan principalmente en las formaciones ecológicas páramo muy húmedo subalpino, páramo húmedo subalpino (Flores, 1991; citado por Ruiz

*et al.*, 2004). Las alpacas viven preferentemente en la tundra andina húmeda, en los lugares llamados bofedales u oconales (Trejo, 1993; citado por Ruiz *et al.*, 2004). La mayoría de los camélidos sudamericanos se encuentran en Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador y Perú. Las especies silvestres se encuentran principalmente en Argentina (Guanacos) y en Perú (Vicuña) y en menor número en Bolivia y Chile, mientras que las especies domésticas se encuentran fundamentalmente en Bolivia (Llamas) y Perú (Alpacas) con poblaciones más pequeñas en Argentina, Chile y Ecuador. En general, los camélidos pueden vivir desde el nivel del mar hasta más de 5 000 metros de altitud (Ruiz *et al.*, 2004).

### **2.1.3. CRIANZA**

La crianza de alpacas es una actividad de gran importancia económica para los pobladores del ande peruano, debido a la enorme capacidad de la alpaca para adaptarse a las grandes altitudes, lo que permite la utilización de extensas áreas de pastos naturales que de otra manera serían desperdiciados (Bustinza, 2001). Las familias están organizadas en comunidades de pastores, bajo un sistema de crianza de rebaño mixto familiar (llamas, alpacas, ovinos e incluso bovinos y equinos), en el cual la mujer cumple una actividad primordial, pues es ella, junto con los niños, la que se dedica al pastoreo y vigilancia de los animales. El hombre apoya en las actividades de esquila, parición y empadre; aunque, en algunos casos, también comparte las labores de pastoreo.

Los sistemas de crianza de alpacas en Huancavelica se ubican en su totalidad en comunidades campesinas y son manejados por pequeños productores, a diferencia de otras regiones (como Puno) donde aproximadamente el 20 por ciento es manejado por medianos productores, empresas privadas y asociativas (Borda *et al.*, 2007). Una familia alpaquera posee, en promedio, 80 animales; las familias con menos de 100 animales representan del 80 al 90 por ciento de todos los productores (Fairfield, 2006). Los pequeños y medianos productores abarcan aproximadamente del 10 al 12 por ciento de la población de alpacas en unidades de producción de 500 a 2000 cabezas o más; mientras que las empresas asociativas representan alrededor del ocho por ciento de toda la población de alpacas en unidades de producción de varios miles de cabezas (Fernández-Baca, 2005). Es este último sector, debido a su mayor poder de negociación, el que ofrece el mayor potencial para la

producción de carne de calidad tanto para el mercado interno como para el externo, además de la producción de fibra que actualmente es la mayor fuente de ingreso.

Las alpacas son criadas para aprovechar, principalmente, su fibra y su carne. El sistema de producción tradicional de estos animales es extensivo y poco especializado, siendo este sistema el más conocido y el que comúnmente se lleva a cabo por las comunidades campesinas (Aréstegui, 2005).

Las alpacas se crían a base de pastos en zonas por encima de los 3800 m.s.n.m., caracterizándose estos lugares por sus condiciones geográficas difíciles, clima variable, dispersión de las viviendas, carencia de vías de comunicación y servicios, en los cuales las alpacas se alimentan con la vegetación característica (pastizales nativos de condición pobre) presente en dichas zonas (Neely *et al.*, 2001). En algunas regiones, el manejo inadecuado de pastizales y el sobrepastoreo están generando un proceso de degradación de los mismos, lo que se traduce en bajos índices de producción y productividad (Ruiz *et al.*, 2004).

La dieta alimenticia de las alpacas está constituida exclusivamente por las diferentes especies que constituyen la flora forrajera de las praderas altoandinas. Las alpacas, en comparación con los ovinos, convierten más eficientemente la energía almacenada en los pastos, porque tienen una mayor capacidad de digestión de la fibra cruda contenida en los forrajes de la zona. Respecto al agua como bebida, los camélidos sudamericanos son especies muy parcas en sus requerimientos de agua: pueden resistir hasta cinco días sin beber (Calle, 1982).

Otro aspecto resaltante de la crianza de alpacas es el uso de los pastos naturales en forma sostenible debido principalmente a dos características: la almohadilla plantar, que evita que el suelo erosione por el pisoteo durante el pastoreo y el rodete dentario que conjuntamente con los incisivos permiten realizar un corte de los pastizales en vez de arrancar la vegetación, como ocurre con los ovinos, bovinos y caprinos (Bustinza, 2001; Bautista, 2009; Quispe, 2010).

#### 2.1.4. POBLACIÓN

El Perú posee aproximadamente un 90 por ciento de la población mundial de alpacas, por lo que la alpaca es considerada como un recurso nacional importante y cuya población ha presentado una tendencia creciente a lo largo de los años. Actualmente, además de la zona andina, también se encuentra una cierta población de alpacas en Norteamérica, Australia y en Suiza, debido a su exportación y cierto interés en su crianza.

**Cuadro 1. Población de alpacas, llamas y vicuñas en Perú**

Año	Población (miles de unidades)		
	Alpacas	Llamas	Vicuñas
2000	3068	1184	119
2001	3182	1179	128
2002	3336	1206	138
2003	3423	1231	150
2004	3432	1237	161
2005	3598	1270	174
2006	3626	1256	188
2007	3687	1274	203
2008	3781	1263	----
2009	4106	1238	----
2010	4177	1245	----
2011	4322	1227	----
2012	3924	1193	----

FUENTE: INEI (2012)

La mayor población de alpacas en Perú se concentra en el departamento de Puno, con alrededor de 1 millón 807 mil cabezas (46%), seguido por Cusco con 608 mil cabezas (16%) y Arequipa con 500 mil cabezas (13%). Otros departamentos con menor producción son Huancavelica (225 mil cabezas), Apurímac (203 mil cabezas) Ayacucho (203 mil

cabezas), y Moquegua (91 mil cabezas), que sólo logran alcanzar alrededor del 6, 5, 5 y 2 por ciento del total nacional, respectivamente (INEI, 2012).

En el Cuadro 1 se observa la población de los camélidos sudamericanos más importantes en Perú, destacando una mayor población de alpacas (aproximadamente 4 millones 322 mil) y llamas (aproximadamente 1 millón 227 mil); sin embargo, la población de vicuñas alcanza apenas los 203 mil ejemplares.

### **2.1.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La alpaca es un animal de fina estampa, armoniosa en su caminar, de cuerpo esbelto cubierto de fibra que en su conjunto se denomina vellón. Presenta almohadillas plantares, característica que le otorga la condición de animal ecológico al no dañar el pasto ni provocar erosión. La alpaca como especie doméstica es criada en rebaños; su producción principal es la fibra que presenta un número variado de colores, pasando del blanco al café, hasta el negro. El color de la fibra es más uniforme que el de la llama. También se aprovecha su carne y las pieles. En promedio, los índices técnicos de la crianza de alpacas en Perú son: 45 por ciento de natalidad, 30 por ciento de mortalidad en crías, 10 por ciento de mortalidad en adultos, 12 por ciento de saca (porcentaje de hembras con destino al matadero en lugar de destinarse a la reproducción), 50 -70 kg de peso adulto, 54 por ciento de rendimiento de canal y 1.6 por ciento de peso de vellón (CONACS, 2005; citado por Salvá, 2009 y Ruiz *et al.*, 2004).

### **2.1.6. RAZAS**

Existen dos razas con características bien diferenciadas:

#### **a. Raza Huacaya**

Se caracteriza por ser compacta, de fibra suave y con presencia de ondulaciones, asimismo el vellón manifiesta una apariencia esponjosa, similar al vellón del ovino de raza Corriedale, lo que le da una apariencia más voluminosa (Hoffman y Fowler,

1995; Antonini *et al.*, 2004 y FAO, 2004; citado por Ruiz, 2011). Con fibra más resistente a la tracción y con menor brillo, suavidad, flexibilidad y elasticidad que en el Suri.

#### **b. Raza Suri**

Presenta fibras de gran longitud que se organizan en rizos que caen por los costados del cuerpo, similar a lo que se observa en los ovinos de raza Lincoln dándole al animal una apariencia angulosa voluminosa (Hoffman y Fowler, 1995; Antonini *et al.*, 2004 y FAO 2004; citado por Ruiz, 2011). Presenta una fibra muy versátil para la industrialización y es la más cotizada en el mercado por su suavidad y su brillo, pero es menos resistente que la fibra de Huacaya (Flores *et al.*, 1993; citado por Sánchez, 2004).

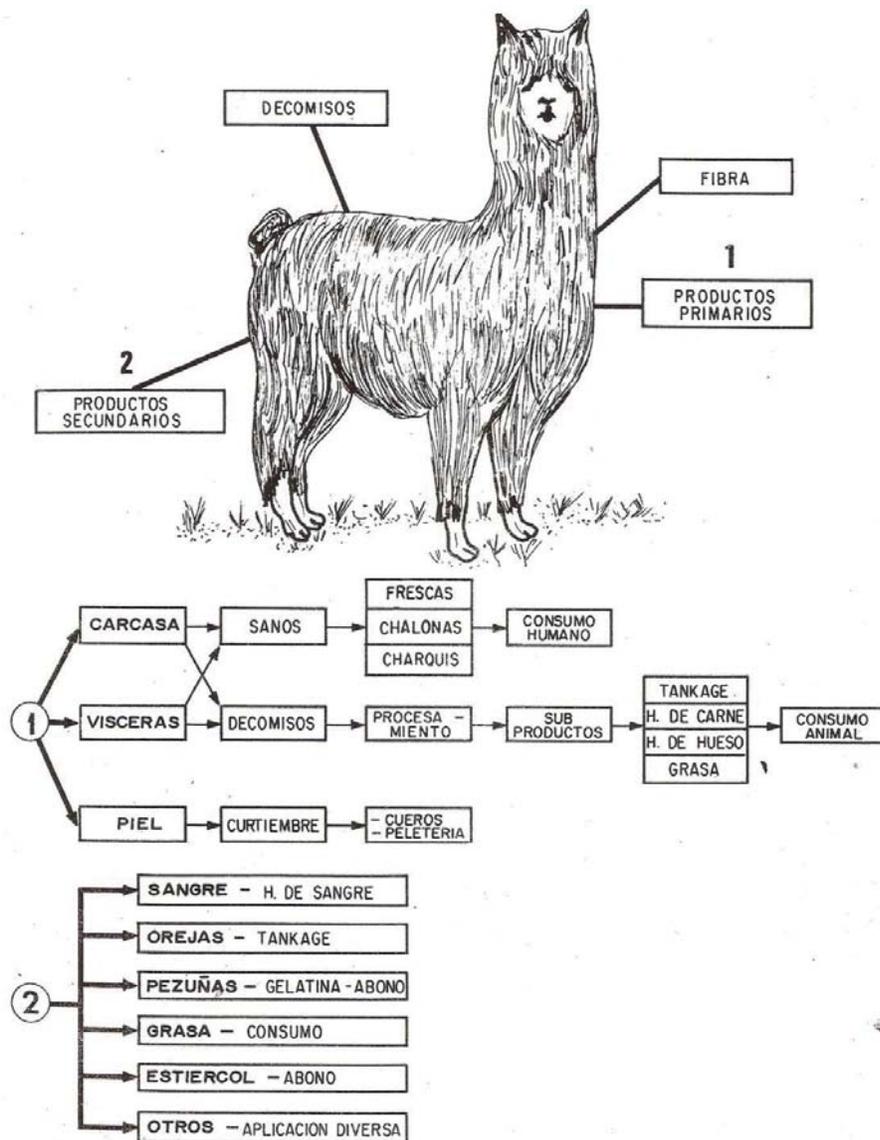
### **2.1.7. APROVECHAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FIBRA DE ALPACA**

En las zonas altas, donde la agricultura y ganadería común no son viables, la crianza de los camélidos constituye el único medio de subsistencia de las familias campesinas. La fibra es un recurso de primer orden e importancia, obtenido especialmente de la alpaca y de la vicuña para exportación (Sánchez, 2004). En la Figura 1 se muestra de manera general el aprovechamiento del camélido sudamericano en estudio, sin embargo se hace énfasis en la producción de fibra.

En el Perú la crianza de las alpacas ha estado, y en muchos casos sigue, orientada principalmente a la producción de fibra, pero la caída del precio de este producto en el mercado nacional e internacional durante los años 1991-1994, causaron una significativa disminución de la rentabilidad de esta actividad ganadera, planteándose como una alternativa para la solución a este problema, mejorar la producción de carne de alpaca (Gamarra, 1994). Así, mientras que la fibra de alpaca es recogida anualmente, mediante esquila de aproximadamente el 60 por ciento del rebaño, la carne se obtiene del sacrificio de aproximadamente el 10 por ciento de animales (Borda *et al.*, 2007).

En el Perú, la esquila se realiza mayormente durante los meses de octubre a diciembre y la oferta de la fibra desde noviembre hasta abril (MINAG, 2005; citado por Ruiz, 2011). En el Cuadro 2 se observa la producción de fibra de alpaca, llama y vicuña en Perú.

La producción de fibra de alpaca supera en gran medida a la obtenida por la fibra de llama con 4 884 toneladas métricas en el año 2012 frente a 771 toneladas, de esta última.



**Figura 1: Aprovechamiento y derivados de la alpaca**

FUENTE: Vidalón (1973)

**Cuadro 2: Producción de fibra de alpacas, llamas y vicuñas en Perú (toneladas métricas)**

Año	Fibra (toneladas)		
	Alpacas	Llamas	Vicuñas
2002	3165	628	-
2003	3103	634	-
2004	3248	622	-
2005	3597	604	-
2006	3510	623	5
2007	3874	677	5
2008	4019	704	-
2009	4387	696	-
2010	4352	632	-
2011	4661	677	-
2012	4884	771	-

FUENTE: INEI (2012)

## **2.2. LA CARCASA DE ALPACA**

### **2.2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD**

La carcasa o canal es el cuerpo de cualquier animal beneficiado, desprovisto de piel, vísceras y apéndices (SENASA, 1995). En general, la calidad de la carcasa o canal está dada por el conjunto de características intrínsecas que le confiere una máxima aceptación en el mercado. Las principales consideraciones para obtener una canal de buena calidad se destaca la edad de la alpaca que se va a faenar y las condiciones higiénicas del sacrificio.

Respecto a la edad del animal, Hack (2001) recomienda que sea alrededor de los dos años de edad, porque así se obtendrá las mejores características organolépticas, especialmente en la terneza; además en animales jóvenes la probabilidad de presencia parásitos es menor.

De acuerdo a las condiciones higiénicas, se aconseja que las alpacas sean esquiladas 15 días antes para reducir la contaminación debido a la fibra; de igual manera, las condiciones higiénicas del matadero y durante el faenamiento deben ser similares a las establecidas para otros animales. Este último aspecto no se ha logrado implementar adecuadamente debido a que existe faenamiento clandestino (fuera de mataderos), el cual se lleva a cabo en condiciones higiénicas poco adecuadas y carentes de control sanitario e inspección sanitaria (Fernández-Baca, 2005).

Entre los criterios importantes para valorar la calidad de la carcasa de alpaca se considera el peso. Esta variable está relacionada con el peso vivo, está dado por el sistema productivo aplicado en la crianza (alimentación, edad al sacrificio, etc.) y con el rendimiento de la canal, entendido como el porcentaje que representa la canal sobre el peso del animal antes del sacrificio.

El cálculo del rendimiento presenta importancia económica y técnica tanto para el matadero, como para la comercialización de los animales y sus canales. Así como para su procesamiento en términos de programación de producción.

De acuerdo a investigaciones, el rango de rendimiento de la canal de alpaca está entre 43 y 63 por ciento. Bustinza *et al* (1993); citado por Zorogastúa (2004) mencionan que cada alpaca con una edad promedio de 2.5 años puede llegar a pesar aproximadamente hasta 85 kg si es alimentada con pastos cultivados, y que la misma produce en promedio 54 kg de canal, teniendo un rendimiento en canal de 63.5 por ciento. Sin embargo, el rendimiento de canal promedio a nivel nacional en el Perú es de 55 por ciento (Fernández-Baca, 2005), lo que indica que falta mejorar los sistemas de engorde y técnicas de faenado. Similares porcentajes de rendimiento de canal (54%) fueron hallados por Téllez (1992), trabajando con hembras y machos adultos de desecho y canales con 24 horas de oreo. Asimismo, Soto (1989) encontró un rendimiento entre 43 y 60 por ciento, con un promedio cercano al 56 por ciento en alpacas criadas en praderas naturales y engordadas intensivamente durante 8 semanas en la costa central del Perú. Finalmente, Calle (1982) reporta promedios de 27 a 29 kg de carne por alpaca sacrificada, siendo el rendimiento mayor al 50 por ciento llegando incluso hasta el 60 por ciento.

Factores como la edad y el peso corporal parecen influir sobre el rendimiento de canal, aunque la información al respecto es escasa (Téllez, 1992). Así, respecto a la edad, en el estudio de Ávila y Rojas (1979) se encontró que el rendimiento tuvo cifras menores a los 2 y 6 años (56.2%) y cifras más altas a las edades de 3 y 4 años (59.5%).

Se ha visto también que la alimentación se ve afecta el rendimiento. Turín (1999) observó que las alpacas alimentadas con pastos cultivados presentan un rendimiento de canal de 56.4 por ciento, mientras que las alpacas alimentadas con pastos naturales sólo un 52.9 por ciento. En cuanto a la raza (Huacaya y Suri), en el estudio de Calderón y Fernández-Baca (1972), no se han encontrado diferencias en el rendimiento.

**Cuadro 3: Pesos característicos encontrados en alpacas Huacaya machos en el Centro Experimental “La Raya” de Puno**

	Crianza en	Edad		
		1.5 años	2.5 años	3.5 años
Animal vivo (kg)	Cultivados	65.3	84.9	94.1
	Nativos	45.2	55.6	61.8
Canal (kg)	Cultivados	39.9	54.0	60.9
	Nativos	25.6	30.9	35.2
Rendimiento (%)	Cultivados	61.2	63.6	64.7
	Nativos	56.7	55.6	57.0

FUENTE: Bustinza *et al.* (1993)

En un estudio de comparación entre llamas y alpacas, Cristofanelli *et al.* (2005) tomaron como muestras 20 llamas y 40 alpacas machos de la estación experimental de Arequipa, criados extensivamente y sacrificados a los 25 meses de edad, encontraron que la longitud, el peso vivo y el porcentaje de la pierna con respecto al peso de la canal fueron significativamente menores para alpacas que para las llamas (Cuadro 4).

**Cuadro 4: Peso y composición de canales de alpaca y llama**

	Alpaca (n=40)	Llama (n=20)
	Promedio $\pm$ SD	Promedio $\pm$ SD
Peso vivo (kg)	46.1 $\pm$ 2.2	63.2 $\pm$ 2.9
Peso de Canal (kg)	24.4 $\pm$ 1.5	31.2 $\pm$ 1.9
Pierna (%)	34.4 $\pm$ 1.1	35.7 $\pm$ 1.7
Hombros (%)	23.7 $\pm$ 1.3	20.2 $\pm$ 1.8
Tórax (%)	17.7 $\pm$ 1.6	18.5 $\pm$ 2.1
Recortes (%)	16.8 $\pm$ 2.2	17.6 $\pm$ 2.9
Cuello (%)	6.8 $\pm$ 0.1	7.7 $\pm$ 1.1
Cola (%)	0.25 $\pm$ 0.0	0.46 $\pm$ 0.0

FUENTE: Cristofanelli *et al.* (2005)

**Cuadro 5: Rendimientos a nivel nacional de diferentes especies ganaderas**

	Productos (%)			
	Canal	Piel	Vísceras y Apéndices	Residuos
Bovinos	48 – 55	7 – 8	15 – 17	25 – 37
Ovinos	38 – 50	8 – 10	12 – 14	30 – 32
Caprinos	36 – 48	8 – 10	10 – 12	30 – 32
Alpacas	46 – 53	6 – 7	8 – 9	30 – 32
Llamas	50 – 55	6 – 9	8 – 10	30 – 33
Vicuñas	51 – 59	5 – 6	6 – 7	26 – 26

FUENTE: Téllez (1992)

Se concluyó que la llama tiene el mayor potencial intrínseco como fuente de carne en la zona altoandina. Comparado con datos obtenidos de otros animales, el rendimiento de la canal de alpaca en Perú es mayor que la de otros rumiantes, siendo similar a la de los bovinos e inferior al de las llamas, como se observa en el Cuadro 5.

Sánchez (2004) añade que la alpaca contiene abundante carne y poca grasa, de ahí la ventaja de ésta respecto a otras especies. Sin embargo, la llama posee también tenores bajos de grasa según Mamani y Gallo (2011). En el Cuadro 6 se observa la proporción de partes obtenidas en el faenamiento de la alpaca y en el Cuadro 7 se presenta la composición en promedio de tejidos más abundantes en la carcasa de alpaca.

**Cuadro 6: Proporción de componentes provenientes del faenamiento de la alpaca**

Componente	Proporción (%)
Carcasa	54.0
Piel	11.0
Vísceras (corazón, pulmones, hígado, estómago, intestinos, riñones)	8.0
Apéndices (cabeza, patas)	8.0
Residuos (sangre, bazo, otros)	19.0

FUENTE: Sánchez (2004)

**Cuadro 7: Composición de tejidos más abundantes en la carcasa de alpaca**

	Promedio
Tejido muscular	77.22%
Tejido óseo	21.62%
Tejido adiposo	1.16%

FUENTE: Téllez (1992)

Así también, Buxadé Carbó (1999) citado por Frank *et al.* (2008), menciona que la calidad de la carcasa, en carne de res, tiene que ver con la conformación en general y de determinadas regiones topográficas en particular, del grado de engrasamiento de la res en general y de regiones en particular y de los perfiles de regiones como la pierna y la espalda o la paleta.

En el caso de la calidad de la carne de alpaca Cristofanelli *et al.* (2005), indica que se incluyen parámetros morfométricos, grado de engrasamiento, pH, color de carne y grasa, etc. A pesar de que existe pocos estudios sobre la calidad de la carcasa de alpaca, los autores midieron algunos parámetros morfométricos de la canal de alpacas de 25 meses de edad y 24 kg de peso de canal, tales como longitud de la canal, longitud de la pierna y longitud de la espalada, encontrando valores de  $71.15 \pm 1.87$  cm,  $66.93 \pm 3.05$  cm y  $60.45 \pm 1.55$  cm, respectivamente.

Turín (1999) determinó la conformación y el grado de engrasamiento de canales de alpaca por medio de la evaluación subjetiva de las formas de la canal y de la extensión y grosor de la grasa subcutánea, utilizando escalas de 1 (muy deficiente) a 5 (muy bueno) para ambos parámetros. En este estudio se observó que tanto la conformación como el grado de engrasamiento estuvieron influenciados por la alimentación y la edad de los animales.



**Figura 2: Canales de alpaca criados con pastos naturales (izquierda) y cultivados (derecha)**

FUENTE: Turín (1999)

Respecto a la edad, los animales sacrificados a los 21 meses presentaron canales con mejor conformación y grado de engrasamiento (entre 0.5 a 1 punto más) que los sacrificados a los 9 meses de edad. Con relación a la alimentación, en animales de 21 meses, un pastoreo tradicional, pastos naturales de las regiones normales de cría (regiones altoandinas), implica valores de conformación promedios entre regular y bueno y un grado de engrasamiento regular.

Por el contrario, la cría de alpacas en pastos cultivados, hizo que predominaran las canales con conformación y grado de engrasamiento muy buenos (Figura 2).

## 2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARCASAS ALPACA Y LLAMA

En la Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI, 2005), se recogen los factores de calidad utilizados para la clasificación de canales de camélidos sudamericanos domésticos (llama y alpaca) según se describe a continuación:

- Edad: se determina en base a la dentición y está relacionada con la ternera. En el Cuadro 8, se aprecia las clases de edad en alpacas y llamas en base a su dentición.
- Sexo: machos enteros y/o castrados y hembras (que se retiran del rebaño por no ser aptas para la reproducción o al final de su vida productiva).
- Sanidad: sólo se clasificarán las canales que luego de la inspección veterinaria hayan sido admitidas para consumo humano en forma directa o indirecta y estén debidamente identificadas.

### **Cuadro 8: Determinación de la edad en alpacas y llamas en base a la dentición**

Dentición	Edad aproximada
Dientes de leche (DL)	Hasta 2 años
Dos dientes permanentes (2D)	2.5 – 3.5 años
Cuatro dientes permanentes (4D)	3.5 – 4.5 años
Boca llena (BLL)	Mayores de 4.5 años

FUENTE: INDECOPI (2005)

Asimismo, la norma establece que las canales de alpaca y llama aptas para su consumo se clasificarán de acuerdo a su edad, sexo, conformación y grado de engrasamiento, en:

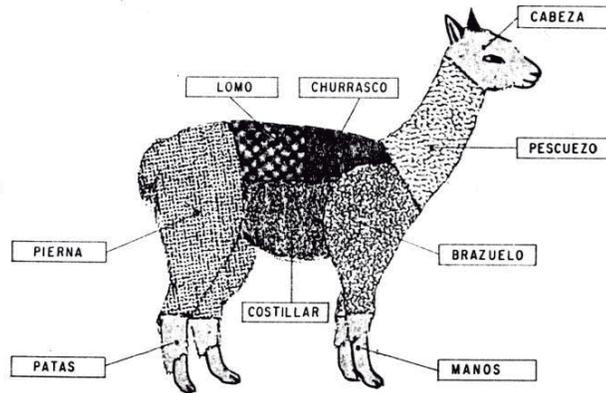
- Extra: Canales de machos enteros o castrados hasta dos dientes permanentes, de buena conformación (buen desarrollo y distribución muscular), buena configuración ósea, buena distribución del tejido adiposo de color blanco cremoso.
- Primera: Canales de machos castrados y de hembras no aptas para la reproducción con hasta cuatro dientes permanentes, con adecuada proporción ósea y desarrollo convexo de músculos en especial los de mayor valor comercial, buena distribución de grasa de manto de color blanco cremoso.
- Segunda: Canales de machos (castrados o no) y hembras (de saca) de regular desarrollo óseo y muscular; con incipiente grasa de cobertura.
- Procesamiento o industrial: Canales de alpacas y llamas, que no alcanzan las clasificaciones anteriores, considerándolas no aptas para el consumo humano directo, por lo que para su comercialización, deberán ser transformadas en carnes secas-saladas, ahumadas, cocinadas a temperaturas mayores a 60° C, embutidos y/o afines, previo análisis microbiológico.

### **2.2.3. CORTES REALIZADOS A LA CARCASA O CANAL DE ALPACA**

Para el aprovechamiento de las carcasas de alpaca, actualmente se utiliza un tipo de corte llamado tradicional en el que solamente se separan las grandes masas musculares (Zorogastúa, 2004). Bustinza *et al.* (1993) definen el corte de tipo tradicional como la separación de las grandes zonas anatómicas de la carcasa, además indican que en este tipo de corte no se llega a destrozarse en exceso los paquetes musculares ni se desgrasa y exige el amplio empleo principalmente de cuchillos y conocimiento de las estructuras y localización de las articulaciones. Del mismo modo, mencionan las definiciones de dichos cortes, así una carcasa de alpaca en cortes tradicionales se divide en: piernas, brazuelos, lomo, cuello, aguja o espinazo, pecho, patas y costillas; finalmente señalan que este tipo de cortes son también muy comunes en animales menores como los ovinos.

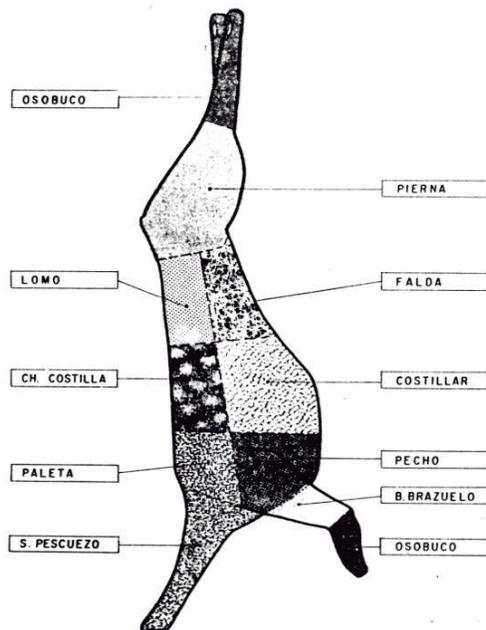
Las piezas de categoría extra y primera tales como lomo, churrasco con costilla y pierna (ver Figuras 3 y 4), son vendidas frescas o congeladas a restaurantes, hoteles y supermercados nacionales. Estos cortes o piezas representan aproximadamente el 50

por ciento de la canal. El resto de la canal, es decir, los cortes de segunda y tercera, son destinados a la elaboración de preparados o productos cárnicos como salchichas, hot dog y jamones de alpaca, que es llevada a cabo en industrias nacionales de pequeño y mediano tamaño (Hack, 2001).



**Figura 3: Ubicación de los cortes obtenidos de una alpaca**

FUENTE: INDECOPI (2005)



**Figura 4: Principales cortes de una canal de alpaca.**

FUENTE: INDECOPI (2005)

En el Cuadro 9, se detalla el porcentaje que representan dichos cortes con respecto a la canal, observándose que los cortes de mayor porcentaje son el brazuelo y la pierna, de los cuales se puede extraer hasta un 85 por ciento de carne magra, sin hueso y sin grasa (Zorogastúa, 2004); carne que puede ser utilizada para consumo directo o elaboración de productos cárnicos como los jamones.

**Cuadro 9: Proporción de los cortes de una canal de alpaca**

Corte	kg	%
Pescuezo	2.15	8.60
Brazuelo	5.01	20.05
Costillar	1.71	6.85
Pecho	1.40	5.62
Falda	0.55	2.18
Churrasco	3.87	15.46
Pierna	7.99	31.95
Osobuco	2.08	8.32
Merma	0.24	0.97
Total	25.00	100.0

FUENTE: Téllez (1992)

En relación al porcentaje de carne magra, considerando la canal de alpaca entera, la proporción de los componentes histológicos de la misma están constituidos principalmente por un 73.62 por ciento de músculo, 21.03 por ciento de hueso y 0.95 por ciento de grasa (Bonacic,1991), porcentajes muy similares a los reportados por Sánchez (2004), mencionados anteriormente.

Cuando las alpacas son sacrificadas, las vísceras, patas y cabeza se venden como menudencia en un solo conjunto y los cueros se venden por unidad, esquilados o sin esquilar (Tenicela, 1988). El peso promedio de vísceras y apéndices de alpaca y llama, junto con el porcentaje que representan con respecto al peso del animal se puede apreciar en el Cuadro 10.

**Cuadro 10: Peso promedio de vísceras y apéndices de alpaca y llama (en kg y porcentaje)**

	Alpaca (n=40)		Llama (n=20)	
	Promedio $\pm$ SD	(%)	Promedio $\pm$ SD	(%)
Sangre	2.00 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	4.34	2.28 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	3.60
Cabeza	1.94 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	4.21	2.38 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	3.77
Patas	1.41 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	3.06	1.75 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	2.77
Piel	5.01 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	10.9	6.22 $\pm$ 0.98 <sup>b</sup>	9.84
Corazón	0.38 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.82	0.44 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.70
Pulmón y tráquea	0.53 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.15	0.57 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.90
Hígado	0.89 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.93	1.07 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	1.69
Bazo	0.09 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.19	0.12 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.19
Riñón	0.08 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.17	0.10 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.16
Contenido digestivo	6.22 $\pm$ 1.55 <sup>a</sup>	13.5	8.51 $\pm$ 1.96 <sup>b</sup>	13.47

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

FUENTE: Cristofanelli *et al.* (2005)

### 2.3. LA CARNE DE ALPACA

#### 2.3.1. PRODUCCIÓN DE CARNE DE ALPACA

La carne en general comprende, la parte muscular del animal beneficiado formado por el tejido blando, incluyendo su grasa, tendones, vasos y nervios (SENASA, 1995).

La producción de carne de alpaca depende naturalmente de la saca anual, es decir, del número de animales que cada año se descartan del rebaño para ser destinados al sacrificio. Aunque no hay datos concretos, Fernández-Baca (2005) estima que el porcentaje de saca anual, tanto en alpacas como en llamas, es del orden del 10 al 12 por ciento. En el Cuadro 11 se observa la producción de carne de alpaca y llama en Perú, destacando una tendencia creciente en la producción de carne de alpaca, que supera las 11 mil toneladas métricas en

el año 2012. La producción de carne de llama, a pesar de una tendencia creciente, no llega a ser ni la mitad de la producción de carne de alpaca (4487 toneladas métricas).

**Cuadro 11: Producción de carne de alpacas y llamas en Perú (expresada en toneladas métricas)**

Año	Producción (Toneladas)	
	Alpacas	Llamas
2000	7797	3186
2001	7713	3200
2002	8277	3446
2003	8204	3452
2004	9358	3842
2005	8867	3773
2006	8916	3883
2007	9366	4053
2008	9517	3952
2009	10387	4146
2010	10457	4075
2011	11328	4406
2012	11676	4487

FUENTE: INEI (2012)

El sacrificio de la alpaca presenta cierta estacionalidad y se realiza especialmente durante los meses de abril y mayo, cuando se inicia el período seco en la zona alta. Debido a la escasez de alimentos, los animales viejos machos y hembras y defectuosos, son destinados a este fin para compensar al resto del rebaño que está compuesto en su mayoría por hembras o vientres que acaban de salir del período de monta (Borda *et al.*, 2007). La mayoría de animales que se sacrifican se encuentran entre 7 y 8 años para favorecer el aprovechamiento de su fibra (Hack, 2001).

Bustinza *et al.* (1993) realizaron un estudio bastante completo sobre la carne de alpaca e indican que actualmente se consume bajo dos formas:

- Como carne fresca en los lugares de crianza y en los mercados de la región productora, y regiones adyacentes de la sierra.
- Como carne procesada en forma de charqui o chalonga que se consume generalmente en las minas, los asentamientos humanos de la selva y ceja de selva y en las poblaciones periféricas de las grandes ciudades del Perú.

Adicionalmente, existen múltiples estudios que buscan ampliar las posibilidades de consumo de carne de alpaca, mediante su utilización en la preparación de: chorizo ahumado (Zorogastúa, 2004), hot dog y mortadela (Palacios, 1987), salchicha frankfurt y jamón ahumado (Cabrera, 2003), jerky (Aramayo, 2003) y otras opciones propuestas por Guerra (2005). Sin embargo, la elaboración de embutidos y otros productos cárnicos a base de carne de alpaca aún no ha alcanzado gran magnitud pese al gran potencial que se le puede atribuir y solamente se ha efectuado a nivel de pruebas piloto o para autoconsumo en las comunidades.

En los sistemas tradicionales, la venta en vivo de alpacas aunque representa un porcentaje importante de ingresos para los productores, normalmente es inferior al 50 por ciento de los ingresos por producción de alpacas, ya que el principal porcentaje de ingresos se debe a la venta de fibra. Lo que tal vez sea más relevante para la subsistencia y bienestar de las familias rurales andinas es que la carne de alpaca es una importante fuente de proteína en la dieta de las familias (Farfield, 2006).

