

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EFECTO DEL MARINADO, CONGELACIÓN Y
DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS
DE LA CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*)”**

Presentado por:

MILAGROS DÓMINIC LAVADO WONG

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Lima - Perú

2018

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis (Art. 24.
Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNALM)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“EFECTO DEL MARINADO, CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE
LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE ALPACA (*Vicugna
pacos*)”**

Presentado por:

MILAGROS DÓMINIC LAVADO WONG

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Mg. Sc. Carlos Cesar Augusto Elías Peñafiel
PRESIDENTE

.....
Mg. Sc. Mirtha Patricia Martínez Tapia
MIEMBRO

.....
Mg. Sc. Laura Del Rosario Linares García
MIEMBRO

.....
Ph. D. Bettit Karim Salva Ruiz
ASESOR

Lima – Perú
2018

DEDICATORIA

A Dios, por ser siempre mi fortaleza e inspiración.

A mis padres, Raúl e Isabel, por su constante motivación a superarme cada día.

AGRADECIMIENTO

- A la Dra. Bettit, por su paciencia y orientación en la elaboración de la Tesis.
- A las técnicas de los laboratorios de Análisis Físico Químico, Biotecnología e Ingeniería de Alimentos de la UNALM.
- A todos los profesores de la UNALM de los que tuve la oportunidad de aprender.
- A Billy Gonzales, por su apoyo incondicional y motivación a culminar la tesis.
- A mis amigas de la UNALM, Zuly, Diana y Rocío, por haber compartido todos estos años juntas.
- A la empresa ALPAQUEL PERÚ S.A.C., por el apoyo financiero otorgado para el desarrollo de la presente tesis.

INDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	1
2.1.	LA ALPACA	1
2.1.1.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	1
2.1.2.	HÁBITAT.....	3
2.1.3.	POBLACIÓN	3
2.1.4.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	4
2.1.5.	RAZAS	4
2.1.6.	PRODUCCIÓN DE CARNE DE ALPACA	5
2.2.	LA CANAL DE ALPACA.....	6
2.2.1.	DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.....	6
2.2.2.	CORTES REALIZADOS A LA CANAL.....	6
2.2.3.	CARACTERÍSTICAS DE LAS CARCASAS.....	7
2.2.4.	COMPOSICIÓN QUÍMICA	8
2.3.	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE ALPACA	9
2.3.1.	PH.....	9
2.3.2.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).....	11
2.3.3.	COLOR INSTRUMENTAL.....	14
2.3.4.	TEXTURA.....	15
2.3.5.	OXIDACIÓN DE LÍPIDOS	17
2.3.6.	OXIDACIÓN DE PROTEÍNAS	19
2.4.	CONGELACIÓN	21
2.4.1.	DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CONGELACIÓN.....	21
2.4.2.	CURVAS DE CONGELACIÓN.....	22
2.4.3.	MÉTODOS DE CONGELACIÓN DE CARNE.....	24
2.4.4.	VELOCIDAD DE CONGELACIÓN.....	26
2.5.	DESCONGELACIÓN.....	27
2.5.1.	CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA DESCONGELACIÓN.....	27
2.5.2.	CURVAS DE DESCONGELACIÓN	27

2.5.3.	TIPOS DE DESCONGELACIÓN	29
2.5.4.	MÉTODOS DE DESCONGELACIÓN	29
2.6.	EFFECTOS DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE	30
2.6.1.	COLOR.....	30
2.6.2.	PÉRDIDAS DE AGUA	31
2.6.3.	PROTEÍNAS	32
2.6.4.	TEXTURA.....	34
2.6.5.	<i>FLAVOR</i>	34
2.7.	MARINADO	37
2.7.1.	CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS.....	37
2.7.2.	TIPOS DE MARINADO	39
2.7.3.	COMPOSICIÓN Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARNE	40
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	43
3.2.	MATERIA PRIMA	43
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS	43
3.3.1.	MATERIALES	43
3.3.2.	EQUIPOS E INSTRUMENTOS	44
3.3.3.	REACTIVOS.....	45
3.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS	46
3.4.1.	EVALUACIÓN DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN	46
3.4.2.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	49
3.5.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	51
3.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL	55
3.6.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA.....	55
3.6.2.	MARINADO DE LA CARNE DE ALPACA.....	55
3.6.3.	EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CONGELACIÓN	55
3.6.4.	EVALUACIÓN DEL PROCESO DE DESCONGELACIÓN.....	57
3.6.5.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA DESCONGELADA.....	57
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	57
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60

4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE	60
4.2.	CONGELACIÓN DE LA CARNE	61
4.3.	DESCONGELACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA	66
4.4.	CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA MARINADA, CONGELADA Y DESCONGELADA	69
4.4.1.	HUMEDAD	69
4.4.2.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	70
4.4.3.	PH	71
4.4.4.	COLOR.....	72
4.4.5.	SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO (TBARS).....	74
4.4.6.	CARBONILOS.....	76
4.4.7.	TEXTURA.....	77
V.	CONCLUSIONES	80
VI.	RECOMENDACIONES	81
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
VIII.	ANEXOS.....	92

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Población de alpacas en Perú.....	3
Cuadro 2: Producción de carne de alpaca desde 2004 hasta el 2013	5
Cuadro 3: Proporción de componentes provenientes del faenamiento de la alpaca.....	8
Cuadro 4: Composición química del músculo <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpacas	8
Cuadro 5: Análisis proximal de carne de alpaca	9
Cuadro 6: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca	11
Cuadro 7: Capacidad de retención de agua de alpacas a diferentes tiempos <i>post-mortem</i> . ..	14
Cuadro 8: Medición del color instrumental del músculo <i>Longissimus lumborum</i> de alpaca	15
Cuadro 9: Diseño experimental de la investigación	56
Cuadro 10: Análisis proximal de carne de alpaca	60
Cuadro 11: Propiedades tecnológicas del músculo <i>Semimembranosus</i> de alpaca fresca....	59
Cuadro 12: Tiempo en minutos para congelar el filete de carne de 5 °C a -20 °C.....	64
Cuadro 13: Velocidad de congelación en cm h-1 del filete de carne de 5 °C a -20 °C	65
Cuadro 14: Humedad de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación. ..	69
Cuadro 15: Capacidad de retención de agua, expresado como porcentaje de pérdida de agua por presión de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación.....	70
Cuadro 16: pH de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación	71
Cuadro 17: Color* de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación	72
Cuadro 18: TBARS, expresado como mg de MDA/kg de carne, de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación	74
Cuadro 19: Carbonilos de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación	76
Cuadro 20: Evaluación sensorial del perfil de textura de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación.....	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de los cortes primarios en alpacas y llamas	7
Figura 2: Efecto del pH sobre la capacidad de retención de agua.....	12
Figura 3: Efecto de la adición de sal sobre la capacidad de retención de agua.....	13
Figura 4: Reacciones del mecanismo de auto-oxidación de lípidos.....	17
Figura 5: Reacciones del mecanismo de auto-oxidación de proteínas	21
Figura 6: Curva típica de congelación sin subenfriamiento	23
Figura 7: Curva típica de congelación con subenfriamiento	24
Figura 8: Congelador por placas horizontales	25
Figura 9: Cambios de temperatura durante congelación y descongelación para similares tamaños de envases.....	28
Figura 10: Efecto de la adición de la sal sobre la capacidad de retención de agua de la carne	41
Figura 11: Descripción gráfica de la vista horizontal de congelación por contacto directo	47
Figura 12: Descripción gráfica de la vista frontal de congelación por contacto directo	47
Figura 13: Descripción gráfica de la vista frontal de la congelación por corriente de aire .	48
Figura 14: Flujo de operaciones para la obtención de carne de alpaca marinada	49
Figura 15: Curvas de congelación por corriente de aire de los filetes de músculo <i>Semimembranosus</i> de alpaca	62
Figura 16: Curvas de congelación por contacto de los filetes de músculo <i>Semimembranosus</i> de alpaca	63
Figura 17: Curvas de descongelación de los filetes de músculo <i>Semimembranosus</i> de alpaca	68
Figura 18: Formato utilizado en el análisis de evaluación sensorial	99

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA... 92	92
ANEXO 2: DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS REACTIVAS CON EL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO (TBARS)..... 93	93
ANEXO 3: DETERMINACIÓN DE CARBONILOS DE LA OXIDACIÓN PROTEICA 95	95
ANEXO 4: DETERMINACIÓN DEL COLOR L*, A* Y B*..... 97	97
ANEXO 5: EVALUACIÓN SENSORIAL DE TEXTURA..... 98	98
ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA 100	100
ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA SOMETIDA A MARINADO, CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN 102	102
ANEXO 8: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE TEXTURA DE CARNE DE ALPACA SOMETIDA A MARINADO, CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN..... 109	109

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto del tipo de congelación (por contacto directo y por corriente de aire) y el efecto del modo de aplicación del marinado (inyección e inmersión) con sal y fosfatos en las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca. El estudio tomó muestras de músculo *Semimembranosus* de alpacas macho de la raza Huacaya de entre 18 a 24 meses de edad, provenientes del departamento de Cerro de Pasco. La carne fue marinada con una solución de cloruro de sodio al 14 por ciento y tripolifosfato de sodio al 2,8 por ciento, trozada, congelada, envasada, almacenada en congelación a -20°C y descongelada a 0°C luego de 2 meses. Los análisis se realizaron después de descongelar las muestras. Para los análisis se realizaron las siguientes mediciones: pH, humedad, capacidad de retención de agua (CRA), oxidación de lípidos (TBARS), oxidación de proteínas (Carbonilos), color y perfil de textura. Los resultados se analizaron con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion® XV.II, mediante un Diseño Factorial 3 x 2 con tres repeticiones, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) para los tratamientos establecidos y de existir diferencias significativas ($p < 0,05$), se realizó un test de comparación múltiple mediante el test HSD de Tukey. Los resultados de la evaluación demostraron el efecto significativo ($p < 0,05$) del tipo de marinado sobre las propiedades pH, CRA, humedad y valor de a^* , el marinado por inmersión aumentó el pH, CRA y humedad y disminuyó el valor de a^* . El tipo de congelación presentó efecto significativo ($p < 0,05$) en la humedad, CRA, jugosidad y valores de L^* , a^* y b^* , la congelación por contacto directo aumentó la humedad, CRA y jugosidad, y disminuyó los valores de L^* , a^* y b^* . No se demostró efecto significativo ($p < 0,05$) entre los tratamientos en la oxidación de proteínas y lípidos.

Palabras clave: alpaca, carne, almacenamiento en congelación, congelación, descongelación, marinado.

ABSTRACT

The present study was aimed at evaluating the effect of the freezing (by direct contact and by airflow) and the mode of marinade application (injection and immersion) with salt and phosphates in the technological properties of alpaca meat. The study took samples of *Semimenbranosus* muscle of male Alpacas of Huacaya breed between 18 and 24 months old, from the department of Cerro de Pasco. The meat samples were marinated with a solution of 14 percent sodium chloride and 2,9 percent sodium tripolyphosphate, cut, frozen, packaged, stored in freezing at -20 °C and thawed at 0 °C after 2 months. Analyzes were performed after thawing the samples. For analyzes, the following measurements were made: pH, humidity, water retention capacity (CRA), lipid oxidation (TBARS), oxidation of proteins (Carbonyls), color and texture profile. The results were analyzed using the Statgraphics Centurion® XV.II statistical package, using a 3 x 2 Factorial Design with three replications, applying an analysis of variance (ANOVA) for established treatments and if there were significant differences ($p < 0,05$) a multiple comparison test was performed using the Tukey HSD test. The results of the evaluation showed the significant effect ($p < 0,05$) of the marinade type on the properties pH, CRA, humidity and a * value, immersion marination increased pH, CRA and humidity and decreased the value of a*. The freeze type had a significant effect ($p < 0,05$) on moisture, CRA, juiciness and values of L*, a* and b*, freezing by direct contact increased humidity, CRA and juiciness, and decreased values of L*, a* and b*. There was no significant effect ($p < 0,05$) between treatments on oxidation of proteins and lipids.

Keywords: Alpaca, meat, frozen storage, freezing, thawing, marination.

I. INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos*) es un camélido sudamericano doméstico de gran importancia en la zona andina. De acuerdo a la FAO (2005), esta es la especie de mayor existencia numérica en el Perú. Su principal importancia económica es la comercialización de su fibra, la cual es de alta finura y tiene un alto valor en el mercado internacional. No obstante, es también un recurso destacable para la producción de carne en las familias de la zona alto andina (Fairfield, 2006).

Cabe señalar que la carne de alpaca presenta ventajas frente a las carnes convencionales, como un mayor rendimiento de canal, 55 por ciento (FAO, 2005). Además de tener propiedades interesantes como su bajo contenido en grasa intramuscular, un cociente proteína/grasa elevado y un cociente de ácidos grasos omega 6/ omega 3 nutritivamente más favorable que la carne de otros rumiantes (Salvá *et al.*, 2009).

Por todo lo señalado anteriormente, hay un interés creciente en el consumo de carne de alpaca. Así mismo, existe un importante potencial de exportación por la creciente demanda de esta carne en otros países. Frente a ello, se considera necesario desarrollar nuevas tecnologías de conservación de la carne de alpaca.

La presente investigación tiene como objetivos evaluar el efecto del tipo de marinado con cloruro de sodio y fosfatos, y el efecto del tipo de congelación en las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca como color, humedad, capacidad de retención de agua, pH y textura, así como oxidación de lípidos y proteínas para poder definir una metodología de almacenamiento y conservación eficaz.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA ALPACA

2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Por muchos años, el nombre científico *Lama pacos* ha sido utilizado por diversos autores (Arias y Gamarra, 2001, Fernández-Baca, 2005, Bustinza, citado por Chang *et al.*, 2006, Polidori *et al.*, 2007) 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), 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	: Vicugna pacos

2.1.2. HÁBITAT

Las alpacas son camélidos que se crían de forma extensiva en las zonas altiplánicas de Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Son animales muy bien adaptados a estas zonas de gran altitud y pueden incluso alimentarse con forrajes de calidad escasa (Quispe, 2011). Las condiciones de su hábitat natural son zonas con altitud superior a los 3800 metros sobre el nivel del mar que componen geografías difíciles, clima variable, carencia de comunicación y servicios básicos. Su alimentación es básicamente de los pastizales nativos de condición pobre (Neely *et al.*, 2001).

2.1.3. POBLACIÓN

En el cuadro 1 se puede apreciar la población de las alpacas en Perú, expresado en miles de unidades.

Cuadro 1: Población de alpacas en Perú

AÑO	POBLACIÓN DE ALPACAS EN PERÚ (MILES DE UNIDADES)
2003	3423
2004	3429
2005	3595
2006	3626
2007	3687
2008	3781
2009	4106
2010	4177
2011	4322
2012	3924
2013	3978

FUENTE: INEI (2014).

La población de alpacas es de 3 685,5 superando en 50,2 por ciento a la encontrada en el censo agropecuario de 1994. La raza Huacaya concentra el 80,4 por ciento de la distribución, seguida de la raza Suri con 12,2 por ciento y Cruzados con 7,3 por ciento (INEI, 2012). La población Alpaquera se concentra en la Sierra con 3 685,0 cabezas, que representa aproximadamente el 100 por ciento del total. Considerando las razas, es la Huacaya la que tiene mayor participación 78,9 por ciento, seguida por la Suri con 12 por ciento. En la Costa, la raza predominante es Capones con 31,4 por ciento. La Sierra cuenta con una mayor proporción de alpacas de la raza Huacaya 78,9 por ciento y finalmente en la Selva no se encuentran (INEI, 2012).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La alpaca es un camélido de figura alta, alargada y bien proporcionada que presenta almohadillas en las plantas que evitan que al pisar ocasionen erosión de modo que no dañan el pasto, por lo que es considerado un animal ecológico. En el Perú se conoce que tienen un 45 por ciento de natalidad, 30 por ciento de mortalidad en crías mientras que en adultos es el 10 por ciento, también solo es el 12 por ciento de la población la que se destina al matadero. Los adultos llegan a pesar entre 50-70 kg y los rendimientos de la canal son en promedio 54 por ciento (Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos de Perú, citado por Mateo *et al.*, 2010).

2.1.5. RAZAS

Existen dos razas con características bien diferenciadas:

- **Raza Huacaya**

La raza Huacaya presenta vello de apariencia esponjosa, con fibras de menor longitud lo que le da una apariencia más voluminosa a esta raza. Cabe resaltar que el 90 por ciento de las alpacas de los rebaños peruanos son de raza Huacaya, debido a que son más resistentes a las condiciones de alturas (Mateo *et al.*, 2010).

- **Raza Suri**

La raza Suri cuenta con fibras mucho más largas que se organizan en rizos, dándole al animal apariencia angulosa (Mateo *et al.*, 2010).

2.1.6. PRODUCCIÓN DE CARNE DE ALPACA

Mateo *et al.* (2010) indicó que anualmente en el Perú se sacrifican medio millón de alpacas. La producción de esta carne sigue una tendencia al incremento. Esto puede corroborarse en el cuadro 2 donde se evidencia la producción referida a los años 2000 al 2013.

Cuadro 2: Producción de carne de alpaca desde 2004 hasta el 2013

AÑO	ALPACAS (t - m*)
2004	9 358
2005	8 867
2006	8 916
2007	9 366
2008	9 517
2009	10 189
2010	10 761
2011	11 318
2012	11 999
2013	12 169

FUENTE: INEI (2014).

*m: métrica

Se sabe además que el sacrificio de alpacas tiene un carácter estacional, cuando se inicia el periodo lluvioso en la zona alta que es durante los meses de abril y mayo (Borda *et al.*, citados por Mateo *et al.*, 2010).

2.2. LA CANAL DE ALPACA

2.2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

La canal es el cuerpo del animal desprovisto de vísceras torácicas, abdominales y pelvianas (Caravaca *et al.*, 2003). Su calidad ha sido definida por Colomer-Rocher citado por Vergara (1996) como: “el conjunto de características cuya importancia relativa confiere a la canal una máxima aceptación y un mayor precio frente a los consumidores o a la demanda del mercado”.

El peso de la canal de alpaca es uno de los criterios importantes para valorar su calidad. Esta variable está relacionada con el peso vivo y con el rendimiento de la canal, entendido como el porcentaje que representa la canal sobre el peso del animal antes del sacrificio. El peso vivo del animal viene dado por el sistema productivo aplicado en la crianza (alimentación, edad al sacrificio, etc.) (Mateo *et al.*, 2010).

De acuerdo a diversos estudios, el rango de rendimiento de la canal de alpaca es de 43 a 63 por ciento. El rendimiento promedio a nivel nacional (Perú) es de 55 por ciento (FAO, 2005), lo que indica que se pueden mejorar los sistemas de engorde y técnicas de faenado para conseguir un porcentaje más elevado (Mateo *et al.*, 2010).

2.2.2. CORTES REALIZADOS A LA CANAL

En general, no existe un sistema estandarizado de cortes, se sigue un sistema similar al de los ovinos (FAO, 2005). Vilca citado por FAO (2005) propuso un sistema que consiste en dividir la canal en sus partes principales: el bistec (pierna y brazuelo) que representan el 47 por ciento; el churrasco (lomo y churrasco de costilla) que representan el 15 por ciento y el sancochado (pescuezo, pecho, osobuco, costillar y falda) que representan el 38 por ciento restante. Sin embargo, en la Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI, 2005), se señala que en el caso de los camélidos sudamericanos los cortes se dividen en:

- Primarios: cuello o pescuezo, pecho entero, pierna, osobuco con codo, costillar y churrasco largo; cuya distribución se puede observar de forma detallada en la figura 1.

- Finos o especiales: churrasco redondo, pescuezo angosto, pierna deshuesada, bistec de paleta, asado redondo y ruso, quiso, falda y garrón.

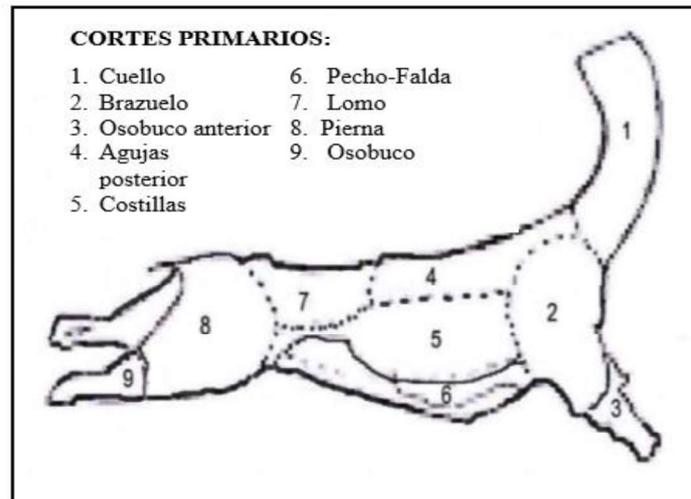


Figura 1: Distribución de los cortes primarios en alpacas y llamas.

FUENTE: INDECOPI (2005).

2.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CARCASAS

En el 2005, en el Perú se establece la Norma 201.043, que clasifica las carcasas de camélidos sudamericanos domésticos de la siguiente manera:

Extra: Carcasas de machos castrados, con hasta cuatro dientes permanentes, con muy buen acabado y conformación.

Primera: Carcasas de machos castrados y de hembras con hasta seis dientes permanentes, con buen acabado y conformación.

Segunda: Carcasas de machos y de hembras con regular acabado y conformación.

Procesamiento: Carcasas que no alcanzan la clasificación anterior, considerándolas no adecuadas para el consumo humano directo, por lo que, para su comercialización, deberán ser transformadas en carnes secas saladas, ahumadas, charqui y afines.