Últimamente, debido a la mayor cantidad de dinero que se obtiene por la venta de carne de alpacas de entre 1.5 y 2 años de edad, con respecto a los obtenidos por la venta de animales mayores (justificado por la mayor calidad de la carne de los animales jóvenes), por parte del sector productivo y de diversas organizaciones, se muestra un interés creciente en promover la venta de alpaca joven para carne y fomentar el consumo de su carne, fresca o transformada (en preparados o productos cárnicos) (Salvá, 2009).

La carne de alpaca se caracteriza por su color rojo cereza, de olor característico muy propio, de sabor agradable y de textura medianamente suave. Pero como todas las especies de animales, las características sensoriales varían con la edad, sexo, estado sanitario y fundamentalmente por el manejo y alimentación de los mismos (Téllez, 1992). Aunque las características organolépticas de la carne de alpaca no difieren de la carne de otras especies, en algunos casos, como la procedente de machos enteros adultos, puede tener un olor y sabor más fuertes. Hack (2001) señala que ciertas hierbas del altiplano pueden causar sabor y olor desagradables en la carne de alpaca, es por esto que en algunos casos los animales pasan por un período de 20 días en corrales, en los cuales se les alimenta con alfalfa, ryegrass (*Lolium sp.*), *Phalaris sp.* y granos de cebada.

### **2.3.2. CALIDAD DE LA CARNE DE ALPACA**

El término calidad tiene significados diferentes según la percepción de los distintos agentes de la cadena de valor y varía entre el productor primario de ganado, el comerciante, las plantas de sacrificio, el industrial procesador de productos con valor agregado, el carnicero y el consumidor. En este sentido la calidad puede ser expresada como la terneza o blandura de la carne y su jugosidad, la cual se considera el atributo más importante que influye en su calidad sensorial y aceptabilidad del consumidor; también pueden influir otros factores como las condiciones físicas, organolépticas y estéticas; el grado de maduración, las atribuciones del empaque y su capacidad de preservar el producto; al aporte nutricional; la frescura del corte; la conveniencia y facilidad de preparación, la protección de los recursos naturales, el bienestar de los animales. Una importante propiedad de la calidad de la carne se refiere a la inocuidad y su potencial peligro para la salud, desde el punto de vista de contaminantes microbiológicos (Blandino, 2005).

Sobre la calidad de la carne Hoffman (1993) indica que es: “La totalidad de propiedades y características de la misma que afectan su valor nutritivo, su aceptabilidad (propiedades sensoriales), sus características higiénico-sanitarias y las aptitudes para el procesado industrial o preparación culinaria”. Según Buxadé Carbó (1999); citado por Frank *et al.* (2008): “La calidad de la carne está dada por el color de la carne, el color de la grasa y la reología”. La calidad dependerá de diversos factores como genéticos, fisiológicos, de manejo, los relacionados con el transporte y sacrificio de los animales, así como las

condiciones de transformación de músculo en carne y almacenamiento. En el Cuadro 12, se muestra los principales componentes en la calidad de la carne.

**Cuadro 12: Principales componentes en la calidad de la carne**

Rendimiento y composición bruta:	Cantidad de producto comercializable Cociente grasa : magro Tamaño y forma del músculo
Aspecto y características tecnológicas:	Textura y color de la grasa Cantidad de marmoreado en el magro (grasa intramuscular) Color y CRA del magro Composición química del magro
Palatabilidad:	Textura y terneza Jugosidad Flavor (sabor más aroma)
Salubridad:	Calidad nutricional Seguridad química Seguridad microbiológica
Calidad ética:	Cría aceptable de los animales

FUENTE: Warriss (2003)

### 2.3.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA

Entre los autores que estudiaron la composición química de la carne de alpaca destacan Cristofanelli *et al.* (2004) quienes evaluaron el músculo de *Longissimus thoracis* y *lumborum* de 20 llamas machos y 40 alpacas machos de 25 meses de edad criados de forma tradicional en Perú, caracterizando los componentes principales para cada una de estas especies, los resultados se muestran en el Cuadro 13. Dicho estudio manifiesta que la carne de alpaca es baja en grasa y presenta un contenido de proteínas elevado con respecto a carne de rumiantes más convencionales y de cerdo. Además observaron una composición similar entre carne de alpaca y llama, a excepción de las cenizas que son mayores para el

caso de la alpaca. Resultados similares fueron obtenidos por Salvá *et al.* (2009), analizando el mismo músculo en alpacas de raza Huacaya de entre 18 y 24 meses de edad criados bajo el sistema extensivo tradicional en las regiones de Junín y Puno. En Cuadro 14 se observa la comparación de la composición química de *Longissimus lumborum* del camélido sudamericano (llama), bovina y equina, destacando menor porcentaje de grasa para el músculo de llama.

Además se compara la composición química de la pierna (sin considerar la grasa subcutánea) de alpaca, cerdo y cordero; se resalta el bajo contenido de grasa de la carne de alpaca y mayor contenido de proteínas, con respecto a la carne de las otras especies.

**Cuadro 13: Composición química del músculo *Longissimus thoracis y lumborum* de alpacas y llamas**

	Alpaca (n=40) <sup>1</sup>	Llama (n=20) <sup>1</sup>	Alpaca (n=20) <sup>2</sup>
	Promedio ± SD	Promedio ± SD	Promedio ± SD
Humedad (%)	73.64 ± 1.66 <sup>a</sup>	73.94 ± 1.87 <sup>a</sup>	74.07 ± 1.57
Grasa (%)	0.49 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.05 ± 0.85
Proteína (%)	23.33 ± 0.69 <sup>a</sup>	23.12 ± 0.88 <sup>a</sup>	22.69 ± 1.66
Cenizas (%)	2.54 ± 0.20 <sup>a</sup>	2.43 ± 0.25 <sup>b</sup>	1.10 ± 0.11

<sup>a,b</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05).

FUENTE: <sup>(1)</sup>Cristofanelli *et al.* (2004), <sup>(2)</sup>Salvá *et al.* (2009)

**Cuadro 14: Composición del músculo *Longissimus lumborum* de bovino, llama y caballo**

	Bovino	Llama	Caballo
Humedad (%)	73.72 ± 0.84	73.34 ± 0.75	72.41 ± 1.51
Proteína cruda (%)	22.46 ± 0.61	23.88 ± 0.77	21.41 ± 1.31
Grasa cruda (%)	2.27 ± 0.10	1.56 ± 0.67	3.80 ± 1.54
Ceniza (%)	1.19 ± 0.02	1.21 ± 0.11	1.25 ± 0.08

FUENTE: Mamani y Gallo (2011)

**Cuadro 15: Composición química de la pierna de alpaca, cerdo y cordero**

	Alpaca <sup>1</sup>	Cerdo <sup>2</sup>	Cordero <sup>1</sup>
Humedad (%)	73.1	71.7	75.2
Proteína (%)	24.0	19.4	20.3
Grasa (%)	1.8	7.4	3.1
Ceniza (%)	1.0	1.1	1.0
Carbohidratos (%)*	0.1	0.3	0.4

Nota: Las medidas se realizaron eliminando la grasa subcutánea, \*Determinados por diferencia.

FUENTE: <sup>(1)</sup>Salvá (2000), <sup>(2)</sup>Zorogastúa (2004)

**Cuadro 16: Contenido de colesterol (mg/100g) en el músculo *Longissimus thoracis y lumborum* de alpacas y llamas**

	Alpaca <sup>1</sup>	Llama <sup>1</sup>	Llama <sup>2</sup>
Colesterol	51	56	52

FUENTE: <sup>(1)</sup> Cristofanelli *et al.* (2000), <sup>(2)</sup> Coates y Ayerza (2004)

Es importante mencionar que los valores de colesterol de la carne de alpaca y llama (músculo *L. dorsi*) son al menos 10-30 mg/100 g inferiores que los valores encontrados en la carne (músculo *L. dorsi*) de vacuno u ovino (Badiani *et al.*, 1998; USDA, 2008) y porcino (USDA, 2008); sin embargo, tiene valores similares a los encontrados en pechuga de pollo y pavo sin piel (Chizzolini *et al.*, 1999; USDA, 2008).

El contenido de minerales en la carne de alpaca (músculo *L. thoracis*) ha sido determinado por Polidori *et al.* (2007). Estos autores analizaron la carne de 20 llamas y 30 alpacas machos criadas en Perú y sacrificadas a los 25 meses de edad. Así también, Salvá *et al.* (2009) determinaron el contenido de elementos minerales en la carne de alpaca (*L. thoracis* y *lumborum*) encontrando valores parecidos (Cuadro 17). A partir de estos resultados concluyó que el contenido de minerales de la carne de alpaca y llama es comparable al de otras carnes.

**Cuadro 17: Contenido de minerales (mg/100g) en el músculo *Longissimus thoracis* de alpacas y llamas**

Mineral	Alpaca (n=30) <sup>1</sup>	Llama (n=20) <sup>1</sup>	Alpaca (n=20) <sup>2</sup>
Calcio	8.79 ± 2.21 <sup>b</sup>	11.60 ± 3.31 <sup>a</sup>	10.72 ± 4.03
Magnesio	23.10 ± 5.43 <sup>a</sup>	28.40 ± 7.11 <sup>a</sup>	33.85 ± 4.11
Potasio	411.70 ± 80.10 <sup>b</sup>	447.10 ± 69.50 <sup>a</sup>	419.40 ± 47.85
Fósforo	338.10 ± 58.90 <sup>b</sup>	379.40 ± 67.70 <sup>a</sup>	295.13 ± 30.09
Sodio	91.80 ± 22.70 <sup>b</sup>	105.60 ± 33.10 <sup>a</sup>	88.41 ± 15.25
Zinc	3.87 ± 0.93 <sup>a</sup>	4.44 ± 0.81 <sup>a</sup>	4.41 ± 2.14
Fierro	3.03 ± 0.89 <sup>a</sup>	3.26 ± 0.71 <sup>a</sup>	2.69 ± 0.96
Cobre	-	-	< 0.10
Manganeso	-	-	< 0.025

<sup>a,b</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas .

FUENTE: <sup>(1)</sup>Polidori *et al.* (2007), <sup>(2)</sup>Salvá *et al.* (2009)

#### 2.4. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE ALPACA

Las propiedades tecnológicas o fisicoquímicas se definen por sus características instrumentales y sensoriales. Forman parte de la calidad de la carne, las cuales son el resultado de factores extrínsecos e intrínsecos (Aguilar *et al.*, 2007).

La identificación de las propiedades tecnológicas como el descenso postmortal del pH (el cual determina funcionalidad de la proteína en términos de coagulación, poder de gelificación, solubilidad, entre otros), capacidad de retención de agua, color, textura, pérdida por goteo y pérdida por cocción, permiten de una manera relativamente sencilla caracterizar adecuadamente un material cárnico y determinan la utilización de una carne, ya sea para el consumo fresco o para los diferentes procesos de transformación industrial (Arango *et al.*, 2001).

### 2.4.1. pH

El pH es un parámetro que estima el nivel de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos de la carne, circunstancia que lo convierte en parámetro de referencia para evaluar la glucólisis muscular *post-mortem* y las desviaciones de la calidad de la carne durante la misma (Sellier 1988; citado por Cañeque, 2000). Así también se usa para decidir sobre el tipo de procesamiento al que se va a destinar la carne.

La evolución del pH tras el sacrificio va tener un profundo efecto sobre las propiedades tecnológicas de la carne. Así conforme disminuye el pH se va aproximando al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares (5.1), las repulsiones electrostáticas entre proteínas disminuyen y la cantidad de agua situada entre las mismas es menor (Sellier, 1988; citado por Cañeque, 2000).

El pH depende de factores, tales como: el estrés *ante-mortem* al que ha sido expuesto el animal, factores genéticos predisponentes a dicho estrés, condiciones *post-mortem*, la región anatómica, entre otros.

En algunas canales, el pH puede disminuir por debajo de 6.0 a los 45 minutos *post-mortem*, es decir cuando la temperatura de la canal aún se encuentra en valores cercanos a 37°C. Esta combinación de un rápido descenso del pH mientras la temperatura de la canal es aún elevada tiene como consecuencia la desnaturalización de algunas de las proteínas contráctiles, con la consiguiente pérdida de capacidad de retención de agua, que conduce al fenómeno conocido como «carne pálida, blanda, exudativa» o carne PSE (siglas del inglés *pale, soft, exudative*) (Wisner-Pedersen, 2004; citado por Damodaran *et al.*, 2010).

Una consecuencia esporádica del estrés, previo al sacrificio es el agotamiento *ante-mortem* de las reservas de glucógeno a causa de los factores estresantes, el ejercicio o el ayuno excesivo dan lugar a un producto que tiene las características opuestas a la carne PSE y que se denomina como carne «oscura, firme y seca» o DFD (del inglés, *Dark, Firm, and Dry*) (Pearson y Young, 1989; citado por Damodaran *et al.*, 2010). El color de la carne puede variar desde un ligero rojo oscuro a uno extremadamente oscuro o casi negro en contraste

con el aspecto del color típico rojo cereza que tiene la carne roja normal. El problema es más acusado en carne de ternera, pero también se ha descrito en el cerdo. La ausencia de una reserva adecuada de glucógeno tiene como consecuencia el cese temprano de la glicólisis, de tal forma que el pH final se mantiene relativamente alto (>6.0).

Cristofanelli *et al.* (2004) midieron el pH en las canales de 20 llamas y 40 alpacas machos de la estación experimental de Arequipa (Perú) tras 1, 6, 12, 24, 48 y 72 horas *post-mortem*, observando en todos los casos un proceso glicolítico normal, alcanzándose finalmente valores de pH en torno a 5.5.

En general, la Norma Técnica Peruana NTP 201.043 (INDECOPI, 2005), señala que el pH de la carne de alpaca se debe encontrar entre los valores de 5.5 y 6.4. Respecto a la región anatómica, el pH puede variar, como se puede apreciar en el Cuadro 18, donde se observa que el lomo fue la carne con menor valor de pH.

**Cuadro 18: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca**

Corte	pH
Pierna	6.18
Brazuelo	5.85
Lomo	5.57

FUENTE: Cabrera (2003), Zorogastúa (2004)

#### **2.4.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)**

La capacidad de retención de agua (CRA) es la habilidad que exhibe la carne para retener el agua libre que se encuentra en ella durante la aplicación de fuerzas externas como cortes, calentamiento, trituración y prensado. De aquí se han derivado diversas formas de entender o aplicar el concepto; en frigoríficos y plantas faenadoras se entiende como la capacidad que tiene la carne para retener su jugo durante el almacenamiento, la conservación por tiempos importantes y la maduración de la misma. Para la industria transformadora de

carnes significa la habilidad que tiene la carne para retener el agua contenida o agregada, de tal manera que no se separe en las diferentes operaciones de transformación (Arango *et al.*, 2001).

Arango *et al.* (2001) mencionan que la CRA del tejido muscular, tiene efecto directo durante el almacenamiento sobre las pérdidas presentadas. Así, cuando un tejido tiene una CRA baja, las pérdidas de humedad y por lo tanto de peso son considerablemente altas (dependiendo de la drasticidad de la disminución en la CRA).

Es así que, la CRA determina dos importantes parámetros económicos como las pérdidas de peso en los procesos de transformación y suponen pérdidas económicas que pueden alcanzar del cuatro al cinco por ciento del peso inicial y la calidad de productos obtenidos (jugosidad, palatabilidad, etc.) (Ruiz, 2011).

Price y Schweigert (1994) señalan que los factores que influyen sobre la CRA de la carne son el espacio entre las miofibrillas (espacio libre donde se retiene el agua) y la presencia de moléculas que aportan cargas y se enlazan con la molécula del agua, siendo las condiciones que influyen sobre estos factores las siguientes:

- pH: A pH 5 la mayoría de las proteínas cárnicas se encuentran en su punto isoeléctrico (PI), en el cual las moléculas proteicas no atraen a las moléculas de agua y tampoco hay repulsión entre ellas. Por encima del punto isoeléctrico, aumentan la carga neta y la atracción entre la proteína y el agua y hay repulsión entre las moléculas de proteína con cargas del mismo signo, aumentando el tamaño del espacio entre las miofibrillas (Figura 5).
- Adición de sales (cloruro de sodio y fosfatos): Si al añadir cloruro de sodio la carne se encuentra a pH mayor que 5, la CRA se incrementa, pero si el pH es menor que 5, la CRA sufre decremento (Figura 6). Esto es un hecho experimental y existen numerosas hipótesis para explicarlo. Entre ellas, la más aceptable es que el ión  $\text{Cl}^-$  es más activo que el ión  $\text{Na}^+$  a la hora de interactuar con las proteínas. Los fosfatos también mejoran la CRA cuando el pH es mayor que el del punto isoeléctrico.

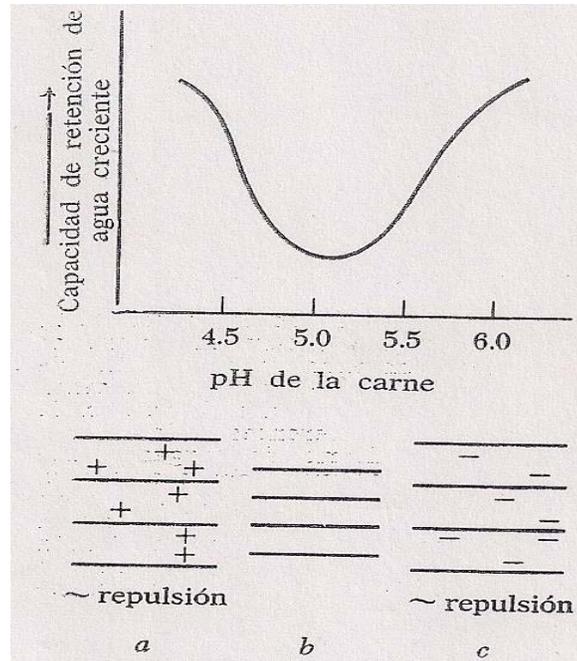


Figura 5: Efecto del pH sobre la capacidad de retención de agua

FUENTE: Price y Schweigert (1994)

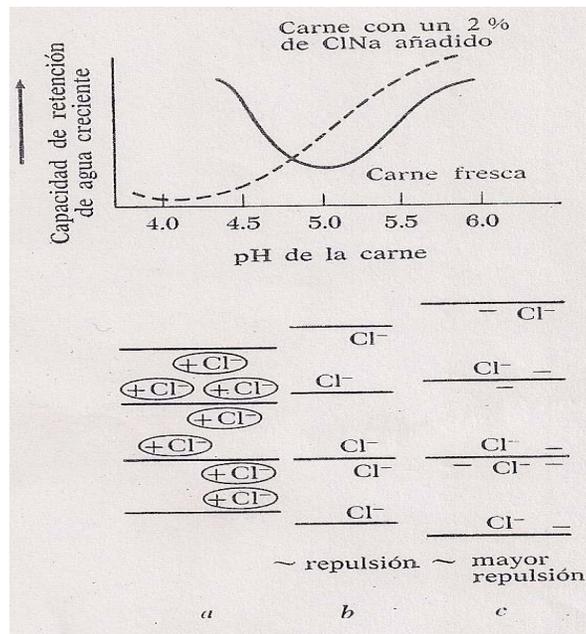


Figura 6: Efecto de la adición de sal sobre la capacidad de retención de agua

FUENTE: Price y Schweigert (1994)

- Grado de acortamiento *post-mortem* del sarcómero: Cuando el sarcómero tiene una mayor contracción durante el *rigor mortis*, las proteínas miofibrilares ejercen mayor presión sobre el agua muscular favoreciendo la salida de la misma del interior al exterior de la fibra por un efecto mecánico y, a la postre, mayores exudados.

La CRA de los camélidos es ligeramente menor a la de otras especies según manifiestan Cristofanelli *et al.* (2004), quienes indican que la carne se hace idónea para la fabricación de productos cárnicos deshidratados, tales como chorizos, salchichones o charqui.

**Cuadro 19: Capacidad de retención de agua de alpacas y llamas a diferentes tiempos *post-mortem***

Tiempo post mortem (h)	Alpaca (n=40)	Llama (n=20)
1	49.09 ± 2.08	50.53 ± 2.14
6	49.18 ± 2.01	48.61 ± 2.11
12	49.30 ± 2.51	49.78 ± 3.08
24	51.17 ± 3.01	50.68 ± 2.74
48	52.80 ± 2.77	49.06 ± 2.61
72	53.76 ± 4.11	49.78 ± 2.23

FUENTE: Cristofanelli *et al.* (2004)

En el Cuadro 19, se muestran los valores de CRA obtenidos por un método de imbibición de jugo sobre papel de filtro colocado en la superficie muscular del *longissimus thoracis* y *lumborum* de alpaca y llama. Cabrera (2003), encontró un valor de CRA de 4.0 para la pierna de alpaca, utilizando el método recomendado por Guerrero y Arteaga (1990).

### 2.4.3. TEXTURA

La textura de la carne está determinada directamente por las propiedades de las estructuras miofibrilares, conjuntivas y del citoesqueleto, las cuales son muy variables dependiendo de la especie, raza, sexo, edad y a la que le influyen numerosas variables biológicas y tecnológicas.

La textura es una propiedad sensorial, mientras que la dureza es un atributo de textura (Cañeque, 2005). Específicamente, la terneza se puede definir como la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar. A ella contribuyen las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, y las del tejido conectivo, principalmente el colágeno. Las características del colágeno dependen del tipo de músculo y del animal, particularmente de su edad al sacrificio. Las condiciones de almacenamiento *post-mortem* de la canal así como el manejo ante-mortem del animal son también factores determinantes de la terneza en la medida que afectan el estado de las proteínas miofibrilares y el metabolismo anaeróbico de la fibra muscular (Santrich, 2006; Kerr *et al.*, 2000; Aberle *et al.*, 2001; Garriz, 2001).

Los factores que influyen la terneza de la carne pueden dividirse en dos grandes grupos: *ante-mortem* y *post-mortem*. Los *ante-mortem* incluyen: la especie, sexo, castración del macho o no, alimentación, factores genéticos, prácticas de manejo antes del sacrificio, edad, tipo de músculo, cantidad y solubilidad del colágeno, longitud del sarcómero y grasa intramuscular. Los factores *post-mortem* incluyen: tiempo y temperatura de maduración después del sacrificio (debido al grado de activación del complejo enzimático calpaínas-calpastatinas, responsable de la degradación de las fibras musculares), métodos de trozado y de cocción, refrigeración o congelación de la carne, estimulación eléctrica, así como la adición de agentes ablandadores (Santrich, 2006; citado por Ramírez, 2004).

El método objetivo más utilizado para medir la textura es mediante la célula Warner-Bratzler (método mecánico de corte de cizalla). Mide la fuerza necesaria para cortar un cilindro de carne de 1cm de diámetro con una cuchilla de borde romo. Cuando mayor es la fuerza más dura es la carne. Hay muchos factores que deben ser considerados para tener una medida exacta, los más importantes son: la temperatura del cocinado, uniformidad de

la muestra a analizar, dirección de las fibras musculares, cantidad y distribución del tejido conjuntivo y materia grasa, temperatura de la muestra, y la velocidad de la célula Warner-Bratzler y los valores sensoriales (Bratzler, 1949; citado por Cañeque, 2000).

Existen medidas instrumentales de la textura de la carne realizadas en carne cocinada. El proceso de cocinado es de gran importancia por lo que debe estandarizarse. En especial, la temperatura final alcanzada pues determina cuando el colágeno empieza a convertirse en gelatina. Esto tiene lugar a temperaturas próximas a los 60°C. Normalmente, las muestras para el análisis son cocinadas por asado, parrilla o por inclusión en bolsas de plástico y posterior inmersión en agua caliente a una temperatura entre los 80 y los 100°C hasta que la temperatura interna de la carne alcanza los 70 ó 80°C. Las muestras se enfrían rápidamente y se almacenan durante un par de días, si así se precisa, hasta que se determina la textura (Warriss, 2003).

En el caso del músculo *Longissimus dorsi thoracis* de toros F1 Senepol x Cebú (primera generación del cruce de las razas bovinas mencionadas) envasado al vacío y almacenado en refrigeración a 4°C por 2, 7 y 14 días, Huerta-Leidenz *et al.* (2004) encontraron que la fuerza de corte disminuyó conforme transcurría el tiempo de almacenamiento, resultado que se contrastó en una evaluación sensorial, en la cual los panelistas calificaron como más tiernos los trozos de carne almacenados por más tiempo.

En el caso de la ternura de la carne de res congelada, según acuerdo general en la literatura, aumenta con la congelación y descongelación cuando se mide con fuerza máxima (Farouke *et al.*, 2003; citado por Leygonie, 2012a).

Polidori *et al.* (2007), evaluaron el efecto de la maduración sobre la ternura de la carne de alpaca y llama mediante pruebas con el dispositivo Warner-Bratzler. En el estudio se detectó una mejora significativa en la ternura de la carne luego de una semana de almacenamiento a 4°C. Los resultados de esta investigación se reportan en el Cuadro 20.

En carne de alpaca, Salvá (2009) midió la dureza de 20 muestras del músculo *Longissimus lumborum* de alpaca, encontrando un rango de 3.21 a 5.84 kg/cm<sup>2</sup> con un promedio de 4.67 y un valor de  $\pm 0.84$  kg/cm<sup>2</sup> de desviación estándar.

**Cuadro 20: Terneza (kg/cm<sup>2</sup>) del músculo *Longissimus thoracis* de alpaca y llama después de dos y siete días de almacenamiento**

	Promedio $\pm$ SD	Rango
<u>Dos días <i>post-mortem</i></u>		
Llama (n=20)	6.56 $\pm$ 0.73	5.15 - 7.78
Alpaca (n=30)	6.06 $\pm$ 0.61	4.87 - 7.21
<u>Siete días <i>post-mortem</i></u>		
Llama (n=20)	4.78 $\pm$ 0.36	4.33 - 7.01
Alpaca (n=30)	4.15 $\pm$ 0.23	4.12 - 6.88

FUENTE: Polidori *et al.* (2007)

#### 2.4.4. COLOR

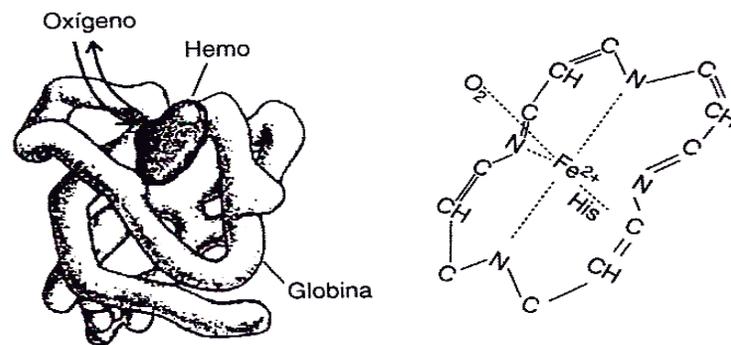
El color de la carne es uno de los principales factores que determinarán el valor del producto en el momento de su comercialización, ya que el consumidor lo relaciona con las cualidades sensoriales del mismo. Existen tres factores de variación del color. El contenido en pigmentos que es el factor intrínseco del músculo más importante, y está relacionado con la especie, la edad del animal, la raza, el sexo y el tipo de alimentación. Las condiciones del periodo pre y post sacrificio (estrés, temperatura, humedad de la cámara etc.) afectarán el color, al variar la velocidad de caída del pH. Durante el almacenamiento y la comercialización el proceso de oxigenación y oxidación modificarán la apariencia del color del músculo (Cañeque, 2000).

El color rojo de la carne se debe principalmente a los hemopigmentos: la hemoglobina y la mioglobina. Sin embargo las peroxidasas, citocromos y flavinas, aunque se encuentran en pequeñas concentraciones, tienen propiedades cromóforas (Badui, 2006). La mioglobina (Mb) es el pigmento principal, quedando relegada la hemoglobina, el pigmento

de la sangre, a un papel más secundario. La mayoría de la hemoglobina se retira durante el sacrificio y desangrado de los animales. Por ello, en un tejido muscular sangrado adecuadamente, la Mb será responsable del 90 por ciento o más de la pigmentación (Damodaran *et al.*, 2010).

#### a. Cambio de color en la carne

La mioglobina consta de un porción proteica llamada globina y el componente cromóforo responsable de la absorción de la luz y del color que es una porfirina denominada hemo (Fennema, 2000). El grupo hemo se encuentra incluido en un hueco hidrofóbico de la proteína globina y está unido a un residuo de histidina. El átomo de hierro central de la porfirina posee seis puntos de coordinación, cuatro de los cuales están ocupados por los átomos de nitrógeno pirrólicos del anillo porfirina. El quinto sitio de coordinación está unido al residuo de histidina de la globina, queda una sexta posición disponible para unirse con otro ligando de acuerdo con el grado de oxidación del hierro y, por lo tanto, de esto depende el color que se produce (Badui, 2006).

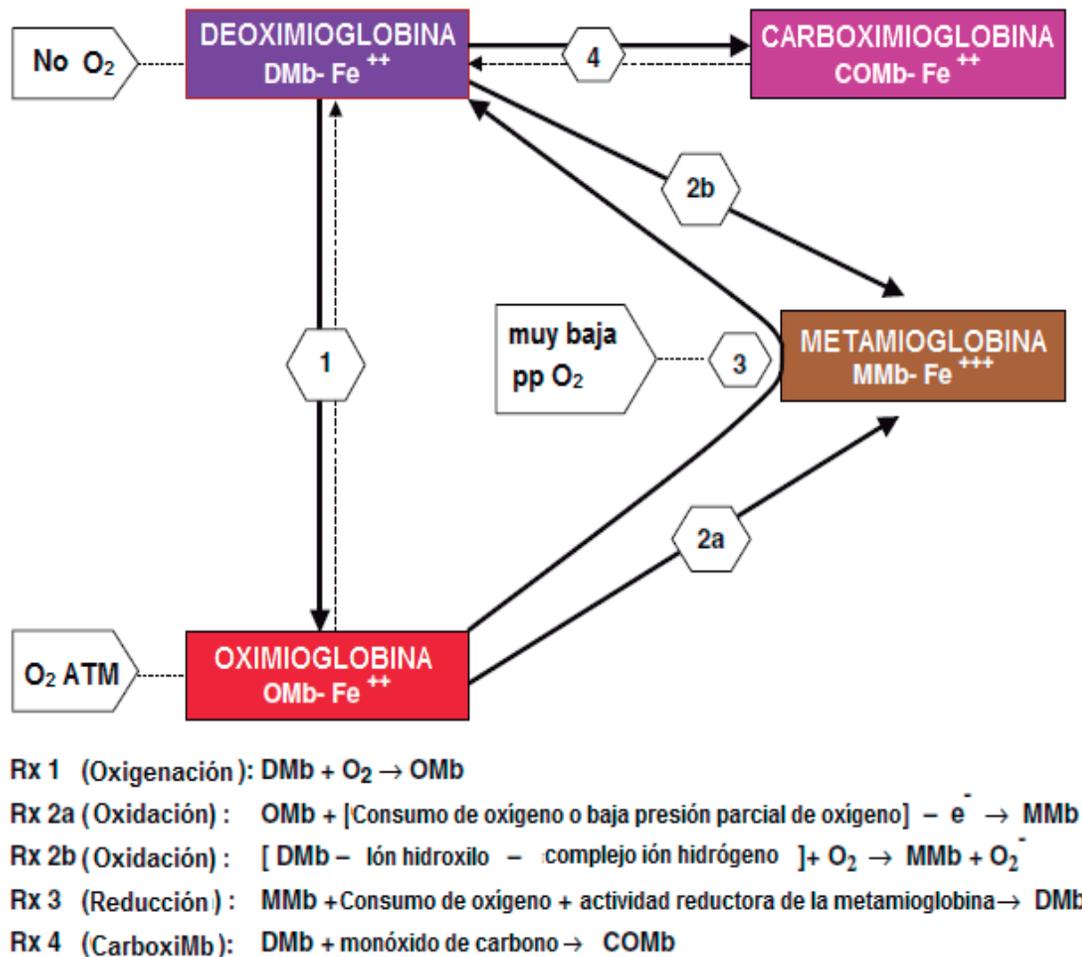


**Figura 7: Estructura de la mioglobina**

FUENTE: Badui (2006)

El color de la carne depende de la química de la mioglobina, su estado de oxidación, el tipo de ligandos unido al grupo hemo y el estado de la globina. El hierro del interior del anillo de porfirina puede existir en dos formas: bien como ion reducido ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ), o bien como férrico oxidado ( $\text{Fe}^{+3}$ ). Cuando el hierro hemo se encuentra en su estado +2 (ferroso), y que carece de ligando en el sexto lugar de coordinación, al complejo se le denomina

mioglobina (Fennema, 2000). En el estado +3 (férrico) no es capaz de unir oxígeno y el sexto lugar de coordinación es ocupado por agua (SCF, 2001).

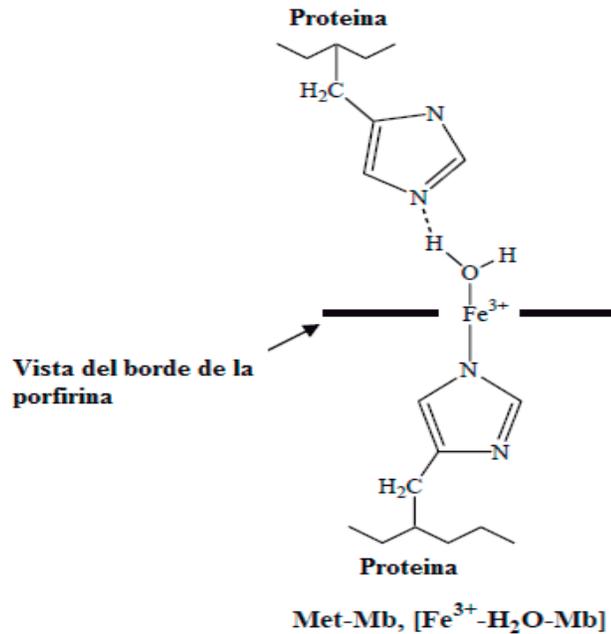


**Figura 8: Reacciones redox de la mioglobina en la superficie de la carne**

FUENTE: Mancini y Hunt (2005)

Este estado de oxidación del átomo de hierro del grupo hemo debe distinguirse de la oxigenación de la Mb, la cual ocurre cuando el oxígeno molecular se une a la Mb, formando oximioglobina ( $MbO_2$ ). Durante la oxidación de la Mb, el átomo de hierro se convierte al estado férrico (+3), formando metamioglobina (MMb). Altas presiones parciales de oxígeno favorecen la formación de  $MbO_2$  para ser usada en el metabolismo de la célula muscular mientras bajas presiones parciales de oxígeno favorecen la formación de la Mb a MMb. Así también, el CO se liga a los sitios de unión libre del átomo de hierro

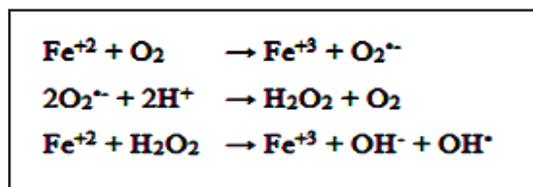
hemo convirtiéndose a la forma de rojo brillante carboximioglobina (MbCO). La MbCO es más resistente a la oxidación que la MbO<sub>2</sub> debido a la fuerte unión del CO al sitio del hierro en la molécula de Mb (SCF, 2001).



**Figura 9: Estructura de la metamioglobina**

FUENTE: Bylka y Andersson (1997)

El principal mecanismo para la oxidación de la Mb es la reacción de Fenton cuya reacción se observa en ver Figura 10.



**Figura 10: Especies reactivas del oxígeno generadas por la reacción de Fenton**

FUENTE: Hultin (1992)

Hultin (1992) menciona que el hierro ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) puede reaccionar con oxígeno molecular para producir el anión superóxido ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ ) con la oxidación concomitante a hierro férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ). El peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), que puede ser producido por dismutación de  $\text{O}_2^{\bullet-}$ , es capaz de reaccionar con  $\text{Fe}^{+2}$  para producir el radical hidroxilo ( $\text{OH}^{\bullet}$ ) (Hultin, 1992; Barbusiński, 2009).

Son muchos los factores que incrementan la velocidad de oxidación de la Mb, y por lo tanto, la formación de MMb y decoloración de la carne. Estos incluyen la presión parcial de oxígeno, la velocidad de consumo de oxígeno de los tejidos, la concentración de iones metálicos multivalentes, la temperatura, la luz, el pH, la actividad reductora de la carne y, en algunos casos, el crecimiento microbiano (Carlez *et al.*, 1995; Mancini y Hunt, 2005; Fernández *et al.*, 2003; Tomicki, 1997).

Faustman *et al.* (2010), también señalan que la velocidad de decoloración en la carne es específica de cada músculo. Músculos que contienen proporciones relativamente grandes de fibras rojas, así como mayor cantidad de grasa y una tasa de consumo de oxígeno mayor, parecen decolorarse más rápido.

Otro de los factores es mencionado por Damodaran *et al.* (2010), quienes señalan que una presión parcial de oxígeno elevada favorece la oxigenación, dando lugar al rojo brillante de la  $\text{MbO}_2$ . Una carne recién cortada exhibe rápidamente una coloración rojo brillante, resultado de la rápida conversión de la Mb en  $\text{MbO}_2$  al quedar expuesta al oxígeno del aire. De manera análoga, una presión parcial de oxígeno baja favorece las formas Mb y MMb. Con el fin de favorecer la formación de  $\text{MbO}_2$ , son útiles los niveles de saturación de oxígeno en el entorno de la carne. La formación de MMb, provocada por la oxidación del hemo ( $\text{Fe}^{+2}$  a  $\text{Fe}^{+3}$ ), puede minimizarse excluyendo todo el oxígeno. Los músculos poseen presiones parciales de oxígeno variables, haciendo que varíen las proporciones de cada uno de los pigmentos.

La oxidación de la Mb es indeseable y es responsable de la decoloración de la carne fresca durante el almacenamiento en refrigeración (Muramoto *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2006; Tomicki, 1997) e incluso congelación (Haard, 1992; Benjakul y Bauer, 2001).

En la conservación al vacío el color la mioglobina se encuentra en forma reducida color púrpura o rojo oscuro, debido a la ausencia de oxígeno. No obstante, el riesgo de deterioro del sabor es mayor en atmósfera modificada que en envasado al vacío, por la posibilidad de oxidación de la grasa, o desarrollo microbiano, dada la presencia de oxígeno. Cuando la película de embalaje es poco permeable al oxígeno del aire, el espesor de la capa de metamioglobina es insuficiente para enmascarar el color oscuro de las capas subyacentes; la carne conserva el color rojo oscuro característico de la forma reducida de la mioglobina. Cuando se saca de su envase, adopta rápidamente el color rojo vivo de una carne fresca recién cortada. Por el contrario, cuando se utiliza una capa permeable, la capa gruesa, la capa de metamioglobina es más gruesa y la carne puede adoptar una coloración marrón (Bureau, 1995).

#### **b. Medición instrumental**

Objetivamente, cualquier color puede ser especificado con una combinación de diferentes cantidades de rojo puro, verde puro y azul claro puro. Estos son «colores primarios reales». Los sistemas desarrollados para medir el color transforman éstos en «colores primarios imaginarios», X, Y y Z.

Los valores de X, Y y Z son valores triestímulo que definen el color como un punto en el espacio. Los valores triestímulo pueden ser usados para especificar varios espacios de color. La *Commision Internationale de l'Eclairage* (CIE) ha especificado un espacio de color denominado CIELAB. Éste tiene la forma de una esfera y tiene la ventaja de que se aproxima estrechamente a la uniformidad visual por lo que distancias iguales en el sistema representan aproximadamente distancias visuales iguales tal y como las percibe el ojo humano. Los valores triestímulo usados para calcular tres coordenadas son:  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Cualquier grupo de valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  define un color con exactitud como un punto en la esfera de color tridimensional.  $L^*$  es el componente o valor luminosidad,  $a^*$  y  $b^*$  son coordenadas de cromaticidad. La coordenada  $a^*$  mide el rojo-verde, la coordenada  $b^*$  mide el amarillo-azul (Warriss, 2003).

Los valores obtenidos por Salvá (2009) en la evaluación del músculo *Longissimus lumbrorum* de alpaca, se muestra en el Cuadro 21.

**Cuadro 21: Medición del color instrumental del músculo *Longissimus lumbrorum* de alpaca**

Coordenada CIELAB	Promedio $\pm$ SD (n=20)	Rango
<i>L</i> *	36.17 $\pm$ 2.12	29.64 - 3.46
<i>a</i> *	15.05 $\pm$ 1.44	12.37 - 17.98
<i>b</i> *	1.16 $\pm$ 2.30	-3.64 - 5.43

FUENTE: Salvá (2009)

En la literatura consultada, no se han encontrado investigaciones en donde se evalué la variación del color instrumental en la carne de alpaca envasada al vacío. Sin embargo existen estudios realizados en otras especies animales. Oliete *et al.* (2006) analizaron, durante 21 días, el cambio de color del músculo *L. thoracis* proveniente de 41 terneros machos de raza Rubia Gallega de entre 10 y 12 meses de edad (ver Cuadro 22). En la investigación se determinó que el valor de luminosidad de la carne sufrió una ligera oscilación con el tiempo de maduración, aunque no de forma significativa. El índice de rojo y el índice de amarillo se incrementaron con el tiempo de maduración, siendo a un día *post*-sacrificio significativamente más bajo que a los otros tiempos de maduración.

**Cuadro 22: Efecto del tiempo de maduración al vacío sobre el color del músculo *L. thoracis* de ternera de raza Rubia Gallega**

	1 <sup>er</sup> día	7 <sup>mo</sup> día	14 <sup>to</sup> día	21 <sup>er</sup> día
	Promedio $\pm$ SD	Promedio $\pm$ SD	Promedio $\pm$ SD	Promedio $\pm$ SD
<i>L</i> *	38.31 $\pm$ 2.35	37.99 $\pm$ 2.08	38.13 $\pm$ 2.26	38.21 $\pm$ 2.40
<i>a</i> *	15.80 $\pm$ 1.42	17.03 $\pm$ 1.74	17.60 $\pm$ 1.24	17.35 $\pm$ 1.30
<i>b</i> *	9.15 $\pm$ 1.48	10.98 $\pm$ 1.36	11.44 $\pm$ 1.11	11.36 $\pm$ 0.94

FUENTE: Oliete *et al.* (2006)

Resultados similares fueron encontrados por González *et al.* (2011), quienes evaluaron, durante 14 días, el efecto del tipo de envasado (al vacío y en atmósfera modificada de 80%O<sub>2</sub>/20%CO<sub>2</sub> y de 65%O<sub>2</sub>/35%CO<sub>2</sub>) y del sistema de explotación (extensivo e intensivo) en el color del músculo *L. thoracis* proveniente de 10 terneros de raza Cachena. Los valores de *L\** aumentaron de forma significativa a lo largo de los días de muestreo en los tres envasados y para ambos sistemas de explotación, así como también el envasado MAP y el sistema intensivo de explotación. Los valores de *a\** disminuyeron en todos los envasados en los dos sistemas de explotación a lo largo del período de almacenamiento, aunque se puede afirmar que la carne proveniente del sistema intensivo se mantuvo más roja que la carne proveniente del sistema extensivo, cuando se compara un mismo envasado. Finalmente, los valores de *b\** aumentaron en todos los envasados.

## 2.5. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

Una vez sacrificado el animal se inactivan los sistemas biológicos de protección frente a la oxidación in vivo e inevitablemente se inicia las reacciones de autooxidación (López *et al.*, 1999). Los antioxidantes endógenos en los organismos vivos, son tales como enzimas (superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa, que remueven los hidroperóxidos formados y evitan el daño celular a las membranas) y sustancias liposolubles como tocoferoles y β-carotenos (Sies, 1986; Chan *et al.*, 1994; Thurnham, 1990; Sárraga *et al.*, 2002). En la oxidación de lípidos inevitablemente se produce una reacción de mayor o menor intensidad según el tipo de tratamiento a que se someta la carne, como puede ser refrigeración, cocinado, curado, etc. (López *et al.*, 1999). A decir verdad, la tercera etapa de la oxidación de lípidos en los alimentos musculares frecuentemente ocurre durante el manipuleo, procesamiento, almacenamiento y los procesos de cocción (Estévez, 2005).

Faustman *et al.* (2010) mencionan que los sustratos necesarios para que se produzca la oxidación de lípidos incluyen ácidos grasos insaturados, el oxígeno y las especies químicas que aceleran la oxidación, los cuales son abundantes en las carnes expuestas aeróbicamente o envasado en atmósfera modificada alta en oxígeno. Propiedades intrínsecas y pasos del procesamiento pueden predisponer a la carne a la oxidación de lípidos.

A pesar que en la carne la mayoría de la grasa es saturada, las membranas celulares contienen fosfolípidos, y los ácidos grasos poliinsaturados que los constituyen son los que reaccionan con el oxígeno (Warriss, 2003). Los principales ácidos grasos insaturados que constituyen los lípidos de los tejidos animales son el oleico, linoleico, linolénico y araquidónico. Su autooxidación da lugar a una cantidad diferente de hidroperóxidos que, en conjunto con las distintas vías de descomposición involucradas, conducen a un gran número de compuestos volátiles (Mottram, 1987).

La oxidación lipídica de la carne depende de varios factores: entre ellos de la especie (por ejemplo, en la carne de porcino es siempre más rápida que en la de ovino, debido a que la grasa de cerdo contiene un mayor número de ácidos grasos insaturados que la de ovino) y dentro de la misma especie, del músculo (la grasa de los músculos rojos es más propensa a oxidarse que la de los blancos, probablemente debido a su mayor contenido de hierro). Por ello, cabe esperar un comportamiento diferente de la oxidación lipídica dependiendo del músculo de que se trate, por ejemplo, se producirá a más velocidad en aquellos músculos con un contenido mayor de mioglobina (López y Casp, 2004).

Por su parte Faustman *et al.* (2010), afirman que la carne de no rumiantes, contiene mayores concentraciones relativas de ácidos grasos insaturados en triglicéridos y en general, muestran más rápido la oxidación lipídica que la de los rumiantes. Los músculos con una mayor proporción de fibras rojas son susceptibles porque contienen más hierro y fosfolípidos que los músculos que contienen fibras predominantemente blancas; la carne picada experimenta mayor oxidación de lípidos que los cortes enteros porque el proceso de molienda incorpora oxígeno, mezclas de componentes reactivos, y el aumento del área de superficie como resultado de la reducción de tamaño de partícula (Gray *et al.*, 1996).

La reacción, que es posible inhibir o retardar química y tecnológicamente, puede producirse por: acción de radicales libres, acción de lipooxigenasas y/o mecanismos de fotooxidación. Son muchos los sistemas catalíticos de oxidación de los lípidos: luz, temperatura, enzimas, metales, metaloproteínas y microorganismos. El proceso de oxidación lipídica generado por radicales libres es el más estudiado y el de mayor importancia en los alimentos de origen animal (Beltrán, 2004).

La oxidación lípidos incluye especies químicas que se forman durante el inicio y la propagación de los primeros pasos. Alquilo, alcoxi y radicales peroxi, todo puede ser producido a partir de los protones fácilmente abstraídos de moléculas vecinas. Los peróxidos se forman comúnmente como productos primarios, proceso bastante complejo, mediante el cual, los ácidos grasos insaturados reaccionan con el oxígeno molecular a través de un mecanismo en cadena con radicales libres y puede someterse posteriormente la escisión de menor peso molecular para formar productos de oxidación secundarios, incluyendo aldehídos, cetonas y epóxidos. Ejemplos específicos y bien conocidos de estos incluyen hexanal, propanal, malondialdehído (Sakai *et al.*, 1998; Siu y Draper, 1978; citado por Faustman *et al.*, 2010) y 4-hidroxinonal (Sakai *et al.*, 1995; citado por Faustman *et al.*, 2010).

López *et al.* (1999) especifican que una oxidación de lípidos excesiva repercute negativamente en las características de calidad de la carne fresca, fundamentalmente por la presencia de olores y sabores desagradables (olor a rancio, sabores anómalos, etc.), decoloración y pérdida de uniformidad en el color (por oxidación de los pigmentos de la carne), exudado (probablemente por ruptura de las membranas celulares), así también Frankel (1984) menciona la pérdida de valor nutricional y de la seguridad, daño biológico, maduración, cambios en las propiedades tecnológicas y contaminación ambiental.

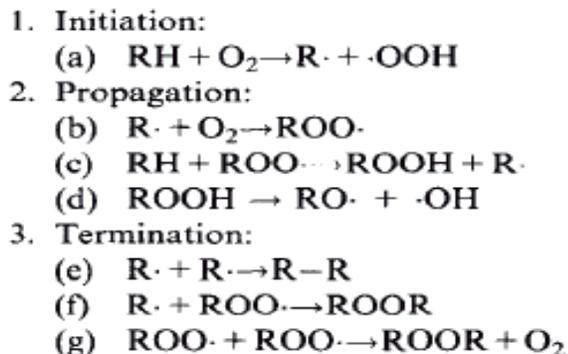
Finalmente, la ingestión de radicales libres y de alguno de los productos finales de la oxidación se asocia con el desarrollo de enfermedades degenerativas en el consumidor (tumores, enfermedad cardiovascular, etc.), lo que provoca una creciente preocupación social (López *et al.*, 1999).

García (1996) sugiere que algunas formas de prevenir la rancidez oxidativa son:

- Una disminución de la temperatura de almacenamiento
- Usar envases impermeables a la luz, preferentemente de color ámbar
- Regular el contenido de humedad
- Evitar la contaminación con prooxidantes
- Conservar los productos haciendo uso de antioxidantes naturales
- Disminuir el nivel de oxígeno

### 2.5.1. MECANISMO DE OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

Generalmente se cree que la autooxidación, es decir, la reacción con el oxígeno molecular vía un mecanismo autocatalítico, es la principal de las reacciones implicadas en el deterioro oxidativo de los lípidos (Fennema, 2000).



**Figura 11: Reacciones involucradas en la autooxidación de lípidos**

FUENTE: Fernández *et al.* (1997)

El proceso principal de la oxidación de los lípidos en el músculo es el proceso químico llamado autooxidación, la reacción de los lípidos insaturados con el oxígeno para formar hidroperóxidos que involucran tres etapas: iniciación, propagación y la terminación (Gandemer, 2002; citado por Mohamed *et al.*, 2008) las cuales se ilustran en la Figura 11 y se explican a continuación:

#### a. **Iniciación**

La etapa de iniciación se lleva a cabo mediante la eliminación de hidrógeno de un carbono de metileno de un ácido graso (RH) para formar una radical alquilo ( $\text{R}^\circ$ ). Este proceso afecta a los ácidos grasos poliinsaturados preferentemente porque es más fácil para eliminar el hidrógeno a partir de un de carbono de metileno así como el número de dobles enlaces en el ácido graso aumenten. La oxidación de lípidos se inicia por un gran número

de moléculas en los músculos, incluyendo productos químicos tales como especies reactivas de oxígeno ( $\text{OH}^\circ$ ) y el complejo de oxígeno hierro (Mohamed *et al.*, 2008).

### **b. Propagación**

En esta segunda etapa, el radical libre formado puede reaccionar con el oxígeno molecular y formar un radical peróxilo ( $\text{ROO}^\circ$ ). Este radical puede sustraer un átomo de hidrógeno de otro ácido graso insaturado para formar un hidroperóxido ( $\text{ROOH}$ ) y un radical lipídico (Buettner, 1993). La formación de este radical libre hace que el proceso sea autopropagable (Hamilton, 1999). Esta etapa también puede iniciarse en el radical peróxilo formado por fotooxidación o iniciación enzimática. Los radicales alcoxilo procedentes de la descomposición de hidroperóxidos también pueden iniciar la oxidación lipídica (Maestre, 2012).

### **c. Terminación**

La etapa de terminación comienza por la descomposición de radicales e hidroperóxidos, lleva a la formación de numerosos compuestos volátiles y no volátiles a través de un conjunto muy complejo de reacciones (Mohamed *et al.*, 2008). Se generan compuestos para generar moléculas estables de bajo peso molecular (productos de la oxidación lipídica secundaria) tal como hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos, ésteres, lactonas y una extensa variedad de compuestos que contienen nitrógeno y azufre (Frankel, 1984; Morrissey *et al.*, 1998).

La paralización de la reacción en cadena se da normalmente por la reacción entre sí de los radicales (libres y peróxilos) o cuando el sustrato oxidable se agota (Avila, 2011). La reacción también puede detenerse mediante la incorporación de un antioxidante, el cual actúa como un atrapante de radicales libres, finalizando la fase de propagación. El electrón no apareado del antioxidante se deslocaliza dentro de la estructura del anillo aromático lo que estabiliza al compuesto formado (Navarro *et al.*, 2004).

## 2.5.2 SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO

Existe un amplio número de técnicas analíticas para determinar la oxidación lipídica de la carne (Zacatula, 2009): pero se pueden agrupar en dos grandes grupos, dependiendo del tipo de producto del proceso oxidativo que cuantifican. Fernández *et al.* (1997) indican que para determinar la oxidación primaria se cuentan los peróxidos de la muestra o la pérdida de ácidos grasos insaturados. Mientras que para estimar la oxidación secundaria, se miden los grupos carbonilos o el malondialdehído (MDA), con la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico (Gray y Monahan, 1992).

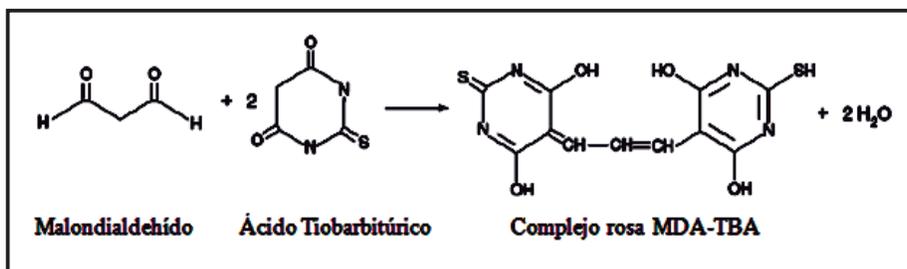
Los métodos para la valoración de peróxidos son técnicas de baja sensibilidad y difíciles de adaptar al análisis de rutina de cantidades importantes de muestras (Grau *et al.*, 2000). Es por ello que en un gran número de casos se evalúa el nivel de oxidación de los alimentos y tejidos a través del ensayo del ácido tiobarbitúrico (TBA, por sus siglas en inglés), que es una de las formas de medir la oxidación, más antigua y más frecuentemente usada (Rhee, 1978).

El MDA es un dialdehído producido por degradación oxidativa en dos pasos de los ácidos grasos con tres o más dobles enlaces. Esto significa que la producción de MDA durante la oxidación de los lípidos depende de su composición en ácidos grasos, originándose unos contenidos más elevados de MDA con los más insaturados (Damodaran *et al.*, 2010).

El TBA también reacciona con otros aldehídicos secundarios provenientes de la oxidación de los ácidos grasos insaturados y utilizando el malonaldehído (MDA) como un estándar para la calibración (Huss, 2006; citado por Venegas y Pérez, 2009). Es decir, el método mide no sólo MDA, un dialdehído producto de la descomposición de hidroperóxidos de ácidos grasos poliinsaturados, sino un conjunto de sustancias que reaccionan con el TBA (TBARS) (Venegas y Pérez, 2009).

Se trata de hacer reaccionar el ácido tiobarbitúrico con el malondialdehído producido por la descomposición del hidroperóxido de lípidos para formar un cromóforo rojo con pico de absorbancia de 532 nm. Este complejo rojo resulta de la condensación de 2 moles de TBA

y 1 mol de malondialdehído, bajo el efecto conjunto de la temperatura del medio y el pH (Laguerre *et al.*, 2007). A un medio ácido, a temperatura elevada ( $\geq 90^{\circ}\text{C}$ ) (Bird y Draper, 1984). La intensidad de la absorbancia a esta longitud de onda está relacionada con la concentración de MDA y también ha sido organolépticamente relacionado con la rancidez (Fernandez *et al.*, 1997). El nivel de oxidación se reporta como unidades de TBA en miligramos de MDA por 100 g de muestra (Gray y Monahan, 1992).



**Figura 12: Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malondialdehído**

FUENTE: Girón-Calle *et al.* (2003)

El método se puede realizar en el conjunto de la muestra, extractos de la misma o destilados, formándose los aductos en un amplio margen de temperaturas ( $25\text{-}100^{\circ}\text{C}$ ) y tiempos (15 min a 20 h) (Damodaran *et al.*, 2010). El ensayo con TBA adolece de falta de especificidad a causa de su capacidad de reacción con carbonilos no lipídicos, tales como ácido ascórbico, azúcares y productos del pardeamiento no enzimático. Estos compuestos forman aductos con el TBA que absorben en el rango  $450\text{-}540\text{ nm}$ , por lo que a menudo es más apropiado referirse a sustancias reactivas al TBA, compuestos que pueden generar cromóforos rosa además del MDA. A fin de disminuir los problemas de interferencias, el complejo TBA-MDA puede medirse directamente por fluorescencia o técnicas HPLC (Damodaran *et al.*, 2010).

Otras limitaciones de la técnica son que es poco sensible a bajas concentraciones de MDA, además de que el MDA puede reaccionar con las proteínas, encontrándose menores niveles a los que corresponden con la oxidación presente (Navarro *et al.*, 2004). Sin embargo, la determinación de TBARS se utiliza frecuentemente para evaluar la eficacia de diferentes

métodos diseñados para reducir o retrasar la oxidación en alimentos (Grigioni *et al.*, 2000 y Campo *et al.*, 2006; citados por Díaz, 2009).

El método del TBA es útil para el análisis de la oxidación lipídica de los alimentos a causa de su bajo coste y simplicidad. Sin embargo, su falta de especificidad exige un conocimiento de sus limitaciones, por lo que hay que tener cuidado de realizar comparaciones y conclusiones inapropiadas. Para minimizar interpretaciones erróneas del ensayo con TBA se sugiere que los análisis en muestras frescas no oxidadas evalúen las sustancias reactivas al TBA que no provengan de la oxidación lipídica. Este método debería evitarse en alimentos en los que las concentraciones de compuestos interferentes sean altas. Adicionalmente, son inadecuados los intentos de usar el TBA para comparar cambios oxidativos en productos con diferente composición en ácidos grasos, dado que la producción de MDA varía con éstos (Damodaran *et al.*, 2010).

## **2.6. ATMÓSFERAS PROTECTORAS**

Los sistemas de envasado han ido evolucionando como respuesta a las exigencias de los consumidores en cuanto a una mayor durabilidad y mantenimiento de las características de frescura. Los cambios en el estilo de vida han determinado también una mayor demanda de productos fáciles de consumir y semielaborados. Por esta razón, los sistemas de envasado han ido evolucionando desde lo más sencillo (envasado al vacío) hasta el empleo de envases activos e inteligentes (García, 2008).

El envasado en atmósferas protectoras (EAP) consiste en cambiar la composición del aire en un determinado recipiente (Parry, 1995). Ya que la atmósfera terrestre constituye cerca del 21 por ciento de oxígeno, gas que más influencia tiene en la vida útil de los alimentos. Y al entrar en contacto con los alimentos favorece varias reacciones químicas, enzimáticas y la proliferación de microorganismos aerobios (García, 2008).

En presencia de oxígeno, se multiplican en los alimentos bacterias con gran capacidad alterante (varias especies de *Pseudomonas*), mohos y levaduras. En aerobiosis se produce el enranciamiento oxidativo debido a la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos

grasos insaturados con formación de peróxidos o hidroperóxidos, que posteriormente se polimerizan y descomponen dando origen a la formación de aldehídos, cetonas y ácidos. Además destruye las vitaminas liposolubles, particularmente las vitaminas A y E. Finalmente, el oxígeno favorece la acción de enzimas presentes de forma natural en los alimentos como catalasa y peroxidasa que son responsables del pardeamiento de verduras y hortalizas troceadas (García, 2008). También puede modificar el color y el *bouquet* de la carne y de otros alimentos. Así, la atmósfera que rodea el producto se sustituye en el momento del envasado por otra especialmente preparada para cada tipo de alimento durante los períodos de almacenamiento (Rodríguez, 1994).

La mezcla de gases (*cocktail* de gases) a emplear depende del tipo de producto. La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante el período de almacenamiento por la influencia de diferentes factores, como desarrollo de procesos metabólicos del producto envasado, cambios bioquímicos y la lenta difusión de los gases a través del envase (Parry, 1995).

### **2.6.1. SISTEMAS TRADICIONALES DE ATMÓSFERAS PROTECTORAS**

En décadas pasadas se denominó toda esta tecnología “atmósfera controlada” sin embargo no se controlaba totalmente la atmósfera alrededor y dentro del producto, esa terminología era errónea (Brody, 1996). Actualmente se emplean distintos términos: envasado en atmósfera modificada (MAP), envasado al vacío (VP), envasado en atmósferas controladas (CAP), almacenamiento en atmósferas modificadas (MAS) (García, 2008).

#### **a. Envasado en atmósfera modificada**

Método de empaquetado que implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas, o mezcla de gases; la mezcla de gases a emplear depende del tipo de producto. La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el periodo de almacenamiento, por la influencia de diferentes factores, como respiración del producto envasado, cambios bioquímicos, y la lenta difusión de los gases a través del envase (Parry, 1995).

## **b. Atmósfera controlada**

La atmósfera controlada consiste en modificar intencionalmente la atmósfera gaseosa natural y el mantenimiento de la misma en unas condiciones determinadas durante el ciclo de distribución, independientemente de la temperatura y de otras variaciones ambientales.

Comprende generalmente a la tecnología que se aplica en el almacenamiento durante el cual se asegura una atmósfera constante independientemente de las actividades respiratorias del producto, intercambio de gases a través de fugas, etc. (Brody, 1996). García (2008) señala que el “envasado en atmósfera controlada” se considera que puede ser igual al envasado en atmósfera modificada porque es muy difícil que, una vez que se envasa, se mantenga la atmósfera con la concentración inicial de gases. Del mismo modo, Parry (1995) enfatiza que el empleo del término “envasado en atmósfera controlada” es incorrecto pues no es posible controlar la atmósfera dentro del envase después de haber sido cerrado.

## **c. Envasado al vacío**

Es la forma de envasado en atmósfera modificada desarrollada comercialmente en primer lugar y que todavía se emplea ampliamente para productos (López y Casp, 2004). Es un sistema que conlleva la evacuación del aire contenido en el paquete y su posterior cerrado. Si el proceso se realiza de forma adecuada la cantidad de oxígeno residual es inferior al uno por ciento (García *et al.*, 2006).

El *film* utilizado como envase debe ser de baja permeabilidad al oxígeno, para limitar la entrada del oxígeno desde el exterior. El envase sin aire, se pliega (colapsa) alrededor del producto, puesto que la presión interna es muy inferior a la atmosférica (Parry, 1995). Es una variación del envasado en atmósfera modificada ya que en el almacenamiento, la “respiración tisular o natural” del alimento y el crecimiento microbiano (bacterias acidolácticas heterofermentativas) generan CO<sub>2</sub> que puede alcanzar concentraciones de hasta el 20 por ciento (García, 2008).

Brody (1996) hace referencia al envasado al vacío con película adherida, en el cual el producto se envasa para que no exista espacio de cabeza en el interior del envase, es decir, el envase está en íntimo contacto con el producto independientemente de la forma del mismo. En el caso de la carne, este tipo de envasado al vacío se le conoce como “segunda piel”. García (2008) indica que el material de envasado se retrae por efecto del calor adaptándose al contorno del producto. De esta forma se evitan las bolsas de aire y arrugas, incrementándose la vida útil y mejorando notablemente su presentación. En el Cuadro 23 se describen las características generales del envasado en atmósferas protectoras.

**Cuadro 23: Descripción de las principales tecnologías de envasado en atmósfera protectora para productos alimenticio**

Tecnología de envasado	Descripción	Gases	Envases
Vacío	Evacuación del aire.	-	Propiedades barrera elevadas
Atmósfera controlada	Evacuación del aire. Inyección de gas/gases. Control constante tras el cierre del recinto.	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> Otros gases (solos o combinados)	Recintos con condiciones controladas.
Atmósfera modificada	Evacuación del aire. Inyección de gas/gases. Sin control tras el cierre del recinto.	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> Otros gases (solos o combinados)	Propiedades barrera variables según las necesidades del producto.

FUENTE: García *et al.* (2006)

### 2.6.2. CARNE ENVASADO AL VACÍO

García *et al.* (2006) señalan que esta tecnología se utiliza en la conservación de grandes piezas de carne que posteriormente se despiezan y vuelven a envasar en el punto de venta. Moreno (2006) indica que para la venta de los primeros cortes de carne de pH normal, el

escaso oxígeno residual es rápidamente consumido por la respiración tisular y microbiana y se acumula pronto CO<sub>2</sub> hasta concentraciones del 20 por ciento y más, que son inhibitoras de la flora alterante. Por otro lado, este tipo de envasado también permite madurar a los cortes individuales sin pérdida de peso (López y Casp, 2004), consiguiendo de esta manera mejores características organolépticas y reduciendo el riesgo de contaminación que involucra normalmente este proceso.

Uno de los principales inconvenientes del empleo del envasado al vacío es que en carnes frescas la ausencia de oxígeno causa pérdida del característico color rojo cereza brillante de la carne (Ranken, 2003). El color de la carne fresca envasada al vacío es púrpura, puesto que la reducción del oxígeno, unida a la baja permeabilidad al oxígeno del *film* de envasado, provoca un cambio de color de la carne. Sin embargo, López y Casp (2004) mencionan que esto no se considera una desventaja importante en el comercio al por mayor, en donde se es consciente de que es un efecto temporal y que se recuperará el color cuando la carne vuelva a exponerse a las condiciones atmosféricas normales. De igual manera, Ranken (2003) señala que el envasado al vacío es raramente utilizado para envasar al por menor, pero es ampliamente utilizado para los almacenamientos a largo y medio plazo.

Los niveles de metamioglobina (de color pardo) en carne envasada al vacío son realmente bajos, no llegan al 20 por ciento después de 25 días y, además, dicha concentración se alcanza en los primeros días, quizás debido al oxígeno residual (no hay que olvidar que la oxidación de la mioglobina es máxima a la tensión de oxígeno de 7.5 mm de Hg), pero este gas rápidamente se agota por las actividades metabólicas del músculo y microorganismos. Al no existir oxígeno, evidentemente, no se forma metamioglobina pero, por la misma razón, tampoco se forma oximioglobina. Por ello, la carne presenta el color púrpura típico de la mioglobina reducida, no tan atractivo como el rojo brillante de la oximioglobina, que presentan las carnes envasadas en atmósferas enriquecidas en oxígeno (López y Casp, 2004).

La autooxidación de lípidos en carne envasada al vacío es mínima debido a que esta reacción depende del oxígeno. López y Casp (2004) señalan que la oxidación de grasas no

representa un problema grave, si el material del *film* y las condiciones de envasado y almacenamiento son las correctas.

En envasado de carne al vacío presenta otro inconveniente. Se puede producir una importante cantidad de exudado que es desagradable a la vista y resta valor a la presentación final del producto. López y Casp (2004) mencionan que este problema se puede superar parcialmente por medio de un *film* adherido a vacío, que se adapte muy ajustado a la superficie de la carne, dejando poco espacio para la acumulación de cualquier fluido exudado. Así también, Parry (1995) señala que el envasado al vacío y en atmósfera modificada son considerados peligrosos, debido al ambiente anaeróbico que se crea al interior del envase. Algunas bacterias que pueden participar en la alteración de la carne son las tolerantes al frío, *Enterobacteriaceas* y *Brocothrix thermosphacta*, que provocan acidificación en ausencia de aire, pero se inhiben con altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, especialmente cuando el contenido de O<sub>2</sub> es bajo (Campbell *et al.*, 1979; citados por Parry, 1995). Estas condiciones favorecen el crecimiento de bacterias ácido lácticas (*Carnobacterium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*) que producen la típica acidificación láctica en la carne.

La principal ventaja del envasado de la carne al vacío es su larga vida útil; siempre que sea almacenada a baja temperatura, la carne puede permanecer en condiciones aceptables de frescura durante muchas semanas después del envasado. López y Casp (2004) indican que existen algunas precauciones importantes que deben tenerse en cuenta para garantizar el éxito: solamente se debe envasar a vacío la carne de buena calidad microbiológica y la carne de pH<6.0; los efectos combinados de elevada contaminación bacteriana y alto pH reducirán fuertemente la vida útil de la carne.

La carne de pH elevado (carne DFD) no se debe someter a este tipo de envasado ya que se altera rápidamente y no por bacterias lácticas sino por ciertas bacterias que son anaerobias facultativas pero, al tiempo, son muy sensibles a valores bajos de pH. Moreno (2006) menciona que en la carne DFD (pH>6.0) envasada al vacío, la alteración cursa con olor sulfuroso, debido a la formación de SH<sub>2</sub>, producido por *Shewanella putrefaciens* y/o *Enterobacteriaceae* tolerantes al frío, las cuales van a ser las poblaciones dominantes en carne con estas características. El resultado va ser olores desagradables y coloraciones

verdosas, debido a la reacción del SH<sub>2</sub> con la mioglobina formando la sulfomioglobina. Finalmente, López y Casp (2004) advierten que la alteración de la carne DFD refrigerada y envasada al vacío es muy rápida, (antes de dos semanas) y cursa de forma similar a la de la carne refrigerada en aerobiosis.

### **2.6.3. MATERIALES PARA EL ENVASADO AL VACÍO DE CARNE**

La tecnología de los *films* de envasado avanza según los cambios en la comercialización de la carne en la venta al por menor, las exigencias del consumidor respecto a un mayor tiempo de almacenamiento del producto, su presentación y practicidad de uso; mientras que para el comercio al por mayor, la gran preocupación es que el material del envase asegure que la carne esté protegida de la contaminación, además de resistir el manipuleo y transporte.

Hood y Mead (1995) señalan que los *films* utilizados inicialmente en el empaquetado para la venta al por menor, como el celofán, han desaparecido prácticamente, y se han sustituido por polietileno de baja densidad y por policloruro de vinilo que son más baratos y más fáciles de manejar, manual y mecánicamente. Por otro lado, Brody (1996) indica que las propiedades requeridas para una película plástica utilizada como envase, muy pocas veces se encuentran todas reunidas en un solo material. Hood y Mead (1995) mencionan que las propiedades beneficiosas de los *films* individuales se pueden combinar en un *film* compuesto, tanto por adhesión laminando dos o más *films*, o mediante coextrusión de varios *films* conjuntamente en estado fundido.