La composición de tejidos más abundantes en la carcasa de alpaca se distribuyen, en promedio, de la siguiente manera: tejido muscular 77,22 por ciento, tejido óseo 21,62 por ciento y tejido adiposo 1,16 por ciento. La alpaca contiene abundante carne y poca grasa, de ahí la ventaja de ésta respecto a otras especies (Sánchez, 2004). En el cuadro 3 se reporta la proporción de todas las partes que se obtienen del faenamiento de la alpaca.

Cuadro 3: 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).

2.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Cristofanelli *et al.* (2004) trabajaron con 20 llamas machos y 40 alpacas machos de 25 meses de edad, caracterizando los componentes principales para cada una de estas especies. Los resultados que obtuvieron se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4: Composición química del músculo *Longissimus thoracis y lumborum* de alpacas

	ALPACA (N=40) PROMEDIO ± SD
Humedad (%)	73,64 ± 1,66 ^a
Grasa (%)	0,49 ± 0,01 ^a
Proteína (%)	23,33 ± 0,69 ^a
Cenizas (%)	2,54 ± 0,20 ^a

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias significativas ($p > 0,05$).

FUENTE: Cristofanelli *et al.* (2004).

Zorogastúa (2004) realizó el análisis proximal de la carne de alpaca proveniente de la pierna y brazuelo. Los resultados se reportan en el cuadro 5.

Cuadro 5: Análisis proximal de carne de alpaca

COMPONENTE	VALOR EN PIERNA Y BRAZUELO
Humedad (%)	73,12
Proteína (%)	23,96
Grasa (%)	1,84
Ceniza (%)	1,02
Extracto libre de nitrógeno (%)	0,06
Total	100,00

FUENTE: Zorogastúa (2004).

2.3. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE ALPACA

Las propiedades tecnológicas de la carne permiten evaluar su aptitud para, y comportamiento en, las diferentes etapas de conservación, comercialización, industrialización y preparación para el consumo. Algunas propiedades tecnológicas importantes son el pH, la capacidad de retención de agua, la textura, el color y su estabilidad (Mateo *et al.*, 2010).

2.3.1. PH

El pH es un parámetro importante relacionado con la susceptibilidad de la carne a su deterioro y se usa para decidir sobre el tipo de procesamiento al que se va a destinar la carne. 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*) (Wismer-Pedersen, citado por Damodaran *et al.*, 2010). Aunque en los cortes frescos estos atributos causen rechazo por parte de los consumidores, la reducida funcionalidad de la proteína de los productos *PSE* en la carne procesada tiene también serias consecuencias económicas para la industria cárnica (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. Esas condiciones 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, 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 común 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). La incidencia de carnes *DFD* tiende a ser estacional, con una incidencia más aguda cuando los animales están expuestos a períodos largos de tiempo húmedo y frío, en comparación con el verano (Damodaran *et al.*, 2010). El destino preferido para las carnes *DFD* es la elaboración de ciertos productos cárnicos tratados por el calor, la carne de alpaca parece ser poco susceptible a la pérdida de calidad de la carne debida al estrés y no suele presentar estos defectos en grandes porcentajes (Salvá, 2009).

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.

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. Guerrero *et al.* (2004) estudiaron la variación del pH luego de aplicar estimulación eléctrica a canales de alpaca, observando que el voltaje aplicado (500 V/ 30 s) ocasionó un rápido descenso (el pH llegó al valor de 5,1 en las 2 horas posteriores a la estimulación). Dicha velocidad en el descenso del pH se puede atribuir a que la estimulación eléctrica acelera el ciclo de contracción en los músculos,

lo cual favorece el agotamiento del glucógeno, que es consumido de una manera más rápida, y por lo tanto ocasiona una mayor producción de ácido láctico.

Respecto a la región anatómica, el pH puede variar, como se puede apreciar en el cuadro 6, donde se observa que el lomo fue la carne con menor valor de pH.

Cuadro 6: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca

CORTE	PH
Pierna	6,18
Brazuelo	5,85
Lomo	5,57

FUENTE: Cabrera (2003); Zorogastúa (2004).

2.3.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Existen tres razones principales por las que la capacidad de retención de agua es importante. En primer lugar, el goteo o exudado que provoca una baja CRA deteriora el aspecto de la carne. Esto ocurre especialmente en los modernos envases de piezas cárnicas, en los que el líquido exudado tiende a quedar acumulado en vez de drenarse, a pesar de la frecuente inclusión de tiras absorbentes en el fondo de las bandejas para empapar el líquido. En segundo lugar, las pérdidas por goteo conducen a una pérdida de peso en la carne fresca, mientras que en carnes procesadas una baja CRA puede reducir la retención de agua y por lo tanto influir negativamente sobre el rendimiento del producto. En tercer lugar, se cree que la CRA influye sobre la percepción de la jugosidad de la carne fresca tras el cocinado. La carne con una CRA baja pierde una gran cantidad de fluidos durante el cocinado y puede resultar seca y sin succulencia (Warriss, 2003).

La capacidad de retención de agua (CRA) también es una propiedad tecnológica importante, que determina las pérdidas de peso, principalmente por liberación de jugos, que se producen en toda la cadena de distribución y transformación y suponen pérdidas económicas, pudiendo también afectar a la calidad de la carne y de los productos obtenidos (jugosidad, palatabilidad, etc.) (Carpio, 2015).

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 cinco la mayoría de las proteínas cárnicas se encuentran en su punto isoelectrico (PI), en el cual las moléculas proteicas no atraen a las moléculas de agua y tampoco hay repulsión entre ellas. Por encima del punto isoelectrico, 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 2).

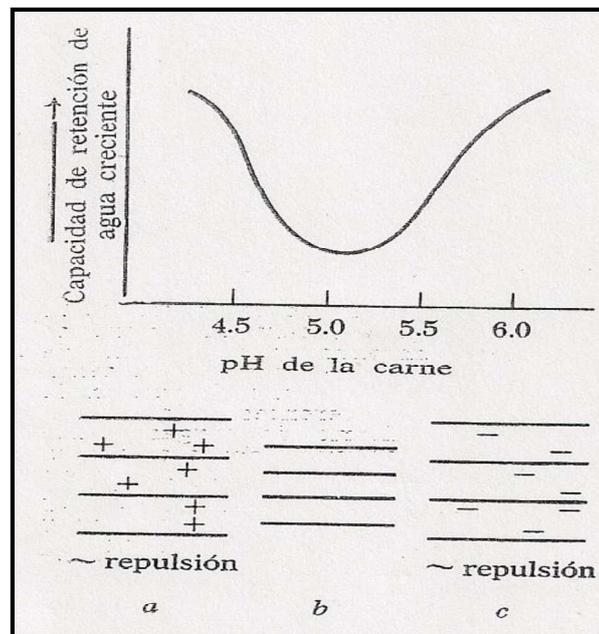


Figura 2: Efecto del pH sobre la capacidad de retención de agua.

FUENTE: Price y Schweigert (1994).

- Adición de sales (cloruro de sodio y fosfatos): Si al añadir cloruro de sodio la carne se encuentra a pH mayor que 5,0; la CRA se incrementa, pero si el pH es menor que 5,0; la CRA sufre decremento (figura 2). Esto es un hecho experimental y existen numerosas hipótesis para explicarlo. Entre ellas, la más aceptable es que el ión Cl^- es

más activo que el ión 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.

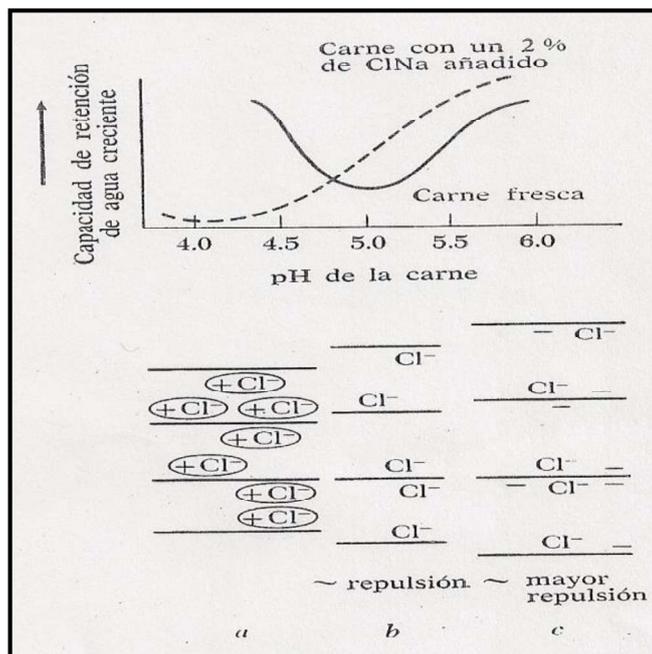


Figura 3: Efecto de la adición de sal sobre la capacidad de retención de agua.

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 ha demostrado ser ligeramente menor a la de otras especies según manifiestan Cristofanelli *et al.* (2004), quienes indican que esta característica la hace idónea para la fabricación de productos cárnicos deshidratados, tales como chorizos, salchichones o charqui.

En el cuadro 7, 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.

Cuadro 7: Capacidad de retención de agua de alpacas a diferentes tiempos *post-mortem*

TIEMPO <i>POST MORTEM</i> (H)	ALPACA (N=40)
1	49,09 ± 2,08
6	49,18 ± 2,01
12	49,30 ± 2,51
24	51,17 ± 3,01
48	52,80 ± 2,77
72	53,76 ± 4,11

FUENTE: Cristofanelli *et al.* (2004).

Cabrera (2003) encontró un valor de CRA de 4,0 para la pierna de alpaca, utilizando el método recomendado por Guerrero y Arteaga (1990).

2.3.3. COLOR INSTRUMENTAL

El color es uno de los principales determinantes del aspecto. Es importante porque es prácticamente el único criterio que el consumidor puede usar en la compra para juzgar la aceptabilidad de la mayoría de la carne. Esto presuponiendo que al estropearse no se ha producido un olor desagradable tal y como ocurre en el pescado que no es fresco (Warriss, 2003).

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 lumborum* de alpaca, se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8: Medición del color instrumental del músculo *Longissimus lumborum* de alpaca

COORDENADA CIELAB	PROMEDIO \pm SD (N=20)	RANGO
L^*	36,17 \pm 2,12	29,64 - 39,46
a^*	15,05 \pm 1,44	12,37 - 17,98
b^*	1,16 \pm 2,30	-3,64 - 5,43

FUENTE: Salvá (2009)

2.3.4. TEXTURA

a. Definición de textura y factores que la afectan:

Según la norma ISO 5492:2 la textura se define como “todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos” (Rosenthal, citado por Braña *et al.*, 2011). Diversos autores han señalado que la textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista, el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Anzaldúa-Morales, Bourne, Brennan, citados por Auqui, 2014).

Las causas que dan lugar a la variación en la ternura de la carne son muy diversas, pero entre las más importantes se puede mencionar la especie, raza, sistema de producción, sistema de refrigeración y congelado, maduración de la carne, el acortamiento de los sarcómeros (estado de contracción muscular), cantidad y características del tejido conjuntivo, temperatura de cocción de la carne e inclusive el uso de sistemas de ablandamiento. Para el caso de carne cocinada, además de los anteriores, también es necesario considerar el método de cocción

utilizado en su preparación. Cuando la carne es cocinada a altas temperaturas se genera endurecimiento; mientras que si la cocción es prolongada esto puede aumentar la suavidad si la carne presenta un alto contenido de colágeno, pues provoca la gelatinización del mismo (Braña *et al.*, 2011).

b. Métodos de evaluación

Las técnicas de evaluación de la textura propuestas deben ser capaces de discriminar adecuadamente las muestras de carne, así como cuantificar la ternura resultante. La determinación de textura, puede ser llevada a cabo por métodos instrumentales, como pueden ser los mecánicos (corte, compresión, penetración, etc.), así como por métodos sensoriales.

- Métodos instrumentales: se pueden clasificar en tres categorías (Braña *et al.*, 2011).
 - Fundamentales: hacen referencia a los mecanismos que simulan bien la masticación, y la presión de los dedos; sin embargo, se correlacionan muy poco con la evaluación sensorial.
 - Imitativos: permiten medir los parámetros que la experiencia ha señalado que están relacionados con las percepciones sensoriales, imitando con instrumentos las condiciones a las que se somete la comida en la boca o en el plato.
 - Empíricos: cubren una miscelánea de test tales como punzamiento, corte, extrusión, y otros, que aunque pobremente definidos se han encontrado bastante correlacionados con la calidad de la textura y con la evaluación sensorial.
- Métodos sensoriales: El análisis sensorial es una disciplina científica que permite medir y evaluar de forma objetiva y reproducible las características de un producto mediante el uso de los sentidos. Los instrumentos de medida son los seres humanos, por lo que es importante el uso de metodologías que sean específicas para evitar errores por parte de los evaluadores.

La forma de evaluar por parte de los catadores va a estar influida por la forma en que se presenten las muestras durante la evaluación, como son: (a) temperatura, la cual deberá ser uniforme en todas las muestras, (b) orden en que se presenten las muestras a los catadores; si no se tiene cuidado, lo anterior puede aumentar la variabilidad en la respuesta de los catadores y no se podrán detectar diferencias entre los productos a evaluar.

La realización de un análisis sensorial de calidad depende de dos aspectos importantes: los individuos utilizados (paneles de catadores entrenados y no entrenados) y la forma de ejecutar las pruebas. Además, es importante realizar análisis estadísticos para probar diferencias entre los distintos tratamientos, realizándose análisis de varianza que incluyan el tratamiento y la sesión como efectos fijos (Braña *et al.*, 2011).

2.3.5. OXIDACIÓN DE LÍPIDOS

La oxidación de los lípidos es considerada un proceso bastante complejo, en el que los ácidos grasos insaturados reaccionan con el oxígeno molecular vía un mecanismo de radicales libres, que forma hidroperóxidos. La auto-oxidación primaria es seguida de una serie de reacciones secundarias que conducen a la degradación del lípido y al desarrollo de la rancidez oxidativa (Sánchez *et al.*, 2008).

El mecanismo básico de la reacción de auto-oxidación de los lípidos ha sido establecido y puede diferenciarse en tres distintas etapas: iniciación, propagación y terminación (ver figura 2).

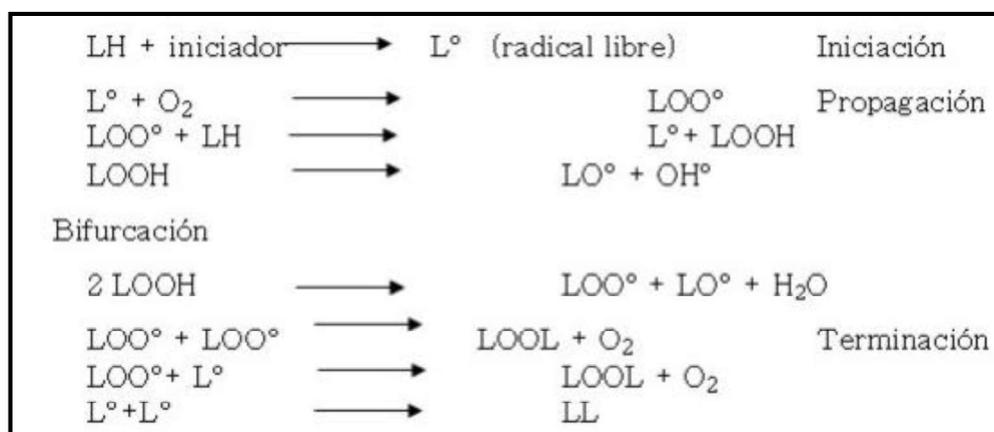


Figura 4: Reacciones del mecanismo de auto-oxidación de lípidos.

FUENTE: Monahan citado por Sánchez *et al.* (2008).

La oxidación de lípidos se inicia con la sustracción de un radical hidrógeno de un grupo metileno alílico de un ácido graso insaturado, o bien por la adición de un radical a un doble enlace que reacciona rápidamente con el oxígeno para formar un peroxiradical. El peroxiradical sustrae un hidrógeno de otra cadena de hidrocarburos, produciendo un hidroperóxido y un nuevo radical libre que puede perpetuar la reacción en cadena (Pearson *et al.*, citado por Sánchez *et al.*, 2008).

La descomposición de hidroperóxidos lleva consigo además, mecanismos de radicales libres y la formación de productos no-radicales. La hemólisis de hidroperóxidos a radicales hidroxilo y alcoxi, seguida por la “rotura” de la cadena de ácidos grasos adyacente al radical alcoxi, produce compuestos volátiles de bajo peso molecular, algunos de los cuales tienen distintos aromas y pueden afectar las propiedades de *flavor* a concentraciones de 1 ppm (Sánchez *et al.*, 2008).

Los principales ácidos grasos incluidos en los tejidos son el oleico, linoleico, linolénico y araquidónico, cuya auto-oxidación da lugar a un gran número de diferentes hidroperóxidos y a su vez producen un gran número de compuestos volátiles (Motttram, citado por Sánchez *et al.*, 2008).

Los factores promotores de la oxidación más importantes son: la composición de los ácidos grasos, la presión parcial de oxígeno, la superficie en contacto con el oxígeno, las condiciones de almacenamiento (temperatura, luz, actividad de agua), presencia de enzimas (lipo-oxigenasa), presencia de metales, radiaciones, entre otros (Sánchez *et al.*, 2008).

Los olores y sabores que surgen como consecuencia de la oxidación de lípidos se conocen comúnmente como rancidez y se diferencian dos tipos: rancidez oxidativa e hidrolítica. Como resultado de la rancidez oxidativa, se forman compuestos causantes de olores desagradables como aldehídos, cetonas y ácidos grasos de cadena corta. La determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARS) se utiliza frecuentemente para evaluar la eficacia de diferentes métodos diseñados para reducir o retrasar la oxidación en alimentos (Grigioni *et al.* y Campo *et al.*, citado por Díaz, 2009).

El método del ácido tiobarbitúrico (TBA) es muy empleado para la determinación de la oxidación, y se basa en la reacción de dos moléculas de TBA con una molécula de dialdehído malónico, en la que se produce un compuesto cromógeno rojo que se mide a 530 nm. El análisis se efectúa después de eliminar los pigmentos del alimento, o en la fracción que se recolecta de una destilación (Badui, 2006).

Para prevenir la rancidez oxidativa Quispe, citado por García (1996), sugiere:

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

Saavedra (2013) reporta en músculo *longissimus thoracis y lumborum* de alpaca valores de 0,31 mg MDA/kg de carne, mientras que Medina (2014) menciona haber encontrado en el mismo músculo de alpaca 0,06 mg de MDA/kg de carne. Palma (2009) menciona que valores de TBA por encima de 0,60 mg de MDA/kg de carne pueden ser reconocidos por consumidores inexpertos y valores por encima de 2,00 mg de MDA/kg de carne se consideran rancios e inaceptables para el consumidor.

2.3.6. OXIDACIÓN DE PROTEÍNAS

La carbonilación es generalmente reconocida como una de las modificaciones químicas más notables de las proteínas oxidadas. Numerosos estudios han investigado la aparición de carbonilación de proteínas inmediatamente después de la muerte del animal y durante el posterior procesamiento y almacenamiento en frío de carne. Más allá de su papel como marcadores de la oxidación de proteínas, los carbonilos de proteínas específicas, tales como α -aminoadípico y γ -glutámico semi aldehídos (AAS y GGS, respectivamente) son compuestos activos que pueden estar implicados en varias reacciones químicas con consecuencias relevantes sobre calidad de la carne. La formación de carbonilos de proteínas de cadenas laterales de aminoácidos particulares contribuyen a deteriorar la conformación de las proteínas miofibrilares que conducen a la desnaturalización y pérdida de

funcionalidad, por lo que tienen un impacto potencial en determinados rasgos de calidad de la carne, como la capacidad de retención de agua (CRA), la textura, el sabor y su valor nutricional (Estévez, 2011).

Numerosas especies reactivas al oxígeno como los radicales superóxido, el hidroperóxido y el hidroxilo y otras especies no radicales como el peróxido de hidrógeno e hidroperóxidos han sido reconocidos como potenciales iniciadores de la oxidación de proteína (Butterfiel & Stadtman, citado por Estévez, 2011). Componentes naturales del tejido muscular como lípidos insaturados, pigmentos heme, metales de transición y enzimas oxidativas son precursores potenciales y catalizadores para la formación de especies reactivas al oxígeno y por lo tanto, juegan un rol importante en la iniciación de la oxidación de proteínas en el músculo (Xiong, citado por Estévez, 2011). Los péptidos de la columna vertebral y de grupos funcionales localizados en la cadena lateral de residuos de aminoácidos son objetivos comunes para las especies reactivas al oxígeno. Como consecuencia directa de la abstracción de un átomo de hidrógeno de un objetivo susceptible (PH), un radical de proteína (P*) es formado (reacción 1) (Stadtman y Levine, citado por Estévez, 2011). La P* inicial es posteriormente convertida a un radical peroxil (POO*) en la presencia de oxígeno, y al peróxido alquil (POOH) por la abstracción del átomo de hidrógeno de otra molécula susceptible (reacciones 2 y 3). Reacciones posteriores con especies reactivas al oxígeno como el radical HO*2 o con formas reducidas de metales de transición (Mn⁺) como Fe²⁺ o el Cu⁺ desarrollan la formación de un radical alcoxil (PO*) (reacciones 4 y 5) y su hidroxilo derivado (POH) (reacciones 6 y 7), como se muestra en la figura 3.