La elección del material de envoltura es una parte extremadamente importante de la operación de envasado al vacío y en atmósfera modificada. Se han realizado importantes investigaciones en esta área y los fabricantes continúan desarrollándolas para obtener estructuras y laminaciones perfeccionadas (Parry, 1995); ya que la composición del material de envasado debe estudiarse para cada tipo de producto y adaptarse a sus necesidades básicas (Brody, 1996).

Los materiales deben contemplar las propiedades físicas esenciales: baja transmisión al vapor de agua, elevada capacidad barrera frente a los gases, resistencia mecánica a los esfuerzos sufridos durante el manejo en la máquina, y al posterior almacenamiento y distribución en el formato del paquete terminado; adicionalmente debe poseer alta capacidad para proporcionar la integridad del sellado y protección al producto hasta que sea abierto por el consumidor (Parry, 1995). Entre los *films* más empleados se pueden mencionar a los laminados de poliéster y polietileno, nylon y polietileno, policloruro de vinilideno y al polipropileno orientado; también se puede tener otros *films* de mayor número de capas o combinaciones de materiales. En el Cuadro 24 se muestra las propiedades de algunos *films* utilizados en el envasado de carne.

**Cuadro 24: Permeabilidades al oxígeno y al dióxido de carbono de algunos films y compuestos plásticos utilizados en el empaquetado de carne**

	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .atm <sup>-1</sup> gas)*	
	Oxígeno	Dióxido de carbono
Polietileno (baja densidad)	8500	44000
Polietileno (alta densidad)	1840	7900
Polipropileno	3000	7900
Cloruro de polivinilo (PVC)	4200	17000
Poliéster (PET)	79	240
Cloruro de polivinilideno (PVdC)	10	53
Nylon 6	240	1600
Ionómeros (Surlyn)	5000	15000
Acetato de etilenvinil (EVA)	12000	38000
Poliestireno	4500	31500
Cryovac BB1 (2 mm)	20	80
Nylon/polietileno (0.6/1.5 mm)	90	600

\* Si no se indica lo contrario, la permeabilidad es para *film* de 1 mm de espesor.

FUENTE: Taylor (1985), citado por Hood y Mead (1995)

Un laminado multicapa puede combinar las propiedades de los componentes individuales en un *film* simple, como buenas propiedades barrera, soldabilidad por calor y capacidad de

retracción, así como una buena transparencia y presentación y la posibilidad de realizar su impresión. Un polímero como el cloruro de polivinilideno, se puede utilizar como recubrimiento sobre otro *film* compuesto, o laminarlo sobre un poliéster transparente para proporcionarle propiedades barrera adicionales frente a los gases. Todos los modernos *films* de empaquetado de carne tienen buenas propiedades barrera frente al vapor de agua, mientras que la permeabilidad frente a otros gases es más variable y es una característica específica de los *films* individuales (Hood y Mead, 1995).

Entre los aspectos técnicos más importantes del envasado al vacío o en atmósferas modificadas se encuentran la permeabilidad al oxígeno del material de envasado, cantidad de oxígeno residual en el envase y las características del envasado en lo que se refiere a la pérdida de fluidos. La permeabilidad al oxígeno es importante para dos aspectos: el control del crecimiento microbiano y la oxidación de mioglobina. En el envasado al vacío, aunque se utilice un material con una permeabilidad inferior a  $50 \text{ ml/m}^2$ , no se logra mejorar la inhibición del desarrollo microbiano ni la estabilidad de la mioglobina a nivel comercial, si el nivel de vacío en el interior del envase es de 127 mm de Hg o superior (Brody, 1996).

## 2.7. CONSERVACIÓN EN CONGELACIÓN

Ranken (2003) menciona las siguientes definiciones (en función de las temperaturas):

- Refrigeración: Es el enfriamiento de un producto a temperaturas por encima de su punto de congelación, por ejemplo  $+5^{\circ}\text{C}$  o  $0-2^{\circ}\text{C}$ .
- Superrefrigeración: algunas veces se reserva para el producto justo por encima o por debajo de su punto de congelación, ejemplo  $-2$  a  $+2^{\circ}\text{C}$ .
- Almacenamiento refrigerado: Es el mantenimiento de un producto a temperaturas de refrigeración ( $0-5^{\circ}\text{C}$ ).
- Congelación: Es el enfriamiento de un producto a temperaturas muy bajas, de forma que su agua de constitución se transforme en hielo, y el producto tenga una apariencia totalmente sólida. Normalmente la congelación se hace a temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta incluso  $-35^{\circ}\text{C}$ . En la congelación se puede tener varios casos:

- Convertir el material no congelado (habitualmente a temperaturas de refrigeración) en material congelado; esto requiere una gran capacidad de refrigeración.
- Enfriar el material congelado hasta su temperatura de almacenamiento. Por ejemplo hasta  $-18^{\circ}\text{C}$  o  $-25^{\circ}\text{C}$ .
- Almacenamiento congelado: Es el mantenimiento del producto congelado a una temperatura apropiada, habitualmente  $-18$  a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Esto se logra al mantener el ambiente (atmósfera) del almacén, a la temperatura deseada.

### **2.7.1. EFECTOS DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE**

Como todos los productos expuestos a la congelación, en el músculo, la proporción de agua congelada aumenta cuando la temperatura disminuye. Así a  $-7^{\circ}\text{C}$  el agua en forma de hielo representa aproximadamente el 80 por ciento del agua total del tejido muscular. Cuando la temperatura alcanza  $-20^{\circ}\text{C}$ , alrededor del 90 por ciento del agua se encuentra en estado sólido; este porcentaje no sufre un aumento notable a temperaturas muy bajas (Genot, 2000).

La conservación de los alimentos mediante congelación produce en primer lugar la inhibición del crecimiento de microorganismos. A  $-10^{\circ}\text{C}$ , todo crecimiento bacteriano se paraliza, incluso las bacterias psicrótrofas y psicrófilas. A  $-12^{\circ}\text{C}$ , los hongos dejan de multiplicarse y a  $-18^{\circ}\text{C}$ , las levaduras. Así pues, por debajo de  $-18^{\circ}\text{C}$  no hay ninguna multiplicación de microorganismos. Este efecto es el resultado, por una parte, de la disminución de las velocidades de reacción según la ley de Arrhenius y, por otra parte, de la disminución de la cantidad de agua disponible y su actividad (Genot, 2000).

La congelación ejerce efectos de saneamiento en particular sobre los parásitos de la carne, que no soportan la congelación. Las larvas de ténias y de triquina (*Trichinella spiralis*) mueren después de una a tres semanas a  $-18^{\circ}\text{C}$  o durante una congelación ultrarrápida de hasta  $-29^{\circ}\text{C}$  (Sebranek, 1982).

Sin embargo el mayor deterioro en el almacenamiento de músculos (carne) es la oxidación de lípidos. Las reacciones de oxidación en la carne son los más importantes en la pérdida de calidad, incluyendo el flavor, textura el valor nutritivo y color (Morrissey *et al.*, 1998; citado por Soyer *et al.*, 2010).

Así también, numerosos estudios han sido publicados sobre el efecto de velocidad de congelación y la temperatura de almacenamiento sobre la carne calidad de la carne de vacuno congelada (Faruk *et al.*, 2003). Los resultados coinciden en que a un aumento de la velocidad de congelación y reducción de temperatura de almacenamiento mejorará la calidad de la carne. (Slade y Levine, 1991 citado por Faruk *et al.*, 2003).

#### **a. Pérdida de agua**

En la fase de la congelación, durante la conservación y en el momento de la descongelación, la carne pierde agua por evaporación, por sublimación y por exudación. Las pérdidas de agua por evaporación durante la congelación representan generalmente entre un 0.5 por ciento y un 1.2 por ciento de la masa del producto, aunque puede alcanzar un 5 por ciento. Estas pérdidas dependen, mayoritariamente, de las condiciones de congelación y, especialmente durante una congelación mecánica, de la velocidad de aire de su temperatura y de su humedad relativa.

Durante el almacenamiento, el hielo situado en la parte externa del producto sublima, produciendo una deshidratación superficial. Esta pérdida de agua se ve favorecida por la ventilación, es proporcional al periodo de almacenamiento y a la superficie expuesta, y es mucho menor a bajas temperaturas, debido a que la presión parcial del vapor de agua de la superficie del producto aumenta exponencialmente con la temperatura (Genot, 2000).

El envasado de los productos permite reducir, según la naturaleza del envase, de 4 a 20 veces las pérdidas en agua por evaporación (Daudin, 1988; citado por Genot, 2000). Los materiales más usados son los sacos de tela, tejidos de algodón, el cartón, el papel y el plástico. Este último es muy eficaz, en particular cuando se aplica directamente al producto

(Genot, 2000). En la práctica, las canales de carne se suelen envolver en películas de polietileno y tejidos de algodón (Gennedios *et al.*, 1997; citado por Genot, 2000).

La exudación es una pérdida de jugo que se manifiesta durante la descongelación. Representa generalmente entre 1 y 5 por ciento de la masa inicial del producto. Este fenómeno favorece la pérdida de algunos nutrientes (vitaminas del grupo B, proteínas sarcoplasmáticas, aminoácidos libres, dipéptidos, bases nitrogenadas, nucleósidos, nucleótidos, sales, etc.), y constituye también un factor de riesgo, ya que el jugo de la exudación es un lugar especialmente favorable para el crecimiento de microorganismos.

El volumen de líquido está determinado, por la capacidad de retención de agua de las proteínas, que es una característica intrínseca de la carne, sobre la cual influyen los tratamientos anteriores a la congelación, y las alteraciones físicas o químicas inducidas por la congelación. Por tanto, la exudación es susceptible de variar en función de las características iniciales del producto, de las velocidades de congelación y descongelación, de la temperatura y del periodo de almacenamiento y del envasado (Genot, 2000).

#### - **Influencia de la temperatura y tiempo de almacenamiento**

Cuando la carne congelada se mantiene a temperatura constante, los cristales crecen progresivamente con el tiempo de almacenamiento. En tanto, la capacidad de retención disminuye y la cantidad de exudado durante la descongelación crece (Genot, 2000).

El aumento de exudación durante la conservación de carnes congeladas se constató ya que después de cuatro meses de conservación a  $-20^{\circ}\text{C}$  y al vacío, las pérdidas durante la descongelación de lomo dorsal de cerdo son del 1.2 por ciento, de lomo de vacuno y de ternero son de 4.2 por ciento y de 2.2 por ciento respectivamente. Estas pérdidas aumentan con el tiempo de almacenamiento (Valin *et al.*, 1971, citado por Genot, 2000).

#### - **Influencia del procedimiento de descongelación**

La descongelación no debe ser muy lenta, a fin de reducir el tiempo en la zona de inestabilidad química de la carne ( $0^{\circ}\text{C}$  a  $-5^{\circ}\text{C}$ ). Las cantidades de exudado producidas

durante la descongelación de filetes de *Semimembranosus* y de *Longissimus dorsi* de vacuno no fueron más importantes durante la descongelación en aire, produciéndose resultados idénticos en descongelaciones en microondas o en refrigerador (Mitchell *et al.*, 1991, citado por Genot, 2000).

- **Envasado y exudación**

Además de los efectos positivos sobre las pérdidas por evaporación durante la congelación y la posterior conservación en congelación, el envasado de la carne congelada permite limitar las pérdidas por exudación. La cantidad de exudado aumenta con el periodo de almacenamiento, independientemente del envase, pero impermeable al oxígeno (hoja de aluminio o plástico aluminado) sin eliminar el aire, y es máxima con materiales permeables al oxígeno (PVC o polietileno) (Bhattacharya *et al.*, 1988; Brewer y Harbers, 1991, citado por Genot, 2000). Así mismo se observó que los valores son menores cuando la carne está envasada al vacío (Brewer y Harbers, 1991; citado por Genot, 2000).

**b. Textura**

- **Desnaturalización y oxidación de proteínas durante la congelación**

La crioconcentración de los solutos en el transcurso de la congelación puede provocar modificaciones de la estructura de las proteínas musculares y de sus propiedades (capacidad de retención de agua, solubilidad y actividad enzimática) y en consecuencia, contribuir a modificar la calidad de la carne (jugosidad y textura). A  $-20^{\circ}\text{C}$ , no queda sino un poco más del 10 por ciento de agua en estado líquido. La concentración en solutos ha sido entonces multiplicada, aproximadamente por 10. En estas condiciones, las estructuras secundarias y terciarias de las proteínas sensibles a una fuerza iónica elevada pueden sufrir modificaciones, produciéndose cambios, reversible e irreversibles, en la conformación de las proteínas (desnaturalización). Los efectos de la congelación, generalmente moderados, dependen de las características del producto antes de su congelación (estado de maduración del músculo, troceado, etc.) y en menor medida de las condiciones de congelación; por otro

lado, estos efectos son parcialmente eliminados por el tratamiento térmico (cocción) que a la evaluación de la ternura por métodos instrumentales o sensoriales (Genot, 2000).

En la mayoría de los casos, la congelación provoca un ligero aumento de la ternura de la carne. Después de la cocción, la fuerza de cizalladura de los músculos *Longissimus* de cordero congelados es mucho menor que en el caso de la carne fresca y de la carne que fue cocida con o sin descongelación previa (Ferrier, 1997).

Por último, la capacidad de retención de agua y la capacidad gelificante de las proteínas musculares disminuyen durante la conservación en estado congelado (Wang y Xiong, 1998). Genot (2000) junto a los siguientes autores mencionados afirman que la capacidad emulsificante de las carnes congeladas sería a veces mayor (+6.4 %) que las carnes frescas (Zorba *et al.*, 1993) y a veces menor (Huang y Wang, 1997) lo que podría deberse a cambios de hidrofobicidad superficial de las proteínas. La estabilidad de las emulsiones preparadas con carne congelada de vacuno o de cerdo disminuye progresivamente con el tiempo de congelación (Miller *et al.*, 1980; citado por Genot, 2000).

Así también el ataque de las especies reactivas de oxígeno en las proteínas musculares conduce a la pérdida de grupos sulfhidrilos y la generación de compuestos carbonilos. Estos procesos están comúnmente relacionados a la disminución en la funcionalidad proteica del músculo, conduciendo al incremento de la pérdida de agua, geles de proteínas más débiles o la disminución de la estabilidad en emulsiones (Xiong, 2000; citado por Soyer *et al.*, 2010)

### **c. Flavor**

La alteración del flavor durante la conservación en estado congelado es el resultado de la persistencia de reacciones químicas y enzimáticas en la carne congelada. Estas reacciones conducen a la aparición de productos de degradación, en particular procedentes de la oxidación de lípidos. La oxidación lipídica es inducida por la generación radical libre oxo y/o lipídico y tiene como resultado la generación de componentes tóxicos como el malondialdehído y productos de la oxidación del colesterol. La oxidación de fosfolípidos

causa cambios perceptibles en la calidad de la carne. Estas reacciones ocurren a diferentes temperaturas de congelación y periodos de almacenamiento (Pikul *et al.*, 1985; citado por Soyer *et al.*, 2010).

Bajo la conservación en congelación, la movilidad molecular local y condiciones del medio permiten seguir activadas a determinadas enzimas, como lipasas y fosfolipasas, que actúan en las interfases. Las lipasas liberan ácidos grasos no esterificados, incluso tras seis meses de conservación a -18°C en el músculo *Longissimus dorsi* de cerdo (Hernández *et al.*, 1999). Las rupturas de membranas celulares ocasionadas por la formación de cristales de hielo favorece el contacto de estas enzimas con su sustrato. La cantidad de ácidos grasos libres aumenta, por lo tanto, durante los ciclos de congelación/ descongelación (Cabanés *et al.*, 1995 citado por Genot, 2000), pero también durante el almacenamiento de la carne (Fishwick, 1968; citado por Genot, 2000). Esta hidrólisis es, sin embargo, más rápida al inicio de la conservación (Hernández *et al.*, 1999 citado por Genot, 2000).

Los fosfolípidos son, generalmente, sustrato preferente para las reacciones de oxidación del tejido muscular. En efecto, son los constituyentes mayores de las membranas celulares y generalmente, se oxidan a mayor velocidad que los triglicéridos (Keller y Kinsella, 1973; Igene *et al.*, 1981). Sin embargo, en las carnes picadas y cuando la conservación en estado congelado se prolonga más tiempo, los triglicéridos pueden intervenir de manera significativa en los procesos de oxidación (Igene *et al.*, 1979; Igene *et al.*, 1980; Gray y Pearson, 1987; citado por Genot, 2000).

La oxidación de la carne y su periodo de vida útil durante la congelación depende de:

- Las diferencias relacionadas con la especie animal; la carne de pavo es la más sensible a la oxidación luego la carne de pollo, cerdo, vacuno y finalmente cordero (Wilson *et al.*, 1976; Akamittah *et al.*, 1990; Rhee *et al.*, 1996; Devine *et al.*, 1996; citado por Genot, 2000).
- Las variaciones individuales atribuidas a las características genéticas, a la temporada y al estado fisiológico de los animales.
- La alimentación de los animales
- Las condiciones de mantenimiento y transporte de los animales

- En la misma canal: la pieza de carne considerada, del tipo de metabolismo del músculo.
- Los tiempos de refrigeración y maduración de la carne.

La mejor protección frente a la oxidación de la carne congelada está garantizada por un envasado impermeable a oxígeno y a la humedad, íntimamente pegado al producto y sellado al vacío o bajo una atmósfera inerte (Bhattacharya *et al.*, 1988; Brewer y Harbers, 1991; Sebranek, 1996; citado por Genot, 2000).

#### **d. Color**

La estabilidad de la mioglobina en el tejido muscular, depende de la especie del animal, de las características bioquímicas del músculo y de algunos parámetros externos como la presión parcial de oxígeno y temperatura. Entre las características bioquímicas, el tipo metabólico de las fibras musculares y el pH son los parámetros más importantes (Genot, 2000).

Las carnes rojas (vacuno, ovino mayor y cerdo) son más oscuras, más castaño/gris, cuando están congeladas que descongeladas. La carne oscura de aves domésticas, conejos y aves de caza pueden tener una apariencia púrpura cuando están congeladas y más rojas cuando están descongeladas (Leygonie *et al.*, 2012a).

La oxidación de la oximioglobina en la superficie de la carne es el resultado de procesos de degradación fotoquímica y térmica. En la carne congelada, la autooxidación de la mioglobina se retrasa considerablemente y la fotooxidación puede transformarse en el mayor problema. En efecto, si la velocidad de autooxidación de la mioglobina disminuye de dos a cinco veces cuando la temperatura baja 10°C, con un máximo local situado entre -10°C y -15°C a causa de la crioconcentración de los solutos (Zachariah y Satterlee, 1973), la fotooxidación disminuye sólo un poco por el descenso de la temperatura (Andersen *et al.*, 1979, citado por Genot, 2000) se ha demostrado que el color de la carne congelada de vacuno permanece aceptable después de tres meses a -18°C si la carne se conserva en

oscuridad. Por el contrario, en presencia de iluminación, el color es inaceptable en tan solo tres días (MacDougall, 1982; citado por Genot, 2000).

Por otro lado, el envasado al vacío con materiales impermeables al oxígeno permite mejorar la estabilidad del color. Según (Lanari *et al.*, 1989) el color de la carne de vacuno envasada con materiales permeables al oxígeno (polietileno) se deteriora bastante en 16 días a  $-13^{\circ}\text{C}$  y en 32 días a  $-20^{\circ}\text{C}$ . En cambio a las mismas temperaturas, el color se mantiene aceptable durante más de 250 días si la carne se conserva al vacío con un material impermeable al oxígeno (Lanari *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 1995). Así también, Leygonie *et al.* (2012b) observó para la carne de avestruz, envasada al vacío y congelada a  $-20^{\circ}\text{C}$  por un mes, el color no difirió significativamente por lo que se consideró el mismo para la fresca y la carne congelado/descongelado.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, las cuales fueron:

- Laboratorio de Análisis Físico Químico de Alimentos
- Laboratorio de Investigación e Instrumentación
- Laboratorio de Ingeniería de Alimentos

#### **3.2. MATERIA PRIMA**

Se utilizó los músculos *Longissimus thoracis* y *lumborum* provenientes de 20 alpacas macho de la raza Huacaya de entre 2 y 2.5 años de edad, luego de 48 h después del sacrificio, proveniente del camal de Sumacpacha (Huancavelica) mediante “La Carnicería del Centro de Ventas La Molina”.

Las bolsas para envasado al vacío, fueron de doble capa, formada por poliamida y polietileno (PA/PE), de dimensiones 38.5 cm x 26 cm y espesor promedio  $101.33 \pm 0.55$   $\mu\text{m}$  de desviación estándar. En el envasado sin vacío se utilizaron bolsas de polietileno de 26.8 cm x 28.0 cm y de espesor promedio de  $73.11 \pm 2.3$   $\mu\text{m}$ .

Además las bolsas plásticas utilizadas como material del envasado al vacío obtuvieron un gramaje promedio de  $90.87 \pm 0.71$   $\text{g/m}^2$ . Para el envasado sin vacío se utilizaron bolsas con cierre hermético, de polietileno (baja densidad) con gramaje de  $49.86 \pm 0.35$   $\text{g/m}^2$ . Estos parámetros mencionados fueron obtenidos mediante los controles de envasado (ANEXO 6).

### **3.3. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **3.3.1. MATERIALES**

- Vasos de precipitado de 25, 50, 100 y 250 ml PYREX
- Probetas de 25 y 50 ml PYREX
- Pipetas de 1, 5 y 10 ml KIMAX
- Buretas de 25 y 50 ml KIMAX y soporte universal
- Matraz Erlenmeyer de 50, 150, 250 y 500 ml PYREX
- Matraz volumétrico de 50 y 100 ml PYREX
- Matraz Kitasato de 500 ml PYREX
- Tubos de ensayo con tapa PYREX
- Balón Kjeldhal PYREX
- Extractor Soxhlet PYREX
- Crisol de porcelana
- Tubos de centrifuga
- Embudos de vidrio
- Campana desecadora
- Tapón de jebe o teflón
- Manguera jebe o teflón
- Baguetas
- Perlas de vidrio
- Papel filtro Whatman grado #1 y #42
- Papel parafinado, en trozos de aproximadamente 9 cm x 6 cm
- Cuchillos
- Tabla de picar
- Espátula
- Pinzas
- Plantilla metálica de 10 cm x 10 cm
- Cuchilla
- Arena limpia, lavada con ácido, de una medida tal que pase a través de una malla de 1.4 mm de abertura y que quede sobre una malla de 250  $\mu$ m de abertura.

- Hielo picado
- Guantes

### **3.3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

- Espectrofotómetro MILTON TOY, modelo Spectronic Génesys 5
- Máquina de envasado al vacío HENKELMAN, modelo Boxer 42
- Estufa eléctrica HERAEUS, modelo KF-500
- Centrifuga MLW, modelo T62
- Horno mufla eléctrico
- Analizador de textura BROOKFIELD, modelo QTS
- Equipo semi-micro Kjeldahl: digestor y destilador
- Equipo Soxhlet: sifón, condensador y balón de vidrio
- Cámara de congelación
- Cámara de refrigeración
- Micrómetro analógico MITUTOYO, rango 0.01-10 mm
- Equipo de baño maría MEMMERT, modelo TYP:WB14
- Balanza analítica OHAUS
- Balanza analítica ADAM, modelo CBW-12aH
- Agitador magnético FISHER SCIENTIFIC y magneto
- Termómetro digital
- Termómetro de mercurio BOECO
- Cronómetro CASIO
- Micropipeta de volumen variable 20-200 µl TRANSFERPETTE BRAND.
- Potenciómetro digital HANNA
- Balanza eléctrica comercial (0,02 Kg.)
- Hornilla eléctrica
- Laptop LENOVO con programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI  
Versión 16.2.04 para Windows 7

### 3.3.3. REACTIVOS

- Sulfato de Cobre (II) pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
- Sulfato de Potasio anhidro ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )
- Ácido sulfúrico concentrado ( $d_{20^\circ\text{C}} = 1.84 \text{ g/ml}$ )
- Solución de hidróxido de sodio al 33%, libre de carbonatos, conteniendo aproximadamente 33 g de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) por 100 g de solución. Se prepara disolviendo 500 g de hidróxido de Sodio en 1000 ml de agua.
- Ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), solución valorada 0.1 N
- Solución de  $\text{HCl}$  4 N aproximadamente. Se diluye 100 ml de ácido clorhídrico concentrado ( $d_{20^\circ\text{C}} = 1.19 \text{ g/ml}$ ) con 200 ml de agua y se mezcla.
- Solución de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) al 4%, se disuelve 40 g de ácido bórico en agua y se disuelve a 1000 ml.
- Solución indicadora (rojo de metilo – azul de metilo), se prepara disolviendo 2 g de rojo de metilo y 1 g de azul de metileno en 1000 ml de etanol 95% (v/v). El cambio de color de esta solución indicadora se produce a un pH de 5.4. Se guarda la solución indicadora en una botella marrón en lugar oscuro y fresco.
- Solución de acetato de magnesio: de aproximadamente 150 g/l. Disolver 15 g de acetato anhidro de magnesio de calidad para análisis ó 25 g de acetato tetrahidratado de magnesio de calidad para análisis, en agua destilada y diluir a 100 ml. Determinar el contenido de óxido de magnesio de la solución, sometiendo 1 ml de la solución al tratamiento de determinación de cenizas.
- Éter de petróleo de índice de bromo menor de 1 y que destile entre  $40^\circ\text{C}$  y  $60^\circ\text{C}$ . El residuo de evaporación no debe exceder de 0.002 g por 100 ml.
- Buffer fosfato 0.04 M y pH = 6.8
- Solución de  $\text{NaCl}$  0.6 M.
- Butilato hidroxitolueno (7.2% en etanol, v/v)
- Solución de ácido tiobarbitúrico / Ácido tricloroacético (20 mM TBA/15% TCA, p/v)
- 1,1,3,3-Tetraetoxipropano (TEP) (Sigma Aldrich)
- Reactivo TBA (0.02M en 15% de Ácido tricloroacético)
- Agua destilada

### 3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.4.1. ESQUEMA EXPERIMENTAL

Se tomó el siguiente esquema experimental para lograr los objetivos planteados, se siguieron las etapas presentadas a continuación.

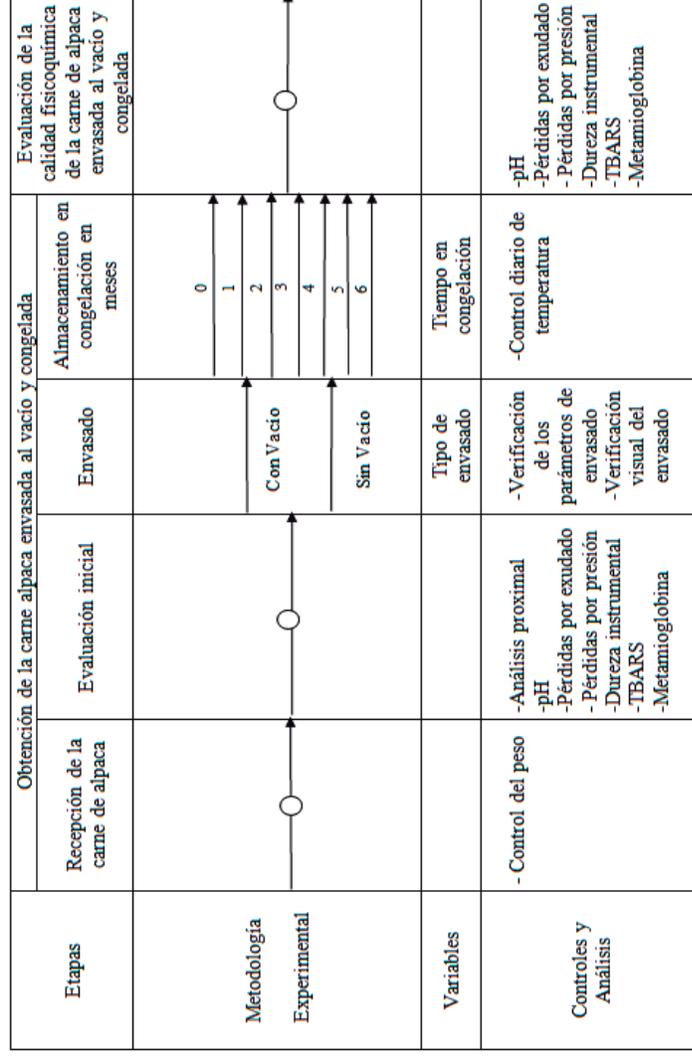
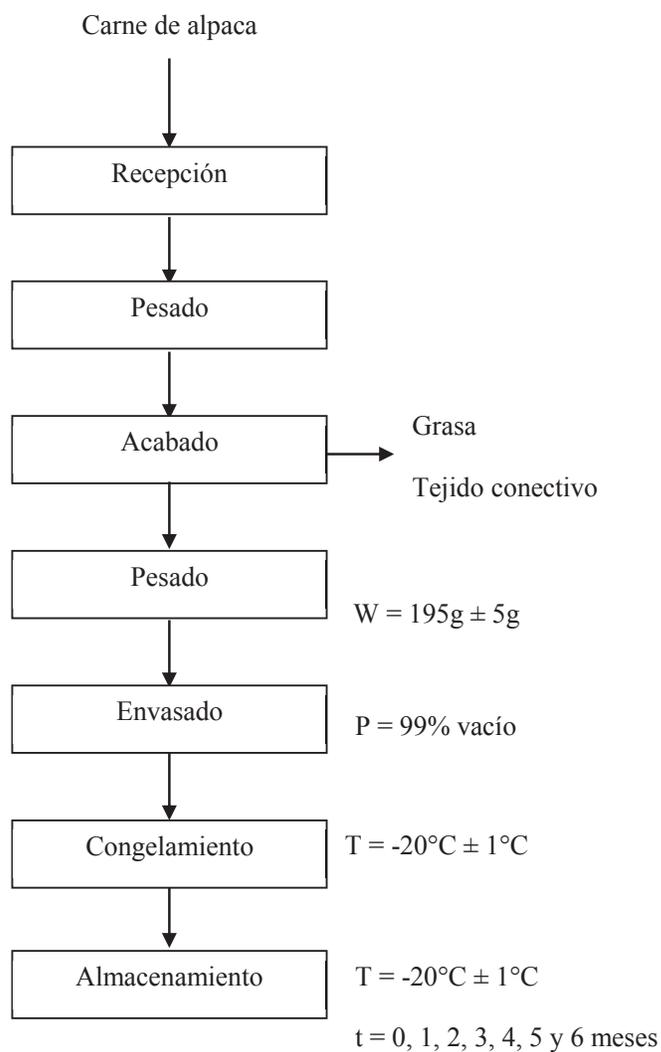


Figura 13: Esquema experimental de la investigación

### 3.4.2. OBTENCIÓN DE CARNE DE ALPACA ENVASADA AL VACÍO Y CONGELADA

La carne de alpaca fue obtenida de un mercado local y envasada al vacío en el transcurso de una hora. Para ello se siguió el flujo de operaciones presentado en la Figura 13.



**Figura 14: Flujo de operaciones para envasar y congelar carne de alpaca**

Además se describe en que consistió cada operación realizada, a continuación:

- Recepción: se recibió los músculos *Longissimus thoracis* y *lumborum* provenientes de 20 alpacas macho de la raza Huacaya de entre 2 y 2.5 años de edad, luego de 48 h después del sacrificio. Y se revisó el estado inicial de la materia prima.
- Pesado: la carne de alpaca fue dispuesta a una balanza para registrar su peso. El peso del *L. thoracis* y *lumborum* fue de 7.8 kg.
- Acabado: se eliminó el exceso de grasa y tejido conectivo del músculo. Se tuvo cuidado de no dañar el músculo.
- Envasado: los músculos correspondientes a los tratamientos con vacío fueron introducidos en bolsas de poliamida/polietileno de 100  $\mu\text{m}$  de espesor y envasados al vacío con el equipo HENKELMAN modelo Boxer 42, generando hasta un 99 por ciento de vacío. Para el resto de tratamientos sin vacío se obvió este procedimiento y sólo se introdujo el músculo en bolsas de polietileno, cerrando herméticamente con el cierre de la bolsa.
- Congelado: La carne fue llevada a  $-20 \pm 1^\circ\text{C}$  (Genot, 2000; Farouk *et al.*, 2003; Leygonie *et al.*, 2012a; Leygonie *et al.*, 2012b).
- Almacenamiento: la carne envasada al vacío y sin vacío fue almacenada en congelación a  $-20 \pm 1^\circ\text{C}$  hasta el día de su evaluación.

### **3.4.3. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE ALPACA**

Se determinó la composición química proximal de la carne de alpaca, por medio de los análisis de humedad, proteína bruta, extracto etéreo y cenizas.

### **3.4.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LA CARNE DE LA ALPACA ENVASADA AL VACÍO**

Las muestras almacenadas a  $-20^\circ\text{C}$  fueron retiradas aleatoriamente al transcurrir 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses en congelación. Se realizaron las siguientes mediciones: pH, capacidad de retención de agua (pérdidas de agua por exudado y presión), oxidación de lípidos (TBARS), dureza (WBSF) y contenido de metamioglobina.

### **3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

#### **3.5.1. ANÁLISIS PROXIMAL**

**a. Humedad**

La determinación del contenido de humedad se realizó por desecación en estufa siguiendo la metodología propuesta por la NTP-ISO 1442 (INDECOPI, 2006).

**b. Proteína bruta – Nitrógeno total**

Se siguió la metodología sugerida en la NTP 201.021 (INDECOPI, 2002), cuantificando el nitrógeno total por el método de Kjeldahl.

**c. Grasa – Extracto etéreo**

Se realizó por medio del extractor Soxhlet basándose en la NTP 201.016 (INDECOPI, 2002).

**d. Cenizas**

Se determinó por medio de la calcinación en mufla siguiendo la metodología de la NTP 201.022 (INDECOPI, 2002).

#### **3.5.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS INDICADORES DE CALIDAD**

**a. pH**

La medida del pH se realizó siguiendo la metodología de la NTP-ISO 2917 (INDECOPI, 2006).

**b. Pérdidas por exudado**

Las pérdidas por exudado fueron estimadas pesando el envase vacío ( $W_p$ ) y el envase conteniendo la carne ( $W_{p+m}$ ) en el mes cero. Después del almacenamiento, la carne fue retirada del envase y el peso del envase más el jugo ( $W_{p+j}$ ) fue registrado, según la metodología de Honikel (1998). Las pérdidas por exudado fueron expresadas como porcentaje del peso inicial de la carne:

$$\text{Pérdidas por exudado (\%)} = \frac{W_{p+j} - W_p}{W_{p+m} - W_p} \times 100$$

**c. Pérdidas por presión**

Se determinó el porcentaje de jugo liberado por compresión o pérdidas por presión, siguiendo la metodología empleada por Grau y Hamm (1957), se detalla en el ANEXO 1.

**d. Determinación instrumental de la dureza**

Se determinó el valor de la dureza con el dispositivo Warner-Bratzler del Analizador de textura Brookfield® CNS Farnell QTS-25. Se utilizó la metodología sugerida por Honikel (1998) (ANEXO 2).