La cuantificación de los carbonilos de proteínas por el método dinitrofenilhidrazina (DNPH) es el procedimiento más común para la evaluación de oxidación de proteínas en los sistemas a base de carne (Estévez, 2011). Usando este método, la cuantificación de compuestos carbonilos es logrado a través de la derivatización con DNPH, el cual reacciona con grupos de proteína carbonilo para formar hidrazonas, y seguidamente, medirse espectrofotométricamente en 370 nm (Armenteros *et al.*, 2009).

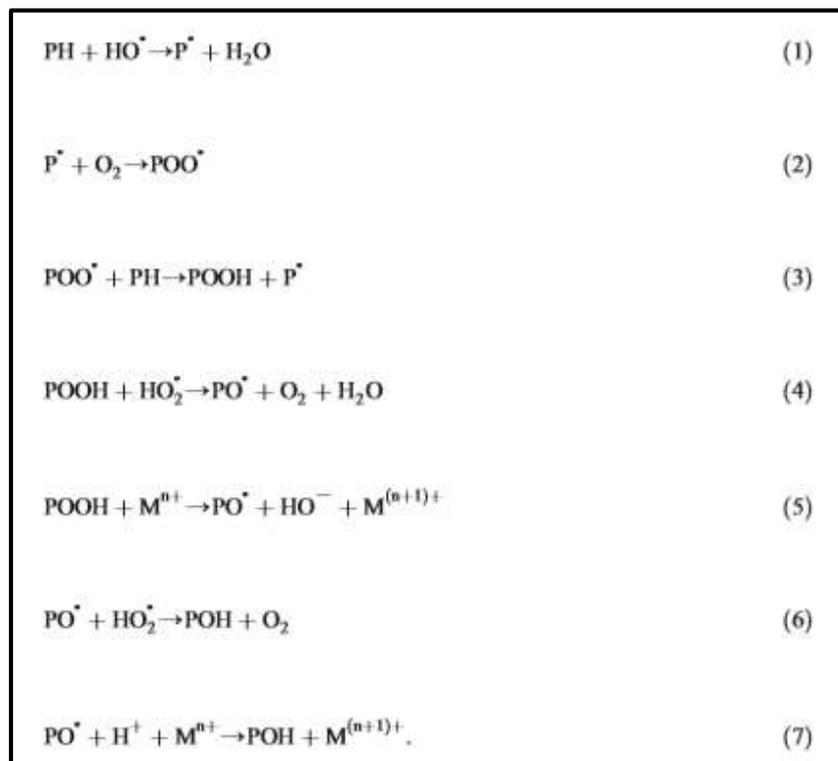


Figura 5: Reacciones del mecanismo de auto-oxidación de proteínas.

FUENTE: Estévez (2011)

2.4. CONGELACIÓN

2.4.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CONGELACIÓN

La congelación es la acción de someter un producto al frío, de manera que provoque una transformación del agua que contiene a su estado sólido (Genot, 2003).

Cuando el periodo de conservación es mayor que el aceptable para carne refrigerada, la congelación debe utilizarse para minimizar cualquier cambio físico, bioquímico y microbiológico que puede afectar la calidad de la carne durante el almacenamiento. Durante la congelación, gran parte del agua alrededor del 80 por ciento, se solidifica en cristales de hielo puro, acompañado por la separación de sólidos disueltos (Cano-Muñoz, 1991). Un producto puede considerarse que está congelado cuando alcanza una temperatura de $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ o menos en el centro. Para alcanzar esta temperatura, el producto pasa a través del rango de

temperatura de máxima cristalización ($-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$). La conservación de los alimentos mediante la congelación produce la inhibición del crecimiento de los microorganismos. A $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, todo crecimiento bacteriano se paraliza. A $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, los hongos dejan de multiplicarse y, a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, las levaduras. Así pues, por debajo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ no hay ninguna multiplicación de microorganismos. Asimismo, ejerce efectos de saneamiento en particular sobre los parásitos de la carne que no soportan la congelación. El número de microorganismo iniciales en el alimento tiene tendencia a descender a causa de alteraciones estructurales relacionadas con la formación de cristales de hielo y la crio concentración de solutos (Genot, 2003).

2.4.2. CURVAS DE CONGELACIÓN

En un producto alimentario, la congelación se traduce en primer lugar en una evolución de la temperatura, no lineal en función del tiempo y que depende de su localización en la muestra. Esquemáticamente, en un punto dado del producto, se puede distinguir la sucesión de tres etapas (Genot, 2003):

- El período de pre-congelación durante el cual la temperatura disminuye hasta alcanzar la temperatura a la cual da comienzo la cristalización.
- Etapa de congelación propiamente dicha durante la cual una gran parte del agua congelable se transforma en hielo. Durante este período, la temperatura disminuye progresivamente.
- Fase de enfriamiento hasta llegar a la temperatura de almacenamiento.

Para determinar la curva de enfriamiento de un alimento se introduce un termopar en el mismo. No todas las curvas de enfriamiento son iguales, su forma depende de la velocidad de remoción de calor, la geometría del producto, empaque, el modo de transferencia de calor y las propiedades térmicas del alimento (Barreriro y Sandoval, 2006). Se pueden identificar dos curvas típicas de congelación: sin subenfriamiento (ver figura 4) y con subenfriamiento (ver figura 5).

En el caso de la curva de enfriamiento sin subenfriamiento (ver figura 4), el producto se encuentra a un temperatura T_O , descendiendo la temperatura hasta el nivel T_C correspondiente a la temperatura de congelación en este periodo el alimento se enfría removiendo calor sensible por encima del punto de congelación, sin que ocurra cambio de

fase. Luego, al alcanzar la temperatura de congelación, el agua dentro del alimento comienza a cristalizar, proceso que ocurre teóricamente a temperatura constante. En realidad, la temperatura no se mantiene constante y se observa siempre una disminución a un nivel T_C' al final de la inflexión (en ese lapso se congela la mayoría del agua del alimento). Posteriormente, la temperatura desciende desde el final de la plataforma T_C' hasta la temperatura final de congelación T_K siguiendo una curva cóncava hacia arriba y alcanzando asintóticamente la temperatura del medio de congelación. La concavidad de esta curva se explica por el hecho de que el agua remanente sin congelar en el alimento es cada vez más difícil de cristalizar (Barreiro y Sandoval, 2006).

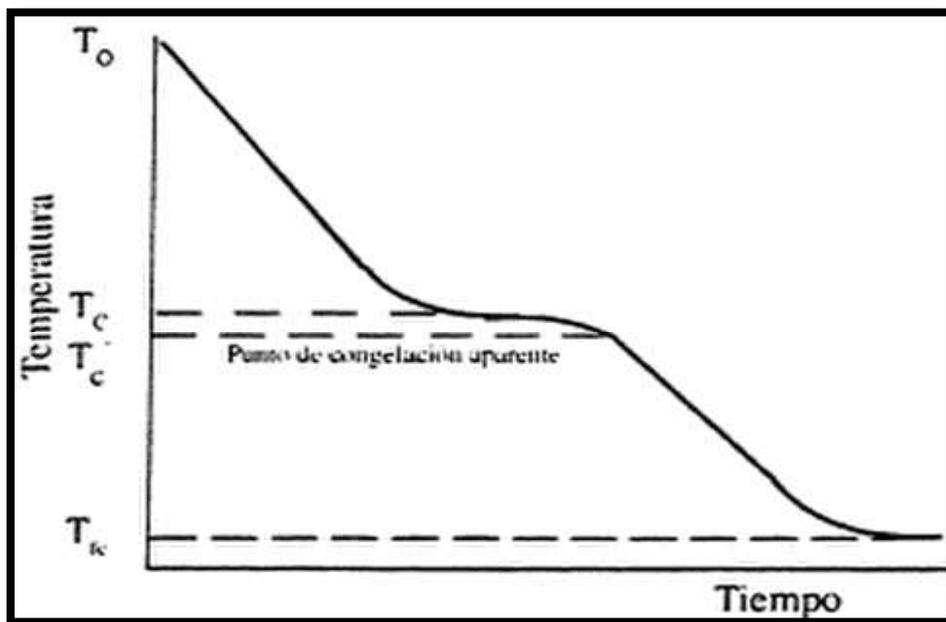


Figura 6: Curva típica de congelación sin subenfriamiento.

FUENTE: Barreiro y Sandoval (2006).

Por otra parte, la curva de enfriamiento en la que se observa el fenómeno de subenfriamiento (ver figura 5), viene representado por el pozo al final de la primera etapa en la cual la temperatura del alimento desciende por debajo del punto de congelación (T_C') sin que de hecho el agua se congele. En esta etapa, el agua conserva sus propiedades de líquido subenfriado. El fenómeno del subenfriamiento no ocurre en todos los alimentos, observándose generalmente en alimentos basados en sistemas coloidales o líquidos muy viscosos. Posteriormente ocurre una subida brusca de la temperatura hasta alcanzar la temperatura de congelación (T_C), prosiguiendo luego la curva de enfriamiento en forma similar a la anteriormente descrita (Barreiro y Sandoval, 2006).

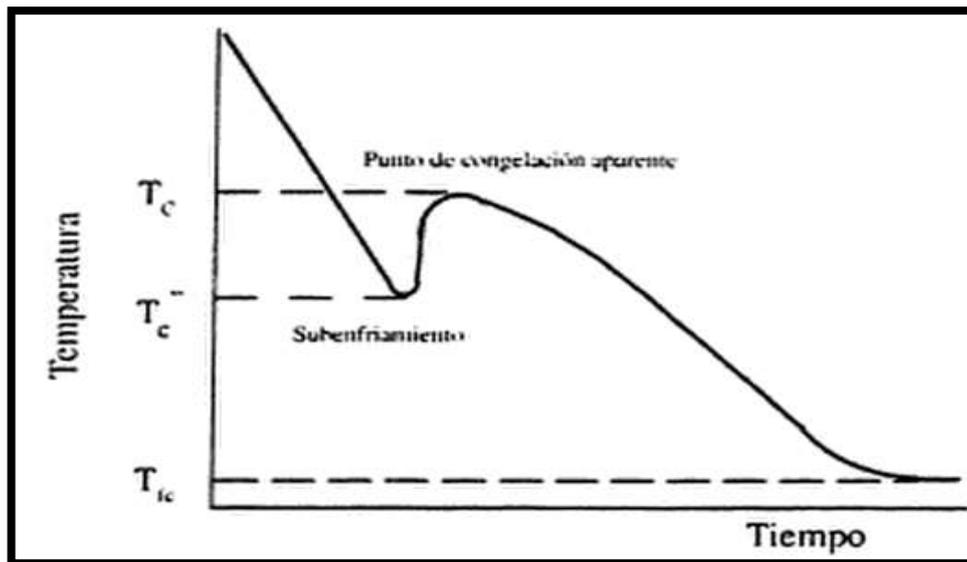


Figura 7: Curva típica de congelación con subenfriamiento.

FUENTE: Barreiro y Sandoval (2006)

2.4.3. MÉTODOS DE CONGELACIÓN DE CARNE

La transferencia de calor en congelación puede ocurrir por tres mecanismos: conducción, radiación y convección. La conducción requiere un buen contacto físico entre la carne y el medio congelante, y esto es generalmente difícil de alcanzar con carcasas y otros cortes irregulares (forma) de carne. La radiación no requiere ningún contacto físico, pero si se necesita una gran diferencia de temperaturas entre la superficie de la carne y la superficie circundante para alcanzar un significativo flujo de calor. La convección es el mecanismo de transferencia de calor más importante utilizado en la mayoría de sistemas de refrigeración de carne. En la mayoría de los casos, el aire refrigerado es el medio de transferencia; sin embargo, en algunos casos también se puede utilizar agua, salmuera o un gas criogénico (James y James, 2010).

- a. Métodos por corriente de aire: es el método más utilizado para congelar carne, ya que es económico, higiénico y relativamente no corrosivo para el equipo. La gran ventaja de los sistemas por aire es su versatilidad, especialmente cuando se requiere congelar una variedad de productos de distintas formas o productos individuales. Los sistemas van desde el más básico, en el cual un ventilador aspira aire a través de un serpentín y elimina el aire refrigerado a un cuarto aislado, hasta equipos especializados como túneles o espirales de congelación rápida. En sistemas continuos, la carne se transporta

a través de un túnel de congelación o un cuarto refrigerado, usualmente con un transportador aéreo o en una faja. Esto soluciona el problema de la distribución desigual del aire, ya que cada elemento se somete al mismo perfil de velocidad/tiempo (James y James, 2010).

b. Métodos de congelación por contacto directo: se basa en la transferencia de calor por contacto entre los productos y la superficie de metal (que se enfría por un refrigerante primario o secundario) o por inmersión directa en un líquido refrigerado. La congelación por contacto ofrece varias ventajas sobre la congelación por aire, por ejemplo presenta una mejor transferencia de calor y un importante ahorro de energía. Sin embargo, las desventajas son: la necesidad de productos de forma regular con grandes superficies planas para un sistema de placa, y la necesidad de envolver y lavar el líquido de inmersión en los sistemas de inmersión (James y James, 2010).

- Congeladora de placas: Se caracteriza porque el calor se transmite desde el alimento hasta el refrigerante a través de una pared sólida metálica. Destacan los congeladores de placas, generalmente de aluminio o cualquier otro metal de elevada conductividad térmica. Las placas se montan en paralelo en sentido vertical u horizontal. Los espacios entre las placas son variables abriéndose para ser cargadas de alimentos envasados o sin envasar y cerrándose antes de proceder a la congelación. De forma que la superficie de las placas están en íntimo contacto con el alimento envasado o sin envasar (Fernández, 2005).

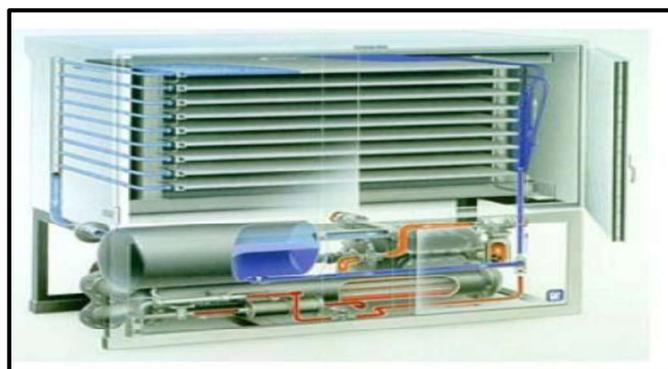


Figura 8: Congelador por placas horizontales.

FUENTE: Fernández (2005).

2.4.4. VELOCIDAD DE CONGELACIÓN

La velocidad de congelación es un factor muy importante ya que la calidad de la carne congelada depende fundamentalmente del tamaño de los cristales de hielo formados: cuanto menor sea la velocidad de congelación, mayor será el tamaño de los cristales. La congelación lenta facilita la separación de solutos y la migración de agua fuera de las células musculares, formando cristales grandes. La congelación rápida, por el contrario, produce muchos cristales pequeños, mayormente formados entre las células musculares, y reduce la migración de agua y la separación de solutos (Cano-Muñoz, 1991).

El Instituto Nacional de Refrigeración (IIR) expresa que la velocidad de congelación como la velocidad con la que un frente de temperatura se mueve a través del cuerpo del producto (cm/h). Se obtuvieron buenos resultados cuando la temperatura estaba entre dos a cinco cm/h, se considera congelación lenta por debajo de 1 cm/h y congelación rápida por encima de cinco cm/h (Cano-Muñoz, 1991).

La velocidad y el tiempo de congelación dependen de la cantidad total de calor que hay que extraer, de la temperatura inicial y final, de las características del producto, como por ejemplo su composición, su masa total, sus dimensiones (especialmente el espesor) y su estructura, de la presencia de embalaje y su naturaleza, y finalmente del procedimiento de enfriamiento (Genot, 2003).

La velocidad de congelación dependerá (Fernández, 2005):

- Con respecto al alimento: conductividad térmica del alimento y su tamaño, cuanto menor sea la distancia del centro térmico a la superficie del alimento en contacto con el sistema congelante más rápida será la congelación.
- Con respecto al equipo de congelación: gradiente térmico que crea la temperatura del centro (T_0) y su coeficiente individual de transmisión de calor.

2.5. DESCONGELACIÓN

2.5.1. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA DESCONGELACIÓN

La descongelación es una fase crítica en el proceso de congelación ya que implica el cambio de los cristales de hielo a agua líquida, la cual es reabsorbida, y la reactivación microbiana (Cano-Muñoz, 1991).

Al aplicar calor al producto congelado, su superficie se vuelve lo suficientemente caliente para transferir calor al interior y crear condiciones adecuadas de temperatura y humedad para el desarrollo de microorganismos (Cano-Muñoz, 1991).

Bajas temperaturas de descongelación, por debajo de 5 °C, reducen el riesgo de crecimiento microbiológico y producen una tasa de descongelamiento lenta, la cual garantiza la eficiente reabsorción del agua derretida. Se recomienda que las carcasas se descongelen entre 4 y 6 °C, suspendidas y sin ninguna cobertura, dentro de un cuarto frío con un bajo nivel de circulación de aire (0,2 m/s aproximadamente). La humedad relativa debe mantenerse baja al inicio (70 por ciento) para evitar la formación de hielo en la superficie de la carne, con un incremento al final del periodo de descongelación hasta 90 - 95 por ciento. Se considera que el proceso ha terminado cuando la temperatura de la carne está entre 0 a 1°C (Cano-Muñoz, 1991).

Usando una correcta forma de descongelación se obtendrán alimentos de buena calidad, evitando la pérdida de materia prima (sales, humedad y otros componentes). Además dependerá del método de congelación utilizado previamente, ya que determina el tipo de formación de cristales de hielo y el daño mecánico sobre las estructuras celulares de los alimentos (Alarcón *et al.*, 2006).

2.5.2. CURVAS DE DESCONGELACIÓN

Durante la descongelación, la temperatura aumenta rápidamente hasta el punto de fusión más cercano y permanece allí durante todo el curso del proceso de descongelación. Esto resulta en un periodo descongelación más largo comparado al de congelación, permitiendo más tiempo para cambios químicos y microbiológicos (Barbut, 2002).

Cuando los alimentos se descongelan, se comienza a formar una capa acuosa líquida en la superficie del producto. Esta capa tiene una conductividad y difusividad térmica menor que el hielo. Por lo tanto, esta capa reduce la tasa a la cual el calor es conducido al interior todavía congelado. Este efecto aislante se incrementa a medida que la capa de alimento descongelado crece (Barbut, 2002), formando una barrera que mantiene el producto a 0 °C durante un largo periodo (Alarcón *et al.*, 2006). Esto es lo opuesto a la congelación, donde el espesor creciente de la capa de hielo hace que la transferencia de calor se acelere (Barbut, 2002).

La curva de descongelación (ver figura 9) muestra un rápido incremento al inicio cuando todavía no existe una significativa capa acuosa alrededor del alimento. Luego, hay un periodo largo (visto como una meseta) cuando la temperatura está cerca del punto de fusión. El tiempo requerido para la descongelación depende de factores como el tamaño del corte de carne, la temperatura inicial del producto y del medio de descongelación, capacidad térmica de la carne y el método de descongelación (Barbut, 2002).

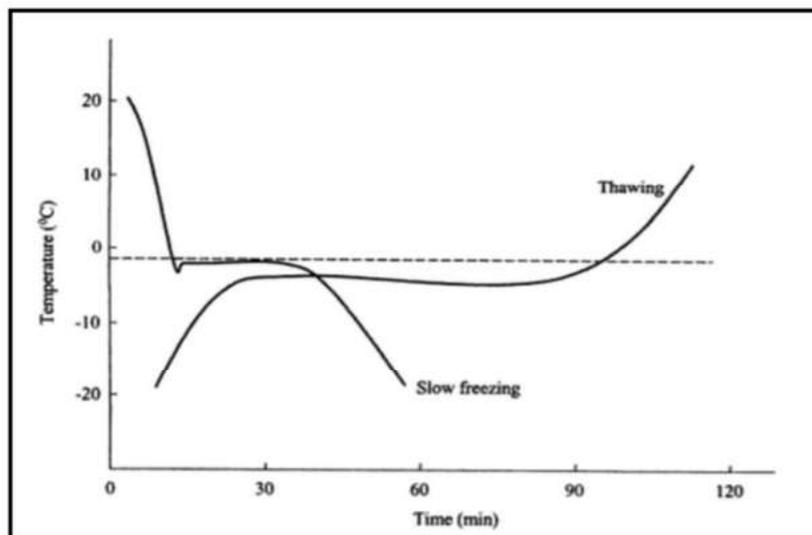


Figura 9: Cambios de temperatura durante congelación y descongelación para similares tamaños de envases.

FUENTE: Barbut (2002).

2.5.3. TIPOS DE DESCONGELACIÓN

En función a la finalidad del producto, la descongelación se puede clasificar en 3 tipos:

- Descongelación parcial: se usa para fabricar porciones individuales congeladas a partir de productos congelados. Se eleva la temperatura del producto hasta 5 °C, donde el 60 ó 70 por ciento del agua aún está en forma de hielo pero la consistencia del producto permite la manipulación y preparación de las raciones (Alarcón *et al.*, 2006).
- Descongelación-cocción: se cuece directamente el producto congelado, en este método se unen la rapidez y la seguridad sanitaria. Se considera que endurece algo la carne (Alarcón *et al.*, 2006).
- Descongelación-transformación: la descongelación completa es necesaria para efectuar sin dificultad operaciones como el deshuesado de carcasas de aves, piezas de carne, etc. (Alarcón *et al.*, 2006).

2.5.4. MÉTODOS DE DESCONGELACIÓN

La descongelación puede hacerse bajo diferentes condiciones donde la temperatura del ambiente debe ser lo suficientemente fría para no fomentar el crecimiento microbiano que podría dar lugar a una intoxicación alimentaria (Barbut, 2002).

Los métodos más comunes para descongelar alimentos citados por Mataix y Carazo (2005):

- En refrigeración: el ambiente se mantiene entre 0 y 5 °C, demora desde unas horas hasta unos días.
- Bajo chorro de agua: el agua se encuentra a 21 °C, el producto se descongela por un tiempo no mayor a cuatro horas o hasta que la temperatura de la superficie del producto no supere los 4 °C, es relativamente rápido.

- En microondas: presenta la ventaja de ser muy rápido porque el aporte de calor tiene lugar en todas partes del alimento, pero se producen pérdidas parciales de sabores y olores deseables.

2.6. EFECTOS DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE

2.6.1. COLOR

Según el tamaño de los cristales de hielo, la luz se refleja más o menos en la superficie de las piezas de carne congeladas. Cuando la velocidad de congelación en la superficie es elevada, los cristales son de tamaño menor y reflejan la luz, la carne presenta un color pálido que es el que se busca en el caso de aves congeladas. Por el contrario, en el caso de la carne roja, un color pálido es un atributo no deseable. Es por ello las condiciones de congelación deben ser adaptadas para controlar el tamaño de los cristales de hielo en la superficie de la carne. Para las aves, una congelación rápida o criogénica mejora el aspecto de la carne congelada; en el caso de las carnes rojas, sería mejor una congelación más lenta para evitar un color pálido a los ojos del consumidor. No obstante, cabe resaltar, que no habría ningún efecto de la velocidad de congelación sobre el color de la carne si ésta es evaluada después de la descongelación (Genot, 2003).

El pardeamiento de la carne durante su conservación en congelación, se debe a la oxidación de la mioglobina oxigenada u oximioglobina (MbO_2), de color rojo vivo a mioglobina oxidada o metamioglobina (MetMb), de color pardo. En el caso de la carne de vacuno, este cambio de color provoca un rechazo por parte de los consumidores cuando el porcentaje de la superficie es superior a 40 por ciento (Renerre y Mazuel, citado por Genot, 2003).

La oxidación de la oximioglobina en la superficie de la carne es el resultado de proceso de degradación fotoquímica y térmica. En la carne congelada, la auto-oxidación de la mioglobina se retrasa considerablemente y la fotooxidación puede transformarse en el mayor problema (Genot, 2003).

Las carnes rojas son más oscuras, más grises, cuando están congeladas que descongeladas. La carne oscura de aves y conejo pueden tener una apariencia púrpura cuando están

congeladas y más rojas descongeladas. La carne blanca de pollo es rojo castaña si se congela lentamente y de color crema a blanca si se congela rápidamente. Estos colores revierten a crema al descongelar. Los colores oscuros son habitualmente tomados como signo de que la carne de ave ha sido descongelada y lentamente recongelada con malas prácticas (Ranken, 2003).

2.6.2. PÉRDIDAS DE AGUA

Las pérdidas de agua por evaporación durante la congelación representan generalmente entre un 0,5 por ciento y 0,2 por ciento de la masa del producto, aunque puede alcanzar un cinco por ciento. Estas pérdidas dependen de las condiciones de congelación, de la velocidad del aire, de su temperatura y su humedad relativa. Las pérdidas son elevadas hasta que el producto alcanza la temperatura de congelación inicial (Genot, 2003). Durante el almacenamiento, el hielo situado en la parte externa del producto sublima, produciendo una deshidratación superficial. Esta pérdida de agua es mayor por la ventilación, el período de almacenamiento, la superficie expuesta y las fluctuaciones de temperatura que favorecen la formación de escarcha en los envases; y es menor a bajas temperaturas ya que la presión parcial del vapor de agua en la superficie del producto aumenta exponencialmente con la temperatura (Genot, 2003).

La exudación es una pérdida de jugo que se manifiesta durante la descongelación. Representa generalmente entre uno y cinco por ciento de la masa inicial del producto. El fenómeno de exudación contribuye a la pérdida de algunos nutrientes (vitaminas del grupo B, proteínas sarcoplásmicas, aminoácidos libres, dipéptidos, bases nitrogenadas, nucleósidos, nucleótidos, sales, etc.) y el jugo de exudación crea un ambiente favorable para el crecimiento de microorganismos. Estas pérdidas dependen del volumen de líquido generado y de la velocidad de migración del mismo del interior al exterior de la carne (Genot, 2003). Las pérdidas por goteo de la carne que está congelada y luego descongelada están en gran parte afectadas por la velocidad de congelación. Cuanto más rápido se congela la carne, más bajas son las pérdidas (Ranken, 2003).

Generalmente se admite que cuanto más rápida sea la congelación, menor será el deterioro inducido por ésta y mejores serán las cualidades del producto durante su uso o su consumo. Pero en el caso de la carne y de los productos cárnicos, la situación no es tan clara y los

resultados relativos al efecto de la velocidad de congelación sobre la calidad de la carne, y en particular sobre las pérdidas de jugo durante la descongelación parecen contradictorios (Genot, 2003).

La descongelación no debe ser muy lenta ya que esto favorece la recristalización y una permanencia prolongada en la zona de inestabilidad química de la carne (0 °C a -5 °C). Tampoco debería ser muy rápida para permitir la reabsorción de agua por la célula conforme van fundiéndose los cristales de hielo (González-Sanguinetti *et al.*, citado por Genot, 2003).

La velocidad óptima de descongelación depende directamente de la velocidad a la cual la carne fue congelada. Una congelación rápida necesita una descongelación rápida y una congelación lenta necesita una descongelación lenta (Ambrodiadis *et al.*, citado por Genot, 2003). La asociación de una congelación lenta con una descongelación rápida es particularmente desastrosa desde el punto de vista de las pérdidas durante la descongelación (Genot, 2003).

Las pérdidas de agua durante la cocción dependen de las características iniciales de los productos, de los tratamientos aplicados y, en particular, las condiciones de cocción. Laroche citado por Genot (2003) ha observado que no hay influencia de la congelación sobre las pérdidas en el calentamiento cuando la carne es calentada a más de 60 °C, mientras que después de un tratamiento térmico moderado, las pérdidas observadas en la carne congelada son significativamente importantes, comparadas con la carne fresca. Las pérdidas durante la cocción dependen igualmente de las pérdidas por exudado durante la descongelación ya que una exudación muy importante reduce la cantidad de jugo susceptible a formarse durante la cocción (Genot, 2003).

2.6.3. PROTEÍNAS

Los grandes cristales de hielo producen modificaciones estructurales: deformación de las células musculares, rotura de las miofibrillas y desplazamientos del tejido conjuntivo del endomisio. También sufren daño durante la congelación de la carne los orgánulos celulares (mitocondrias, lisosomas), liberando enzimas que pueden contribuir a producir alteraciones después de la descongelación (Moreno, 2006).

Para formar cristales, el agua libre debe separarse de las proteínas, lo que determina cambios en las mismas, disminuyendo su capacidad de retención de agua y la solubilidad: es la llamada desnaturalización por congelación (Moreno, 2006).

La congelación causa la rotura de los puentes de hidrógeno y los puentes salinos. Como resultado la proteína se despliega y las cadenas laterales que se encuentran escondidas en el centro de la molécula quedan expuestas. Están entonces disponibles para reaccionar con otros grupos químicos y, en la mayoría de los casos, la proteína desnaturalizada precipita. Esta reacción es habitualmente irreversible; la proteína desnaturalizada no puede recuperar la conformación original. Las proteínas desnaturalizadas normalmente pierden sus propiedades funcionales, son incapaces de desempeñar su función normal en el alimento (Vaclavik, 2002).

Además, el aumento en la concentración de iones y la consiguiente caída del pH en los líquidos residuales aún no congelados, contribuyen también a una progresiva desnaturalización proteica (Moreno, 2006). Los compuestos de elevado peso molecular, tales como las lipoproteínas, se ven particularmente afectados por la desnaturalización, lo que ocasiona lesiones en las membranas celulares, que son causa de las modificaciones de sus propiedades osmóticas (Moreno, 2006).

Estos cambios en la capacidad de hinchamiento, en la solubilidad y en la capacidad de retención de agua de las proteínas que tienen lugar durante la congelación, son los responsables, junto con los cambios estructurales debidos a la formación de cristales, sobre todo si son grandes, de las pérdidas de agua por goteo y exudación que tienen lugar durante y después de la congelación (Moreno, 2006).

Los cambios estructurales, físicos y químicos que produce la congelación en la carne deberían ser reversibles en el proceso de descongelación, es decir, que todo debería volver a su estado inicial. Generalmente, esto no sucede así, aun cuando todas las operaciones (congelación, mantenimiento en congelación y descongelación) se hagan correctamente y esta es la causa de la pérdida de calidad de la carne congelada en relación con la refrigerada (Moreno, 2006).

2.6.4. TEXTURA

En la mayoría de casos, la congelación provoca un ligero aumento de la ternura de la carne (Genot, 2003). El aumento de la sensibilidad (entre la ternura y la fuerza de corte) se correlaciona con el tiempo de almacenamiento en congelación y el grado de envejecimiento de la carne antes de la congelación (Vieira *et al.*, citado por Leygonie *et al.*, 2012a).

El mecanismo implicado en el ablandamiento se piensa que es una combinación de la descomposición de las fibras musculares por acción enzimática durante 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 y dan como resultado el ablandamiento. Sin embargo, la formación de pequeños cristales de hielo intracelulares aumenta la tasa de envejecimiento probablemente por la liberación de enzimas de proteasa (Vieira *et al.*, citado por Leygonie *et al.*, 2012a).

En la práctica, la ternura no siempre mejora con la congelación. Un panel sensorial entrenado sostuvo que la carne congelada/descongelada es menos tierna que la carne refrigerada. Este resultado sensorial fue atribuido a la pérdida de fluido durante la descongelación que da como resultado en menos agua disponible para hidratar las fibras musculares; por lo tanto, una mayor cantidad de fibras por área de superficie parecían aumentar la tenacidad. (Lui *et al.*, citado por Leygonie *et al.*, 2012a).

2.6.5. FLAVOR

Durante la conservación en estado congelado, el *flavor* de la carne se deteriora. En la primera etapa, el *flavor* parece menos equilibrado sin ser desagradable; se describe como de menor intensidad y más liso que la en la carne fresca. Posteriormente, si la conservación en frío se prolonga, aparecen sensaciones nuevas generalmente consideradas como desagradables. El olor rancio es un ejemplo muy característico (Genot, 2003).

La velocidad de congelación no influye significativamente sobre la oxidación de la carne congelada (Daudin, citado por Genot, 2003). Asimismo, las técnicas de descongelación no parecen modificar la apreciación sensorial del olor y del sabor (Ambrosiadis *et al.*, citado

por Genot, 2003). La estabilidad contra la oxidación de los productos congelados aumenta cuando la temperatura de almacenamiento disminuye. Al descender la temperatura por debajo de 10 °C, el tiempo de conservación de la carne se multiplica 2 a 3,5 veces. Sin embargo, una mayor disminución de la temperatura no conduce necesariamente a la prolongación de la vida útil del producto. Por ejemplo, si la temperatura de conservación de carne picada de vacuno desciende de -12 a -23 °C, su estabilidad contra la oxidación mejora significativamente, aunque no se observa ninguna mejora cuando se pasa de -23 a -34 °C (Bhattacharya *et al.*, citado por Genot, 2003).

Algunos productos transformados muestran incluso una estabilidad llamada “inversa”, es decir, que su estabilidad frente a la oxidación disminuye, si la temperatura aumenta. Entonces, la estabilidad depende de la temperatura de conservación, de las fluctuaciones de la misma y del orden en que se producen estos cambios de temperatura (Genot, 2003).

La prevención de las alteraciones del *flavor* durante la conservación en estado congelado de la carne y de los productos cárnicos pasa primero por el control de calidad de las materias primas y por el uso de los envases (Genot, 2003). Por ejemplo, las chuletas de cerdo conservadas en ausencia de luz en un envase protector a -30 °C durante más de seis meses y luego descongeladas a 2 °C durante 24 horas, tienen las mismas características sensoriales que la carne fresca (Devine *et al.*, citado por Genot, 2003). Así pues, la oxidación lipídica dependerá del tiempo y temperatura de almacenamiento y del tipo de carne almacenada.

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

Cuando la carne congelada se mantiene a temperatura constante, los cristales aumentan progresivamente de tamaño con el tiempo de almacenamiento. Paralelamente, 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 °C y al vacío, las pérdidas durante la descongelación de largo dorsal de cerdo son del 1,2 por ciento, y de lomo de vacuno mayor o 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.*, 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 °C a -5 °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.*, citado por Genot, 2000).

- **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°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, citado por Genot, 2000).

Por último, la capacidad de retención de agua y la capacidad gelificante de las proteínas musculares disminuyen durante la conservación en estado congelado (Smith, Wang y Xiong,

citado por Genot, 2000). La capacidad emulsificante de las carnes congeladas sería a veces mayor (6,4 por ciento) 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.*, 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, citado por Soyer *et al.*, 2010)

2.7. MARINADO

2.7.1. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS

El término marinado se refiere al proceso mediante el cual se incorpora una solución acuosa u oleosa, que puede contener diferentes ingredientes y o aditivos, con el objetivo de mejorar el sabor, dar suavidad u otro tipo de atributos como color y jugosidad (Cruz, 2007).

El marinado de la carne además de permitir una conservación de la carne por más tiempo, se mejora ciertos atributos de calidad importantes como mayor blandura, más jugosidad, sabor característico, mayor vida de anaquel. Otro aspecto importante del marinado es el aumento del rendimiento de la materia prima, el cual bien controlado, puede ofrecer beneficios al productor dando lugar a productos con alto valor añadido (González *et al.*, 2004).

El marinado se puede realizar en cualquier tipo de músculo cárnico de cerdo, vaca, pollo, pavo, cordero, etc. Su efecto será más notorio cuanto más seco y duro sea el músculo (Xargayó *et al.*, 2004). Se deben tener en cuenta los siguientes factores y parámetros ya que ellos influyen en las características del producto marinado final:

- Edad del animal: debe ser un animal joven ya que tiene mayor proporción de carne magra que grasa y una mayor cantidad de grupos reactivos (más proteína) capaces de

asociarse con moléculas de agua. Además presenta una mayor solubilidad del colágeno y permite una mayor penetración de la solución de marinado.

- Raza: se han descrito efectos significativos de las diferentes razas en caracteres como grasa intramuscular, capacidad de retención de agua, color y terneza. En algunas razas se observa un descenso muy rápido del pH después del sacrificio, dando lugar a una carne *PSE*, este efecto se explica por la alta frecuencia de un solo gen llamado gen del halotano. Otras razas muestran como norma general un pH muy bajo, dando lugar a una carne con baja CRA y grandes pérdidas en la cocción, este hecho está relacionado con un gen denominado gen RN.
- Maduración de la carne: pasado el rigor mortis y con el paso del tiempo, la degradación de proteínas elimina las conexiones estructurales entre los filamentos musculares y entre las membranas celulares y los filamentos estructurales. Como resultado los grupos de las proteínas cargados eléctricamente quedan expuestos para que puedan unirse a las moléculas de agua del marinado.
- pH: el poder de retención de agua está estrechamente ligado al pH último y es más alto cuanto más alto sea el valor de pH. Cuando la caída del pH es rápida, las alteraciones sufridas por las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas se traducen en el descenso de poder de retención de agua (Xargayó *et al.*, 2004).

Además durante el proceso de marinado es importante tener en cuenta una serie de parámetros para lograr el aumento de la calidad deseada, los cuales se detallan a continuación (Xargayó *et al.*, 2004):

- Temperatura de materias primas y proceso.: se debe realizar un control riguroso de temperaturas, la de la carne debería estar entre 1 y 4 °C y el marinado por debajo de 6 °C.
- Mantenimiento y cuidado de los equipos: las inyectoras se deben mantener en las mejores condiciones para evitar desviaciones en el porcentaje de inyección o a una mala distribución del marinado.

- **Porcentaje de inyección:** los porcentajes recomendados para aumentar la calidad organoléptica de la carne estarán entre 5 y 20 por ciento, según el tipo de animal y músculo. Si ocurre un exceso de inyección, se produce una textura gomosa o demasiado blanda, presencia de drenaje en las bandejas y una excesiva contracción del músculo durante la cocción.

2.7.2. TIPOS DE MARINADO

Tradicionalmente se han utilizado tres métodos para elaborar productos marinados: inmersión, masaje e inyección; los cuales se describen a continuación:

a. Por inmersión: consiste en sumergir la carne en el marinado dejando que los ingredientes penetren en la carne por difusión con el paso del tiempo. Este método es el más antiguo y poco fiable porque no proporciona regularidad en la distribución de los ingredientes y aumenta el riesgo de contaminación bacteriana; es poco práctico ya que requiere tiempos largos de proceso y limita la cantidad de marinado a absorber. Uytterhaegen *et al.*, citados por González *et al.* (2004), recomiendan realizar este tipo de marinado manteniendo totalmente la carne sumergida por 48 horas a 4 °C.

b. Por masaje: los trozos de carne sufren un proceso de masajeo y descanso (golpe y rozamiento) bajo refrigeración, facilitando la extracción de proteínas solubles y la distribución de la salmuera de forma uniforme. Tiene mayor aplicación en trozos de carne pequeños y deshuesados ya que es difícil conseguir una buena difusión de los ingredientes en piezas grandes, impidiendo la homogeneidad y uniformidad del producto final. Además puede dañar los productos con hueso, provocando la separación de estos y la pérdida de la morfología propia del producto. González *et al.* (2004), recomiendan realizar este tipo de marinado con una masajeadora al vacío a 4 °C.

c. Por inyección: por lo general se utilizan inyectores que utilizan bombas que impulsan la salmuera o marinado a través de agujas de 1 mm de diámetro o más, formando un depósito de salmuera en la zona de penetración de la aguja. Sin embargo,

la inyección mediante una inyectora multiagujas con efecto “*spray*” es el método más seguro, fiable y moderno; no se forman bolsas de salmuera alrededor de la aguja sino que fuerzan el marinado a pasar a gran velocidad (0,6 mm de diámetro), causando la dispersión de miles de microgotas nebulizadas, las cuales se introducen profundamente entre las fibras cárnicas sin causar daño a la estructura muscular (Xargayó *et al.*, 2004).

2.7.3. COMPOSICIÓN Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARNE

Los aditivos y/o ingredientes a utilizar en la composición del marinado dependerán del objetivo definido para cada producto. Su funcionalidad se basará principalmente en su contribución al aumento de la capacidad de retención de agua y su efecto sobre la jugosidad y textura de la carne (Miller *et al.*, citado por Xargayó *et al.*, 2004). Aparte del agua, que debe ser alta calidad y libre de iones Ca^{2+} , Mg^{2+} y metales pesados (Freixanet, 2012), existen otros ingredientes que pueden tener una determinada funcionalidad en el proceso de marinar como son la sal y los fosfatos.

a. Sal

La sal (NaCl) tiene un papel básico en el aumento de la capacidad de retención de agua, reduciendo el drenaje y las pérdidas por cocción (Xargayó *et al.*, 2004). Esto ocurre debido al complejo sal-proteína que se forma en tales circunstancias (Lawrie, citado por García, 2000). Cuanto más fuertemente estén unidos los iones a la proteína, mayor es el efecto hidratante. Los iones desplazan el punto isoeléctrico de las proteínas hacia valores pH más bajos, lo cual aumenta la CRA con respecto al punto isoeléctrico original, además de incrementar los espacios entre filamentos por arriba de pH 5 (ver figura 10), dando lugar a que un mayor número de cargas queden expuestas para unirse a moléculas de agua. Se sabe que las proteínas cárnicas pueden hincharse hasta dos veces su tamaño en presencia de las concentraciones de sal utilizadas en el procesamiento de la carne (Xargayó *et al.*, 2004).

De esta manera, la adición de sal ejerce tres efectos fundamentales:

- Aumento y disolución de proteínas miofibrilares, así como el incremento de la cantidad de agua inmovilizada.
- Incremento en la hidrofobicidad de las proteínas musculares superficiales, lo cual conduce a ligar grasa.
- Formación de una red estable al calor, resultado de fuerzas hidrofóbicas durante el calentamiento (Wisner, citado por García, 2000).

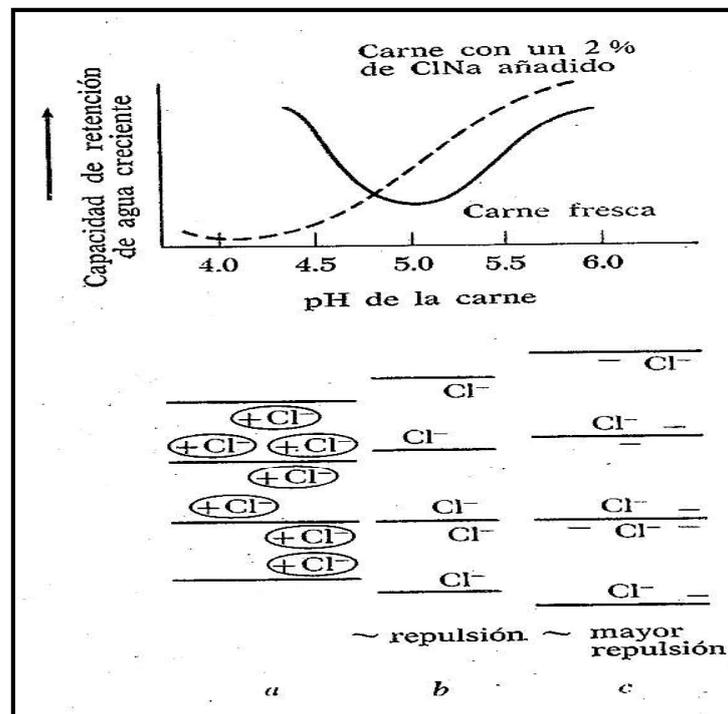


Figura 10: Efecto de la adición de la sal sobre la capacidad de retención de agua de la carne.