**e. Sustancias reactivas con el ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS)**

La determinación de las sustancias reactivas con el ácido 2-tiobarbitúrico se realizó siguiendo la metodología descrita por Nam y Ahn (2003). La recta patrón se preparó del mismo modo como lo describe Lawlor *et al.* (2000). Los resultados fueron expresados en mg de malonaldehído (MDA) por kg de carne. La descripción detallada del método se muestra en el ANEXO 3.

**f. Determinación del contenido de metamioglobina**

Se empleó la metodología sugerida por Fernández-López *et al.* (2003) con algunas modificaciones. Se presenta en el ANEXO 5. El resultado se expresó como porcentaje de metamioglobina usando la fórmula de Krzywicki (1979) que considera la intensidad de luz absorbida, a diferentes longitudes de ondas, en una muestra obtenida por el método de extracción con buffer fosfato (pH=6.8).

$$\text{MMB (\%)} = [1.395 - ((A_{572} - A_{730}) / (A_{525} - A_{730}))] \times 100$$

Donde:

$A_{572}$ : Absorbancia a 572nm, punto isobéptico (igual coeficiente de extinción molar) de la mioglobina y la oximioglobina.

$A_{525}$ : Absorbancia a 525nm, punto isobéptico (igual coeficiente de extinción molar) de la mioglobina, metamioglobina y la oximioglobina.

$A_{730}$ : Absorbancia a 730nm, punto acromático de la carne correspondiente a la incidencia de la luz.

### **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

Se utilizó un Arreglo Factorial 2x7. Posteriormente, se empleó la Prueba de Duncan como prueba de comparación de medias para determinar la diferencia entre tratamientos. En ambos casos se utilizó un nivel de significancia del 95% ( $\alpha = 0.05$ ). La ejecución del análisis estadístico se realizó con el programa informático STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.2.04. Adicionalmente se determinó el coeficiente de correlación de Pearson con el programa Statistica 9.0.Trial.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA CARNE DE ALPACA

Para el presente análisis, se realizaron las determinaciones del contenido de humedad, proteína cruda, grasa cruda, cenizas y carbohidratos, estos últimos hallados por diferencia. Los resultados se muestran en el Cuadro 25 y son expresados tanto en peso fresco como en extracto seco.

**Cuadro 25: Composición química proximal del músculo *Longissimus thoracis* y *lumborum* de alpaca**

	Base húmeda			Base seca		
	Promedio	±	SD	Promedio	±	SD
Humedad (%)	75.62	±	0.10	-	±	-
Proteína cruda (%)	22.09	±	0.12	90.59	±	0.13
Grasa cruda (%)	1.02	±	0.03	4.18	±	0.15
Ceniza (%)	1.11	±	0.02	4.56	±	0.11
Carbohidratos (%)	0.18	±	0.03	0.74	±	0.04

Se observa que el músculo *Longissimus thoracis* y *lumborum* de alpaca (n=20) presenta como componentes mayoritarios el agua y la proteína con valores promedio de 75.62 y 22.09 por ciento, respectivamente; por el contrario los componentes minoritarios son la grasa y las cenizas cuyos valores promedios fueron 1.02 y 1.11 por ciento.

Los valores obtenidos comparados con los reportados por otros autores (Cuadro 26) resultaron bastante similares. Sin embargo, la humedad fue ligeramente mayor, mientras que el porcentaje de proteína (22.09 ± 0.12) fue cercano al reportado por Salvá *et al.* (2009) (22.69 ± 1.66) para *Longissimus thoracis* de alpaca de 18-24 meses.

El contenido de grasa obtenido se ubicó en el centro de los valores reportados por Salvá *et al.* (2009) y Cristofanelli *et al.* (2004) para LT de alpaca. El porcentaje de cenizas fue similar a las investigaciones Saavedra (2013) y Salvá *et al.* (2009).

**Cuadro 26: Comparación del análisis proximal en carne de alpaca**

	Cuadro 25	Saavedra (2013)	Salvá <i>et al.</i> (2009)	Cristofanelli <i>et al.</i> (2004)
Humedad (%)	75.62	74.99	74.07	73.64
Proteína (%)	22.09	23.07	22.69	23.33
Grasa (%)	1.02	0.26	2.05	0.49
Ceniza (%)	1.11	1.43	1.10	2.54

La composición proximal determinada para el lomo de alpaca es semejante a la encontrada por Mamani y Gallo (2011) en lomo de llamas Khara machos, de 2 y 4 dientes permanentes, procedentes de la región de Arica (Chile). El porcentaje de grasa de llama ( $1.56 \pm 0.67$ ) según Mamani y Gallo (2011) fue similar al obtenido en la presente investigación de alpacas, de este modo representó menor contenido de grasa frente a otras especies como bovina y equina,  $2.27 \pm 0.10$  y  $3.80 \pm 1.54$  respectivamente.

Por otra parte, Polidori *et al.* (2007b) indican valores ligeramente distintos en *Longissimus thoracis* de llamas de 25 meses de edad criadas bajo sistema extensivo, reportando 71.00 y 22.42 por ciento para humedad y proteína, respectivamente. Así también en la investigación de Pérez *et al.* (2000) se encontraron valores diferentes de humedad (67.2-72.2 %), proteínas (19.2-21.8%) y de extracto etéreo (5.5-10.1%) en llamas alimentadas con pastos naturales de Chile. Por lo que se puede afirmar que los factores de variabilidad en la composición química proximal de la carne principalmente son la edad y sexo de los animales, la alimentación del animal y músculo de procedencia de la muestra.

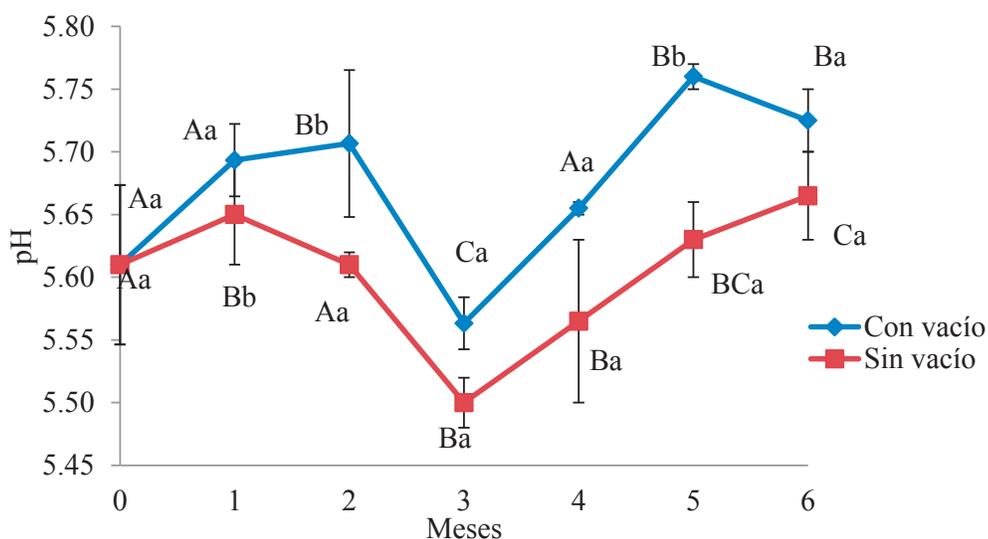
En términos generales, los resultados indican que la carne de alpaca es alta en proteína y baja en grasa, ya que Silliker *et al.* (1980) y Bourgeois *et al.* (1994), citados por Quital (2006), establecen una composición química media de la carne en un 75.0 por ciento de

humedad, 18.5-20.0 por ciento de proteínas, 3.0 por ciento de lípidos y 1.0-2.0 por ciento de cenizas.

## 4.2. CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA ENVASADA AL VACÍO

### 4.2.1. pH

La evolución del pH durante el tiempo de almacenamiento en congelación se muestra en la Figura 15. La carne de alpaca tuvo un valor de pH promedio de 5.61 para el mes cero y mostró una tendencia decreciente conforme transcurrió el primer mes en congelación hasta alcanzar un valor de 5.71, el cual cayó en el tercer mes para ambos niveles con vacío y sin vacío. El análisis estadístico indicó que, el tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre esta variable, del mismo modo para el factor vacío.



<sup>A,B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los meses de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por mes no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

**Figura 15:** Comparación del pH en el *Longissimus thoracis y lumborum* de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C)

El valor inicial de pH para la carne de alpaca (mes cero) fue de 5.61, el cual estuvo comprendido entre los valores 5.63 y 5.57 citados por Salvá (2009) y Cristofanelli *et al.* (2004), respectivamente, para *Longissimus lumborum*; mientras que, Guerrero *et al.* (2004) determinaron un amplio intervalo de pH (5.62-6.52) para *Longissimus dorsi* de alpacas hembras entre 4 a 4.5 años de edad. Por su parte Mamani y Gallo (2011) reportan un valor de 5.48 en *Longissimus lumborum* de 21 llamas machos de entre dos y cuatro dientes permanentes.

En la Figura 15 se observa que tanto la carne de alpaca envasada con vacío como sin vacío, luego de almacenarla en congelación, muestra un comportamiento descendente en el pH en una primera etapa para el mes tres y luego una ligera subida. Muela *et al.* (2010) en su estudio en carne de cordero empacada congelada y a almacenada a  $-18^{\circ}\text{C}$ , menciona que el pH no fue diferente en el método de congelación, ni en el tiempo de almacenamiento en congelación. Por otra parte, autores como Park *et al.* (2007) en un estudio con carne de cerdo señalan que el pH no varía por el método de envasado (con y sin vacío) ni por el tiempo de almacenamiento en congelación a  $-10^{\circ}\text{C}$  (1-12 meses) mas sí por el tipo de corte.

En el caso de la carne al vacío se descarta la posibilidad de que, predominen bacterias ácido lácticas por presentarse en un medio de temperatura muy baja ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) para su desarrollo. Al respecto, Genot (2000) menciona que la conservación de los alimentos mediante congelación produce en primer lugar la inhibición del crecimiento de microorganismos. Así como queda bloqueado el efecto que tiene el empacado al vacío como disminución de pH, en un medio sin  $\text{O}_2$  y sin microorganismos ya que no se genera  $\text{CO}_2$  como resultado del metabolismo.

Sin embargo, Brody (1996) señala que el  $\text{CO}_2$  se disuelve en la fase acuosa de la carne y se genera ácido carbónico, que también contribuye a esta disminución del pH. Asimismo, Leygonie *et al.* (2012a) señalan que en general, el pH de la carne que ha sido congelada y descongelada tiende a ser menor que antes de la congelación. Coincidiendo con lo observado en la presente investigación, con el tratamiento CV y SV del mes tres ya que es menor a los meses anteriores, sin embargo los autores no especifican el tiempo de almacenamiento. En otro estudio, Leygonie *et al.* (2012b) mencionan que existe variación

de pH luego del almacenamiento en congelación después de un mes de *M. iliiofibularis* de avestruz envasada sin vacío en poliestireno. La ligera disminución en el pH de la congelación y descongelación tendría como causa más probable la pérdida de minerales y pequeños compuestos proteicos como exudados, cambiando así el equilibrio iónico en la carne, lo que daría como resultado la disminución del pH. Para este estudio, nos indicaría que desde el primer mes existen ligeras disminuciones de pH.

Posiblemente la disminución de pH se deba a que al ser una medida de la cantidad de iones libres de hidrógeno ( $H^+$ ) en una solución, es posible que la congelación con producción de exudado posterior podría causar la desnaturalización de las proteínas de amortiguamiento, la liberación de los iones de hidrógeno y una posterior disminución en el pH. Alternativamente, la pérdida de líquido del tejido de la carne puede causar un aumento en la concentración de los solutos, lo que resulta en una disminución en el pH. Otra explicación para este hallazgo podría implicar la desaminación de proteínas por agentes microbianos o acción enzimática, con la liberación subsiguiente de átomos de hidrógeno (Leygonie *et al.*, 2011; citado por Leygonie *et al.* 2012b).

Por otra parte, el incremento de pH en los meses cuatro y en adelante para ambos tratamientos CV y SV estaría relacionado con lo que menciona Farouk *et al.* (2003) en su estudio relacionado con la congelación ultra-rápida y a bajas temperaturas en el músculo *Semitendinosus* de 12 novillos, empacados al vacío y almacenados en congelación a  $-20^{\circ}C$ , donde el pH fue superior a los seis meses de almacenamiento. La razón para el aumento en el pH en seis meses podría ser debido a la liberación de aminoácidos libres y dipéptidos, tales como carnosina como resultado de la proteólisis (Farouk y Swa ,1998; citado por Farouk *et al.*, 2003). Los mismos autores además mencionan que Braggins *et al.* (1999) midieron aminoácidos libres durante el almacenamiento en refrigeración de la carne de ovino concluyendo que el aumento de pH observado fue probablemente debido a un aumento en aminoácidos básicos libres relativos al de aminoácidos ácidos libres. Y por el contrario, en su estudio, encontraron valores de pH similares en los diferentes los tiempos de almacenamiento, por lo que, la mejor explicación podría ser el aumento del pH debido a los cambios en la concentración de solutos causada por la recristalización del hielo. Por lo tanto, se dudó de que la diferencia de pH tuviera un efecto significativo en la funcionalidad de la carne. Para el presente estudio, no se halló similitud para los valores de pH a partir

del mes cuatro en adelante muestra un comportamiento ascendente notable (Figura 15), por lo que además de tener en cuenta una evaluación de los compuestos resultantes de proteólisis, se debería considerar la recristalización.

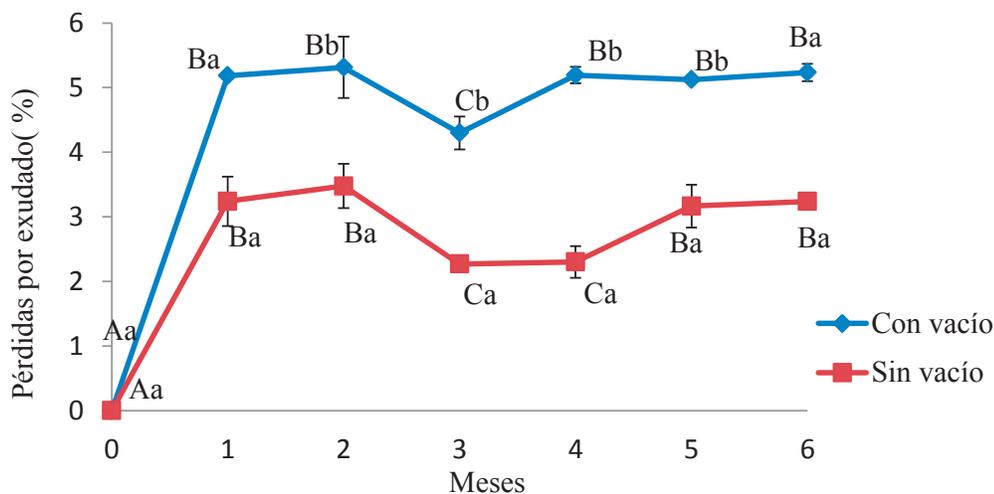
Vergara *et al.* (2005) exponen también este fenómeno en carne de conejo envasada en atmósfera modificada, detallando que en una primera fase ocurre un descenso del pH (especialmente en las atmósferas ricas en CO<sub>2</sub>, en comparación con las ricas en N<sub>2</sub> o en el envasado al vacío) para que luego, en una segunda fase, se incremente este valor. Estos autores indican que este hecho es concordante con otros estudios realizados en carne de cordero y venado, además señalan que la rotura de los tejidos o hidrólisis de las proteínas, con formación de NH<sub>3</sub>, son los responsables del aumento del pH, acontecimiento que también puede ocurrir en carnes envasadas al vacío.

Finalmente los resultados de la evaluación el pH de la carne de alpaca CV (5.56- 5.73) y SV (5.50-5.67) se mantuvieron dentro del rango de 5.5 a 6.4 propuesto por la NTP 201.043 (INDECOPI, 2005).

#### **4.2.2. PÉRDIDAS POR EXUDADO**

La cantidad de líquido liberado por la carne de alpaca se expresó como un porcentaje respecto al peso inicial de las muestras (ver Figura 16) luego de ser envasado y almacenado en congelación.

Para ambos tratamientos CV y SV el músculo *Longissimus dorsi y lumborum* de alpaca se observó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tiempo de almacenamiento en congelación sobre esta característica. Luego, en la prueba de Duncan se determinó en ambos tratamientos que en los primeros dos meses existe un ligero aumento gradual del exudado liberado, el cual no es significativo. Los meses cinco y seis las pérdidas por exudado fueron similares a los meses 1 y 2. Sin embargo en el mes tres, para ambos tratamientos CV y SV, y mes cuatro, sólo para el tratamiento sin vacío, se observa caída del porcentaje de las pérdidas por exudado.



<sup>A,B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los meses de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por mes no presentan diferencias Significativas ( $p>0.05$ ).

**Figura 16: Comparación de pérdidas por exudado en el *Longissimus thoracis y lumborum* de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C).**

Esta variable es la mayor preocupación de calidad en la industria de procesamiento de carne. Leygonie *et al.* (2012b) en su estudio en carne de avestruz envasada sin vacío observaron que también las muestras congeladas/descongeladas se ven afectadas por este problema, la pérdida de líquidos fue de 7.3 por ciento combinando la pérdida del deshielo y la pérdida por goteo.

Mediante estudios en otras especies se constata que existe un aumento de exudación durante la conservación de carnes congeladas después de cuatro meses de conservación a -20°C y al vacío, las pérdidas durante la descongelación de largo dorsal de cerdo son del 1.2 por ciento, de lomo de vacuno y de ternero son de 4.2 por ciento y de 2.2 por ciento respectivamente con respecto a la masa inicial del producto. Estas pérdidas aumentan con el tiempo de almacenamiento (Valin *et al.*, 1971; citado por Genot, 2000).

En la presente evaluación se obtuvieron valores entre 2 y 4 por ciento en el tratamiento sin vacío como los mencionados en las diferentes especies. Adicionalmente, se observa que los

valores del envasado sin vacío son menores a los envasados con vacío. Según Lawrie (1998) la cuantía de exudado está determinado por dos factores, el primero que considera el líquido que se formará una vez formado drenará (tamaño, forma, corte con respecto a las fibras, tendencia a la evaporación, entre otros) y un segundo factor relacionado con el proceso de congelación y la capacidad de retención de agua de las proteínas, determinando así el volumen del líquido que se forma en la descongelación.

Leygonie *et al.* (2012a) coincide que la congelación y descongelación afectan la cantidad de exudado (pérdida descongelación y/o pérdida por goteo). Se libera el agua que antes era inmovilizada y unida a proteínas en los espacios intrafibrilares. El agua liberada se redistribuye luego en el sarcoplásmico y espacios extracelulares.

Ya que el método de descongelación es otro factor importante. Leygonie *et al.*(2012a) mencionan que en términos de la descongelación, existen importantes diferencias de opinión con respecto a la correlación entre la tasa de descongelación y el grado de formación de exudado. Así también González *et al.* (1985) citados por Leygonie *et al.* (2012a) sugieren que si la tasa en la que el agua esté disponible supera la velocidad a la que las fibras puede reabsorber agua, el agua se liberará en forma de exudado.

Haugland (2002) también propuso que un aumento de la tasa de descongelación (o disminución en el tiempo) causa menos exudado. Ambrosiadis *et al.*(1994), citado por Haugland (2002) reportaron que la rápida descongelación de la carne por inmersión en agua se redujo la pérdida por goteo. Por otra parte, se encontró en el último estudio que la descongelación por microondas (35 minutos para llegar a 0°C) aumentó la pérdida por goteo dentro del mismo rango que la descongelación al medio ambiente (5-7 h), pero esta pérdida por goteo fue todavía menos marcada que en el caso de la descongelación refrigerada (28 h), que dio lugar a la mayor pérdida por goteo. En la evaluación se realizó una descongelación refrigerada por 24h en refrigeración por lo que se puede relacionar con una mayor pérdida por goteo. Y posiblemente haya influido en los valores del mes tres.

Con respecto al tipo de envasado se observó, que en el tratamiento de congelación y descongelación fue similar, sin embargo, el método del empacado al vacío junto al

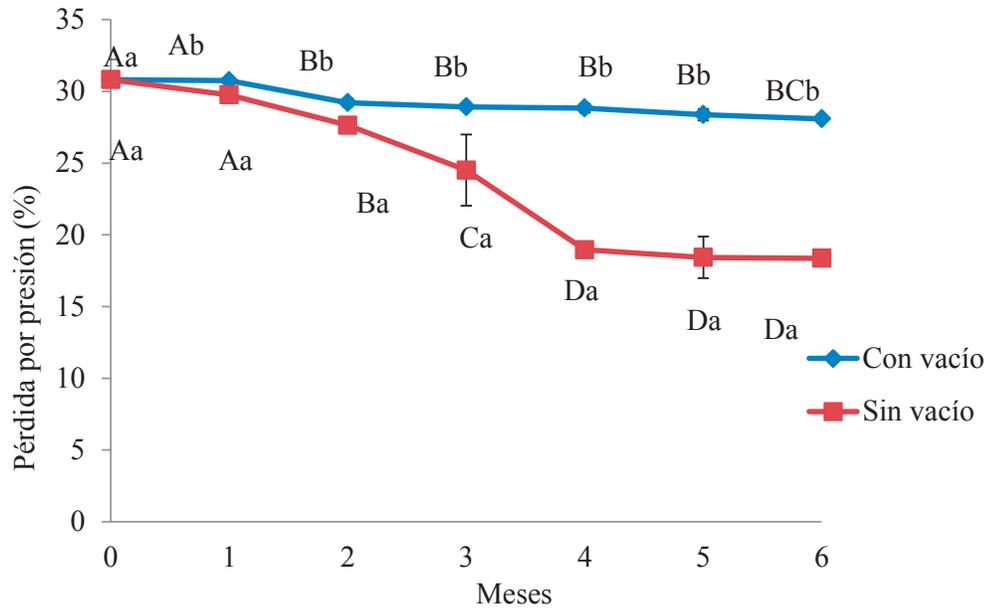
empaques fue influyente. Guevara (2010) menciona que la merma en peso es proporcional al tiempo de almacenamiento y se produce por pérdida de agua que altera la estructura de la carne, de aquí que los empaques que se utilizan deben tener una adecuada permeabilidad al vapor de agua. Posiblemente el laminado que fue un empaque mucho más resistente a la permeabilidad de vapor acumuló más exudado que un empaque más simple de mayor permeabilidad utilizado en el envasado sin vacío.

Así también, el empaque al vacío puede producir cantidades significativas de exudado, se pudo observar mayor facilidad para liberar agua por la extracción de oxígeno. Este problema puede solucionarse en parte utilizando una película que se adhiera firmemente a la superficie de la carne, impidiendo con esto la acumulación del exudado en el poco espacio generado Guevara (2010).

En la investigación realizada por Vergara *et al.* (2005) en carne de conejo envasada en MAP con diferentes proporciones de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>, estos autores hallaron porcentajes muy bajos de pérdidas por exudado (0.02-1.39%) a lo largo de los 20 días de evaluación, pero la tendencia creciente también fue reportada y además, se determinó que las pérdidas por goteo son mayores en atmósferas con mayor contenido de CO<sub>2</sub>, efecto que es común en este tipo de envasado (Church, 1994). Por su parte, Doherty *et al.* (1996) trabajaron con carne de cordero, determinando que el envasado al vacío produce una cantidad significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) de exudado respecto al envasado con cualquier combinación de gases en MAP y que este porcentaje se va incrementando con el tiempo de almacenamiento.

#### **4.2.3. PÉRDIDAS POR PRESIÓN**

Los porcentajes de pérdida de agua por presión del lomo de alpaca se reportan en la Figura 17. Se observó que los valores de agua liberada fueron reduciéndose progresivamente durante el tiempo de almacenamiento en congelación, además esta variable presentó efecto significativo ( $p < 0.05$ ) respecto al factor tipo de envasado (con vacío y sin vacío).



<sup>A,B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los meses de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por mes no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

**Figura 17: Comparación de la capacidad de retención de agua (CRA) en el *Longissimus thoracis y lumborum* de alpaca envasado con y sin vacío por el método de pérdida por presión, por el almacenamiento en congelación (-20°C)**

A lo largo de la evaluación, los porcentajes de las pérdidas de jugo por el método de presión fueron cercanos a los encontrados por Salvá (2009), quien reporta valores comprendidos entre 22.19 y 30.63 por ciento en *L. lumborum* fresco de alpaca, rango que contiene a los porcentajes observados en la presente investigación para la carne de alpaca fresca y envasada al vacío en congelación. Mamani y Gallo (2011) en *L. lumborum* de llamas criadas bajo un régimen de producción extensivo menciona el valor de 17.65 por ciento que se aleja de los valores hallados. Lo cual estaría influenciado por factores de peso al sacrificio y sexo del animal. Del mismo modo, López (1991), citado por Rengifo y Ordoñez (2010) afirma que la pérdida de agua no tiene un comportamiento homogéneo y que va a depender de fuerzas externas como efecto de la temperatura, molido, tipo de corte, tiempo de almacenamiento y calidad de músculo.

Con respecto al efecto que provoca el método de conservación de almacenamiento en congelación, se observa que tanto en el envasado con vacío y sin vacío los porcentajes de jugo liberado por presión disminuyen a lo largo de los meses (ver Figura 17). En general, existe un consenso en la literatura científica sobre la noción de que la congelación, el almacenamiento en congelación y descongelación, todo ello contribuye a una disminución de la capacidad de retención de agua de la carne (Leygonie *et al.*, 2012a).

La pérdida en la capacidad de retención de agua está relacionada con la ruptura de la estructura de las fibras del músculo, así como la modificación y/o la desnaturalización de las proteínas. Leygonie *et al.* (2012b), en su estudio relacionado con el almacenamiento en congelación por 1 mes de *M. iliofibularis* de avestruz envasada sin vacío, menciona que el aumento de la cantidad de aminoácidos libres y carbonilos libres causados por la desnaturalización de la proteína también pueden haber cambiado el punto isoeléctrico de las proteínas resultando en una disminución de capacidad de fijación de agua.

En comparación con la evaluación realizada existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en los valores de pérdida por presión a partir del segundo mes en ambos tipos de envasado CV y SV. Así también Farouk *et al.*, (2003), quienes estudiaron la carne de novilla almacenada en congelación por 12 meses y evaluándola con frecuencia de 3 meses, encontraron que la capacidad de retención de agua de la carne descongelada tendía a disminuir gradualmente (aumento de la pérdida de humedad) con el tiempo hasta 9 meses de almacenamiento y eliminar más agua drásticamente a partir de entonces ( $P < 0,01$ ). Los autores notaron la significancia a partir del tercer mes pero posiblemente se dio desde el primer o segundo mes. Coincidiendo con la evaluación realizada para la carne de alpaca, además se observa que existe mayor variación en el tratamiento sin vacío.

Wismer-Pedersen (1976) y Aspé *et al.* (2008) indican que el factor más influyente en la pérdida por presión es el estado fisicoquímico de las proteínas, principalmente de las miofibrilares. Al ocurrir un cambio en la estructura de las proteínas miofibrilares, lo cual está ligado al descenso del pH observado en esta investigación (hasta mes 3), y al acercamiento al punto isoeléctrico de las proteínas, va a ocurrir una disminución de la pérdida por presión, con lo cual se esperaría un incremento en la variable porcentaje de jugo liberado.

Con el análisis anterior, se puede señalar que con el tratamiento sin vacío (SV) se llega a pH menores durante los tres primeros meses a diferencia del tratamiento con vacío. Esto coincide con los resultados de CRA, presentando el tratamiento SV menor CRA que CV en ese mismo periodo, cuya explicación se basa en que el valor de pH se acerca un poco más al punto isoeléctrico (pH=5.1) de la carne en general y la CRA desciende. La CRA es menor ya que se liberó jugo como pérdidas por exudado es por eso que las pérdidas de presión son menores. En los siguientes meses se mantiene el valor a pesar que el pH tiende a subir.

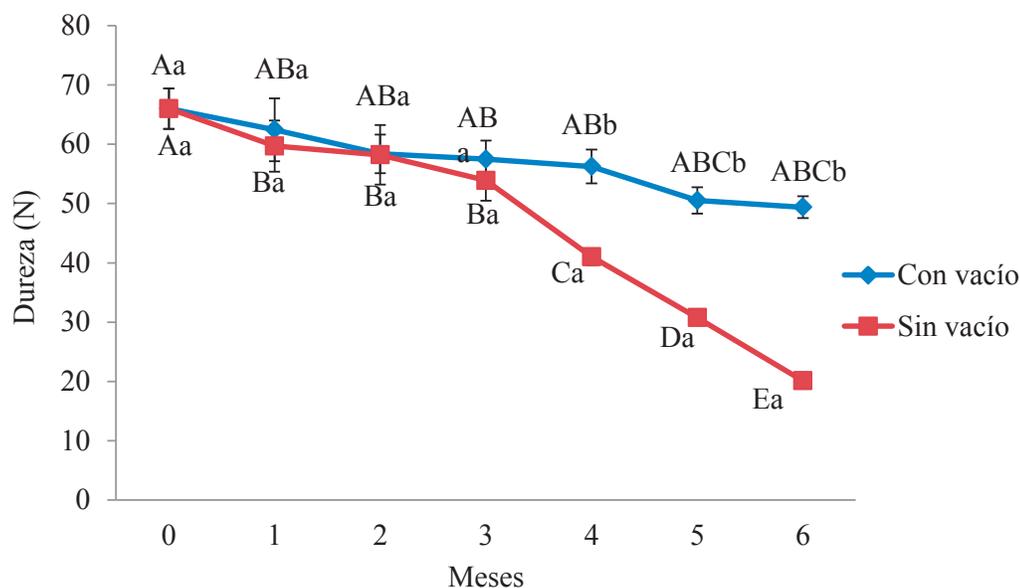
Finalmente es importante mencionar que los cambios en el porcentaje de agua liberada son, en mayor medida, debidos al agua “inmovilizada” en la superficie de las proteínas, en buena parte fijada a sus cargas; mientras que, en mucho menor medida, contribuye el agua “libre” (fácilmente desprendible y que se mantiene únicamente por fuerzas superficiales). Los valores de pérdida por presión fueron mayores en el envasado con vacío debido al método al vacío que en el que existe variación de presión y por lo tanto la estructura de la carne se hace más propensa a la pérdida de agua cuando se aplica una fuerza externa.

#### **4.2.4. DUREZA**

Como se observa en la Figura 18, la dureza de la carne de alpaca disminuyó desde el mes cero hasta el mes seis (38.82%), el daño en las miofibrillas se confirmó estadísticamente presentando diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en cada uno de los meses.

El valor promedio de fuerza máxima de corte hallado en el lomo de alpaca para el mes cero mediante el test de Warner-Bratzler (WBSF, por sus siglas en inglés), correspondería a una carne “dura”, según las clasificaciones propuestas por Belew *et al.* (2003) y Sullivan y Calkins (2007). McMillin (2008) de acuerdo a su investigación sensorial y análisis en Warner-Bratzler señala que el valor de la fuerza de cizallamiento 42.87 N y 52.68 N es la clasificación de carne blanda y dura respectivamente. Por lo que el valor de la carne fresca de alpaca (*Longissimus thoracis y lumborum* de alpaca) con 66.00 N estaría por encima es decir es una carne dura. No obstante, se apreció un descenso conforme transcurrían los meses de almacenamiento en congelación, hasta llegar a un valor de 49.38 N para el

tratamiento CV y 20.11 N para el tratamiento SV. El primer valor sería una carne de dureza intermedia y el segundo representaría una carne blanda.



<sup>A,B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los meses de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por mes no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

**Figura 18: Comparación de la dureza en el *Longissimus thoracis y lumborum* de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C)**

El valor de dureza para el mes cero fue de 66.0 N muy similar a 68.0 N, reportado por Saavedra (2013) (68 N). Sin embargo fue mayor al reportado por otros autores en carne de camélidos. Salvá (2009) encontró una fuerza máxima de 45.80 N en *Longissimus lumborum* de alpaca, mientras que Al-Sheddy y Al-Owaimer (2000) informan de 38.74 N en el músculo *longissimus* de dromedarios. Un valor de 23.96 N fue hallado por Mamani y Gallo (2011) en *Longissimus lumborum* de llama pero la cocción se realizó en un horno eléctrico de convección forzada a 170 °C, hasta que la temperatura en el centro alcance los 70 °C.

En comparación con carne de otras especies en las que se utilizó el mismo método de cocción y en combinación de tiempo y temperatura similares, el valor obtenido fue alto en

algunos casos; se encontró fuerzas máximas de 42.17 N en *L. dorsi* de cordero (Ruiz de Huidobro *et al.*, 1998), 20.41 y 31.72 N en *L. lumborum* de bovino y caballo (Mamani y Gallo, 2011), 44.62 N en *Biceps femoris* de res (González *et al.*, 2011), 75.71 N en *L. thoracis* de ternera (Oliete *et al.*, 2006), 44.55 N en *L. dorsi* de res (Zakrys *et al.*, 2012) y 64.00 N en *L. dorsi* de toros (Lagerstedt *et al.*, 2011).

El descenso de la dureza con el tiempo de almacenamiento en congelación, coincide con un acuerdo general en la literatura que la ternura de la carne aumenta con la congelación y descongelación cuando se mide con fuerza máxima (Farouke *et al.*, 2003; Lagerstedt *et al.*, 2008; Shanks *et al.*, 2002; Miller *et al.*, 1990; citado por Leygonie *et al.*, 2012a). Ferrier (1997); citado por Genot (2000) menciona que después de la cocción, la fuerza de cizalladura de los músculos *Longissimus* de cordero congelados es mucho menor que en el caso de la carne fresca y de la carne que fue cocida con o sin descongelación previa.

Farouk *et al.* (2003) mencionan que el aumento de la ternura con el tiempo podría ser debido a la ruptura de la estructura muscular causada por la actividad de las enzimas y/o la formación de cristales de hielo. Vieira *et al.* (2009) coinciden y añaden que es una combinación de la descomposición de las fibras musculares por acción enzimática en la proteólisis, el envejecimiento y la pérdida de la integridad estructural causada por la formación de cristales de hielo. La formación de grandes cristales de hielo extracelulares altera la estructura física, rompiendo en gran medida las miofibrillas generando ablandamiento. Sin embargo, la formación de pequeños cristales de hielo intracelulares aumenta la tasa de envejecimiento probablemente por la liberación de enzimas de proteasa.

Es importante aclarar que el efecto de ablandamiento de la congelación parece no darse cuando la carne tiene suficientemente años para luego ser congelada (Vieira *et al.* 2009). Resultados contradictorios se han obtenido de la evaluación sensorial de ternura (Lagerstedt *et al.*, 2008), donde era un pico más bajo en ternura reportado en muestras de carne congelada/descongelada en comparación con la carne refrigerada. El panel sensorial entrenado mencionó que el resultado fue atribuido a la pérdida de fluido durante la descongelación que resultó en menos agua disponible para hidratar las fibras musculares; por lo tanto, una cantidad mayor de fibras por área parecía aumentar la tenacidad como fue percibida por el panel sensorial.