FUENTE : Price y Schweigert (1994).

Además la sal es uno de los factores que contribuyen a limitar la estabilidad frente a la oxidación de los productos cárnicos. La sal amplifica la actividad de los catalizadores de la oxidación, bien porque modifica de una manera directa la reactividad del hierro por su interacción con el ion cloruro, bien porque el ion sodio favorece el arrastre de una parte del hierro fijado por otras macromoléculas, o bien por la actividad del ion cloruro por la mieloperoxidasa (Genot, 2003).

b. Fosfatos

Los fosfatos son las sales del ácido fosfórico, entre los más empleados se encuentran los ortofosfatos (fosfatos simples), los monofosfatos, los difosfatos y los polifosfatos. Presentan un mecanismo doble de acción para mejorar la capacidad de retención de agua: aumentando de pH de la carne y solubilizando las proteínas musculares (García, 2000).

El pH alcalino de los fosfatos provoca un desplazamiento del pH de la carne a valores por encima del punto isoeléctrico de las proteínas (entre 5,2 y 5,3), aumentando las cargas negativas capaces de ligar agua. Existen estudios científicos que demuestran que la adición de agua conteniendo un 0,5 por ciento de fosfatos en producto final, resulta de valores de cizalla de Warner-Bratzler más bajos, mejorando la capacidad de retención de agua y consecuentemente la carne se muestra más tierna y jugosa (Smith *et al.*, citado por Xargayó *et al.*, 2004).

Por otra parte, los fosfatos actúan como agentes secuestrantes de los iones Ca^{2+} , responsables de mantener las cadenas proteínas unidas formando una red tridimensional. De este modo se produce un relajamiento muscular, aumentando el espacio disponible para la incorporación de agua (Xargayó *et al.*, 2004).

La adición de fosfatos presenta otros beneficios asociados con su uso: mejora del sabor de la carne, como resultado de la retención de jugos naturales, disminuyendo la oxidación o rancidez y mejora la retención del color (Lawrie, citado por García, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en las siguientes instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM):

- Laboratorio de Análisis Físico Químico de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.
- Laboratorio de Investigación e Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias.
- Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.

3.2. MATERIA PRIMA

Se utilizó 30 filetes del músculo *Semimembranosus* proveniente de alpacas macho raza Huacaya de entre 18 a 24 meses de edad, criadas de forma semi-intensiva, con procedencia del departamento de Cerro de Pasco.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Platos de poliuretano
- Placas acrílicas
- Pesa de 2 kg
- Papel aluminio
- Cuchillos

- Tabla de picar
- Vasos de precipitado de 25 ml, 50 ml, 100 ml y 250 ml PYREX.
- Probetas de 25 y 50 ml PYREX.
- Pipetas de 1 ml, 5 ml y 10 ml KIMAX.
- Matraz Erlenmeyer de 50 ml, 150 ml, 250 ml y 500 ml PYREX.
- Matraz volumétrico de 5 ml, 10 ml, 25 ml, 50 ml y 100 ml PYREX.
- Matraz Kitasato de 500 ml PYREX.
- Tubos de ensayo.
- Tubos de vidrio con rosca (13 x 100 mm).
- Embudo de vidrio.
- Papel filtro Whatman # 40.
- Espátulas.
- Pinzas.
- Ependorfs de 2 ml capacidad
- Agua destilada.
- Guantes.
- Bolsas de polietileno de cierre deslizable *REYNOLDS*® para congelar.
- Bombillas.
- Baguetas.
- Cápsulas metálicas.
- Envase de plástico de 4 litros de capacidad.
- Jeringas descartables de 20 ml, aguja 21 g x 1½" (0,8 x 40 mm).
- Poliestireno expandido
- Tazones de porcelana

3.3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Agitador Magnético marca CAT, modelo MG1(Alemania)
- Agitador Vortex marca Velp Scientifica, modelo clásico (Italia)
- Espectrofotómetro marca MILTON ROY, modelo Génesys 6 (Estados Unidos)
- Cronómetro CASIO.
- Centrífuga marca Hettich, modelo MIKRO 220R (Alemania)

- Licuadora marca OSTER.
- Refrigerador marca MIRAY, modelo M1-30NF (China)
- Congeladora marca Frigidaire Commercial, modelo 19.4 Cu. Ft. (Estados Unidos)
- Equipo de baño maría marca GFL, modelo 1083 (Alemania)
- Termómetro digital marca HANNA, modelo HI 98509-1
- Potenciómetro digital marca HANNA
- Balanza analítica (0 - 500 +/- 0,0001) marca OHAUS, modelo Adventurer TM (Estados Unidos)
- Micropipeta de volumen variable de 100 a 1000 μ l marca BRAND (Alemania)
- Micropipeta de volumen variable de 20 a 200 μ l marca BRAND (Alemania)
- Balanza electrónica comercial marca SARTORIUS (Alemania)
- Congeladora de placas horizontales marca VENNETA, modelo SUR-EV
- Datatrace[®] Micropack Radio Frequency Data Logger.
- Cámara de Congelación CONDAIRE (Unidad condensadora DANFOSS, modelo HGM 064; evaporador MIPAL, modelo HDL 064E) (Colombia)
- Colorímetro marca Minolta, modelo CR-400 (Japón)
- Parrilla eléctrica

3.3.3. REACTIVOS

- Solución de cloruro de potasio 0,15 M, S/M
- 2,4-Dinitrophenylhydrazona, SIGMA-ALDRICH.
- Etanol al 96 por ciento, AMERICAN
- Butilato hidroxitolueno (7,2 por ciento en etanol, v/v), SIGMA-ALDRICH.
- Solución de etil acetato al 99 por ciento, M&B
- Ácido tiobarbitúrico (TBA), SIGMA-ALDRICH.
- Ácido tricloroacético (TBA), MERCK.
- Ácido clorhídrico concentrado 6 M, MERCK
- Hidrocloruro de Guanidina, SIGMA-ALDRICH.
- Cloruro de sodio (NaCl), FERMONT.
- Tripolifosfato de sodio, HAIFA
- Buffer Sodio- Fosfato 0.04M, pH = 6.8, MERCK

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. EVALUACIÓN DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN

a. Curva de congelación

Se elaboraron las curvas de congelación para analizar si los diferentes tratamientos causaban algún efecto en la carne y para ello se empleó la metodología propuesta por Anderson *et al.*, citado por Carpio (2015) con algunas modificaciones:

- Se cortó el músculo SM en filetes de 170 g aproximadamente, con medidas de 7 cm de ancho, 9 cm de largo y 2,5 cm de altura aproximadamente.
- Los filetes se equilibraron a 5 °C aproximadamente en un refrigerador antes de la prueba. Se midieron las dimensiones exactas (espesor, largo y ancho) y los pesos de cada muestra antes de la congelación.

Congelación por placas

- Antes de la experimentación, el congelador se equilibró a la temperatura media deseada (-30 °C). El congelador estaba vacío excepto por el producto ensayado.
- Se colocó poliestireno expandido en los cuatro lados laterales de los filetes con la finalidad de asegurar que la transferencia del calor sea sólo por contacto con las placas y se envasaron en bolsas de polietileno.
- Una sonda PT100 se insertó en el producto, cerca del centro geométrico.
- El producto se colocó entre dos placas metálicas, verificando que ambas placas estén en contacto con el producto.
- Se empleó un termómetro digital HANNA para medir la temperatura de las placas cada 10 minutos con la finalidad de verificar que esté dentro del rango de temperatura de seteo ($-30\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$).

- Los sensores PT100 fueron conectados a un software DATATRACE, y las temperaturas se registraron cada 30 s durante la prueba, se realizó por triplicado.
- Se determinó el tiempo requerido para congelar el producto de 5 °C a -20 °C.

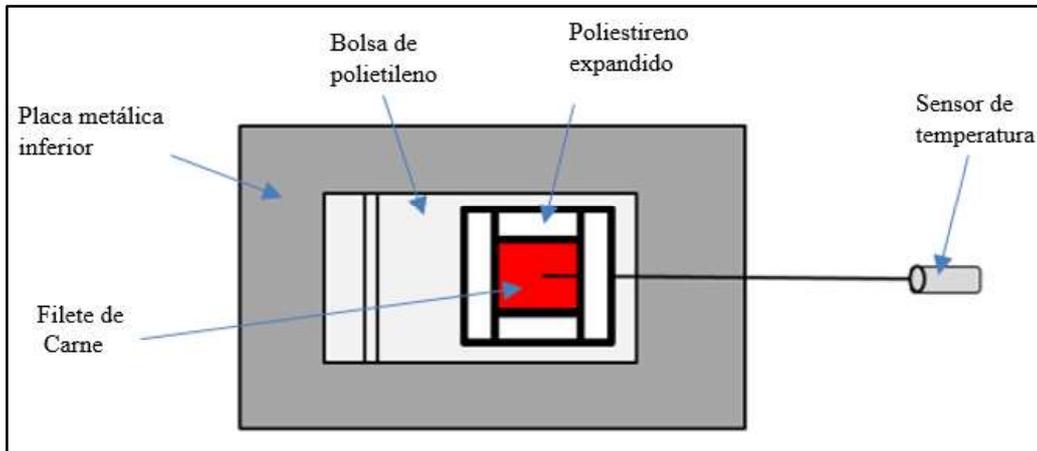


Figura 11: Descripción gráfica de la vista horizontal de congelación por contacto directo.

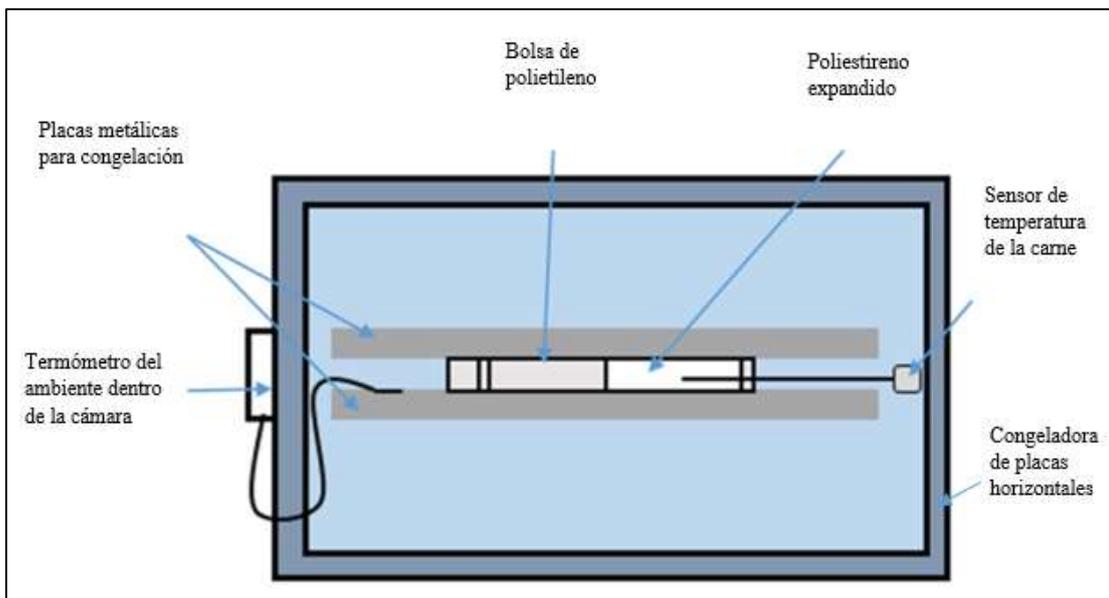


Figura 12: Descripción gráfica de la vista frontal de congelación por contacto directo.

Congelación por corriente de aire

- Antes de la experimentación, el congelador se equilibró a la temperatura media deseada ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). El congelador estaba vacío excepto por el producto ensayado.
- Cada muestra se envasó y se colocó sobre un plato de poliuretano, con la finalidad de asegurar que la transferencia de calor sea sólo por convección.
- Una sonda PT100 se insertó en el producto, cerca del centro geométrico. El producto se colocó en un estante en el congelador, situado en un nivel alrededor de un tercio del total de altura del congelador.
- Se empleó un termómetro digital HANNA para medir la temperatura del aire en el compartimiento cada 10 minutos con la finalidad de verificar que esté dentro del rango de temperatura de seteo ($-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$), el sensor se colocó a la misma altura, aproximadamente 10 a 20 cm de la muestra.
- Los sensores PT100 fueron conectados a un software DATATRACE, y las temperaturas se registraron cada 30 s durante la prueba, se realizó por triplicado. Se determinó el tiempo requerido para congelar el producto de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

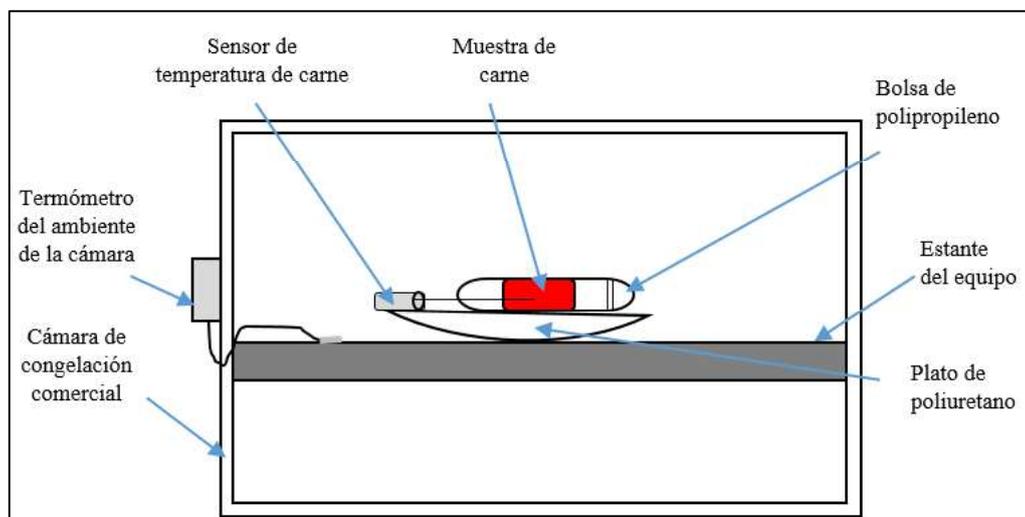


Figura 13: Descripción gráfica de la vista frontal de la congelación por corriente de aire.

b. Curva de descongelación

Se elaboraron las curvas de descongelación para evaluar si los tratamientos causaban algún efecto en las mismas y para ello se empleó la metodología propuesta por Anderson *et al.*, citado por Carpio (2015) con algunas modificaciones:

- Una pinza metálica (1,5 mm de diámetro) se insertó en cada muestra cerca del centro geométrico para preparar un agujero para los sensores.
- Se insertó el sensor del termómetro HANNA en el agujero dejado por lo pinza, y se acondicionó para que la lectura se realice desde el exterior de la cámara.
- Las muestras se equilibraron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un congelador independiente.
- Cada muestra estaba envasado en bolsa de polietileno con una pequeña apertura para el sensor.
- Antes de los ensayos de descongelación el refrigerador se equilibró a la temperatura deseada ($3\text{ }^{\circ}\text{C}$), se tenía un sensor adicional colocado cerca de la muestra congelada (aproximadamente 8 a 10 cm de distancia) para verificar cada 30 minutos que la temperatura del aire durante la descongelación esté dentro del rango de seteo.
- Se recogieron los datos de temperatura cada 30 minutos para la muestra y se midió el tiempo de descongelación de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, se realizó por triplicado.
- Una vez que el producto alcanzó $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, la muestra se retiró.

3.4.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

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

Para la determinación de proteína se siguió la metodología sugerida en la NTP 201.021 (INDECOPI, 2002b), cuantificando el nitrógeno total por el método de Kjeldahl.

c. Grasa – Extracto etéreo

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

d. Cenizas

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

e. pH

La medición del pH se realizó siguiendo la metodología de Guerrero y Arteaga (1990).

f. Determinación de la capacidad de retención de agua

Se empleó la metodología recomendada por Grau y Hamm, citado por Fuentes *et al.* (2013), con algunas modificaciones. Los resultados fueron expresados como porcentaje de pérdida por presión (gramos de agua liberada en 100 gramos de carne). El método se detalla en el anexo 1.

g. 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 2.

h. Determinación de Carbonilos de la oxidación proteica

La determinación de los carbonilos proteicos, medido como el contenido total de carbonilos, fue cuantificado en la carne de acuerdo a la metodología descrita por Oliver *et al.* (1987) con algunas modificaciones. La recta patrón se preparó del mismo modo como lo describe Oliver *et al.*, modificado por Vuorela *et al.* (2005). Los resultados fueron expresados en mg de carbonilos por ml de proteína. La descripción detallada del método se muestra en el anexo 3.

i. Determinación del color L*, a* y b*

Se realizó la medida directa sobre el músculo por medio del Colorímetro Minolta modelo CR-400, siguiendo las recomendaciones propuestas por la AMSA y Honikel, citado por Saavedra (2013). El resultado reportado fue el promedio de cinco mediciones aleatorias en distintos puntos de la superficie y las coordenadas utilizadas fueron: L*, a* y b*, del sistema CIELAB. La metodología utilizada es descrita en el anexo 4.

j. Evaluación sensorial de la textura

Se realizó una evaluación sensorial con respecto a la textura, para ello se evaluaron atributos como resistencia inicial a la masticación, masticación total, residuo final, jugosidad y ternura global. Se siguió la metodología sugerida por Braña *et al.*, (2011), empleando 72 panelistas no entrenados y una escala hedónica del 1- 9. El detalle de la evaluación se puede observar en el anexo 5.

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para la obtención de las muestras de carne de alpaca a analizar, se siguió el Flujo de operaciones presentado en la figura 14, cuyas etapas se describen a continuación:

- Recepción: se recibió la carne de alpaca ya madurada proveniente de las piernas del animal del Centro de Ventas-UNALM, se pesó y se realizó una inspección visual inicial.
- Selección: se seleccionó el músculo *Semimembranosus*, se eliminó todo exceso de grasa y tejido conectivo.
- Trozado: El total del músculo se dividió en tres porciones con pesos similares.
- Pesado: se registró, con una balanza, el peso de cada uno de los tres filetes.
- Marinado: Se preparó una salmuera a base de cloruro de sodio, agua y tripolifosfato de sodio, la concentración de los componentes se mantuvo constante para los dos métodos de aplicación, lo que varió fue la cantidad de salmuera utilizada.
 - **Inyección**: Se realizó de acuerdo a la metodología y formulación recomendada por Carpio (2015), se inyectó de forma manual 12 por ciento de salmuera con respecto al peso del filete, con la ayuda de una jeringa de 0,8 x 40 mm. La salmuera estaba compuesta por 14 por ciento de cloruro de sodio y 2,8 por ciento de tripolifosfato de sodio. Luego, se envasó al vacío y se mantuvo en refrigeración a 4 °C por 24 horas.
 - **Inmersión**: Se realizó con las condiciones recomendadas por Uytterhaegen *et al.*, citado por González *et al.* (2004), manteniendo la carne totalmente sumergida durante 48 horas a temperatura de 4 °C. Para que los 2 kg de carne estén totalmente sumergidos se empleó 2 litros de salmuera. La formulación de la salmuera fue la misma que la empleada por el método de inyección. Luego de las 48 horas, se escurrió la carne y se envasó al vacío.
 - **Testigo (sin marinar)**: Se envasó al vacío y se refrigeró a 4 °C por 24 horas.
- Trozado: se cortaron las tres porciones en filetes de 7 cm x 9 cm x 2,5 cm de grosor aproximadamente.

- Envasado: los filetes se colocaron en bolsas de polietileno de alta densidad y sellaron las bolsas.

- Congelación: Como paso previo, los filetes envasados se colocaron en una refrigeradora hasta que su temperatura llegó a 5 °C, luego de eso, se evaluaron dos tipos de congelación:
 - **Congelación por aire**: Se colocaron los filetes envasados sobre platos de poliuretano en una congeladora comercial, a una temperatura media de -21 ± 5 °C, hasta que la temperatura interna final (T_a) fue -20 °C.

 - **Congelación por contacto directo**: Los filetes fueron rodeados por poliestireno expandido y luego envasados, se colocaron entre dos placas metálicas en el centro del congelador de placas horizontales la cual estaba seteada a -30 ± 5 °C, hasta que la temperatura interna final (T_a) fue -20 °C.

- Almacenamiento: los filetes se almacenaron en congelación a -20 ± 1 °C durante 60 días.

- Descongelación: los filetes se descongelaron en una cámara de refrigeración seteada a 3 ± 1 °C, y se consideró que los filetes estaban descongelados cuando la temperatura cambió desde -20 °C hasta 0 °C.