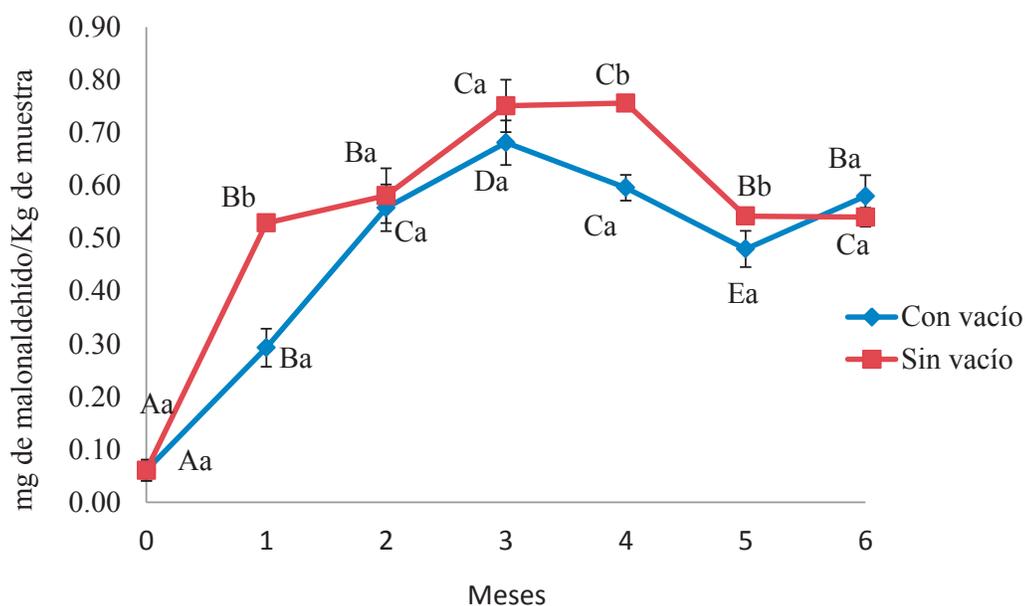
La dureza es un indicador de la ternura, que es definida como la facilidad con que la carne se deja masticar, está influenciada por la edad, sexo, peso y raza del animal, estrés *ante mortem* (Muchenje *et al.*, 2009), contenido de colágeno, estabilidad térmica del músculo y su estructura miofibrilar (Monsón *et al.*, 2005; Muchenje *et al.*, 2008). Elevados valores de la WBSF están relacionados con alta actividad de la calpastatina, baja grasa intramuscular, baja fragmentación miofibrilar, altos niveles de colágeno total y bajo de colágeno soluble o la combinación de estos factores (Kannan *et al.*, 2006; Nakamura *et al.*, 2010; Duarte *et al.*, 2011).

Aunque es ampliamente reconocida y frecuente la asociación del contenido de colágeno con la dureza del músculo, Wheeler y Koohmaraie (1991) indican que el componente miofibrilar sería un factor más importante que las características del tejido conectivo en la influencia de la ternura de la carne. Aun así, no se puede dejar de lado la trascendencia que tiene el colágeno en la dureza de la carne. Ramírez (2004) señala que el contenido de colágeno tiene una relación directa con las propiedades de textura; además, Scöfnelt y Naudé (1994) encontraron que la dureza aumenta con la edad y al parecer, está relacionada con el tejido conectivo y muy especialmente con las propiedades del colágeno; sin embargo, la concentración de colágeno no varía significativamente con el crecimiento del animal, pero es más insoluble a mayor peso y edad (Cross *et al.*, 1984).

Francisco *et al.* (2010) determinaron que en búfalos, el peso antes del sacrificio tiene un efecto en los valores de fuerza máxima, siendo la relación directa. Uno de los posibles factores de la mayor dureza de la carne de alpaca respecto a otras especies animales, es el sistema de crianza tradicional que se realiza en Perú. Galián (2007) señala que los animales criados en sistemas al aire libre o en extensivo, presentan carne menos tierna en comparación con la crianza estabulada o en intensivo, debido a que en el sistema ecológico habitualmente ocurre una menor ganancia media diaria de peso, lo que disminuye el potencial glicolítico en el músculo al momento del sacrificio. Dufek *et al.* (2008) encontraron que el *Longissimus lumborum* obtenido de toros provenientes de un sistema de crianza extensivo fue más duro que el grupo de animales criados bajo un sistema intensivo.

#### 4.2.5. SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO

El aumento de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) fue progresivo según tiempo meses de almacenamiento. El índice de TBARS para el mes cero fue de 0.06 mg de malonaldehído/kg de carne fresca que sugiere que la carne de alpaca fue de calidad inicial aceptable.



<sup>A,B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los meses de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por mes no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ).

**Figura 19: Comparación de TBARS en el *Longissimus thoracis y lumborum* de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C)**

El valor en promedio de MDA inicial en la carne de alpaca (mes cero) fue un valor más bajo a comparación de los reportados por Saavedra (2013) para el mes cero señaló 0.31 mg de malondialdehído/kg de carne fresca de alpaca y otros autores carne de camélidos como Abd Alla (2008b) indica 0.1 mg MDA/kg de carne de dromedario pero utilizando el método de destilación y Jouki y Khazaei (2012) encontraron un valor inicial de 0.2 mg MDA/kg de carne de camello.

En comparación con carne de otras especies como en vacuno, la cantidad de TBARS en mes cero de la carne de alpaca se acercó más al valor obtenido por Iacurto *et al.* (2001) con 0.13 mg MDA/kg, sin embargo también existen reportes con valores más altos, así Kim *et al.* (2002) indican 0.53 mg MDA/kg y Popova *et al.* (2009) 0.61 mg MDA/kg. En carne de cerdo, Kim *et al.* (2002) y Nam *et al.* (2004) encontraron, para ambos estudios, el valor de 0.12 mg MDA/kg. Por otro lado, en pecho de pavo se halló valores de 0.25 mg MDA/kg (Nam y Ahn, 2003) y 0.27 mg MDA/kg (Kim *et al.*, 2002) de mg MDA/kg, mientras que en muslo fue de 0.39 mg MDA/kg (Nam y Ahm, 2003). Finalmente, Seydim *et al.* (2006) señalan una cantidad de 0.5 mg MDA/kg de carne de avestruz.

El tiempo de almacenamiento en congelación tuvo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en el contenido de TBARS del lomo de alpaca en ambos tratamientos SV y CV. Según Leygonie *et al.* (2012a) el aumento de la concentración de solutos debido a la congelación de la fracción de agua aumenta la reactividad química (Petrović, 1982), lo que crea un ambiente favorable para reacciones de oxidación de lípidos y proteínas. Generalmente el aumento de oxidación de lípidos rápidamente después de la descongelación como la peroxidación (oxidación de lípidos primaria) se produce durante almacenamiento en congelación dando lugar a la rápida y severa oxidación de lípidos secundaria (formación de ácido tiobarbitúrico) que resulta en un aumento de TBARS (Owen y Lawrie, 1975). Muela *et al.* (2010) también observaron un aumento en la tasa de formación de TBARS cuando el tiempo de congelación se incrementó (en carne de cordero). También Vieira *et al.* (2009) afirmó que el TBARS de la carne fresca de res fue significativamente más bajo que la carne almacenada durante 90 días a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Mencionó que estos productos secundarios de la oxidación causan sabores de rancidez, graso, picante y otros malos sabores.

Al ejecutar la prueba de Duncan, se obtuvo diferencias significativas entre los meses 0, 1, 2 y 3 los cuales tuvieron tendencia ascendente mientras que los meses 4, 5, 6 mostraron una tendencia descendente y fueron similares a los primeros meses. Al respecto, Soyer *et al.* (2010) en su estudio de carne de pollo almacenado en congelación mencionan que el aumento fue sustancialmente (rápido y significativo) durante los primeros 2 meses de almacenamiento en congelación en carne de muslo de pollo. A partir de entonces, los valores de TBARS disminuyeron durante los últimos meses de almacenamiento. El descenso del número de TBARS en el tiempo también ha sido expuesto por Rodas *et al.*

(2011) quienes hallaron una disminución de este índice en carne de res envasada al vacío durante su almacenamiento en refrigeración, atribuyéndole este fenómeno a las interacciones entre el malonaldehído y las proteínas. Fernández *et al.* (1997) afirman que una de las más importantes limitaciones del MDA es su inestabilidad al transcurrir largos periodos de tiempo.

Las TBARS son una medida de los productos resultantes de la oxidación secundaria de lípidos (aldehídos, carbonilos o hidrocarburos). Por lo tanto, sus concentraciones en el producto también pueden comenzar a disminuir con el tiempo, lo cual va a estar influenciado por múltiples factores como: las condiciones de almacenamiento, tipo de envasado, contenido de grasa y crecimiento microbiano. En consecuencia, la cantidad de TBARS variará dependiendo del balance entre su tasa de formación y su tasa de descomposición. Por lo que, un valor bajo de TBARS no es un indicador absoluto de la calidad de la carne.

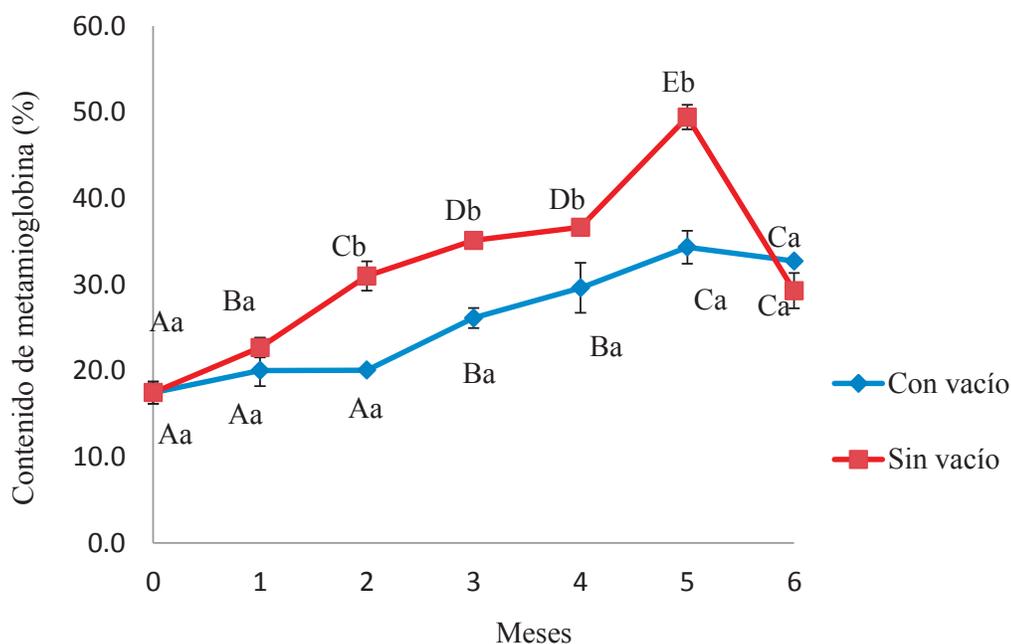
Respecto al efecto del tipo de envasado, como se observa en la Figura 19, el tratamiento sin vacío presentó valores mayores que el tratamiento con vacío, la diferencia fue significativa ( $p < 0.05$ ) excepto en los meses 2, 3 y 6. El mismo efecto fue observado por otros autores en el envasado aeróbico el cual mostró un aumento más rápido en la oxidación de lípidos que el envasado al vacío en lomo de cerdo, carne de cordero, y la parte superior cocida filetes de solomillo durante el almacenamiento en refrigeración (Shinand Lee, 2002 ; Berruga, 2005 ; citados por Park *et al.*, 2007).

El máximo valor se obtuvo para el mes tres en el tratamiento SV con 0.75 mg MDA/kg y en el tratamiento CV con 0.68 mg MDA/kg. El aumento de la oxidación lipídica por el efecto del almacenamiento en congelación fue en general 10 veces el valor inicial (carne fresca de alpaca). Así también según Soyer *et al.* (2010) los resultados de los análisis de TBARS de las muestras de carne de pollo durante el almacenamiento en congelación se vio significativamente influenciada por la duración del almacenamiento ( $p < 0.01$ ). Los valores de MDA aumentaron de 0.33 a 0.97 mg MDA /kg en carne de muslo y 0.30 a 0.76 mg MDA/kg en carne de pechuga después 6 meses de almacenamiento. En comparación con la presente evaluación los valores son mayores, pero el incremento es menor durante 6 meses.

Se observó que los valores de TBARS se encontraron por debajo de 1.0 mg MDA/kg de carne fresca, que se establece como límite mínimo para la detección de sabores y olores rancios por panelistas entrenados (Nam y Ahn, 2003; Jayasingh *et al.*, 2002), mientras que el común de personas solo detectan la rancidez a los 2.0 mg MAD/kg de carne (Greene y Cumuze, 1982).

#### 4.2.6. METAMIOGLOBINA

Se determinó que existe un aumento del porcentaje de metamioglobina conforme transcurren el tiempo almacenamiento obteniéndose efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (ver Figura 20).



<sup>A,B</sup> Las letras mayúsculas iguales entre los meses de evaluación de un mismo tratamiento no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Las letras minúsculas iguales entre los tratamientos por mes no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

**Figura 20: Comparación del contenido de metamioglobina en el *Longissimus thoracis y lumborum* de alpaca envasado con y sin vacío, por el almacenamiento en congelación (-20°C)**

Varnan y Sutherland (1998); citados por Perazzini (2006) señalan que los pigmentos de la carne congelada son los mismos de la carne fresca, sino que la forma más frecuente es la metamioglobina (mioglobina oxidada que tiene el hierro en la forma oxidada  $Fe^{+3}$ ), lo que hace una carne más oscura que la carne fresca.

Añón y Calvelo (1980); citado por Leygonie *et al.* (2012b) indican que luego del congelado el producto es más marrón y más opaco en apariencia, en general, menos atractivo para el consumidor. Esto es debido al efecto de la desnaturalización de la fracción globina de la molécula de mioglobina durante la congelación, almacenamiento y descongelación.

Así también es importante indicar que la oxigenación de la mioglobina es rápida y reversible, y la fracción del pigmento en teoría oxigenado aumenta con el aumento de concentración de oxígeno (Forrest *et al.*, 1975; citado por Gill, 1996). En contraste, Ledward (1985) menciona que la metamioglobina es estable, y se reconvierte a desoximioglobina sólo poco a poco, por reacciones de la enzima denominada actividad de reducción de metamioglobina (Gill, 1996). Sin embargo, la actividad de reducción de metamioglobina decae durante el almacenamiento del músculo, así que después de largos períodos de almacenamiento la estabilidad de color de los músculos estables inicialmente es similar a la de los músculos que eran inicialmente relativamente pobre en estabilidad de color (Moore y Gill, 1987; Gill, 1996). Farouk *et al.* (2003) coincide y señala otra alternativa a la variación de color, esto debido al aumento de la oxidación de lípidos con el tiempo (Akamittath *et al.*, 1990). Farouk y Swan (1998) añaden que se produce un aumento de los radicales libres (y pro-oxidantes) debido a la oxidación de lípidos y de proteínas, también son factores contribuyen a la oxidación acelerada de mioglobina luego de congelación/descongelación y el consecuente color marrón y opaco de la carne.

Como se indicó, la desnaturalización de la fracción de globina de la mioglobina molécula se lleva a cabo en algún momento durante la congelación, el almacenamiento congelado y descongelación (Calvelo, 1981). La desnaturalización conduce a un aumento de la susceptibilidad de mioglobina a la auto-oxidación y la subsiguiente pérdida de presentación de color óptimo. Esta teoría ha sido verificada por muchos autores comparando el grado de *bloom* y la capacidad de la carne para resistir la oxidación a

metamioglobina durante almacenamiento de congelación/descongelación y posterior refrigerado (Abdallah *et al.*, 1999; Farouk y Swan, 1998; Lanari *et al.*, 1990; Lanari y Zaritzky, 1991; Leygonie *et al.*, 2011; Marriott *et al.*, 1980; Otremba *et al.*, 1999; citados por Leygonie *et al.*, 2012a).

En la evaluación se observó que el tiempo tenía efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en el aumento progresivo del porcentaje de metamioglobina en la carne, así como el tipo de envasado. De acuerdo al estudio del tipo de envasado sin vacío y con vacío se observó que el primer tratamiento produjo mayor contenido de metamioglobina desde un valor inicial de 17.44 por ciento hasta llegar a un pico de 49.44 por ciento en el mes cinco. En el tratamiento con vacío el máximo valor fue 34.33 por ciento. Así como, se presentó diferencia significativa entre los dos tratamientos a partir del segundo mes. Por lo que se confirmó que el tiempo transcurrido en meses y más aún con almacenamiento a bajas temperaturas eleva los valores de metamioglobina. Respecto al tipo de envasado, el envasado sin vacío sumaría la producción del compuesto oxidado, ya que en el caso que se aplicó vacío se mantendría en cierta medida la desoximioglobina.

Para el mes seis se observa una caída de los porcentajes de la metamioglobina para ambos tratamientos (CV y SV). Esto se relaciona con lo señalado por Andersen y Skibsted (1991) quienes indican que la formación de metamioglobina está altamente correlacionada con la oxidación de lipídica de la carne. Como se observa en la Figura 19 en los resultados de TBARS en los meses 5 y 6 decrecen ya que los productos de la oxidación secundaria lípidos (aldehídos, carbonilos o hidrocarburos) comienzan a disminuir con el tiempo. Dentro de estos productos se encuentran los aldehídos que según Lynch y Faustman (2000) mencionan que pueden alterar la estabilidad de la mioglobina (Mb) mediante el aumento de la oxidación, la disminución de la capacidad de la metamioglobina a reducirse enzimáticamente y la mejora de la actividad prooxidante de la metamioglobina. Por lo que, a menores concentraciones de este producto de oxidación disminuirían dichos efectos.

Así mismo es importante indicar que el envasado al vacío con materiales impermeables al oxígeno permite mejorar la estabilidad del color. Según (Lanari *et al.*, 1989) el color de la carne de vacuno envasada con materiales permeables al oxígeno (polietileno) se deteriora bastante en 16 días a  $-13^{\circ}\text{C}$  y en 32 días a  $-20^{\circ}\text{C}$ . En cambio a las mismas temperaturas, el

color se mantiene aceptable durante más de 250 días si la carne se conserva al vacío con un material impermeable al oxígeno (Lanari *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 1995), lo cual coincide con la tendencia que se observó en el presente estudio.

Renerre (1990); citado por Gill (1996) señala que para frenar las reacciones asociadas con la oxidación de pigmento (evitar la producción de metamioglobina) y para aumentar la profundidad de la capa superficial oxigenada, se debe mantener la carne a una temperatura tan baja como sea posible sin que se congele y añade que se debe tener en cuenta los dos medios evidentes para preservar el color muscular de los tejidos mediante la modificación de la atmósfera a la que está expuesta. Al aumentar la fracción de oximioglobina resistente a la oxidación, mediante la exposición de la carne a altas concentraciones de oxígeno; o en gran parte, o de preferencia totalmente, excluir el oxígeno de la carne.

Finalmente es importante indicar que, la mejor protección frente a la oxidación de la carne congelada está garantizada por un envasado impermeable a oxígeno y a la humedad, íntimamente pegado al producto y sellado al vacío o bajo una atmósfera inerte (Bhattacharya *et al.*, 1988; Brewer y Harbers, 1991; Sebranek, 1996; citado por Genot, 2000).

#### 4.2.7. CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

Se obtuvo el grado de relación entre las variables correspondientes a las propiedades tecnológicas, para una muestra de 42 datos.

Correlaciones (Hoja de cálculo3)						
Corr. marcadas son significantes con p <						
N=42 (Borr. caso a caso de los dat.falt.						
Variable	TBARS	Perdidas por presión	Perdidas por exudado	pH	metamioglobina	Dureza
TBARS	1.00	-0.50	0.50	-0.21	0.59	-0.43
Perdidas por presión	-0.50	1.00	0.08	0.24	-0.75	0.90
Perdidas por exudado	0.50	0.08	1.00	0.54	0.17	-0.13
pH	-0.21	0.24	0.54	1.00	-0.12	-0.07
metamioglobina	0.59	-0.75	0.17	-0.12	1.00	-0.67
Dureza	-0.43	0.90	-0.13	-0.07	-0.67	1.00

**Figura 21: Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables TBARS, pérdidas por presión, pérdidas por exudado, pH, metamioglobina y dureza**

Se observa relación positiva entre las variables: pérdidas por exudado y TBARS, metamioglobina y TBARS, pérdidas de presión y dureza, pH y pérdidas por exudado. Mientras que se presentó una relación negativa entre las variables: pérdidas por presión y TBARS, dureza y TBARS, pérdidas por presión y metamioglobina, dureza y metamioglobina.

Las variables más relacionadas fueron pérdidas por presión y dureza con un coeficiente de correlación + 0.90. Después de ejercer presión se libera poca agua y por lo tanto queda más agua entre las fibras, así dureza será menor, es decir se necesitará menor fuerza para el corte de la carne. Sin embargo tiene poca relación a lo mencionado por Farouk *et al.* (2003), que el aumento de la terneza con el tiempo podría ser debido a la ruptura de la estructura muscular causada por la actividad de las enzimas y/o la formación de cristales de hielo.

Otras variables también muy relacionadas fueron pérdidas por presión y metamioglobina, con un coeficiente de correlación de -0.75. Cuanto menor sea el agua liberada por la presión que se ejercida, mayores serán los valores de metamioglobina. Al ocurrir un cambio en la estructura de las proteínas miofibrilares, ocurre una disminución de la CRA, con lo cual se un incremento del porcentaje de pérdidas de jugo. Sin embargo, la relación contraria que se observa queda explicada por una disminución del contenido de humedad en la carne de alpaca, los valores de pérdidas por exudado son mayores. Así también, el daño y la desnaturalización conduce a un aumento de la susceptibilidad de mioglobina a la auto-oxidación y la subsiguiente pérdida de presentación de color óptimo. (Dikeman y Boyle, 1999; citados por Leygonie *et al.*, 2012a).

Las variables metamioglobina y dureza también presentaron uno de los coeficientes de correlación altos, con un valor de -0.67. La dureza está relacionada con la estructura de las miofibrillas, Vieira *et al.* (2009) coinciden que el aumento de terneza es una combinación de la descomposición de las fibras musculares por acción enzimática en la proteólisis, el envejecimiento y la pérdida de la integridad estructural. Y según la correlación hallada la estabilidad de la mioglobina variará, si la dureza disminuye la metamioglobina aumenta. La oxidación de lípidos y proteínas tienen relación de manera inversa con la dureza.

La correlación entre las variables metamioglobina y TBARS presentó como coeficiente un valor de +0.59. Es decir que al aumentar TBARS aumenta el contenido de metamioglobina. Con ello se obtiene una relación numérica de ambas variables que fue mencionada por Lynch y Faustman (2000) como la producción de TBARS a causa de los productos de la oxidación secundaria lípidos entre estos los aldehídos pueden alterar la estabilidad de la mioglobina (Mb) mediante el aumento de la oxidación, la disminución de la capacidad de la metamioglobina a reducirse enzimáticamente y la mejora de la actividad prooxidante de la metamioglobina.

Las variables pH y pérdidas por exudado presentaron un coeficiente de correlación de +0.54, esto significaría es que al presentarse mayores valores de pH, mayor serán las pérdidas. Este resultado estuvo relacionado en el caso de daño de la estructura del tejido como lo menciona Vergara *et al.* (2005) señalan que la rotura de los tejidos o hidrólisis de las proteínas, con formación de  $\text{NH}_3$ , son los responsables del aumento del pH. Por tanto una estructura dañada presentaría mayor liberación de exudado. Difiriendo en parte de lo encontrado en la teoría que a menor pH las pérdidas por exudado serían menores cuando los valores de pH son menores a  $\text{pH}=5.1$ , sin embargo cuando los valores de pH están por encima, a mayor pH menores serán las pérdidas por exudado.

Las variables pérdidas por exudado y TBARS presentaron un coeficiente de correlación de + 0.50 el cual indica que a mayor valores de pérdidas por exudado mayor será el valor de TBARS muy relacionado con el deterioro de la carne. Ferrari (1998) menciona que los lípidos oxidados y productos de la oxidación lipídica, pueden formar complejos proteína-lípido o provocar fragmentación de proteínas. Por tanto una estructura dañada presentaría mayor liberación de exudado. Por ello las variables dureza y TBARS presentaron un coeficiente de correlación negativo de 0.43. La dureza es menor a valores mayores de TBARS. Y Traore *et al.* (2012) añade como consecuencia la disminución de retención de agua.

Sin embargo las variables pérdidas por presión y TBARS presentaron un coeficiente de correlación de -0.50 el cual indicó que a mayores valores de oxidación de lípidos la pérdida por presión de la estructura dañada era menor, siendo mayores también las pérdidas por exudado.

## V. CONCLUSIONES

1. El pH de la carne de alpaca envasada con vacío y sin vacío muestra una tendencia decreciente hasta el tercer mes de almacenamiento en congelación, luego del cual tiene una tendencia creciente, siendo mayor con el envasado al vacío.
2. El porcentaje de pérdida de agua por exudado de la carne de alpaca se mantuvo constante desde el primer al sexto mes de almacenamiento en congelación (para ambos tipos de envasado) siendo mayor con el envasado al vacío.
3. La capacidad de retención de agua de la carne de alpaca disminuye de manera ligera durante el almacenamiento en congelación, siendo mayor con el envasado al vacío en comparación al envasado sin vacío.
4. La dureza de la carne de alpaca se reduce significativamente con el tiempo de almacenamiento en congelación, observándose una menor caída con el envasado al vacío.
5. La oxidación lipídica de la carne de alpaca se incrementa hasta el tercer mes de almacenamiento en congelación, observándose que con el envasado al vacío esta reacción es menor.
6. El contenido de metamioglobina en la carne de alpaca se incrementa durante los meses de almacenamiento en congelación, observándose que el envasado al vacío contribuye a que el porcentaje de metamioglobina en la carne sea menor.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar análisis microbiológicos y sensoriales para obtener un conocimiento más completo del comportamiento de la carne de alpaca envasada al vacío luego de ser almacenada en congelación.
2. Ejecutar estudios complementarios en las regiones productoras de alpacas para implementar una planta envasadora de cortes primarios de carne de alpaca envasada al vacío y congelada con la finalidad de generar productos de valor agregado en estas zonas.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ABD ALLA, D. 2008a. The effects of cooking methods on cooking loss and sensory evaluation in camels (*Camelus dromaderius*) and cattle meat. Research Journal of Biological Sciences 3 (6): 612-615.
2. ABD ALLA, D.2008b. The effects of preservation periods on meat characteristics of camel and cattle. Research Journal of Biological Sciences 3 (6): 616-619.
3. ABERLE, E; FORREST, J; GERRARD, E; MILLS, E.; HEDRICK, H; JUDGE, M; MERKEL, R.2001. Principles of meat science. 4 ed. Estados Unidos, Kendall Hunt. 376 p.
4. AGUILAR, J; HERNANDEZ, M; GARCÍA, R; RAMÍREZ, E; GUERRERO, I. 2007. pH, color y suavidad de carne de corderos alimentados con dietas suplementadas con selenio y magnesio. Parámetros de calidad de la carne. Industria Cárnica Latinoamericana.130:22-27.
5. ANDERSEN, H; SKIBSTED, L. 1991. Oxidative stability of frozen pork patties. Effect of light and added salt. Journal of Food Science. 56: 1182-1184.
6. ARAMAYO, C. 2003. Elaboración de un producto tipo jerky a partir de carne de alpaca (*Lama pacos*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 178 p.
7. ARANGO, C; RESTREPO, D; AMÉZQUITA, A; RESTREPO, R. 2001. Industria de carnes (en línea). Consultada el 23 de mayo de 2013. Disponible en: [www.scribd.com/.../ESTRUCTURA-COMPOSICION-QUIMICA-Y-CALIDAD-INDUSTRIAL-DE-LA-CARNE](http://www.scribd.com/.../ESTRUCTURA-COMPOSICION-QUIMICA-Y-CALIDAD-INDUSTRIAL-DE-LA-CARNE)
8. ARIAS, J; GAMARRA, J. 2001. Esmtu *pupureum*) pastoreado por alpacas (*Lama pacos*). *Anales Científicos UNALM*, 49: 49-65.
9. ASPÉ, E; ROECKEL, M.; MARTI, C; JIMÉNEZ, R. 2008. Envasado de carne de vacuno con hueso y grasa en atmósfera modificada con CO<sub>2</sub> y CO. Información Tecnológica, 19 (6): 57-69.

10. AVILA, F. 2011. Uso de antioxidantes naturales para mantener la estabilidad oxidativa de la carne de pollo. Tesis Dr. Ciencias. Montecillo, México, Colegio de Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad Ganadera. 103 p.
11. AVILA, M; ROJAS V. 1979. Relación peso vivo, peso vellón en diferentes edades de alpacas var. Huacaya. Tesis Ing. Zootecnista. Puno, Perú. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 209.p
12. BADIANI, A; NANNI, N; GATTA, P; BITOSSI, F; TOLOMELLI, B; MANFREDINI, M. 1998. Nutrient content and retention in selected roasted cuts from 3 month-old ram lambs. Food Chemistry, 61 (1): 89-100.
13. BADUI, S. 2006. Química de los alimentos. 4 ed. México. Pearson Educación. 716 p.
14. BAUTISTA, J. 2009. Determinación de los requerimientos de proteína de mantenimiento y crecimiento de alpaca (*Lama pacos*) mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis Dr .Ph. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Post Grado. 102 p.
15. BELEW, J, BROOKS, J, McKENNA,D; SAVELL, J. 2003. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. Meat Science 64 (4): 507-512.
16. BELTRAN, E. 2004. Alta presión isostática: Estudio del color y de la fracción lipídica de productos avícolas. Tesis Dr. Ciencias de los Alimentos. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 154 p.
17. BENJAKUL, S;BAUER, F. 2001. Biochemical and physicochemical changes in catfish (*Silurus glanis* Linne) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. Food Chemistry, 72 (2): 207-217.
18. BIRD, RP; DRAPER, H. 1984. Comparative studies of different methods of malondialdehyde determination. Methods in Enzymology 105: 299-305.
19. BLANDINO, L. 2005. La industria de la Carne Bovina en Centroamérica: Situación y perspectivas. Servicios Internacionales para el Desarrollo Empresarial (en línea). San José, SIDE. Consultado 18 ene. 2014. Disponible en: <http://www.google.com.pe>.
20. BORDA, A; OTTONE, G; QUICANÑO, I. 2007. No solo de fibra viven los alpaqueros. En: Perú Hoy, Mercados globales y (des)articulaciones internas. Lima, DESCO. (12): 329-359.

21. BONACIC, C. 2001. Características biológicas y productivas de los camélidos sudamericanos. Avances en Ciencias Veterinarias 6(2). Consultado 18 de jun. d 2013. Disponible en <http://www.avancesveterinaria.uchile.cl>.
22. BRODY, A. 1996. Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. 1 ed. Zaragoza, Acribia. 213 p.
23. BUETTNER, GR. 1993. The pecking order of free radicals and antioxidants: lipids peroxidation,  $\alpha$ -tocopherol, and ascorbate. Archives of Biochemistry and Biophysics 300 (2): 535-543.
24. BUREAU, G. 1995. Embalaje de los alimentos de gran consumo. Zaragoza, Acribia.768p.
25. BUSTINZA, V. 2001. La alpaca, conocimiento del gran potencial andino. Puno, Universidad Nacional del Altiplano. 496 p.
26. BUSTINZA, V; GARNICA, J; MAQUERA, Z; LARICO, J; APAZA, E; FORAQUITA, H. 1993. Carne de alpaca. Puno, Universidad Nacional del Altiplano.140 p.
27. BYLKAS S; ANDERSSON, L. 1997. Microburger biochemistry: extraction and spectral characterization of myoglobin from hamburger. Journal of Chemical Education 74: 426–430.
28. CABRERA, L. 2003. Utilización de carne de cordero (*Ovis aries*) y alpaca (*Lama pacos*) en productos tipo salchicha frankfurt y jamón ahumado. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.198 p.
29. CALDERON, W; FERNÁNDEZ-BACA, S. 1972. Peso vivo y rendimiento de canal en la alpaca. Revista de Investigaciones Pecuarias 1(1): 5-9.
30. CALLE, R. 1982. Producción y mejoramiento de la alpaca. Lima: Fondo del Libro del Banco Agrario del Perú. 334 p.
31. CAÑEQUE, V. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal de la carne de rumiantes. Instituto Nacional de investigación y Tecnología Agraria Alimentaria Madrid. 255p.
32. CAÑEQUE, V. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa en los rumiantes). 1 ed. Madrid. Instituto Nacional de investigación y Tecnología Agraria Alimentaria.448p.

33. CARLEZ, A; VECIANA-NOGUES, T; CHEFTEL, JC. 1995. Changes in colour and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing. *Lebensmittel - Wissenschaft & Technologie* 28:528-538.
34. CHAN, K.; DECKER, E; FEUSTMAN, C. 1994. Endogenous skeletal muscle antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34(4): 403-426
35. CHANG, R; LOARTE, R; LUNA, H; MELGAREJO, N. 2006. Estudio de pre-factibilidad para un centro de beneficio y comercialización de cortes de carne de alpaca (*Lama pacos*). Trabajo de Investigación. Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 198 p.
36. CHIZZOLINI, R; ZANARDI, E; DORIGONI, V; GHIDINI, S. 1999. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science and Technology* 10(4-5): 119-128.
37. CHURCH, N. 1994. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food Science and Technology* 5(11): 345-352.
38. COATES, W; AYERZA, R. 2004. Fatty Acids composition of llama muscle and internal fat in two Argentinian herds. *Small Ruminant Research* 52(3): 231-238.
39. CONACS (CONSEJO NACIONAL DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS). 2005. Plan estratégico nacional de camélidos sudamericanos. Lima.
40. 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 Science*, 66 (3): 589-593.
41. CRISTOFANELLI, S; ANTONINI, M; TORRES, D; POLIDORI. P; RENIERI, C. 2005. Meat and Carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Small Ruminant Research* 58 (3): 219-222.
42. CROSS, H; CROUSE, J; MACNEIL, M. 1984. Influence of breed, sex, age and electrical stimulation on carcass and palatability traits of three bovine muscles. *Journal of Animal Science* 58 (6): 1358-1365.
43. DAMODARAN, S; PARKIN, K; FENNEMA, O. 2010. Fennema Química de los Alimentos. 3 ed. Zaragoza, Acribia. 1154 p.
44. DÍAZ, P. 2009. Calidad y deterioro de platos “*sous vide*” preparados a base de carne y pescado y almacenado en refrigeración. Tesis Dr. Murcia, España. Universidad de Murcia. 336 p.

45. DOHERTY, A; SHERIDAN, J; ALLEN, P; McDOWELL, S; BLAIR, I. 1996. Physical characteristics of lamb primals packaged under vacuum or modified atmospheres. *Meat Science* 42 (3): 315-324.
46. DUARTE, M; PAULINO, P; FONSECA, M; DINIZ, L; CAVALI, J; SERÃO, N; GOMIDE, L; REIS, S; COX, R 2011. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore bulls. *Meat Science* 88(3): 441-446.
47. DUFEK, A; BJELKA, M; ŠUBRT, J; SIMEONOVÁ, J; HOMOLA, M; FILIPCÍK, R ;RÍHA, J. 2008. Effect of different feeding conditions and aging on meat tenderness in bulls. *Archiva Zootechnica* 11(1): 64-69.
48. ESTÉVEZ, M. 2005. Desarrollo de nuevos transformados cárnicos cocidos a partir de carne, hígado y grasa de cerdo Ibérico con antioxidantes naturales. Tesis Dr. Cáceres, España. Universidad de Extremadura. 500 p.
49. FAIRFIELD, T. 2006. The Politics of Livestock Sector Policy and the Rural Poor in Peru. Fuente original: LEONARD, David. Pro-Poor Livestock Policy Initiative (PPLPI), Working Paper No. 32 (70 pp.). Roma: Food and Agriculture Organization.
50. FAROUK, M; SWAN, J. 1998. Effect of muscle condition before freezing and simulated chemical changes during frozen storage on the pH and colour of beef. *Meat Science* 50, 245–256.
51. FAROUK, M; WIELICZKO, K.; MERTS, I. 2003. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Science* 66(1), 171-179.
52. FENNEMA, O. 2000. Química de los alimentos. 2 Ed. Zaragoza. Acribia.
53. FERNÁNDEZ-BACA, S. 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú (Proyecto de cooperación técnica de la FAO para el apoyo a la crianza y aprovechamiento de los camélidos sudamericanos en la Región Andina). Proyecto de Cooperación Técnica TCP/RLA/2914. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
54. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J; SEVILLA, L; SAYAS-BARBERÁ, E; NAVARRO, C; MARÍN, F; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. 2003. Evaluation of the antioxidant potential of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in cooked pork meat. *Journal of Food Science* 68 (2): 660-664.

55. FERNÁNDEZ, J; PÉREZ-ÁLVAREZ, J; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry* 59(3): 345-353.
56. FERRARI, C. 1998. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: Mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. *Revista de Nutrição* 11(1): 3-14.
57. FERRIER, G. 1997. Tenderness of meat cooked from fresh, frozen and thawed states. *Proceeding of the 43rd ICoMST*. Auckland, New Zealand. 560-561.
58. FRANCISCO, C; JORGE, A; ANDRIGHETTO, C; PINHEIRO, R; SURGE, C, TAVARES, S; ANDRADE, C; SANTOS, T. 2010. Meat quality from buffaloes finished in feedlot and slaughtered in different weights. *Meat Production* 5: 517-519.
59. FRANK, E; ANTONINI, M; TORO, O. 2008. *South American Camelids research*. 1 Ed. Germany, Wageningen Academic Publishers. 400p.
60. FRANKEL, E. 1984. Recent advances in the chemistry of the rancidity of fats. Fuente original: BAILEY, A. J. (Ed.) *Recent advances in the chemistry of meat*. The Royal Society of Chemistry, Special Publication (47): 87-118.
61. GALIÁN, M. 2007. Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico. Efecto del sistema de manejo. Tesis Dr. Murcia, España. Universidad de Murcia. 366 p.
62. GAMARRA, M. 1994. Problemática de la crianza y producción de la alpaca en el Perú: Situación actual y alternativas de solución. *Revista en Ciencias Veterinarias*. 10 (4): 10-17
63. GARCÍA, P. 1996. Estudio fisicoquímico y microbiológico de la estabilidad de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) ahumada y envasada al vacío. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 142 p.
64. GARCÍA, E; GAGO, L; FERNÁNDEZ, J. 2006. *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora*. Madrid, Dirección General de Universidades e Investigación. 141 p.
65. GARCÍA, M. 2008. *Tecnologías de envasado en atmósferas protectoras y su calidad microbiológica*. Alfa Editores Técnicos. 300 p.
66. GARRIZ, C. 2001. *Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos*. Argentina. Consultado 20 oct. 2013. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/14](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14)

-calidad\_organoleptica\_de\_la\_carne\_vacuna.htm

67. GENOT, C. 2000. Congelación y calidad de la carne. 1 ed. Zaragoza, Acribia. 104p.
68. GILL, C. 1996. Extending the Storage Life of Raw Chilled Meats. *Meat Science* 43(1): 99-109.
69. GIRÓN-CALLE, J; ALAIZ, M; MILLÁN, F; RUIZ-GUTIÉRREZ, V; VIOQUE, E. 2003. Bound malondialdehyde in foods: Bioavailability of the N,N'-di-(4-methyl-1,4-dihydropyridine-3,5-dicarbaldehyde) lysine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (16): 4799-4803.
70. GONZÁLEZ, R; FRANCO, D; RIVERO, C; FERNÁNDEZ, M; JUSTO, J; LAMA, J, MORENO, T; GARCÍA-FONTÁN, M; LORENZO, J. 2011. Efecto del envasado en la vida útil de carne de ternera "Cachena" procedente de diferentes sistemas de explotación. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1: 226-230.
71. GRAU, A; GUARDIOLA, F; BOATELLA, J; BARROETA, A; CODONY, R. 2000. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: Influence of various parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 (4): 1155-1159.
72. GRAU, R; HAMM, R. 1957. Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. II Mitt. Über die Bestimmung der Wasserbindung des Muskels. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung* 105: 446-460.
73. GRAY, J. Measurement of lipid oxidation. 1978. A review. *Journal of the American Oil Chemists's Society* 55: 539-546.
74. GRAY, J; MONAHAN, F. Measurement of lipid oxidation in meat and meat products. 1992. *Trends in Food Science and Technology* 3: 315-319.
75. GRAY, J; GOMAA, E; BUCKLEY, D. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science* 43:111-123.
76. GREENE, B; CUMUZE, T. 1982. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science* 47(1): 52-54.
77. GUERRA, M. 2005. Desarrollo de productos con carne de alpaca: Proyecto de cooperación técnica de la FAO para el apoyo a la crianza y aprovechamiento de los camélidos sudamericanos en la Región Andina. Roma, Proyecto de Cooperación Técnica TCP/RLA/2914.120p.

78. GUERRERO, I; ARTEAGA, M. 1990. Tecnología de Carnes: Elaboración y preservación de productos cárnicos. México D.F, Trillas. 94 p.
79. GUERRERO, O; VILCA, M.; RAMOS, D; LUCHO, E; FALCON, N. 2004. Estimulación eléctrica de canales de alpacas para mejorar su calidad organoléptica. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 15(2): 151-156.
80. HAARD, N. Biochemistry and chemistry of color and color change in sea foods. In FLICK, G; MARTIN, R. 1992. Advance in seafood biochemistry. Technomic Publishing. 312-319.
81. HACK, W. 2001. The Peruvian alpaca meat and hide industries (Report).Barton, Australia, Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC) no. 01/19. 11pp.
82. HAMILTON, R. 1999. The chemistry of rancidity in foods. In ALLEN, J. C. and HAMILTON, R. (Ed.) Rancidity in foods. Gaithersburg, Aspen Publishers. pp. 1-21.
83. HAUGLAND, A. 2002. Industrial thawing of fish to improve quality, yield and capacity. Ph.D. Engineering Thesis, Norway, Norwegian University of Science and Technology.
84. HERNÁNDEZ, B; LIZASO, G; HORCADA, A; BERIAIN, M; PURROY, A. 2006. Meat colour of fighting bulls. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 14(3): 90-94.
85. HERNÁNDEZ, P; NAVARRO, J; TOLDRÁ, F. 1999. Effect of frozen storage on lipids and lipolytic activities in the *Longissimus dorsi* of the pig. Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A/Food Research Technology 208 (2): 110-115.
86. HOFFMAN, K. 1993. Quality concepts for meat and meat products. Fleischwirtschaft 73: 1014-1019.
87. HONIKEL, K. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Science 49(4): 447-457.
88. HUERTA-LEIDENZ, N; RODAS-GONZÁLEZ, A; SMITH, G. 2004. Effect of vacuum aging and influence of sire on palatability of beef *Longissimus* from grass-fed F1 Senepol x Zebu bulls. Revista científica FCV-LUZ 14(3): 263-269.
89. HULTIN, H. 1992. Lipid oxidation in fish muscle. In: FLICK, G; MARTIN, R. (Eds.). Advance in seafood biochemistry. Technomic Publishing. 99-122.

90. IACURTO, M; SETTINERI, D; MORMILE, M; BISEGNA, V. 2001. Effects of modified atmosphere packaging on meat shelf life of two breeds. Firenze, Italy. Proc. 14<sup>th</sup> ASPA National Congress 299-301.
91. INEI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA). 2012. Perú: Compendio Estadístico 2012. Lima.
92. INDECOPI (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL). 2005. Norma Técnica Peruana, NTP 201.043:2005. Carne y productos cárnicos. Definiciones, requisitos y clasificación de las carcasas y carne de alpacas y llamas. Lima, INDECOPI.13 p.
93. INDECOPI (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL). 2005. Norma Técnica Peruana, NTP-ISO 2917:2005. Carne y productos cárnicos. Medición de pH. Método de referencia. Lima, INDECOPI. 12 p.
94. INDECOPI (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL). 2006. Norma Técnica Peruana, NTP-ISO 1442:2006. Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia. Lima, INDECOPI. 7 p.
95. INDECOPI (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL). 2002. Norma Técnica Peruana, NTP 201.016:2002. Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de grasas total. Lima, INDECOPI. 8 p.
96. INDECOPI (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL). 2002. Norma Técnica Peruana, NTP 201.021:2002. Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de proteínas. Lima, INDECOPI. 11 p.
97. INDECOPI (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL). 2002. Norma Técnica Peruana, NTP 201.022:2002. Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de cenizas. Lima, INDECOPI. 7 p.
98. JAYASINGH, P; CORNFORTH, D; CARPENTER, C; WHITTIER, D. 2001. Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. Meat Science 59(3): 317-324.

99. JOUKI, M; KHAZAEI, N. 2012. Lipid oxidation and color changes of fresh camel meat stored under different atmosphere packaging systems. *Journal of Food Processing and Technology* 3 (11).
100. KADWELL, M; FERNÁNDEZ, M; STANLEY, H; BALDI, R.; WHEELER, J; ROSADIO, R; BRUFORD, M. 2001 Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proceedings of the Royal Society of London B Biological Sciences*, 268(1485): 2575-2584.
101. KANNAN, G; GADIYARAM, K; GALIPALLI, S; CARMICHAEL, A; KOUAKOU, B; PRINGLE, T.; McMILLIN, K; GELAYE, S. 2006. Meat quality in goats as influenced by dietary protein and energy levels, and postmortem aging. *Small Ruminant Research*, 61 (1): 45-52.
102. KIM, Y; NAM, K; AHN, D. 2002. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Science* 61(3): 257-265.
103. KOOHMARAIE, M; WHIPPLE, G; KRETCHMAR, D; CROUSE, J; MERSMANN, H. 1991. Postmortem proteolysis in *longissimus* muscle from beef, lamb and pork carcasses. *Journal of Animal Science* 69(2): 617-624.
104. KRZYWICKI, K. 1979. Assessment of relative *M. longissimus dorsi* content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Science* 3(1): 1-10.
105. LAGERSTEDT, Å; LUNDSTRÖM, K; LINDAHL, G. 2011. Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef *M. longissimus dorsi* steaks after different ageing times. *Meat Science* 87(2): 101-106.
106. LAGERSTEDT, A; ENFALT, L; JOHANSSON, L; LUNDSTROM, K. 2008. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef. *Meat Science* 80: 457-461.
107. LAWLOR, J; SHEENY, P; KERRY, J; BUCKEY, D; MORRISSEY, P. 2000. Measuring oxidative stability of beef muscles obtained from animals supplemented with vitamin E using conventional and derivative spectrophotometry. *Journal of Food Science* 65(6): 1138-1141.
108. LAWRIE, RA. 1998. *Ciencia de la carne*. 3 ed. España, Editorial Zaragoza. 367 p.
109. LEYGONIE, C; BRITZ, TJ; HOFFMAN, LC. 2012a. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science* 91(2): 93–98.

110. LEYGONIE, C; BRITZ, TJ; HOFFMAN, LC. 2012b. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. iliofibularis*. Meat Science 91(3) : 364–368.
111. LYNCH, MP; FAUSTMAN, C. 2000. Effect of Aldehyde Lipid Oxidation Products on Myoglobin. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48 (3): 600-604.
112. LIU, Q; SCHELLER, K; ARP, S; SCHAEFER, D; WILLIAMS, S. 1996. Titration of fresh meat color stability and malondialdehyde development with Holstein steers fed vitamin E-supplemented diets. Journal of Animal Science 74(1): 117-126.
113. LÓPEZ, R & CASP, A. 2004. Tecnología de mataderos. Madrid: Mundi-Prensa. 433 p.
114. LÓPEZ, C; ISABEL, B; REY, A. 1999. Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo. En REBOLLAR, P; BLAS, C; MATEOS, G. (Ed.) XV Curso de Especialización. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Avances en Nutrición y Alimentación Animal. pp. 223-252.
115. MAESTRE, R. 2012. Mecanismos implicados en la acción antioxidante de polifenoles naturales en productos de la pesca y acuicultura. Tesis Dr. Química. Santiago de Compostela, España. Universidad de Santiago de Compostela. 230 p.
116. MAMANI, L; GALLO, C. 2011. Composición química y calidad instrumental de carne de bovino, llama (*Lama glama*) y caballo bajo un sistema de crianza extensiva. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 22 (4): 301-311.
117. MANCINI, R; HUNT, M. 2005. Current research in meat color. Meat Science 71(1): 100-121.
118. MARÍN, J; ZAPATA, B; GONZÁLEZ, B; BONACIC, C; WHEELER, J; CASEY, C; BRUFORD, M; PALMA, E; POULIN, E; ALLIENDE, M; SPOTORNO, A. 2007. Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular. Revista Chile de Historia Natural 80(2): 121-140.
119. MARTÍNEZ, L; DJENANE, D; CILLA, I; BELTRÁN, J; RONCALÉS, P. 2005. Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. Meat Science 71 (3): 563-570.
120. MCMILLIN, K. 2008. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. Meat Science, 80:43–65.

121. MOHAMED, A; JAMILAH, B; ABBAS, K; ABDUL RAHMAN, R. 2008. A review on lipid oxidation of meat in active and modified atmosphere packaging and usage of some stabilizers. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 6 (3/4): 76-81.
122. MONSÓN, F; SAÑUDO, C; SIERRA, I. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science* 71(3): 471-479.
123. MORENO, B. 2006. *Higiene e inspección de Carne*. Ed. rev. Madrid, Díaz de Santos.v.1. 646 p.
124. MORRISSEY, P; SHEEHY, P; GALVIN, K; KERRY, J; BUCKLEY, D. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science* 49(1): 73-86.
125. MOTTRAM, D. 1987. Lipid oxidation and flavour in meat and meat products. *Food Science and Technology* 1: 159-162.
126. MUCHENJE, V; DZAMA, K; CHIMONYO, M; STRYDOM, P; HUGO, A; RAATS, J. 2008. Sensory evaluation and its relationship to physical meat quality attributes of beef from Nguni and Bonsmara steers raised on natural pasture. *Animal* 2(11): 1700-1706.
127. MUCHENJE, V; DZAMA, K; CHIMONYO, M; STRYDOM, P; HUGO, A; RAATS, J. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry* 112 (2): 279-289.
128. MUELA, E; SAÑUDO, C; CAMPO, M; MEDEL, I; BELTRÁN, JA. 2010. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science* 8(4): 662-669.
129. MURAMOTO, T; SHIBATA, M; NAKANISHI, N. 2003. Effect of slaughter age on beef color stability during display of four muscles from Japanese black steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 16(9): 1364-1368.
130. NAKAMURA, Y; TSUNEISHI, E; KAMIYA, M; YAMADA, A. 2010. Histological contribution of collagen architecture to beef toughness. *Journal of Food Science* 75(1): 73-77.
131. NAM, K; AHN, D. 2003. Double-packaging is effective in reducing lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey meat. *Poultry Science* 82: 1468-1474.

132. NAM, K; AHN, D. 2003. Combination of aerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey breast. *Meat Science* 63(3): 389-395.
133. NAM, K; MIN, B; LEE, S; CORDRAY, J; AHN, D. 2004. Prevention of pinking, off-odor, and lipid oxidation in irradiated pork loin using double packaging. *Journal of Food Science* 69(3): 214-219.
134. NAVARRO, G; BRINGAS, L; PACHECO, R. 2004. Nuevas herramientas para el estudio de la oxidación de los ácidos grasos, una de las causas fundamentales en la pérdida de calidad de los alimentos para la acuicultura. En CRUZ, L; RICQUE, D; NIETO, M; VILLARREAL, D; SCHOLZ, U; GONZÁLEZ, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19.
135. NEELY, K; TAYLOR, CH; PROSSER, O; HAMLYN, P. 2001. Assessment of cooked alpaca and llama meats from the statistical analysis of data collected using an "electronic nose". *Meat Science*, 58(1): 53-58.
136. OLLETE, B; MORENO, T; CARBALLO, J; MONSERRAT, L; SÁNCHEZ, L. 2006. Estudio de la calidad de la carne de ternera raza Rubia Gallega a lo largo de la maduración al vacío. *Archivos de Zootecnia* 55 (209): 3-14.
137. OWEN, J; LAWRIE, R. 1975. The effect of an artificially induced high pH (hydrogen-ion concentration) on the susceptibility of minced porcine muscle to undergo oxidative rancidity under frozen storage. *Journal of Food Technology* 10: 169-180.
138. PALACIOS, R. 1987. Elaboración de embutidos tipo Hot dog y Mortadela a partir de la carne de alpaca (*Lama pacos*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 140p.
139. PARK, S; YOO, S; UH, J; EUN, J; LEE, H; KIM, Y; CHIN, K. 2007. Evaluation of lipid oxidation and oxidative products as affected by pork meat cut, packaging method, and storage time during frozen storage (-10°C). *Journal of Food Science*, 72(2): 114 - 119.
140. PARRY, R. 1995. Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. Ed. rev. Madrid, Madrid Vicente. 331 p.
141. PAYNE, S; DURHAM, C; SCOTT, S; DEVINE, C. 1998. The effects of non-vacuum packaging systems on drip loss from chilled beef. *Meat Science* 49(3): 277-287.

142. PERAZZINI, L. 2006. Cinética de ruptura do ferro heme em carne bovina (coxão mole-semimembranosus) submetida a diferentes tratamentos térmicos. Tese Dr. Brasil, Universidade de São Paulo. Consultado 18 ene. 2014. Disponible em <http://www.teses.usp.br>
143. PÉREZ, P; MAINO, M.; GUZMÁN, R.; VAQUERO, A; KÖBRICH, C; POKNIAK, J. 2000. Carcass characteristics of llamas (*Lama glama*) reared in Central Chile. *Small Ruminant Research* 37(1): 93-97.
144. POLIDORI, P; ANTONINI, M; TORRES, D; BEGHELLI, D; RENIERI, C. 2007a. Tenderness evaluation and mineral levels of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) meat. *Meat Science* 77 (4): 599-601.
145. POLIDORI, P; RENIERI, C; ANTONINI, M; LEBBORONI, G. Llama meat nutritional properties. *Italian Journal of Animal Science* 6(1): 857-858, 2007b.
146. POPOVA, T; MARINOVA, P; VASILEVA, V; GORINOV, Y; LIDJI, K. Oxidative changes in lipids and proteins in beef during storage. *Archiva Zootechnica* 12(3): 30-38, 2009.
147. PRICE, J; SCHWEIGERT, B. 1994. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. 2 ed. Zaragoza, Acribia. 668 p.
148. QUISPE, E. 2010. Estimación del progreso genético de seis esquemas de selección en alpacas (*Vicugna pacos* L.) Huacaya con tres modelos de evaluación en la región altoandina de Huancavelica. Tesis (*Doctoris Philosophiae*). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Post Grado (Programa Doctoral en Ciencia Animal). 144 p.
149. QUITRAL, C. 2006. Formulación y evaluación de un producto cárnico tipo pastrami con carne de liebre (*Lepus europaeus*). Tesis Ing. agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 51 p.
150. RAMÍREZ, J. 2004. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Tesis Dr. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 180 p.
151. RANKEN, M. 2003. Manual de industrias de la carne. Ed. rev. Madrid, Mundi-Prensa Libros.
152. RENGIFO, L; ORDOÑEZ, E. 2010. Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y PH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco. *ECIPerú* 7(2): 77-85.

153. RHEE, K. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. *Journal of Food Science*, 43 (6): 1776-1778.
154. RHEE, K.; ZIPRIN, Y. & ORDONEZ, G. 1987. Catalysis of lipid oxidation in raw and cooked beef by metmyoglobin-hydrogen peroxide, nonheme iron, and enzyme systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35 (6): 1013-1017.
155. RODAS, A; NARVÁEZ, C; BRASHEARS, M; ROGERS, H; TEDFORD, J; CLARK, G; BROOKS, J; JOHNSON, B; RATHMANN, R; MILLER, M. 2011. Evaluation of the storage life of vacuum packaged Australian beef. *Meat Science* 88(1): 128-138.
156. RODRÍGUEZ, J; WHEELER, J; DODD, C; BRUFORD, M; ROSADIO, R. 2004. Determinación de parentesco en alpacas (*Vicugna pacos*) por medio del análisis de ADN Microsatélite. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 15(2): 113-119.
157. RODRÍGUEZ, M. 1994. Envasado bajo Atmósfera Protectora. Aplicación a la industria hortofrutícola. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 1:43-49.
158. RUIZ, J. 2011. Producción y tecnología en camélidos sudamericanos en el Perú. Huancavelica. 285p.
159. RUIZ, J; GUTIÉRREZ, G; VELARDE, R. 2004. Producción y comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos en el Perú. En: PARRAGUEZ, V., SOLÍS, J. y DÍAZ, J. (Eds.). *La comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos*. México: Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED, 2004. pp. 119-126.
160. SAAVEDRA, JR. 2013. Evaluación de las propiedades tecnológicas y estabilidad oxidativa en la carne de alpaca (*Vicugna pacos*) envasada al vacío a 4°C. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 139 p.
161. SALVÁ, B. 2000. Utilización de proteína de soya y carragenina en salchichas tipo Huacho con bajo tenor graso. Tesis (*Magister Scientiae*). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Post Grado. 168 p.
162. SALVÁ, B. 2009. Caracterización de la carne y charqui de alpaca (*Vicugna pacos*). Tesis Dr. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de León. León. 280 p.

163. SALVÁ, B; ZUMALACÁRREGUI, J; FIGUEIRA, A; OSORIO, M; MATEO, J. 2009. Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Perú. *Meat Science* 82(4): 450-455.
164. SÁNCHEZ, C. 2004. Crianza y Producción de Alpacas: Herencia Ancestral. Ed. rev. Lima. 135 p.
165. SANTOS, E; JIMÉNEZ, P; SÁNCHEZ, I; CASTRO, J; ZÚÑIGA, A. 2010. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de alimentos (2012, Guanajuato, México). Aplicación de sales de ácidos orgánicos en la conservación de carne de conejo. México, Universidad de Guanajuato. 80 p.
166. SANTRICH, D. 2006. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. 78 p.
167. SÁRRAGA, C; CARRERAS, I; GARCÍA, J. 2002. Influence of meat quality and NaCl percentage on glutathione peroxidase activity and values for acid-reactive substances of raw and dry-cured *Longissimus dorsi*. *Meat Science* 62(4): 503-507.
168. ŠČETAR, M.; KUREK, M; GALIĆ, K. 2010. Trends in meat and meat products packaging – a review. *Croatian Journal of Food Science and Technology* 2(1): 32-48.
169. SCIENTIFIC COMMITTEE ON FOOD. 2001. Opinion of the Scientific Committee on Food on the use of carbon monoxide as component of packaging gases in modified atmosphere packaging for fresh meat. Bruselas: European Commission. 9 p.
170. SENASA (SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA). 1995. Decreto Supremo. DECRETO SUPREMO N° 22-95-AG: Reglamento tecnológico de carnes.
171. SEYDIM, A; ACTON, J; HALL, M; DAWSON, P. 2006. Effects of packaging atmospheres on shelf-life quality of ground ostrich meat. *Meat Science* 73(3): 503-510.
172. SIES, H. 1986. Oxidative stress: introductory remarks. In SIES, H. (Ed.) Oxidative stress. Florida: Academic press . 1-8.
173. SMULDERS, F; HIESBERGER, J; HOFBAUER, P; DÖGL, B; DRANSFIELD, E. 2006. Modified-atmosphere storage under subatmospheric pressure and beef

- quality: II. Color, drip, cooking loss, sarcomere length, and tenderness. *Journal of Animal Science* 84: 2456-2462.
174. SOTO, H. 1989. Respuesta comparativa en el engorde estabulado del ovino, la alpaca y la llama. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 170p.
175. SOYER, A; OZALP, B; DALMIS, U; BILGIN, V. 2010. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry* 120(4):1025–1030.
176. SULLIVAN, G; CALKINS, C. 2007. Ranking beef muscles for Warner-Bratzler shear force and trained sensory panel ratings. *Nebraska Beef Report* 1(1): 94-96.
177. TANLEY, H; KADWELL, M; WHEELER, J. 1994. Molecular Evolution of the Family Camelidae; A Mitochondrial DNA Study. *Proceedings of the Royal Society London B*, 256: 1-6.
178. TÉLLEZ, J. 1992. *Tecnología e Industrias Cárnicas*. Lima, Ripalme. v 1, 324p.
179. TENICELA, S. 1998. Comercialización de la carne de camélidos. Ponencia presentada en el Seminario taller sobre producción, procesamiento, transformación y consumo de la carne de camélidos sudamericanos. Ed. rev. Puno, Perú. 105p.
180. THURNHAM, D. 1990. Antioxidants and prooxidants in malnourished populations. *Proceedings of the Nutrition Society* 49(2): 247-259.
181. TOMICKI, P. 1997. Thermal stability and color change of myoglobin in model systems. Thesis (Master of Science). Guelph, Canada. University of Guelph, Faculty of Graduate Studies. 77 p.
182. TURÍN, C. 1999. Influencia de la alimentación con pastos naturales y cultivados en alpacas Tuis Huacaya de 6 y 18 meses de edad. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 149 p.
183. TRAORE, S; AUBRY, L; GATELLIER, P; PRZYBYLSKI, W; JAWORSKA, D; KAJAK-SIEMASZKO, K; SANTÉ-LHOUELLIER, V. 2012. Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Science* 90: 917–924.
184. USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). National Nutrient Database for Standard Reference. Release 21. 2008. Consultado 18 mar. 2013 Disponible en <http://www.ars.usda.gov/>.
185. URIBE, M. 2009. Efecto de la adición de lactato de sodio sobre la conservación de la carne de bovino de corte oscuro envasada al vacío, almacenada a 4°C. Tesis Lic. Ciencias de los Alimentos. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 75 p.

186. VENEGAS, O; PÉREZ, D. 2009. Determinación de rancidez en carne. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos* 19(1).
187. VERGARA, H; BERRUGA, M; LINARES, B. 2005. Effect of gas composition on rabbit meat quality in modified atmosphere packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 1981-1986.
188. VIEIRA, C; DIAZ, M; MARTÍNEZ, B; GARCÍA-CACHÁN, M. 2009. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbial and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of aging. *Meat Science* 83: 398–404.
189. VIDALÓN, C. 1973. *Industrialización de la Carne de Alpaca*. Lima: Asociación de criadores de alpacas del Perú y Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tomo 1. 60p.
190. WANG, B; XIONG, Y. 1998. Functional stability of antioxidant-washed, cryoprotectant-treated beef heat surimi during frozen storage. *Journal of Food Science* 63: 293-298.
191. WARRISS, P. 2003. *Ciencia de la carne*. Ed.rev. Zaragoza, Acribia. 309 p.
192. WHEELER, T; KOOHMARAIE, M. 1991. A modified procedure for simultaneous extraction and subsequent assay of calcium-dependent and lysosomal protease systems from a skeletal muscle biopsy. *Journal of Animal Science* 69(4): 1559-1565, 1991.
193. WHEELER, T; SAVELL, J; CROSS, H; LUNT, D; SMITH, S. 1990. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 68 (12): 4206-4220.
194. WISMER-PEDERSEN, J. 1976. Química de los tejidos animales. En PRICE, J; SCHWEIGERT, B. 1976. *Ciencia de la carne y los productos cárnicos*. Zaragoza, Acribia. 125p.
195. ZACATULA, H. 2009. Aceite de orégano (*Lippia graveolens*) como antioxidante en la peroxidación lipídica de la carne de pollos de engorda. Tesis (Maestro en Ciencias). Montecillo, México. Colegio de Postgraduados, Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad Ganadería. 74 p.
196. ZAKRYS, P; O'SULLIVAN, M; O'NEILL, E; KERRY, J. 2012. The effects of high oxygen modified atmosphere packaging on protein oxidation of bovine *M. longissimus dorsi* muscle during chilled storage. *Food Chemistry* 131(2): 527-532.

197.ZOROSGASTÚA, J. 2004. Aplicación del diseño de mezclas en la elaboración de chorizo ahumado utilizando carne de alpaca y carne de cordero. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias. 127 p.

## **VIII. ANEXOS**

### **ANEXO 1: Determinación de jugo liberado por pérdidas por presión**

- Tomar una muestra de 0.3 g de carne finamente picada.
- Colocar la muestra entre un papel filtro previamente pesado y doblado. Este conjunto colocarlo entre dos placas de plexiglás.
- Someterlo a compresión durante 5 minutos con un peso de 1.00 kg.
- Separar cuidadosamente la carne del papel húmedo y pesar en una balanza analítica.
- El incremento de peso del papel filtro, que corresponderá al jugo liberado, se expresará como porcentaje respecto al peso inicial de la carne.

## **ANEXO 2: Determinación instrumental de la dureza**

- Retirar la carne de alpaca envasada al vacío de la cámara de refrigeración (luego del congelado), romper el envase y retirar el exceso de líquido de la superficie de la carne.
- Asegurarse que el músculo no tenga grasa subcutánea ni tejido conectivo, en caso contrario, retirar con ayuda de un cuchillo.
- Envolver la carne en papel aluminio e introducir en una bolsa hermética eliminando el aire de su interior.
- Sumergir la bolsa sellada en agua a 90°C por 20 minutos, hasta alcanzar una temperatura interna de 75°C.
- Retirar del agua y dejar enfriar. Romper la bolsa, retirar el papel aluminio y secar la superficie de la carne.
- La carne cocida será cortada, con cuidado de no causar daños, en una sección transversal de 1 cm<sup>2</sup> (1 cm x 1 cm) y 3 cm de largo cortado en dirección paralela a las fibras musculares.
- La medición se realizará por triplicado utilizando la cuchilla Warner-Bratzler.
- Los parámetros instrumentales a utilizar serán: velocidad de la cuchilla de preensayo, ensayo y retorno de 180, 100 y 600 mm/s, respectivamente; umbral de fuerza, 50 g y distancia de corte, 25 mm.
- Los parámetros determinados en el ensayo serán la fuerza máxima de corte y la energía total necesaria para romper la muestra totalmente.

### **ANEXO 3: Evaluación de sustancias reactivas con el ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS)**

#### Preparación de la recta patrón

Se medirá con una precisión de  $\pm 0,001$  ml en un matraz aforado de 100 ml, 0,0081 ml de 1,1,3,3-Tetraetoxipropano (TEP), los cuales serán disueltos en 70 ml de agua destilada desionizada y posteriormente se completará el volumen para obtener así la solución stock de TEP  $3 \times 10^{-4}$  M. Esta solución será mantenida en refrigeración ( $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), y a partir de ella se preparará la solución de trabajo  $3 \times 10^{-5}$  M diluyendo 10 ml de la solución stock en agua destilada desionizada hasta completar un volumen de 100 ml. Alícuotas de 0; 0,33; 0,66; 1,0; 1,33; 1,67; 2 ml de la solución de trabajo serán pipeteadas dentro de matraces volumétricos de 10 ml y se adicionará agua destilada desionizada hasta completar el volumen. 5 ml de cada dilución preparada serán puestos en tubos de ensayo con tapón de rosca conteniendo 5 ml del reactivo de TBA (0,02 M en 15% de ácido tricloroacético), tras su agitación los tubos serán puestos en un baño de agua a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 20 min hasta desarrollar el color, y posteriormente serán enfriados por 10 min en un baño de agua fría. La absorbancia de los estándares será medida a 531 nm (longitud de onda de máxima absorción).

#### Preparación del blanco

El blanco será preparado colocando 1 ml de agua destilada desionizada y 2 ml de solución TBA/TCA (sin adición de butilato hidroxitolueno) y se realizará el mismo procedimiento que se describe en el párrafo siguiente para las muestras.

#### Preparación de las muestras

Se pesará con una precisión de  $\pm 0,1\text{g}$ , 2 g de carne molida y se homogenizará a alta velocidad durante 30 segundos con 20 ml de agua destilada desionizada, posteriormente, 1 ml del homogenizado será transferido a un tubo de ensayo de taparosca, y se adicionará 50  $\mu\text{l}$  de butilato de hidroxitolueno (7,2% en etanol, v/v) y 2 ml de la solución TBA/TCA (20 mM TBA/15% TCA, p/v). La mezcla se homogenizará en un agitador y se incubará en

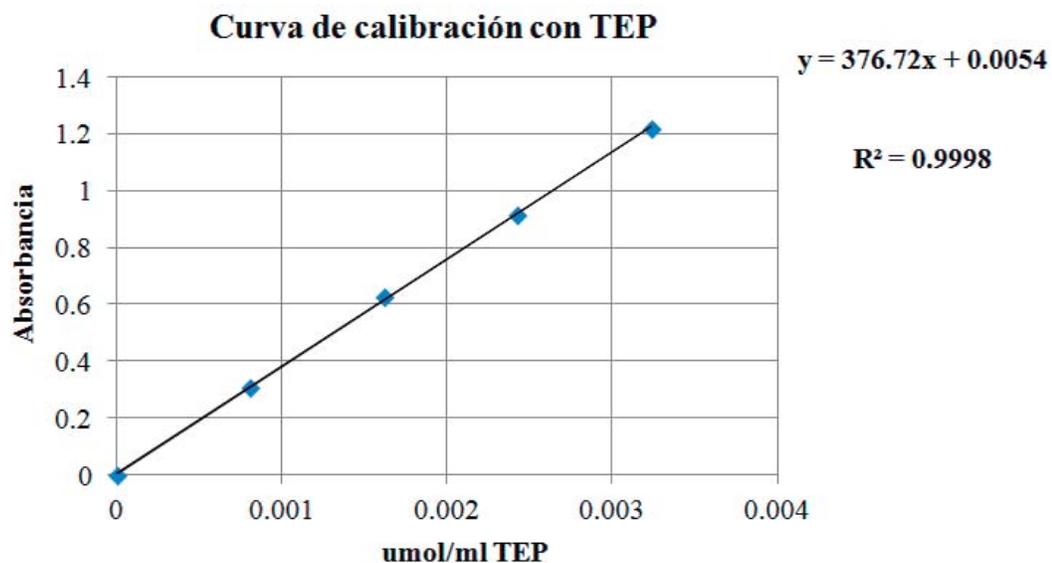
baño de agua a 90 °C por 15 min hasta desarrollar el color, luego serán enfriadas por 10 min en un baño de agua, tras lo cual las muestras serán homogenizadas y centrifugadas a 5800 rpm por 20 min a 5 °C. Finalmente el sobrenadante se recolectará en tubos de ensayo limpios y será medida la absorbancia a 531 nm. Al resultado obtenido se le restará el valor del blanco preparado anteriormente.