Carne deshuesada de pierna de alpaca

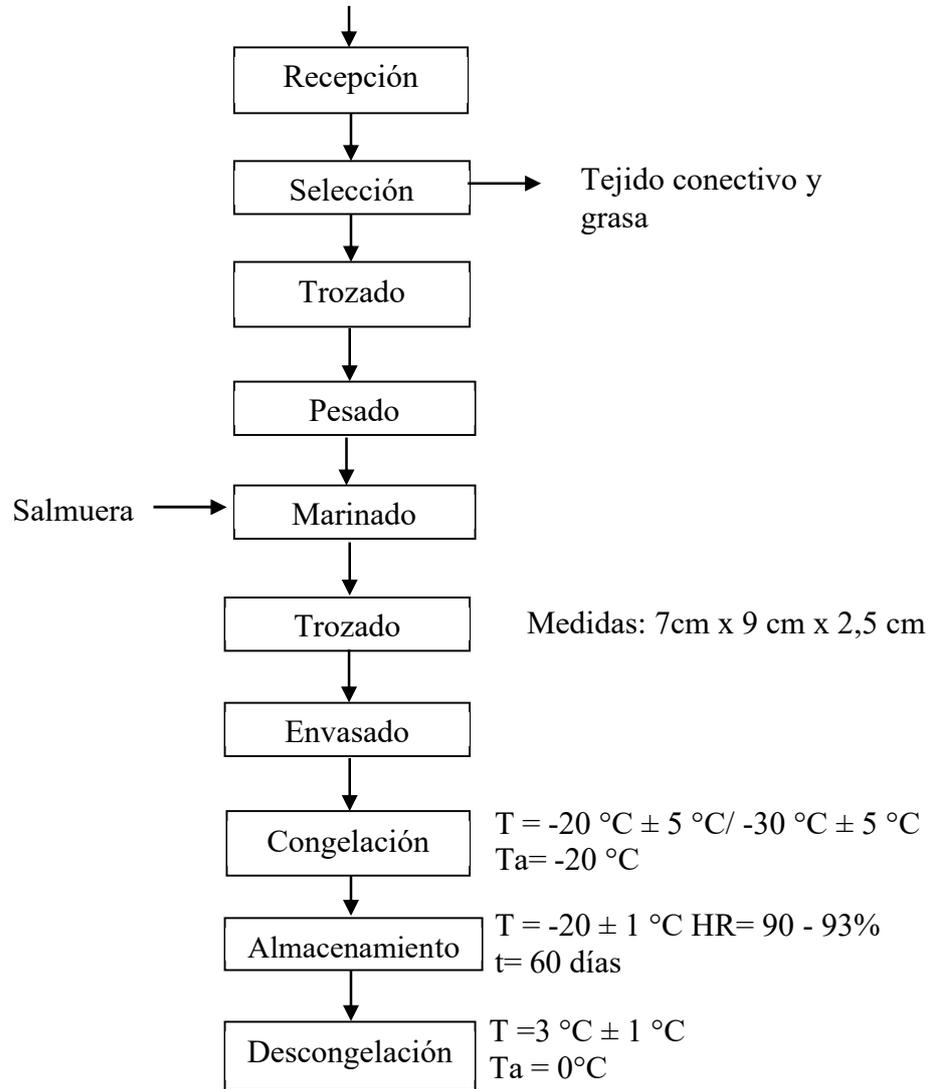


Figura 14: Flujo de operaciones para la obtención de carne de alpaca marinada congelada / descongelada.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental de la presente investigación se muestra en el cuadro 9 y consta de las siguientes etapas: caracterización de la carne, marinado, evaluación de la congelación y descongelación y evaluación fisicoquímica de la carne descongelada.

3.6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA

Se determinó la composición química proximal de la carne de alpaca (músculo *Semimembranosus*) por medio de los análisis de humedad, proteína bruta, extracto etéreo y cenizas. Además se determinó el pH, la capacidad de retención de agua (CRA), la oxidación de lípidos (TBARS), la oxidación de proteínas (Carbonilos) y el color de la carne de alpaca.

3.6.2. MARINADO DE LA CARNE DE ALPACA

Se realizaron tres tratamientos, en los cuales se varió el modo de aplicación de la salmuera: por inyección, por inmersión y un testigo sin marinar. Se preparó una salmuera que contenía agua, sal (NaCl) y tripolifosfato de sodio. La proporción de los ingredientes en la salmuera fue constante para los tratamientos, siendo 14 por ciento de sal y 2,8 por ciento de tripolifosfato de sodio.

3.6.3. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CONGELACIÓN

Se realizaron dos tratamientos, donde se varió el modo de transferencia de calor: congelación por corriente de aire y congelación por contacto directo (placas). Se evaluó a través de la medición del tiempo que demora la temperatura interna de la muestra en llegar desde 5 °C hasta -20 °C.

Cuadro 9: Diseño experimental de la investigación

ETAPA	(A) CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE (SEMIMEMBRANOSUS)	(B) MARINADO	(C) CONGELACIÓN	(D) DESCONGELACIÓN	(E) EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CARNE DESCONGELADA
TRATAMIENTO	○	<ul style="list-style-type: none"> — Sin marinar — — Inmersión — — Inyección — 	<ul style="list-style-type: none"> — Contacto directo — Corriente de aire — Contacto directo — Corriente de aire — Contacto directo — Corriente de aire 		<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ○ ○
ANÁLISIS	<ul style="list-style-type: none"> - Proximal (%) - pH - CRA (%) - TBARS(mg MDA/kg carne) - Color (L*, a*, b*) - Carbonilos(µm/mg proteína) 		<ul style="list-style-type: none"> - Curvas de congelación - Velocidades de congelación 	<ul style="list-style-type: none"> - Curvas de descongelación 	<ul style="list-style-type: none"> - Humedad (%) - pH - CRA (%) - Color (L*, a*, b*) - TBARS(mg MDA/kg carne) - Carbonilos(µm/mg proteína) - Perfil de textura
PARÁMETRO	<ul style="list-style-type: none"> - 14% sal en la salmuera - 2,8% de fosfato en la salmuera 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo congelación: dos meses - T_a° congelación = -20 °C ± 1 °C 		<ul style="list-style-type: none"> - T_a° descongelación= 0 °C ± 1 °C 	

3.6.4. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE DESCONGELACIÓN

Luego de 60 días de almacenamiento en congelación, se retiraron los filetes de la congeladora y se colocaron en un refrigerador para su descongelación. Se evaluó a través de la medición del tiempo que demora la temperatura interna de la muestra en llegar desde la temperatura de -20°C hasta 0°C.

3.6.5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA DESCONGELADA

Se realizaron las siguientes mediciones: contenido de humedad, pH, capacidad de retención de agua (CRA), oxidación de lípidos (TBARS), la oxidación de proteínas (Carbonilos), el color y análisis sensorial de textura de carne de alpaca.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Se utilizó un Diseño Factorial de 3 x 2 con tres repeticiones mediante un análisis de varianza (ANOVA). Siendo un factor el tipo de marinado con tres niveles (inmersión, inyección y sin marinar) y el otro factor el tipo de congelación con dos niveles (por corriente de aire y por contacto directo). Cuando el resultado obtenido fue significativo ($p < 0,05$), se empleó la Prueba de Tukey como prueba de comparación de medias para determinar la diferencia entre tratamientos. Se utilizó un nivel de significancia del 95 por ciento para toda la investigación. La ejecución del análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico Statgraphics Centurion® XVI, versión 16.1.18.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE

En el cuadro 10 se muestran los resultados en base húmeda del análisis proximal realizado al músculo *Semimembranosus* (SM) de alpaca. De acuerdo a los resultados, este músculo está compuesto en su mayoría por agua y proteína cruda, cuyos valores promedios son 73,5 por ciento y 22,8 por ciento, respectivamente. Por el contrario, la grasa y las cenizas están en una proporción minoritaria con valores promedio de 2,5 por ciento y 1,2 por ciento, respectivamente.

Cuadro 10: Análisis proximal de carne de alpaca

COMPONENTE	*CONTENIDO
Proteína cruda (g/100 g de muestra original) (factor 6,5)	22,8 ± 0,03
Cenizas (g/ 100 g de muestra original)	1,2± 0,01
Humedad (g/100 g de muestra original)	73,5± 0,01
Grasa cruda (g/100 g de muestra original)	2,5± 0,01

*promedio de tres repeticiones ± DS

Los resultados de humedad, proteína cruda y cenizas expuestos en el cuadro 10 son similares a los hallados en la literatura. Zorogastúa (2004), reportó que la pierna y brazuelo de alpaca tienen 73,12 por ciento de humedad; 23,96 por ciento de proteínas y 1,02 por ciento de cenizas en promedio. Asimismo, Salvá *et al.* (2009) encontró en músculos *Longissimus thoracis y lumborum* (LTL) niveles de proteína de 22,69 por ciento, humedad de 74,07 por ciento y cenizas de 1,1 por ciento, mientras que Saavedra (2013), determinó en los mismos músculos 74,99 por ciento de humedad; 23,07 por ciento de proteína y 1,43 por ciento de cenizas.

Con respecto al porcentaje de grasa, la muestra evaluada obtuvo un valor mayor en comparación con los autores anteriormente citados. Zorogastúa (2004) reportó un porcentaje de grasa para las piernas de alpaca de 1,84 por ciento, y Saavedra (2013), para músculos *thoracis y lumborum* (LTL), determinó 0,26 por ciento. Estas diferencias se deben a la raza,

edad, nutrición del animal y tipo de músculo utilizado por los autores mencionados.

Cuadro 11: Propiedades tecnológicas del músculo *Semimembranosus* de alpaca fresca

ANÁLISIS	*CONTENIDO
Oxidación de lípidos TBARS (mg MDA/kg carne)	0,303 ± 0,05
Oxidación de proteínas (nmol de carbonilos/mg de proteína)	2,0 ± 0,23
pH	6,34 ± 0,09
Color	L*=32,3 ± 0,14 a*=11,8 ± 0,35 b*=-6,69 ± 0,26
CRA (% pérdida por presión)	23,46 ± 0,37

*promedio de tres repeticiones ± DS

En el cuadro 11 se observa que el valor promedio de MDA fue 0,303 mg/kg de carne. Este valor concuerda con lo hallado por Saavedra (2013) en *LTL* de alpaca (0,31 mg MDA/kg de carne) y con lo reportado por Carpio (2014) en *SM* de llama (0,37 mg MDA /kg de carne). No obstante, Medina (2014) mencionó haber encontrado en *LTL* de alpaca 0,06 mg de MDA/kg de carne, un valor mucho menor en comparación con los otros autores y con la reportada en la presente investigación. Otros autores señalan haber encontrado para otros animales valores de 0,2 mg MDA/ kg de carne fresca de camello (Jaki y Khazai, citado por Medina (2014)) y 0,13 mg MDA/ kg de carne fresca de vacuno (Iacurto *et al.*, citado por Medina (2014)). La pequeña variación en los resultados puede ser atribuido a diversos factores tanto intrínsecos como la composición de lípidos, así como extrínsecos como el tipo de alimentación.

Palma (2009) menciona que valores de TBA por encima de 0,60 mg de MDA/kg de carne pueden ser reconocidos por consumidores inexpertos y valores por encima de 2,00 mg de MDA/kg de carne se consideran rancios e inaceptables para el consumidor. Por lo tanto, la carne de alpaca empleada para la presente investigación efectivamente estaba fresca y no presentaba rancidez.

Con respecto a la oxidación de proteínas, para la carne fresca de alpaca se halló 2,0 ± 0,23 nmol de carbonilos en 1 mg de proteína. Este valor es similar al obtenido por Lorenzo y

Gómez (2012) para la carne fresca de potro ($2,27 \pm 0,25$ nmol de carbonilos en 1 mg de proteína). Por otra parte, Armenteros *et al.* (2009) señalan que encontraron 2,57 nmol de hidrazonas en 1 mg de proteína para la carne molida fresca de res.

Además, Martinaud *et al.*, citado por Estévez (2011), señalan que hallaron 3,1 nmol de carbonilos en 1 mg de proteína en el músculo *Longissimus Lumborum* de res al comienzo de su estudio. En relación a estas diferencias, Estévez (2011) sostiene que trabajos individuales muestran que el grado de carbonilación de las proteínas depende mucho de la procedencia de la carne, el tipo de músculo, la especie y las condiciones de almacenamiento.

El pH de la carne analizada fue 6,34 en promedio. Este valor es mayor a los reportados por Medina (2014) (pH= 5,61) y Saavedra (2013), (pH= 5,75), en ambos casos se analizaron el músculo *LTL* de carne fresca de alpaca. Esta diferencia de resultados es explicado por INDECOPI (2005) cuando señala que el pH puede variar según la región anatómica, siendo la referencial para la pierna, 6,18.

Además, INDECOPI (2005) afirma que el rango establecido de pH para carne fresca de alpaca es 5,5 - 6,4. Por ende, la carne empleada en la investigación también cumple con el valor de pH adecuado.

La carne analizada tuvo en promedio 32,3; 11,8 y - 6,69, para L*, a* y b*, respectivamente. No obstante, Salvá (2010), reportó para el músculo *Longissimus lumborum* de alpaca valores de 36,17; 15,05 y 1,16 para L*, a* y b*, respectivamente. Con respecto a estas diferencias, Fischer *et al.* (2006), referido por Auqui (2014), mencionan que el color de la carne depende de la edad y peso al momento del sacrificio. Asimismo, Van Oeckel *et al.*, citado por Auqui (2014) señalan que otros factores que podrían afectar el color son la velocidad de glucólisis post mortem, niveles de pigmentos y estado oxidativo de los mismos.

Si se compara con otros tipos de carne, la carne de alpaca resulta ser más oscura (valor b* y L* menor). Pietrasik y Janz (2009) reportaron para el músculo *Semitendinosus* de vaca los valores de 39,88; 21,96; y 17,98 para L*, a* y b*, respectivamente. Por otra parte, Filgueras *et al.* (2010) encontró para el músculo *M. Iliofiburalis* de ñandú valores de 39,7; 17,2 y 10,0 para L*, a* y b*, respectivamente.

La capacidad de retención de agua en la carne de alpaca fresca, expresado como porcentaje de pérdida de agua por presión, es 23,46 por ciento \pm 0,37. Este resultado fue similar al reportado por Salvá (2009), quien señala valores de 22,19 por ciento y 30,63 por ciento en el músculo *L. Lumborum* fresco de alpaca. Así también, Saavedra (2013) y Medina (2014) encontraron valores de CRA parecidos para músculo *LTL* de carne fresca de alpaca, (31,35 por ciento y 21,06 por ciento, respectivamente). Por otra parte, Mamani-Linares y Gallo (2011), utilizando el método de compresión de placas, mencionan que la CRA del músculo *LL* de llama fue 17,65 \pm 1,90 por ciento, siendo mayor que los encontrados para bovino (16,88 \pm 2,74 por ciento) y caballo (16,55 \pm 2,38 por ciento). Las variaciones en los resultados se pueden deber a factores de peso al momento del sacrificio y sexo del animal (Huidobro *et al.*, citados por Saavedra (2013)).

4.2. CONGELACIÓN DE LA CARNE

Como se puede observar en las figuras 15 y 16, las curvas de congelación obtenidas tienen una tendencia similar a las curvas características de las soluciones. No obstante, se muestran variaciones en las curvas entre los tratamientos. Barreiro y Sandoval (2006), señalan que sus formas dependen de la velocidad de remoción de calor, la geometría del producto, empaque, el modo de transferencia de calor y las propiedades térmicas del alimento. En el caso del presente estudio, la geometría del producto y el empaque fueron variables controladas y por lo tanto constantes para todos los tratamientos. Sin embargo, el marinado y el tipo de congelación si influyeron en las curvas.

Las muestras marinadas presentan el inicio del periodo de congelación propiamente dicho a una temperatura inferior a las muestras sin marinar para ambos tipos de congelación. En relación a ello, James *et al.* (2005) encontró una relación lineal inversa entre el contenido de sal en carne y el punto inicial de congelación. En la congelación por el método de corriente de aire se obtuvieron curvas en las cuales se pueden distinguir fácilmente las etapas de pre-congelación, congelación propiamente y enfriamiento, mientras que en la congelación por el método de contacto, se produjeron curvas con etapas menos notorias. Según Fenema y Pocerire, citado por Ríos (1978), a medida que la velocidad de congelación aumenta, las diferentes etapas que constituyen la congelación van siendo menos aparentes, hasta que al llegar a velocidades más altas de extracción de calor, estas no se distinguen.

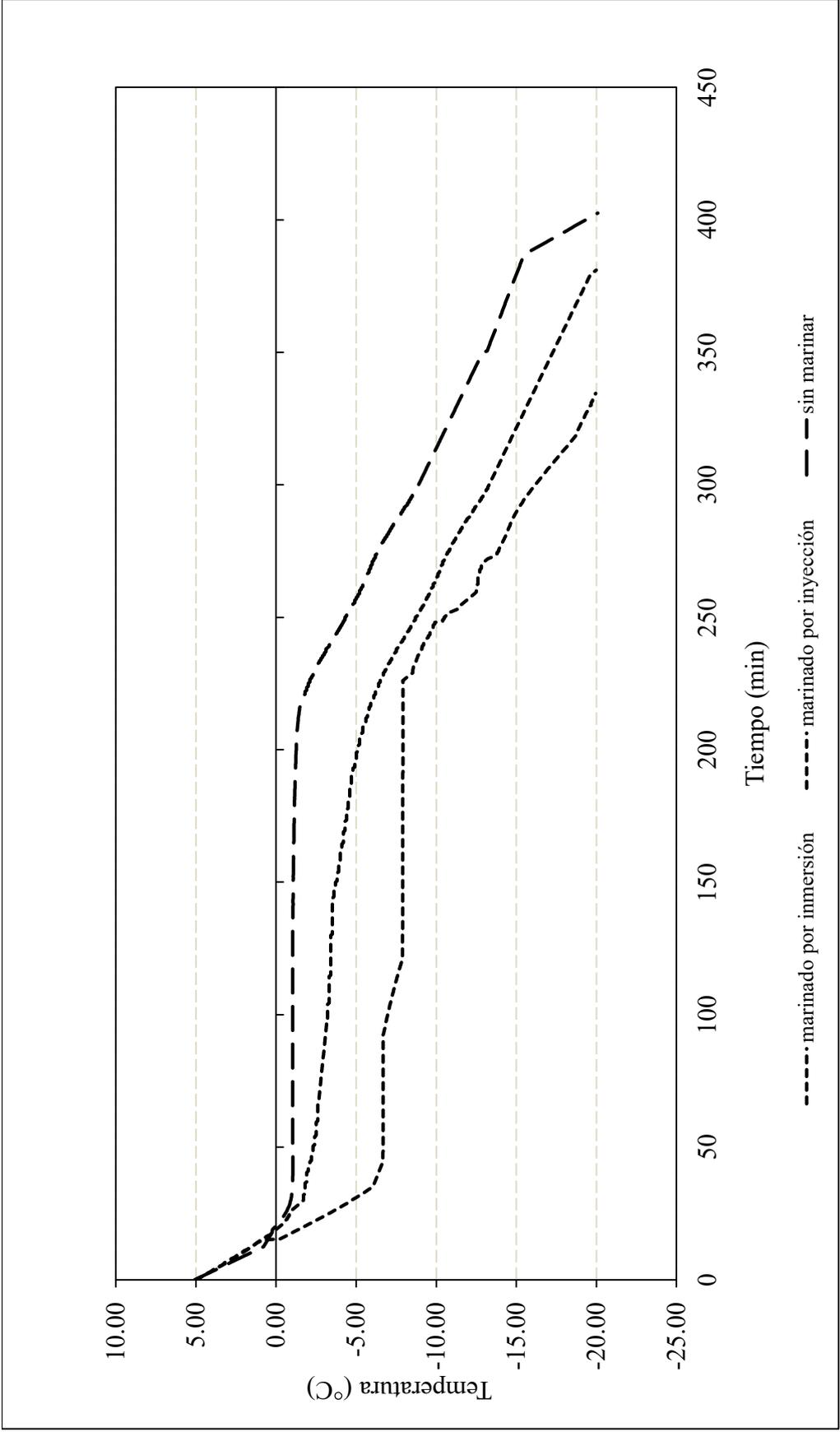


Figura 15: Curvas de congelación por corriente de aire de los filetes de músculo *Semimembranosus* de Alpaca.