### Resultados

Las concentraciones serán expresadas en mg de malonaldehído (MDA) por kg de carne de acuerdo a los valores obtenidos de la recta patrón.

#### ANEXO 4: Curva de calibración con TEP para TBARS

Los resultados de absorbancia fueron convertidos  $\mu\text{mol/mL}$  TEP mediante la recta patrón o de calibración, estas concentraciones a su vez se expresaron en mg de malonaldehído (MDA) por kg de carne.



### **ANEXO 5: Determinación del contenido de metamioglobina**

- Picar finamente 5 gramos de carne con ayuda de un cuchillo.
- Colocar la carne en un vaso de licuadora y agregar 50 ml de buffer fosfato 0.04 M, pH 6.8 y conservarla a baja temperatura.
- Licuar por 15 segundos a velocidad baja.
- Centrifugar el homogenizado por 30 minutos a 9000 rpm y 5 °C.
- Filtrar el sobrenadante y el líquido clarificado medirlo en un espectrofotómetro a las longitudes de onda de 525, 572 y 730 nm.
- Asegurarse que en todos los pasos la muestra se mantenga fría.

## ANEXO 6: Controles del envase

Se realizó a través de la medición del espesor y del gramaje de las bolsas. Se tomaron 3 bolsas para ambos tratamientos (vacío y sin vacío) en el caso del vacío, antes del envasado al vacío de los tratamientos primero al sexto mes. Finalmente para cada análisis se obtuvo resultados del duplicado de 6 bolsas.

### a. **Espesor**

Se midió de manera directa con un micrómetro y se expresó en micras( $\mu\text{m}$ ), siguiendo los pasos:

- Se cortó, por duplicado, un trozo de 100 cm<sup>2</sup> (10 cm x 10 cm) del envase, con ayuda de una cuchilla y una plantilla metálica.
- La medición del espesor se realizó en cada uno de los cuatro lados y del centro del cuadrado con ayuda de un micrómetro.
- Se calculó la media aritmética de las cinco mediciones.
- Se repitió el procedimiento con la segunda muestra de 100 cm<sup>2</sup> cortada.

### b. **Gramaje**

Es el peso por unidad de área de un material. Se realizó mediante el siguiente procedimiento:

- Se cortó, por duplicado, un trozo de 100 cm<sup>2</sup> (10 cm x 10 cm) del envase, con ayuda de una cuchilla y una plantilla metálica.
- Se pesó cada trozo cortado con una precisión de  $\pm 0.01$  g.
- Se reportó el gramaje (G) en g/cm<sup>2</sup>, mediante la división del promedio de los pesos (P) entre el área (A):

$$G = \frac{P}{A}$$

**ANEXO 7: Resultados de pH para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación**

Mes	Muestra	Valor	Promedio	SD
0	R1	5.54	5.613	0.064
	R2	5.65		
	R3	5.65		
1	V1	5.66	5.693	0.029
	V2	5.71		
	V3	5.71		
	SV1	5.69	5.650	0.040
	SV2	5.61		
	SV3	5.65		
2	V1	5.73	5.707	0.059
	V2	5.75		
	V3	5.64		
	SV1	5.62	5.610	0.010
	SV2	5.6		
	SV3	5.61		
3	V1	5.57	5.563	0.021
	V2	5.54		
	V3	5.58		
	SV1	5.48	5.500	0.020
	SV2	5.52		
	SV3	5.5		
4	V1	5.65	5.655	0.005
	V2	5.66		
	V3	5.66		
	SV1	5.63	5.565	0.065
	SV2	5.5		
	SV3	5.57		
5	V1	5.75	5.760	0.010
	V2	5.77		
	V3	5.76		
	SV1	5.6	5.630	0.030
	SV2	5.66		
	SV3	5.63		
6	V1	5.75	5.725	0.025
	V2	5.7		
	V3	5.73		
	SV1	5.7	5.665	0.035
	SV2	5.63		
	SV3	5.67		

**ANEXO 8: Resultados de las pérdidas por presión para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación**

Mes	Muestra	Pérdidas por presión (%)	Promedio	SD
0	R1	30.884	30.825	0.054
	R2	30.778		
	R3	30.815		
1	V1	30.736	30.751	0.053
	V2	30.707		
	V3	30.810		
	SV1	29.596	29.757	0.161
	SV2	29.918		
	SV3	29.757		
2	V1	29.492	29.210	0.283
	V2	28.926		
	V3	29.211		
	SV1	27.457	27.636	0.180
	SV2	27.816		
	SV3	27.636		
3	V1	28.879	28.924	0.176
	V2	28.775		
	V3	29.119		
	SV1	22.026	24.509	2.483
	SV2	26.992		
	SV3	24.509		
4	V1	29.171	28.835	0.311
	V2	28.775		
	V3	28.558		
	SV1	18.688	18.954	0.266
	SV2	19.221		
	SV3	18.954		
5	V1	28.822	28.375	0.405
	V2	28.032		
	V3	28.272		
	SV1	16.933	18.430	1.449
	SV2	19.827		
	SV3	18.530		
6	V1	27.367	28.084	0.961
	V2	27.709		
	V3	29.176		
	SV1	18.007	18.368	0.362
	SV2	18.730		
	SV3	18.368		

**ANEXO 9: Resultados de las pérdidas por exudación para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación**

Mes	Muestra	Perdidas por exudado (%)	Perdidas por exudado en muestra	Promedio	SD
1	V1	5.090	0.051	5.184	0.109
	V2	5.159	0.052		
	V3	5.303	0.053		
	SV1	3.638	0.036	3.240	0.382
	SV2	2.877	0.029		
	SV3	3.206	0.032		
2	V1	4.769	0.048	5.315	0.474
	V2	5.550	0.056		
	V3	5.625	0.056		
	SV1	3.830	0.038	3.477	0.342
	SV2	3.148	0.031		
	SV3	3.454	0.035		
3	V1	4.500	0.045	4.298	0.256
	V2	4.010	0.040		
	V3	4.385	0.044		
	SV1	2.213	0.022	2.271	0.060
	SV2	2.333	0.023		
	SV3	2.267	0.023		
4	V1	5.050	0.051	5.193	0.128
	V2	5.196	0.053		
	V3	5.233	0.052		
	SV1	2.559	0.026	2.302	0.246
	SV2	2.068	0.021		
	SV3	2.278	0.023		
5	V1	5.100	0.051	5.123	0.021
	V2	5.140	0.051		
	V3	5.128	0.051		
	SV1	2.820	0.028	3.168	0.331
	SV2	3.480	0.035		
	SV3	3.203	0.032		
6	V1	5.184	0.052	5.234	0.134
	V2	5.387	0.054		
	V3	5.132	0.051		
	SV1	3.185	0.032	3.238	0.047
	SV2	3.278	0.033		
	SV3	3.250	0.033		

**ANEXO 10: Resultados de TBARS para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación**

<b>Mes</b>	<b>Muestra</b>	<b>Valor</b>	<b>Promedio</b>	<b>SD</b>
0	R1	0.055	0.061	0.182
	R2	0.059		
	R3	0.068		
1	V1	0.253	0.293	0.036
	V2	0.324		
	V3	0.302		
	SV1	0.540	0.529	0.011
	SV2	0.518		
	SV3	0.529		
2	V1	0.514	0.558	0.044
	V2	0.602		
	V3	0.558		
	SV1	0.529	0.581	0.052
	SV2	0.633		
	SV3	0.581		
3	V1	0.677	0.681	0.042
	V2	0.642		
	V3	0.725		
	SV1	0.800	0.751	0.049
	SV2	0.702		
	SV3	0.751		
4	V1	0.597	0.596	0.024
	V2	0.571		
	V3	0.619		
	SV1	0.769	0.756	0.013
	SV2	0.743		
	SV3	0.756		
5	V1	0.452	0.480	0.034
	V2	0.469		
	V3	0.518		
	SV1	0.544	0.542	0.002
	SV2	0.540		
	SV3	0.542		
6	V1	0.619	0.580	0.040
	V2	0.540		
	V3	0.580		
	SV1	0.522	0.540	0.018
	SV2	0.558		
	SV3	0.540		

**ANEXO 11: Resultados de dureza para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación**

Mes	Muestra	Valor	Promedio	SD
0	R1	67.774	65.995	3.425
	R2	68.166		
	R3	62.047		
1	V1	61.439	62.437	5.305
	V2	57.702		
	V3	68.171		
	SV1	55.381	59.698	4.317
	SV2	64.015		
	SV3	59.698		
2	V1	61.148	58.380	3.271
	V2	54.770		
	V3	59.222		
	SV1	53.191	58.220	5.029
	SV2	63.250		
	SV3	58.220		
3	V1	61.007	57.478	3.130
	V2	56.388		
	V3	55.038		
	SV1	50.478	53.889	3.411
	SV2	57.300		
	SV3	53.889		
4	V1	58.369	56.251	2.859
	V2	52.998		
	V3	57.385		
	SV1	39.638	41.026	1.388
	SV2	42.414		
	SV3	41.026		
5	V1	52.698	50.504	2.223
	V2	48.252		
	V3	50.563		
	SV1	29.561	30.760	1.200
	SV2	31.960		
	SV3	30.760		
6	V1	51.210	49.384	1.836
	V2	47.539		
	V3	49.403		
	SV1	18.943	20.107	1.164
	SV2	21.271		
	SV3	20.107		

**ANEXO 12: Resultados de metamioglobina para la carne de alpaca envasada con vacío (V) y sin vacío (SV) después de almacenada en congelación**

Mes	Muestra	Valor	Promedio	SD
0	R1	18.591	17.457	1.279
	R2	16.071		
	R3	17.710		
1	V1	18.308	20.026	1.820
	V2	19.837		
	V3	21.932		
	SV1	23.848	22.692	1.156
	SV2	21.536		
	SV3	22.692		
2	V1	19.988	20.068	0.352
	V2	20.452		
	V3	19.763		
	SV1	32.682	30.989	1.693
	SV2	29.296		
	SV3	30.989		
3	V1	27.171	26.126	1.168
	V2	24.866		
	V3	26.342		
	SV1	35.726	35.113	0.613
	SV2	34.500		
	SV3	35.113		
4	V1	25.611	26.419	2.886
	V2	24.024		
	V3	29.623		
	SV1	35.726	36.642	0.916
	SV2	37.558		
	SV3	36.642		
5	V1	36.423	34.335	1.923
	V2	33.944		
	V3	32.637		
	SV1	50.864	49.437	1.426
	SV2	48.011		
	SV3	49.437		
6	V1	33.466	32.720	1.816
	V2	30.650		
	V3	34.045		
	SV1	29.373	29.290	2.043
	SV2	27.207		
	SV3	31.290		

**ANEXO 13: Análisis estadístico del pH para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación**

**Tabla ANOVA para Con vacío\_ pH por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.083	6	0.014	10.26	0.0002
Intra grupos	0.019	14	0.001		
Total (Corr.)	0.102	20			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Con vacío\_ pH por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero – Cinco	*	-0.147
Cero – Cuatro		-0.043
Cero – Dos	*	-0.093
Cero – Seis	*	-0.113
Cero – Tres		0.05
Cero – Uno	*	-0.08
Cinco – Cuatro	*	0.103
Cinco – Dos		0.053
Cinco – Seis		0.033
Cinco – Tres	*	0.197
Cinco – Uno		0.067
Cuatro - Dos		-0.05
Cuatro - Seis	*	-0.07
Cuatro - Tres	*	0.093
Cuatro - Uno		-0.037
Dos – Seis		-0.02
Dos – Tres	*	0.143
Dos – Uno		0.013
Seis – Tres	*	0.163
Seis – Uno		0.033
Tres – Uno	*	-0.13

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Sin vacío pH por Meses

**Tabla ANOVA para Sin vacío\_ pH por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.057	6	0.009	5.33	0.0047
Intra grupos	0.025	14	0.002		
Total (Corr.)	0.082	20			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Sin vacío\_ pH por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero – Cinco		-0.017
Cero – Cuatro		0.047
Cero – Dos		0.003
Cero – Seis		-0.053
Cero – Tres	*	0.113
Cero – Uno		-0.037
Cinco – Cuatro		0.063
Cinco – Dos		0.02
Cinco – Seis		-0.037
Cinco – Tres	*	0.13
Cinco – Uno		-0.02
Cuatro - Dos		-0.043
Cuatro - Seis	*	-0.1
Cuatro - Tres		0.067
Cuatro - Uno	*	-0.08
Dos – Seis		-0.057
Dos – Tres	*	0.11
Dos – Uno		-0.04
Seis – Tres	*	0.167
Seis – Uno		0.0167
Tres – Uno	*	-0.15

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 14: Análisis estadístico del pH para cada mes por tipo de envasado

### ANOVA Simple - Mes 1 pH por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 1\_pH por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.003	1	0.003	2.32	0.2028
Intra grupos	0.005	4	0.001		
Total (Corr.)	0.008	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 1\_pH por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		0.043

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 2 pH por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 2\_ pH por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.014	1	0.014	7.93	0.0480
Intra grupos	0.007	4	0.002		
Total (Corr.)	0.021	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 2\_ pH por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	0.097

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 3 pH por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 2\_ pH por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.022	1	0.022	7.90	0.0490
Intra grupos	0.012	4	0.003		
Total (Corr.)	0.034	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 3\_pH por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	0.063

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 4 pH por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 4\_pH por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.01215	1	0.01215	5.70	0.0755
Intra grupos	0.00853333	4	0.00213333		
Total (Corr.)	0.0206833	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 4\_pH por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		0.091

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 5 pH por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 5\_ pH por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.025	1	0.0253	50.70	0.0021
Intra grupos	0.002	4	0.0005		
Total (Corr.)	0.027	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 5\_ pH por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	0.13

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 6 pH por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 6\_pH por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.005	1	0.005	5.79	0.0739
Intra grupos	0.004	4	0.0009		
Total (Corr.)	0.009	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 6\_pH por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		0.062

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 15: Análisis estadístico del pH para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Multifactorial – pH**

- Variable dependiente: pH
- Factores:  
 Tipo de envasado  
 Tiempo (meses)

**Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de envasado	0.050	1	0.050	31.86	0.0000
B:Tiempo (meses)	0.125	6	0.021	13.25	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.016	6	0.003	1.66	0.167
RESIDUOS	0.044	28	0.001		
TOTAL (CORREGIDO)	0.235	41			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	0.069

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 16: Análisis estadístico de las pérdidas por exudado para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación**

**Tabla ANOVA para Con vacío\_Pérdidas por exudado por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	67.907	6	11.318	236.21	0.0000
Intra grupos	0.671	14	0.048		
Total (Corr.)	68.578	20			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Con vacío\_Pérdidas por exudado por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	-5.123
Cero - Cuatro	*	-5.193
Cero - Dos	*	-5.313
Cero - Seis	*	-5.233
Cero - Tres	*	-4.297
Cero - Uno	*	-5.183
Cinco - Cuatro		-0.07
Cinco - Dos		-0.19
Cinco - Seis		-0.11
Cinco - Tres	*	0.827
Cinco - Uno		-0.06
Cuatro - Dos		-0.12
Cuatro - Seis		-0.04
Cuatro - Tres	*	0.897
Cuatro - Uno		0.01
Dos - Seis		0.08
Dos - Tres	*	1.017
Dos - Uno		0.13
Seis - Tres	*	0.937
Seis - Uno		0.05
Tres - Uno	*	-0.887

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Sin vacío Pérdidas por exudado por Meses

**Tabla ANOVA para Sin vacío\_Pérdidas por exudado por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	26.503	6	4.417	70.72	0.0000
Intra grupos	0.874	14	0.062		
Total (Corr.)	27.377	20			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Sin vacío\_Pérdidas por exudado por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	-3.167
Cero - Cuatro	*	-2.303
Cero - Dos	*	-3.477
Cero - Seis	*	-3.24
Cero - Tres	*	-2.27
Cero - Uno	*	-3.243
Cinco - Cuatro	*	0.863
Cinco - Dos		-0.31
Cinco - Seis		-0.073
Cinco - Tres	*	0.897
Cinco - Uno		-0.077
Cuatro - Dos	*	-1.173
Cuatro - Seis	*	-0.937
Cuatro - Tres		0.033
Cuatro - Uno	*	-0.94
Dos - Seis		0.237
Dos - Tres	*	1.207
Dos - Uno		0.233
Seis - Tres	*	0.97
Seis - Uno		-0.003
Tres - Uno	*	-0.973

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 17: Análisis estadístico de las pérdidas por exudado para cada mes por tipo de envasado**

**ANOVA Simple - Mes1 Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 1\_ Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.645	1	5.645	72.07	0.0011
Intra grupos	0.313	4	0.078		
Total (Corr.)	5.959	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 1\_ Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	1.94

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple – Mes 2 Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 2\_ Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.060	1	5.060	29.87	0.0054
Intra grupos	0.677	4	0.169		
Total (Corr.)	5.737	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 2\_ Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	1.837

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple – Mes 3 Pérdidas por exudado por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 3\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6.161	1	6.161	179.01	0.0002
Intra grupos	0.138	4	0.0344		
Total (Corr.)	6.299	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 3\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
CV - SV	*	2.027	0.420

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple – Mes 4 Pérdidas por exudado por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 4\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	12.528	1	12.528	325.12	0.0001
Intra grupos	0.154	4	0.0385		
Total (Corr.)	12.682	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 4\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	2.891

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple – Mes 5 Pérdidas por exudado por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 5\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.743	1	5.743	104.26	0.0005
Intra grupos	0.220	4	0.055		
Total (Corr.)	5.963	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 5\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	1.957

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple – Mes 6 Pérdidas por exudado por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 6\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5.960	1	5.960	564.04	0.0000
Intra grupos	0.042	4	0.010		
Total (Corr.)	6.002	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 6\_Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	1.993

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 18: Análisis estadístico de las pérdidas por exudado para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Multifactorial - Pérdidas por exudado**

- Variable dependiente: Pérdidas por exudado

- Factores:

Tipo de envasado

Tiempo (meses)

**Análisis de Varianza para Pérdidas por exudado - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de envasado	34.254	1	34.254	620.68	0.0000
B:Tiempo (meses)	87.567	6	14.594	264.45	0.0000
INTERACCIONES					
AB	6.8431	6	1.140	20.67	0.0000
RESIDUOS	1.545	28	0.055		
TOTAL (CORREGIDO)	130.21	41			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdidas por exudado por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV – SV	*	1.806

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 19: Análisis estadístico de las pérdidas por presión para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Simple - Con vacío Pérdidas por presión por Meses**

**Tabla ANOVA para Con vacío\_Pérdidas por presión por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	21.374	6	3.562	19.19	0.0000
Intra grupos	2.5982	14	0.185		
Total (Corr.)	23.972	20			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Con vacío\_ Pérdida por presión por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	2.45
Cero – Cuatro	*	1.987
Cero – Dos	*	1.613
Cero – Seis	*	2.737
Cero – Tres	*	1.897
Cero – Uno		0.07
Cinco – Cuatro		-0.463
Cinco – Dos	*	-0.837
Cinco – Seis		0.287
Cinco – Tres		-0.553
Cinco – Uno	*	-2.38
Cuatro - Dos		-0.373
Cuatro - Seis		0.75
Cuatro - Tres		-0.09
Cuatro - Uno	*	-1.917
Dos – Seis	*	1.123
Dos – Tres		0.283
Dos – Uno	*	-1.543
Seis – Tres	*	-0.84
Seis – Uno	*	-2.667
Tres – Uno	*	-1.827

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Sin vacío Pérdida por presión por Meses

**Tabla ANOVA para Sin vacío\_ Pérdida por presión por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	544.206	6	90.701	74.51	0.0000
Intra grupos	17.0417	14	1.217		
Total (Corr.)	561.248	20			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Sin vacío\_ Pérdida por presión por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	12.393
Cero - Cuatro	*	11.87
Cero - Dos	*	3.1833
Cero - Seis	*	12.453
Cero - Tres	*	6.3133
Cero - Uno		1.0633
Cinco - Cuatro		-0.523
Cinco - Dos	*	-9.21
Cinco - Seis		0.06
Cinco - Tres	*	-6.08
Cinco - Uno	*	-11.33
Cuatro - Dos	*	-8.687
Cuatro - Seis		0.583
Cuatro - Tres	*	-5.557
Cuatro - Uno	*	-10.807
Dos - Seis	*	9.27
Dos - Tres	*	3.13
Dos - Uno	*	-2.12
Seis - Tres	*	-6.14
Seis - Uno	*	-11.39
Tres - Uno	*	-5.25

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 20: Análisis estadístico de las pérdidas por presión para cada mes por tipo de envasado**

**ANOVA Simple - Mes 1 Pérdida por presión por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 1\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.480	1	1.480	104.85	0.0005
Intra grupos	0.056	4	0.014		
Total (Corr.)	1.536	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 1\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	0.993

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 2 Pérdida por presión por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 2\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.69735	1	3.69735	66.74	0.0012
Intra grupos	0.2216	4	0.0554		
Total (Corr.)	3.91895	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 2\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	1.57

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 3 Pérdida por presión por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 3\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	29.260	1	29.260	9.47	0.0370
Intra grupos	12.362	4	3.090		
Total (Corr.)	41.622	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 3\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	4.417

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 4 Pérdida por presión por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 4\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	146.52	1	146.52	1768.86	0.0000
Intra grupos	0.331	4	0.0828		
Total (Corr.)	146.852	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 4\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	9.883

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 5 Pérdida por presión por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 5\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	148.305	1	148.305	130.43	0.0003
Intra grupos	4.54807	4	1.13702		
Total (Corr.)	152.853	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 5\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	9.943

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 6 Pérdida por presión por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 6\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	141.62	1	141.62	268.47	0.0001
Intra grupos	2.110	4	0.527		
Total (Corr.)	143.73	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 6\_ Pérdida por presión por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	9.717

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 21: Análisis estadístico de las pérdidas por presión para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Multifactorial – Pérdida por presión**

- Variable dependiente: Pérdida por presión
- Factores:

Tipo de envasado

Tiempo (meses)

**Análisis de Varianza para Pérdida por presión - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de envasado	285.847	1	285.847	407.52	0.0000
B:Tiempo(meses)	380.544	6	63.424	90.42	0.0000
INTERACCIONES					
AB	185.036	6	30.839	43.97	0.0000
RESIDUOS	19.6399	28	0.701		
TOTAL (CORREGIDO)	871.067	41			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Pérdida por presión por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	5.218

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 22: Análisis estadístico de TBARS para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Simple - Con vacío TBARS por Meses**

**Tabla ANOVA para Con vacío\_ TBARS por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.837	6	0.139	116.10	0.0000
Intra grupos	0.017	14	0.001		
Total (Corr.)	0.853	20			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Con vacío\_ TBARS por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	-0.419
Cero - Cuatro	*	-0.535
Cero - Dos	*	-0.497
Cero - Seis	*	-0.519
Cero - Tres	*	-0.620
Cero - Uno	*	-0.232
Cinco - Cuatro	*	-0.116
Cinco - Dos	*	-0.078
Cinco - Seis	*	-0.1
Cinco - Tres	*	-0.201
Cinco - Uno	*	0.187
Cuatro - Dos		0.038
Cuatro - Seis		0.016
Cuatro - Tres	*	-0.085
Cuatro - Uno	*	0.303
Dos - Seis		-0.022
Dos - Tres	*	-0.123
Dos - Uno	*	0.265
Seis - Tres	*	-0.101
Seis - Uno	*	0.286
Tres - Uno	*	0.388

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Sin vacío TBARS por Meses

Tabla ANOVA para Sin vacío\_TBARS por Meses

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.968	6	0.161	195.52	0.0000
Intra grupos	0.011	14	0.0008		
Total (Corr.)	0.979	20			

### Pruebas de Múltiple Rangos para Sin vacío\_TBARS por Meses

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	-0.481
Cero - Cuatro	*	-0.695
Cero - Dos	*	-0.520
Cero - Seis	*	-0.479
Cero - Tres	*	-0.690
Cero - Uno	*	-0.468
Cinco - Cuatro	*	-0.214
Cinco - Dos		-0.039
Cinco - Seis		0.002
Cinco - Tres	*	-0.209
Cinco - Uno		0.013
Cuatro - Dos	*	0.175
Cuatro - Seis	*	0.216
Cuatro - Tres		0.005
Cuatro - Uno	*	0.227
Dos - Seis		0.041
Dos - Tres	*	-0.170
Dos - Uno		0.052
Seis - Tres	*	-0.211
Seis - Uno		0.011
Tres - Uno	*	0.222

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 23: Análisis estadístico de TBARS para cada mes por tipo de envasado

### ANOVA Simple - Mes 1 TBARS por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 1\_TBARS por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.083	1	0.083	117.12	0.0004
Intra grupos	0.003	4	0.0007		
Total (Corr.)	0.086	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 1\_TBARS por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-0.236

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 2 TBARS por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 2\_ TBARS por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0008	1	0.0008	0.35	0.586
Intra grupos	0.009	4	0.002		
Total (Corr.)	0.010	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 2\_ TBARS por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		-0.023

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 3 TBARS por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 3\_TBARS por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.007	1	0.007	3.45	0.137
Intra grupos	0.008	4	0.002		
Total (Corr.)	0.016	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 3\_TBARS por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		-0.07

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 4 TBARS por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 4\_TBARS por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.038	1	0.038	100.71	0.0006
Intra grupos	0.001	4	0.0003		
Total (Corr.)	0.040	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 4\_TBARS por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-0.160

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 5 TBARS por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 5\_TBARS por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.006	1	0.006	9.96	0.0343
Intra grupos	0.002	4	0.0005		
Total (Corr.)	0.008	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 5\_TBARS por Tipo de envasado**

Método: 95,0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-0.062

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 6 TBARS por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 6\_TBARS por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.002	1	0.002	2.51	0.1885
Intra grupos	0.004	4	0.0009		
Total (Corr.)	0.006	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 6\_TBARS por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		0.04

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 24: Análisis estadístico de TBARS para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación.**

**ANOVA Multifactorial – TBARS**

- Variable dependiente: TBARS
- Factores:  
 Tipo de envasado  
 Tiempo (meses)

**Análisis de Varianza para TBARS - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de envasado	0.056	1	0.056	55.43	0.0000
B:Tiempo (meses)	1.722	6	0.287	283.36	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.082	6	0.014	13.52	0.0000
RESIDUOS	0.028	28	0.001		
TOTAL (CORREGIDO)	1.889	41			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para TBARS por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-0.073

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 25: Análisis estadístico de dureza para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Simple - Con vacío Dureza por Meses**

**Tabla ANOVA para Con vacío\_ Dureza por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	639.349	6	106.558	9.70	0.0003
Intra grupos	153.755	14	10.9825		
Total (Corr.)	793.105	20			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Con vacío\_ Dureza por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	15.493
Cero - Cuatro	*	9.7433
Cero - Dos	*	7.6167
Cero - Seis	*	16.613
Cero - Tres	*	8.517
Cero - Uno		3.56
Cinco - Cuatro		-5.75
Cinco - Dos	*	-7.877
Cinco - Seis		1.12
Cinco - Tres	*	-6.977
Cinco - Uno	*	-11.933
Cuatro - Dos		-2.1267
Cuatro - Seis	*	6.87
Cuatro - Tres		-1.227
Cuatro - Uno		-6.183
Dos - Seis	*	8.997
Dos - Tres		0.9
Dos - Uno		-4.0567
Seis - Tres	*	-8.0967
Seis - Uno	*	-13.053
Tres - Uno		-4.9567

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Sin vacío Dureza por Meses

Tabla ANOVA para Sin vacío\_ Dureza por Meses

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5154.12	6	859.02	83.53	0.0000
Intra grupos	143.972	14	10.284		
Total (Corr.)	5298.09	20			

### Pruebas de Múltiple Rangos para Sin vacío\_ Dureza por Meses

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	35.237
Cero - Cuatro	*	24.97
Cero - Dos	*	7.777
Cero - Seis	*	45.89
Cero - Tres	*	12.107
Cero - Uno	*	6.3
Cinco - Cuatro	*	-10.267
Cinco - Dos	*	-27.46
Cinco - Seis	*	10.653
Cinco - Tres	*	-23.13
Cinco - Uno	*	-28.937
Cuatro - Dos	*	-17.193
Cuatro - Seis	*	20.92
Cuatro - Tres	*	-12.863
Cuatro - Uno	*	-18.67
Dos - Seis	*	38.113
Dos - Tres		4.33
Dos - Uno		-1.4767
Seis - Tres	*	-33.783
Seis - Uno	*	-39.59
Tres - Uno		-5.807

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 26: Análisis estadístico de dureza para cada mes por tipo de envasado

### ANOVA Simple - Mes 1 Dureza por Tipo de envasado

Tabla ANOVA para Mes 1\_ Dureza por Tipo de envasado

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	11.261	1	11.261	0.48	0.5259
Intra grupos	93.539	4	23.385		
Total (Corr.)	104.8	5			

### Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 1\_ Dureza por Tipo de envasado

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		2.74

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 2 Dureza por Tipo de envasado

Tabla ANOVA para Mes 2\_ Dureza por Tipo de envasado

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0384	1	0.0384	0.00	0.9654
Intra grupos	72.0124	4	18.0031		
Total (Corr.)	72.0508	5			

### Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 2\_ Dureza por Tipo de envasado

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		0.16

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 3 Dureza por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 3\_ Dureza por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	19.332	1	19.332	1.80	0.2503
Intra grupos	42.859	4	10.715		
Total (Corr.)	62.191	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 3\_ Dureza por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		3.59

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 4 Dureza por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 4\_ Dureza por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	347.777	1	347.777	68.89	0.0012
Intra grupos	20.193	4	5.048		
Total (Corr.)	367.97	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 4\_ Dureza por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	15.2267

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 5 Dureza por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 5\_ Dureza por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	584.699	1	584.699	182.92	0.0002
Intra grupos	12.786	4	3.1965		
Total (Corr.)	597.485	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 5\_ Dureza por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	19.743

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 6 Dureza por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 6\_ Dureza por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1285.68	1	1285.68	544.24	0.0000
Intra grupos	9.44933	4	2.362		
Total (Corr.)	1295.13	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 6\_ Dureza por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	29.277

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 27: Análisis estadístico de dureza para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Multifactorial - Dureza**

- Variable dependiente: Dureza
- Factores:

Tipo de envasado

Tiempo (meses)

**Análisis de Varianza para Dureza - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de envasado	1072.22	1	1072.22	100.84	0.0000
B:Tiempo (meses)	4616.89	6	769.482	72.37	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1176.58	6	196.096	18.44	0.0000
RESIDUOS	297.727	28	10.6331		
TOTAL (CORREGIDO)	7163.41	41			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Dureza por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	10.105

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 28: Análisis estadístico de metamioglobina para los tipos de envasado por el tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Simple - Con vacío Metamioglobina por Meses**

**Tabla ANOVA para Con vacío\_Metamioglobina por Meses**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	766.052	6	127.675	41.11	0.0000
Intra grupos	43.485	14	3.1060		
Total (Corr.)	809.537	20			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Con vacío\_Metamioglobina por Meses**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	-16.877
Cero - Cuatro	*	-8.96
Cero - Dos		-2.61
Cero - Seis	*	-15.267
Cero - Tres	*	-8.67
Cero - Uno		-2.57
Cinco - Cuatro	*	7.9167
Cinco - Dos	*	14.267
Cinco - Seis		1.61
Cinco - Tres	*	8.207
Cinco - Uno	*	14.307
Cuatro - Dos	*	6.35
Cuatro - Seis	*	-6.307
Cuatro - Tres		0.29
Cuatro - Uno	*	6.39
Dos - Seis	*	-12.657
Dos - Tres	*	-6.06
Dos - Uno		0.04
Seis - Tres	*	6.597
Seis - Uno	*	12.697
Tres - Uno	*	6.1

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Sin vacío Metamioglobina por Meses

Tabla ANOVA para Sin vacío\_ Metamioglobina por Meses

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1922.91	6	320.485	169.46	0.0000
Intra grupos	26.4767	14	1.891		
Total (Corr.)	1949.39	20			

### Pruebas de Múltiple Rangos para Sin vacío\_ Metamioglobina por Meses

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
Cero - Cinco	*	-31.98
Cero - Cuatro	*	-19.187
Cero - Dos	*	-13.533
Cero - Seis	*	-11.833
Cero - Tres	*	-17.657
Cero - Uno	*	-5.2367
Cinco - Cuatro	*	12.793
Cinco - Dos	*	18.447
Cinco - Seis	*	20.147
Cinco - Tres	*	14.323
Cinco - Uno	*	26.743
Cuatro - Dos	*	5.653
Cuatro - Seis	*	7.353
Cuatro - Tres		1.53
Cuatro - Uno	*	13.95
Dos - Seis		1.7
Dos - Tres	*	-4.123
Dos - Uno	*	8.297
Seis - Tres	*	-5.823
Seis - Uno	*	6.597
Tres - Uno	*	12.42

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 29: Análisis estadístico de metamioglobina para cada mes por tipo de envasado**

**ANOVA Simple - Mes 1 Metamioglobina por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 1\_Metamioglobina por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	10.667	1	10.667	4.60	0.0985
Intra grupos	9.272	4	2.3181		
Total (Corr.)	19.939	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 1\_Metamioglobina por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		-2.667

\* indica una diferencia significativa.

**ANOVA Simple - Mes 2 Metamioglobina por Tipo de envasado**

**Tabla ANOVA para Mes 2\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	178.979	1	178.979	120.14	0.0004
Intra grupos	5.95907	4	1.490		
Total (Corr.)	184.938	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 2\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-10.9233

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 3 Metamioglobina por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 3\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	121.14	1	121.14	139.65	0.0003
Intra grupos	3.470	4	0.867		
Total (Corr.)	124.61	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 3\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-8.987

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 4 Metamioglobina por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 4\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	156.877	1	156.877	34.23	0.0043
Intra grupos	18.3305	4	4.58263		
Total (Corr.)	175.208	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 4\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-10.227

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 5 Metamioglobina por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 5\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	342.166	1	342.166	119.66	0.0004
Intra grupos	11.437	4	2.859		
Total (Corr.)	353.604	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 5\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV	*	-15.1033

\* indica una diferencia significativa.

### ANOVA Simple - Mes 6 Metamioglobina por Tipo de envasado

**Tabla ANOVA para Mes 6\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	17.682	1	17.682	4.73	0.0953
Intra grupos	14.949	4	3.737		
Total (Corr.)	32.631	5			

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Mes 6\_ Metamioglobina por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV - SV		3.433

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 30: Análisis estadístico de metamioglobina para tipo de envasado y tiempo de almacenamiento en congelación**

**ANOVA Multifactorial – Metamioglobina**

- Variable dependiente: Metamioglobina
- Factores:

Tipo de envasado

Tiempo (meses)

**Análisis de Varianza para Metamioglobina - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo de envasado	423.831	1	423.831	169.63	0.0000
B:Tiempo (meses)	2285.28	6	380.881	152.44	0.0000
INTERACCIONES					
AB	403.68	6	67.280	26.93	0.0000
RESIDUOS	69.961	28	2.499		
TOTAL (CORREGIDO)	3182.76	41			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Metamioglobina por Tipo de envasado**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
CV – SV	*	-6.353

\*Indica una diferencia significativa.