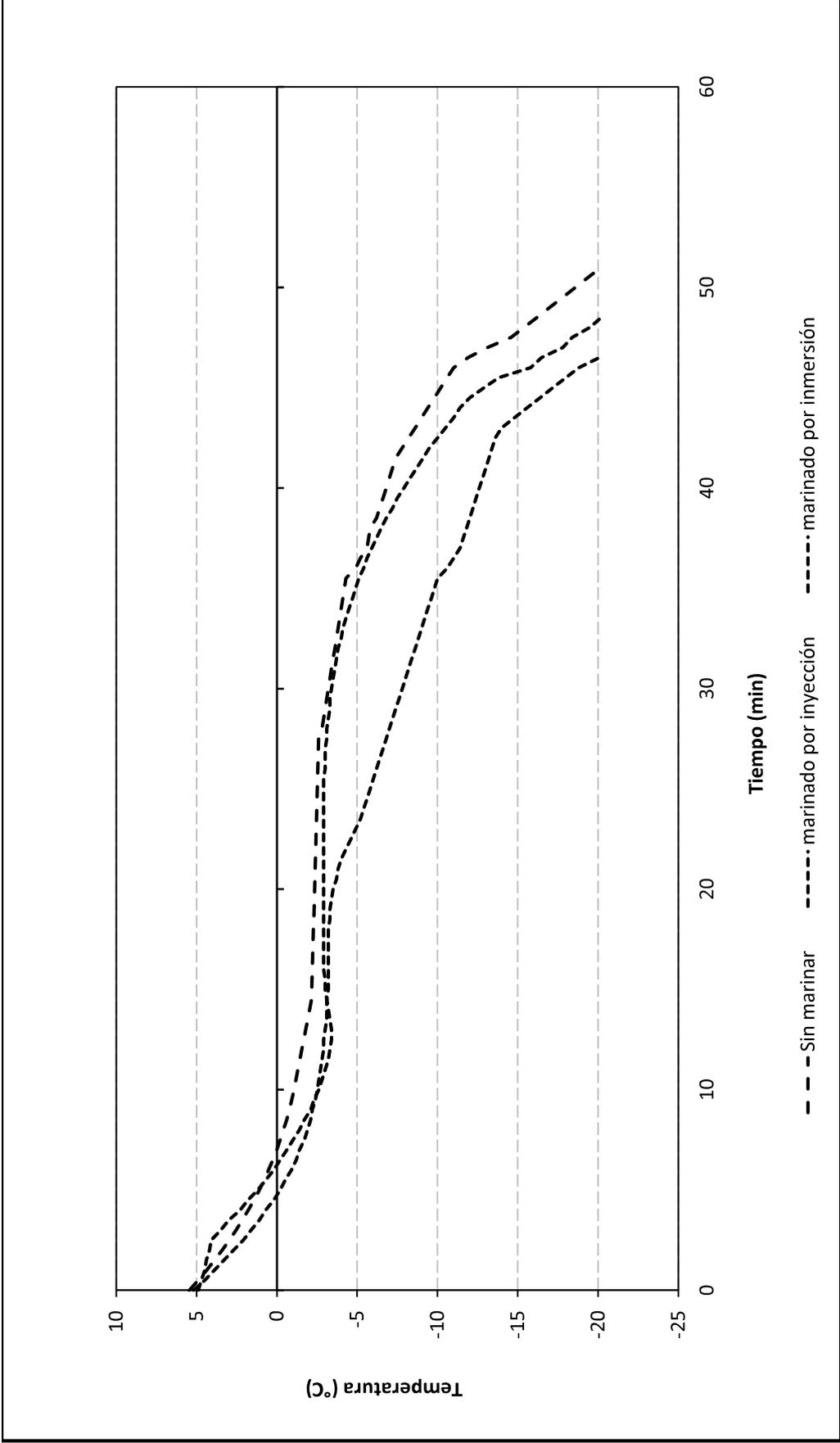


Figura 16: Curvas de congelación por contacto de los filetes de músculo *Semimembranosus* de Alpaca.

A partir de las curvas de congelación, se determinó el tiempo total de congelación. Para la presente investigación, se consideró como el tiempo que demoró en descender la temperatura del centro térmico de la muestra de carne desde 5 °C hasta –20 °C.

Como se puede observar en el cuadro 12, los tiempos de congelación por corriente de aire, presentan diferencias significativas en todos sus tratamientos.

Cuadro 12: Tiempo en minutos para congelar el filete de carne de 5 °C a –20 °C

TRATAMIENTOS	CONGELACIÓN POR CONTACTO DIRECTO*	CONGELACIÓN POR CORRIENTE DE AIRE*
Sin marinar	51,20 ± 1,06 ^a	402,00 ± 4,09 ^b
Marinado por inyección	47,30 ± 1,51 ^a	381,17 ± 2,52 ^c
Marinado por inmersión	48,17 ± 2,52 ^a	333,83 ± 5,53 ^d

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes dentro de la misma columna muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Se consideró como tiempo de congelación, el tiempo que demoró la carne en descender la temperatura desde 5 °C hasta –20 °C. La carne sin marinar tuvo un tiempo de congelación por corriente de aire de 402 minutos en promedio, mientras que las carnes marinadas por inyección y por inmersión tuvieron menores tiempos de congelación (381,17 y 333,83; respectivamente). En relación a ello, James (2005) reportó mayor tiempo para descender la temperatura desde 4 °C hasta –6 °C en muestras sin salmuera en comparación con las que tenían salmuera durante una simulación de congelación de carne empleando Tilosa.

James (2005) muestra en sus curvas de congelación, que a medida que se incrementa la concentración de salmuera en la muestra, su temperatura desciende más rápido, esto podría ser el motivo por el cual le tomó menos tiempo a la carne marinada por inmersión para llegar a –20 °C. Cabe señalar que mediante el método de marinado por inmersión, hubo una mayor transferencia de salmuera hacia la carne a diferencia del método de inyección, cuya cantidad de salmuera aplicada fue controlada.

Otros autores reportan distintos tiempos de congelación para el método de corriente de aire. Grugic *et al.*, citado por Genot (2003) mencionan que el tiempo característico de congelación en el centro de filetes de vacuno de 200 g aproximadamente y de un espesor de 2 cm es 142 minutos cuando la temperatura del congelador es de –20 °C. Ríos (1978) mencionó que le

tomó 255 minutos para congelar desde 10 °C hasta -20 °C un filete de res de 1,27 cm de espesor. Por su parte, Carpio (2015) señaló que un filete de carne de llama sin marinar de 2,5 cm de espesor demoró en congelar 237,83 minutos en promedio. Las diferencias en los tiempos de congelación se deben a las características del producto, como por ejemplo su composición, su masa total, sus dimensiones (especialmente el espesor) y su estructura, de la presencia de embalaje y su naturaleza (Genot, 2003).

Con respecto a la congelación por contacto, no se encontró diferencias significativas de tiempo de congelación de la carne entre los tratamientos. Por lo que se podría deducir que no hay influencia del marinado en este aspecto. Asimismo, todos los tiempos de congelación fueron mucho más cortos que los obtenidos por el método de corriente de aire. En referencia a ello, Pruthi (1999) indica que el bajo coeficiente de transferencia de calor ($5 \text{ W /m}^2\text{k}$) de la circulación natural del aire necesita tiempos largos para lograr congelar los productos, en cambio, la congelación por placas tiene un coeficiente de congelación más alto ($56 \text{ W /m}^2\text{k}$) por lo que requiere de tiempos más cortos.

El filete de alpaca sin marinar demoró por el método de placas en promedio 51,02 minutos, en contraste, Ríos (1978) reportó un tiempo de 20 minutos para congelar desde 10 °C hasta -20 °C un filete de res de 1,27 cm de espesor por este mismo método. Este autor también señaló que el tiempo de congelación calculado por la ecuación de Plank para el método de placas para el filete de res con 2,54 cm de espesor fue 50 minutos.

Cuadro 13: Velocidad de congelación en cm h-1 del filete de carne de 5 °C a - 20 °C

TRATAMIENTOS	CONGELACIÓN POR CONTACTO DIRECTO*	CONGELACIÓN POR CORRIENTE DE AIRE*
Sin marinar	1,47±0,031 ^a	0,23±0,004 ^c
Marinado por inyección	1,59±0,050 ^b	0,20±0,001 ^b
Marinado por inmersión	1,56±0,080 ^{a,b}	0,19±0,002 ^b

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes dentro de la misma columna muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Con respecto a las velocidades de congelación, se observa en el cuadro 13, que en la congelación por contacto directo las velocidades son mayores que en la congelación por corriente de aire.

Esto es corroborado por Ríos (1978), quien congeló carne de vacuno por corriente de aire y contacto directo y calculó experimentalmente velocidades de 0,187 cm/h y 1,83 cm/h, respectivamente.

En el caso de la congelación por contacto directo, las muestras marinadas por inmersión y sin marinar, no presentaron diferencias significativas. Tampoco, se encontró diferencia entre la muestra marinada por inyección y la muestra marinada por inmersión. Por ello, se podría inferir que en este método de congelación no influye significativamente el marinado sobre la velocidad de congelación.

Por su parte, en la congelación por corriente de aire, se encontró diferencias significativas de velocidad de congelación entre los filetes sin marinar y los filetes marinados. Siendo los filetes sin marinar los que obtuvieron en promedio menor velocidad. De esto, se puede deducir, que el marinado sí influye en la velocidad de congelación en el método por corriente de aire.

De acuerdo a Cano- Muñoz (1991), se obtiene buenos resultados cuando la velocidad de congelación está entre 2 a 5 cm/h. Asimismo, el mismo autor señala que se considera congelación lenta por debajo de 1 cm/h y congelación rápida por encima de 5 cm/h. En base a ello, el método de congelación por contacto directo bajo las condiciones del presente estudio, no puede ser considerado como congelación rápida ni como congelación lenta, mientras que el método por corriente de aire se reafirma como una congelación lenta.

4.3. DESCONGELACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA

En la figura 17, se observan las curvas de descongelación de las muestras de los diferentes tratamientos. En todas las curvas de descongelación mostradas, los perfiles obtenidos son similares al descrito por Barbut (2002) además se pueden diferenciar las tres principales etapas: atemperado, aproximación de la temperatura al punto de fusión y el aumento de temperatura una vez que se ha fundido todo el hielo (Fernández, 2005). Comparando con las curvas de congelación, se puede observar que las de descongelación son mucho más lentas. Ríos (1978) indica que el tiempo total de descongelación excede en 35 por ciento a 40 por ciento al tiempo total de congelación. Sin embargo, en este estudio, el tiempo total de descongelación excede un 300 por ciento aproximadamente al tiempo de congelación.

Fernández (2005) señala que esto se debe a dos motivos: (a) durante la descongelación lo primero que se funde es la capa superficial de hielo del alimento, formándose una capa de agua con menor conductividad y difusividad térmica que el hielo original, reduciéndose notablemente la velocidad de transmisión de calor hacia el interior del alimento; y (b) no se puede emplear grandes gradientes de temperatura para evitar el calentamiento excesivo de las capas externas y el crecimiento de microorganismos.

La etapa de descongelación que tomó más tiempo fue en el rango de temperaturas entre $-8,0$ °C a $-1,5$ °C. Molleda, citado por Carpio (2015) afirma que entre las temperaturas de $-3,5$ °C a $-1,3$ °C, el tiempo de descongelación es más prologado que otra etapa ya que en este intervalo cambia de estado la mayor parte del agua congelada, requiriendo para ello mayor cantidad de calor.

Los filetes que demoraron más en descongelar fueron las que no se marinaron. Esto concuerda con las curvas de descongelación de James (2005), donde se visualiza que la muestra con menor porcentaje de salmuera fue la que demoró más en llegar a 0 °C.

En la figura 17 se muestran las curvas de descongelación para los diferentes tratamientos, donde SMP significa sin marinar y congelado por placas; MINMP, marinado por inmersión y congelado por placas; MINYP, marinado por inyección y congelado por placas; SMA, sin marinar y congelado por corriente de aire; MINMA, marinado por inmersión y congelado por corriente de aire; MINYA, marinado por inyección y congelado por corriente de aire.

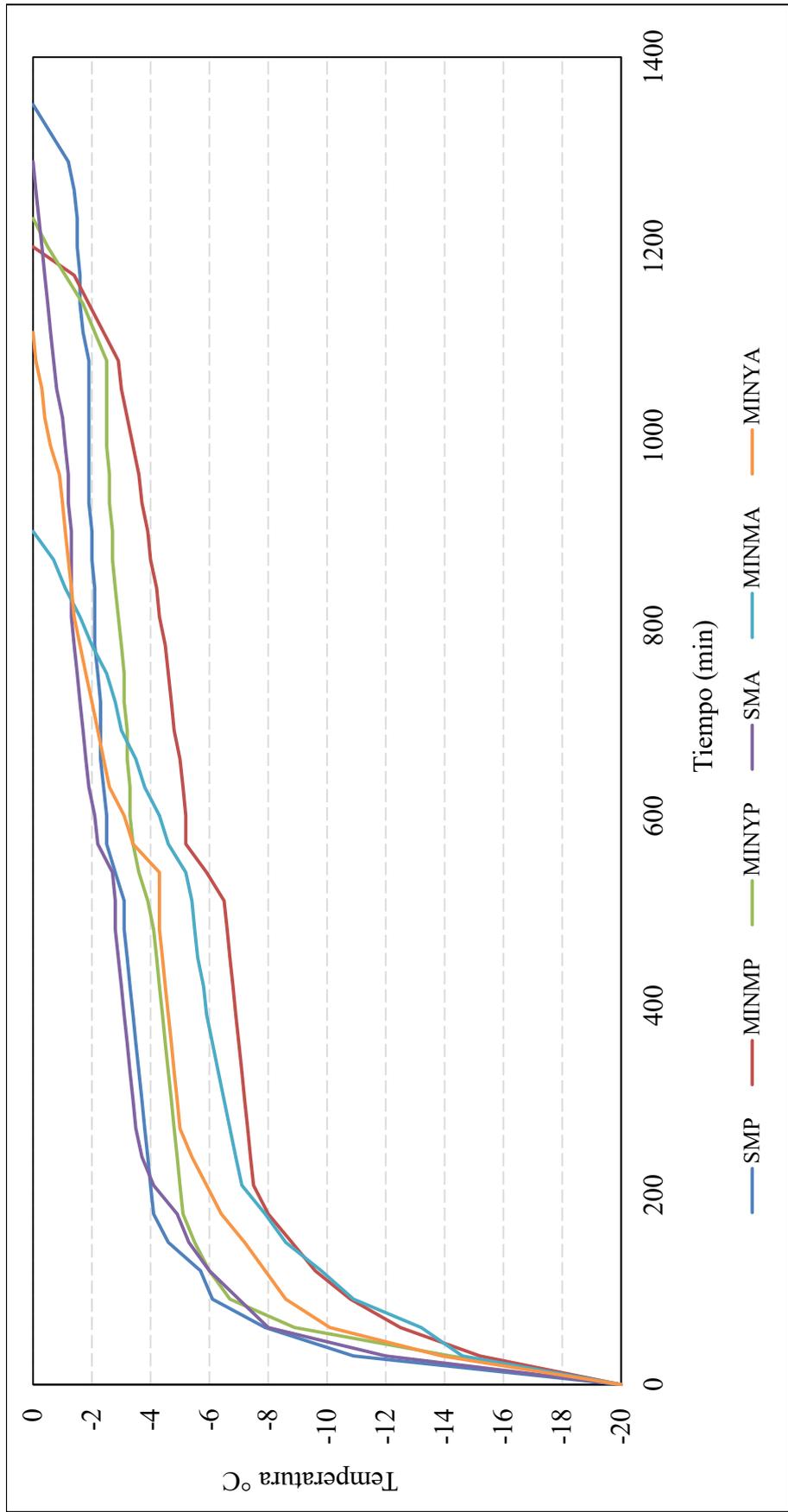


Figura 17: Curvas de descongelación de los filetes de músculo *Semimembranosus* de Alpaca.

4.4. CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE LA CARNE DE ALPACA MARINADA, CONGELADA Y DESCONGELADA

4.4.1. HUMEDAD

En el cuadro 14 se muestran los porcentajes de humedad de los filetes de alpaca congelados y descongelados de todos los tratamientos.

Cuadro 14: Humedad de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación

TIPO DE CONGELACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN DE MARINADO	*% HUMEDAD
Congelación por contacto directo	Sin marinar	71,95 ± 0,33 ^a
	Marinado por inyección	78,47 ± 0,40 ^b
	Marinado por inmersión	79,58 ± 0,54 ^c
Congelación por corriente de aire	Sin marinar	71,00 ± 0,20 ^d
	Marinado por inyección	76,95 ± 0,33 ^e
	Marinado por inmersión	77,95 ± 0,58 ^f

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de humedad entre los filetes que fueron congelados por el método de contacto directo y el método de aire quieto, siendo mayor la humedad en los filetes congelados por el primer método. Ranken, citado por Carpio (2015) afirma que las pérdidas por goteo de la carne que está congelada y luego descongelada están en gran parte afectadas por la velocidad de congelación, cuanto más rápido se congela la carne, más bajas son las pérdidas.

Por otra parte, también se encontró diferencias significativas en el porcentaje de humedad entre los filetes marinados y sin marinar, teniendo mayor humedad los marinados. En referencia a ello, Miller *et al.*, citado por Xorgayó *et al.* (2004) señalan que la funcionalidad del marinado se basa principalmente en su contribución al aumento de la jugosidad. Es decir, la aplicación de salmuera aumentó la humedad de los filetes al incorporar agua en ellos. Las muestras marinadas por inmersión tuvieron mayor humedad que las marinadas por inyección, esto se pudo deber a que en la inmersión hay una mayor transferencia de agua

hacia la carne en comparación con el método de inyección donde la cantidad de agua que ingresa es controlada.

Los filetes de alpaca sin marinar que fueron congelados por contacto directo y aire quieto, y posteriormente descongelados, tuvieron un contenido de agua de 71,95 por ciento y 71 por ciento, respectivamente. Carpio (2015) reportó valores de humedad de filete de llama sin marinar, congelado durante un mes y descongelado de 75,65 por ciento. Cabe resaltar también, que los filetes sin marinar, tuvieron una humedad menor en comparación con la carne fresca (73,55 por ciento).

4.4.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

En el cuadro 15 se muestran los valores de capacidad de retención de agua, expresados en porcentajes de pérdida de agua cuando se someten a presión de los filetes de alpaca congelados y descongelados de todos los tratamientos.

Cuadro 15: Capacidad de retención de agua, expresado como porcentaje de pérdida de agua por presión de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación

TIPO DE CONGELACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN DE MARINADO	*% PÉRDIDA POR PRESIÓN
Congelación por contacto directo	Sin marinar	23,87 ± 0,35 ^a
	Marinado por inyección	19,50 ± 0,79 ^b
	Marinado por inmersión	18,82 ± 0,57 ^b
Congelación por corriente de aire	Sin marinar	24,83 ± 0,55 ^c
	Marinado por inyección	20,43 ± 0,87 ^d
	Marinado por inmersión	19,83 ± 0,44 ^d
Carne fresca sin marinar		23,46 ± 0,37

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Como se observa en el cuadro 15, existe diferencia significativa entre los filetes marinados y sin marinar, presentando mayor porcentaje de pérdida de agua los filetes sin marinar, por ende, mejor CRA los filetes marinados. De acuerdo a Xorgayó *et al.* (2004), el cloruro de sodio (NaCl) tiene un papel básico en el aumento de la capacidad de retención de agua, reduciendo el drenaje y las pérdidas por cocción. Esto ocurre debido al complejo sal-proteína que se forma en tales circunstancias (Lawrie, citado por García, 2000). Además, los

polifosfatos mejoran la capacidad de retención de agua aumentando el pH de la carne y solubilizando las proteínas musculares (García, 2000).

Asimismo, se encontró diferencia significativa en el tipo de congelación, teniendo mejor CRA, los filetes que fueron congelados por contacto directo. Esto se puede deber a que al ser sometido a una congelación de mayor velocidad, las estructuras musculares y proteicas se deterioraron menos. Leygonie *et al.* (2012a) mencionan que la pérdida de la capacidad de retención de agua está relacionada a la desorganización de la estructura de la fibra muscular, así como la modificación y/o desnaturalización de las proteínas.

Se observó en los filetes descongelados sin marinar un aumento en los porcentajes de pérdida de agua por presión en comparación con los filetes frescos. Existe evidencia en la literatura (Añon y Cavelo, Ngapo *et al.* y Viera *et al.*, citado por Leygonie *et al.*, 2012a) que la congelación, el almacenamiento en congelación y la descongelación contribuyen a la disminución de la capacidad de retención de agua de la carne, como resultado del aflojamiento mecánico del tejido muscular por la formación de cristales de hielo (Gheisari *et al.*, 2009).

4.4.3. pH

En el cuadro 16 se muestran los valores de pH de los filetes de alpaca sometidos a congelación, almacenamiento y descongelación de todos los tratamientos.

Cuadro 16: pH de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación

TIPO DE CONGELACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN DE MARINADO	*PH
Congelación por contacto directo	Sin marinar	6,12 ± 0,02 ^a
	Marinado por inyección	6,26 ± 0,06 ^b
	Marinado por inmersión	6,32 ± 0,03 ^c
Congelación por corriente de aire	Sin marinar	6,18 ± 0,03 ^a
	Marinado por inyección	6,19 ± 0,02 ^b
	Marinado por inmersión	6,31 ± 0,02 ^c

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

No se encontró diferencia significativa en los valores de pH con respecto al tipo de congelación. Sin embargo, en relación al tipo de marinado, si se encontraron diferencias, siendo mayor para los filetes marinados por inmersión, seguidos por los marinados por inmersión y finalmente, los que no fueron marinados. Según estudios similares realizados a carne de vacuno y cerdo (Robbins *et al.* y Smith *et al.* 2002, citado por Pietrasik y Janz, 2009), el pH de los filetes marinados debe ser mayor que los no marinados debido a la adición de fosfatos alcalinos en la salmuera.

Por otra parte, en el caso de los filetes sin marinar, los valores de pH fueron 6,12 y 6,18 para la congelación por contacto directo y por aire quieto, respectivamente. Siendo estos resultados menores al valor inicial de la carne fresca ($6,34 \pm 0,09$). Leygonie *et al.* (2012b) señala que la disminución del pH debido a la congelación y descongelación es probable que se dé como resultado de la pérdida de minerales y pequeños compuestos proteicos como exudados, cambiando así el balance iónico de la carne. Cabe mencionar, que todos los valores de pH obtenidos se encuentran dentro del rango de 5,5 y 6,4 propuesto por la NTP 201-043 (INDECOPI, 2005) para carne de llama y alpaca.

4.4.4. COLOR

En el cuadro 17 se muestran los valores del delta del color de los filetes de alpaca sometidos a congelación, almacenamiento y descongelación de todos los tratamientos.

Cuadro 17: Color* de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación

TIPO DE CONGELACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN DE MARINADO	L*	a*	b*
Congelación por contacto directo	Sin marinar	36,50±0,47 ^a	8,11±4,09 ^a	-1,15±0,68 ^a
	Marinado por inyección	32,90±0,53 ^b	7,13±3,56 ^a	-1,30±0,74 ^{ab}
	Marinado por inmersión	31,96±0,06 ^b	6,27±3,81 ^b	-3,07±1,06 ^b
Congelación por corriente de aire	Sin marinar	32,50±0,87 ^c	9,96±4,63 ^c	-1,82±0,86 ^c
	Marinado por inyección	29,74±0,92 ^d	9,39±4,74 ^c	-3,37±0,41 ^{cd}
	Marinado por inmersión	28,75±1,44 ^d	5,94±3,32 ^d	-4,19±1,08 ^d

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Mediante el ANOVA, se demostró que según el color, existen diferencias significativas importantes entre los filetes de alpaca por el tipo de congelación y por el tipo de marinado. Todos los filetes luego de su congelación, almacenamiento y descongelación, presentaron valores menores de a^* y valores mayores de b^* , en comparación con la carne de alpaca fresca. Según Renerre y Mazuel, citado por Genot (2003), el pardeamiento de la carne durante su conservación en congelación, se debe a la oxidación de oximioglobina (MbO_2), de color rojo vivo a metamioglobina (MetMb), de color pardo.

En términos generales, los valores de a^* , b^* y L^* son menores para los filetes marinados. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores. Dhanda *et al.* (2003) señalaron que los filetes de alce a los cuales inyectaron cloruro de calcio presentaron colores menos rojos, menos amarillos y menos brillantes en comparación con los que no fueron inyectados, ellos comentan que la baja estabilidad del color se debió al pH alto (5,8 - 5,9). Pietrazik *et al.* (2009) reportaron también valores menores de a^* , b^* y L^* en la carne de res marinada con cloruro de sodio y fosfato en comparación con la carne sin marinar.

Cuando se compara el color entre el marinado por inyección y el marinado por inmersión, este último presenta valores a^* , b^* y L^* inferiores. Esto fue debido a que en el marinado por inmersión ingresó mayor cantidad de salmuera a la carne. Pietrazik *et al.* (2009) encontraron una disminución gradual en los valores de a^* , b^* y L^* conforme se iba incrementando la cantidad de salmuera inyectada en los filetes de res. Baublits *et al.* (2006) sugirieron que la reducción de los valores a^* y b^* cuando incrementa la cantidad de sal en la carne es debido al aumento de la retención de agua y las fuerzas iónicas, originando una disminución en la penetración del oxígeno. Al ingresar menor cantidad de oxígeno, el color pasa de rojo brillante a púrpura. Así mismo Pietrazik *et al.* (2009) señalaron que las diferencias en el brillo se pueden deber a la variación del pH en los diferentes tratamientos. Lawrie, citado por Pietrazik *et al.* (2009), señaló que la carne con un pH final más alto aparece más oscura porque su superficie dispersa menos luz que la carne con un pH final bajo. Por lo tanto, debido a que los filetes marinados por inmersión presentaron un pH más alto, sus valores de L^* fueron menores, en comparación con los marinados por inyección.

Con respecto al tipo de congelación, se observa que los valores de L^* son mayores cuando los filetes se congelaron por placas (método de contacto directo).

Esto concuerda con lo que expone Price & Schweigert, citado por Amerling (2001), cuando señalan que en la congelación rápida, el color en la superficie se torna más claro de lo normal, debido a la reflexión de la luz por los cristales pequeños que se encuentran distribuidos uniformemente.

En cuanto al color a^* , Jakobsson y Bengtsson, citados por Pietrazik *et al.* (2009), sugieren que el color de la res después del marinado es dependiente de la velocidad de congelación, con una congelación muy lenta obtuvieron valores de a^* más bajos comparando con las muestras que se congelaron más rápido. Sin embargo, esto sólo se cumplió en el caso de los filetes marinados por inmersión.

4.4.5. SUSTANCIAS REACTIVAS AL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO (TBARS)

En el cuadro 18 se muestran los valores de TBARS de los filetes de alpaca sometidos a congelación, almacenamiento y descongelación de todos los tratamientos.

Cuadro 18: TBARS, expresado como mg de MDA/kg de carne, de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación

TIPO DE CONGELACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN DE MARINADO	*TBARS
Congelación por contacto directo	Sin marinar	0,315 ± 0,01 ^a
	Marinado por inyección	0,327 ± 0,01 ^a
	Marinado por inmersión	0,334 ± 0,02 ^a
Congelación por corriente de aire	Sin marinar	0,311 ± 0,02 ^a
	Marinado por inyección	0,323 ± 0,01 ^a
	Marinado por inmersión	0,327 ± 0,01 ^a
Carne fresca sin marinar		0,303 ± 0,05 ^a

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

De acuerdo a la prueba de ANOVA multifactorial, no se encontraron diferencias significativas con respecto a los valores TBARS entre los tratamientos. Todos los valores obtenidos fueron bajos, lo que significa que la carne está apta para su consumo y no presenta características de rancidez. Palma (2009) menciona que valores de TBARS por encima de

0,60 MDA/ kg de carne pueden ser reconocidos por consumidores inexpertos y valores por encima de 2,00 MDA/ kg de carne se consideran rancios e inaceptables para el consumidor. Ninguno de los resultados de TBARS de los diferentes tratamientos presentó diferencia significativa con el valor de la carne de alpaca fresca. Carpio (2015) tampoco encontró diferencia significativa en esta prueba entre carne fresca de Llama y carne marinada al 12 por ciento, sometida a congelación, almacenamiento por un mes y descongelación.

Rhee *et al.*, citado por Bess (2011), mencionan que la carne molida almacenada en congelación tuvo 2,46 mg de MDA/ kg de carne al día cero y a los 60 días el contenido de MDA no varió considerablemente (2,58 mg de MDA/kg de carne). En contraste, Soyer *et al.* (2010) reportaron que el contenido de TBARS en la pierna y brazo de pollo creció sustancialmente durante su almacenamiento de congelación (-18 °C), con el incremento más rápido y significativo en los dos primeros meses (desde 0,3 hasta 0,6 mg de MDA/kg de carne, aproximadamente). Por lo tanto se puede afirmar que los lípidos de la carne de alpaca almacenada en congelación durante dos meses no se oxidaron.

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en los filetes con diferentes tratamientos de marinado, se puede observar en el cuadro 18, que son ligeramente mayores los valores de los que fueron marinados. En relación a ello, Carpio (2015) menciona que el cloruro de sodio, a diferentes niveles, puede actuar como prooxidante. Anderson y Skibsted, citado por Bess (2011) encontraron que el cloruro de sodio actúa como un prooxidante en un nivel de inclusión de uno por ciento en hamburguesas de carne de cerdo.

Por otra parte, Hamm, citado por Leygonie *et al.* (2012a) refiere que los cristales de hielo, dependiendo de su tamaño y ubicación, destruyen las células musculares, resultando en la liberación de enzimas mitocondriales y lisosomales hacia el sarcoplasma. Estas enzimas son las responsables de la oxidación. Por lo tanto, de acuerdo a lo que señala este autor, los filetes sometidos a congelación por contacto directo debería presentar menores valores de TBARS en comparación con los congelados por aire quieto. Sin embargo, esto no se pudo corroborar en la presente investigación.

4.4.6. CARBONILOS

En el cuadro 19 se muestran los valores de carbonilos de los filetes de alpaca sometidos a congelación, almacenamiento y descongelación de todos los tratamientos.

Cuadro 19: Carbonilos de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación

TIPO DE CONGELACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN DE MARINADO	*CARBONILOS
Congelación por contacto directo	Sin marinar	4,46 ± 0,38 ^a
	Marinado por inyección	4,50 ± 0,35 ^a
	Marinado por inmersión	4,75 ± 0,06 ^a
Congelación por corriente de aire	Sin marinar	4,40 ± 0,45 ^a
	Marinado por inyección	4,44 ± 0,27 ^a
	Marinado por inmersión	4,59 ± 0,66 ^a
Carne fresca sin marinar		2,0 ± 0,23 ^b

*promedio de tres repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

En relación a los resultados del contenido de carbonilos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, según la prueba de ANOVA multifactorial realizada. Sin embargo, si se compara todos los tratamientos luego de los dos meses de almacenamiento en congelación con el valor de la carne fresca de alpaca se observa que hay diferencia significativa para. Soyer *et al.* (2010) reportó que la pierna de pollo congelado luego de dos meses de almacenamiento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ aumentó desde 1,75 hasta 2,1 nmol/ mg de proteína. Por su parte, Xia *et al.* (2009), citado por Estévez (2011) mencionó un ligero pero significativo aumento de los carbonilos de proteínas en el músculo *Longissimus dorsi* de porcino sometido a cinco ciclos de congelación y marinado (1,09 a 1,16 nmol/ mg de proteína).

Así también, Estévez (2011) encontró un incremento de carbonilos de proteínas específicos (Alfa aminoacético semialdehído y Gama glutámico semialdehído) durante los dos primeros meses de almacenamiento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ mientras que un descenso significativo fue detectado al final del almacenamiento en congelación (a los cuatro meses).

Soyer *et al.* (2010) encontró una buena relación entre oxidación de proteínas y oxidación de lípidos en carne de pollo almacenado en congelación. Los productos primarios (hidroperóxidos) y secundarios (aldehídos) de la oxidación lipídica pueden actuar como sustratos para la oxidación de proteínas, por lo que cuando empieza la oxidación lipídica, ocurre la oxidación de proteína. Esto se comprueba porque al comparar los resultados de ambas pruebas, se observó que en los casos en los que se presentaron valores de TBARS mayores se obtuvieron mayores valores de carbonilos y viceversa.

Es importante señalar, que el método de DNPH presenta algunas desventajas, por ejemplo, la presencia de restos de carbonilos pueden ser presentados como proteínas por mecanismos que no involucran la oxidación de aminoácidos. Adicionalmente, puede adjuntarse carbonilos derivados de lípidos como el MDA, desencadenando una sobreestimación del contenido total de carbonilos de proteínas (Armenteros *et al.*, 2009).

4.4.7. TEXTURA

De acuerdo al cuadro 20, en promedio, los filetes sin marinar presentaron mayor resistencia inicial a la masticación. Así también, comparando entre ambas formas de congelación, se puede observar que en promedio, los filetes sometidos a la congelación por placas presentaron menor resistencia inicial. Sin embargo, según la estadística, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

Con respecto a la masticación total, tampoco se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, en ninguno de los dos factores de evaluación (tipo de marinado y tipo de congelación). No obstante, en el cuadro 20 se muestra que en promedio, los panelistas requirieron menor cantidad de esfuerzo para masticar los filetes marinados y congelados por placas.

En relación al residuo final, en promedio, los panelistas percibieron una mayor cantidad de residuo que fue deglutido sin disgregarse, en los filetes sin marinar y congelados por placas. En este atributo, según la prueba de ANOVA, tampoco se encontró diferencia significativa.

Por otra parte, en el atributo jugosidad, se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tipos de congelación. Siendo más jugosos, los filetes congelados por placas. Esto

concuenda, con los resultados anteriormente mostrados de humedad y capacidad de retención de agua. Gómez *et al.* (2007) refiere que el crecimiento de cristales de hielo extracelulares ocurre a expensas del agua intracelular provocando una deshidratación parcial de las fibras musculares y una distorsión subsecuente. A tiempos elevados (congelación lenta), los cristales de hielo son mayores, y la distorsión del tejido es mayor. Sobre el factor marinado, a pesar de no encontrarse diferencia estadística significativa, los filetes marinados presentaron, en promedio, mayor jugosidad en comparación con los filetes sin marinar. Pietrazik (2010) señaló que la inyección de sal y fosfatos en la carne de res, aumentó su jugosidad. Así también, Baublitz (2005) reportó una mayor jugosidad en su evaluación sensorial para la carne marinada de res en contraste con su control.

Finalmente, en la evaluación de la terneza global como valoración global de los conceptos anteriores, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. En contraste, en promedio, los panelistas percibieron como más tiernos los filetes marinados y congelados por placas. Pietrazik (2010) y Baublitz (2005), en sus evaluaciones sensorial hallaron que la inyección de sal y fosfatos en la carne de res, aumentó el atributo terneza. Así también, Dhanda *et al.* (2003) reportó que sus filetes de alce marinados con cloruro de sodio y fosfatos presentaron menor esfuerzo de corte en comparación con su carne sin marinar. Gómez *et al.* (2007) asegura que la congelación rápida asegura la formación de cristales pequeños en la estructura del producto y con ello minimiza el daño a la textura. Por lo tanto, al ser la congelación por placas un método más rápido, tuvieron mejores atributos de textura.

Cuadro 20: Evaluación sensorial del perfil de textura de los filetes de alpaca sometidos a congelación y descongelación

**TRATAMIENTO	**RESISTENCIA INICIAL A LA MASTICACIÓN	**MASTICACIÓN TOTAL	**RESIDUO FINAL	**JUGOSIDAD	**TERNEZA GLOBAL
SMP	5,42 ± 1,44 ^a	6,33 ± 1,66 ^a	4,75 ± 2,57 ^a	5,00 ± 1,30 ^a	4,75 ± 1,80 ^a
MINYP	4,50 ± 1,58 ^a	4,92 ± 1,45 ^a	3,25 ± 1,65 ^a	5,85 ± 2,12 ^a	5,33 ± 2,61 ^a
MINMP	3,92 ± 1,95 ^a	4,08 ± 2,03 ^a	3,00 ± 1,64 ^a	5,42 ± 2,03 ^a	5,67 ± 1,86 ^a
SMA	5,67 ± 1,44 ^a	6,42 ± 1,27 ^a	4,46 ± 2,07 ^a	3,58 ± 1,72 ^b	4,17 ± 1,41 ^a
MINYA	5,18 ± 1,58 ^a	6,00 ± 1,64 ^a	4,50 ± 2,31 ^a	4,42 ± 1,81 ^b	4,67 ± 1,44 ^a
MINMA	5,00 ± 1,64 ^a	6,00 ± 1,54 ^a	3,58 ± 2,07 ^a	5,08 ± 1,56 ^b	5,58 ± 1,67 ^a

*SMP= sin marinar y congelado por placas, MINMP= marinado por inmersión y congelado por placas, MINYP= marinado por inyección y congelado por placas, SMA= sin marinar y congelado por corriente de aire, MINMA= marinado por inmersión y congelado por corriente de aire, MINYA= marinado por inyección y congelado por corriente de aire.

**Promedio de 72 repeticiones ± DS. Los valores medios que presentan letras diferentes muestran diferencias significativas cuando se someten a la prueba de Tukey (p < 0,05)

V. CONCLUSIONES

- Los filetes del músculo *semimembranosus* de alpaca marinados con cloruros y fosfatos por inmersión presentaron mayor contenido de humedad, pH, y menores valores de a^* , en comparación con los filetes marinados con cloruros y fosfatos por inyección. El tipo de marinado no influyó en los valores de L^* , b^* , capacidad de retención de agua, oxidación de proteínas, oxidación de lípidos y atributos de textura.
- Los filetes del músculo *semimembranosus* de alpaca sometidos a congelación por contacto directo presentaron mayor contenido de humedad, capacidad de retención de agua, valores de L^* y jugosidad, en comparación con los filetes congelados por corriente de aire. El tipo de congelación no influyó en el pH, los valores de a^* y b^* , la oxidación de proteínas y oxidación de lípidos.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio sobre el tiempo de vida útil de la carne de alpaca marinada por inyección y sometida a congelación por contacto directo.
- Evaluar la influencia de otros métodos de congelación y descongelación en las características fisicoquímicas la carne de alpaca.
- Evaluar la influencia del tipo de congelación y tipo de marinado en el desarrollo microbiológico de la carne durante su almacenamiento en congelación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, R; Rivera, J; Serrano, A; De Pablo, M; Ochoa, O; Silva, L; Zamorano, G. 2006. Pinches del servicio Gallego de salud: temario, test y supuestos prácticos. Sevilla, España. 522 p.
- Alberti, P; Panea, B; Alberti, C; Ripoli, G. 2015. Modificación de la textura y el color de redondos de añejo por efecto del tratamiento con altas presiones hidrostáticas y el marinado en sales de calcio. Eurocarne (238):65-71.
- AMSA (American Meat Science Association, Estados Unidos). 1991. Guidelines for meat colour evaluation.
- Arias, J; Gamarra, J. 2001. Estudio del comportamiento productivo y utilización del pasto Elefante Enano (*Pennisetum purpureum*) pastoreado por alpacas (*Lama pacos*). Anales Científicos UNALM (49):49-65
- Armenteros, M; Heinonen, M; Ollilainen, V; Toldrá, F; Estévez, M. 2009. Analysis of protein carbonyls in meat products by using the DNPH-method, fluorescence spectroscopy and liquid chromatography-electrospray ionisation-mass spectrometry. Meat Science (83):104-112.
- Auqui, S. 2014. Estrategias productivas y alimentarias para mejorar la calidad de la canal y de la carne de Chato Murciano. Tesis Ph. D. Murcia, España, Universidad de Murcia. 264 p.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. 4 ed. Naucalpan de Juárez, México, Pearson. 716 p.

- Barbut, S. 2002. Poultry products processing and industry guide. Florida, Estados Unidos, CRC. 550 p.
- Barreiro, J; Sandoval, A. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Caracas, Venezuela, Equinoccio. 365 p.
- Baublits, R; Pohlman, F; Brown, A; Yancey, E; Johnson, Z. 2006. Impact of muscle type and sodium chloride concentration on the quality, sensory and instrumental color characteristics of solution enhanced whole-muscle beef. Meat Science (72):704-712.
- Bess, K. 2011. Effects of various salt purity levels on lipid oxidation and sensory characteristics of ground turkey and pork. Thesis Mg. Sc. Illinois, United States, University of Illinois. 41 p.
- Braña, D; Ramírez, E; Rubio, M; Sánchez, A; Torrescano, G; Arenas de Moreno, M; Partida de la Peña, J; Ponce, E; Alquicira, E; Ríos, F. 2011. Manual de análisis de calidad en muestras de carne. 1 ed. Sagarpa, México, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. 89 p.
- Cabrera, L. 2003. Utilización de carne de cordero (*Ovis aries*) y alpaca (*Lama pacos*) en productos tipo salchicha frankfurt y jamón ahumado. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 198 p.
- Cano-Muñoz, G. 1991. Manual on meat cold store operation and management. Roma, Italia, FAO. 123 p
- Caravaca, F; Castel, J; Guzmán, J; Delgado, M; Mena, Y; Alcalde, M; González, P. Bases de la producción animal. Sevilla, España, Servicio de publicaciones de la Universidad de Huelva. 517 p.
- Carpio, G. 2015. Efecto de la congelación y descongelación en las propiedades tecnológicas de la carne de llama (*lama glama*) marinada con sal y fosfatos. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 131 p.

- 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*). Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 198 p.
- Cruz, J. 2007. Condiciones técnicas para garantizar un buen marinado de la carne (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 6 dic. 2015. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/frigorifico/articulos/condiciones-tecnicas-garantizar-buen-t1760/378-p0.htm>.
- Damodaran, S; Parkin, K; Fennema, O. 2010. Fennema Química de los Alimentos. 3ed. Zaragoza, España, Acribia. 1154 p.
- Dhanda, J; Pegg, R; Shand, P. 2003. Tenderness and chemical composition of elk (*Cervus elaphus*) meat: effects of muscle type, marinade composition, and cooking method. *Journal of Food Science*. 68(5):1882-1888.
- Díaz, P. 2009. Calidad y deterioro de platos “*sous vide*” preparados a base de carne y pescado y almacenado en refrigeración. Tesis Ph. D. Murcia, España, Universidad de Murcia. 336 p.
- Estévez, M. 2011. Proteins carbonyls in meat systems: Review *Meat Science*. España. (89):259-279.
- Fairfield, T. 2006. The politics of livestock sector policy and the rural poor in Peru. Roma: Food and Agriculture Organization (32):70-71.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú (en línea). Consultado 10 dic. 2015. Disponible en http://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf

Fernández, J. 2005. Tema 9: Congelación. La Cañada, España, Universidad de Almería. 31 p.

Filgueras, R; Gatellier, P; Aubry, L; Thomas, A; Bauchart, D; Durand, D; Zambiasi, R; Santie-Lhoutellier, V. 2010. Colour, lipid and protein stability of Rhea Americana meat during air-and vacuum-packaged storage: Influence of muscle on oxidative processes. *Meat Science* (83):665-673.

Freixanet, L. 2012. Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero (en línea). Girona, España, Metalquimia. Consultado 17 abr. 2016. Disponible en <http://es.metalquimia.com/upload/document/article-es-12.pdf>

Fuentes, A; García, E; Fernández, I. 2013. Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) método de prensado (en línea). Universidad Politécnica de Valencia. Consultado 03 feb. 2016. Disponible en https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29835/Determinaci%C3%B3n%20CRA_m%C3%A9todo%20prensado.pdf?sequence=3

García, P. 1996. Estudio fisicoquímico y microbiológico de la estabilidad de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) ahumada y envasada al vacío. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 142 p.

García, I. 2000. Métodos para incrementar la capacidad de retención de agua de la carne en la elaboración de productos (en línea). Chihuahua, México, Universidad Nacional Autónoma de Chihuahua. Consultado 12 nov. 2016. Disponible en <http://www.angelfire.com/ar/iagg101/docum/CRA.PDF>

Genot, C. 2000. Congelación y calidad de la carne. Zaragoza, España, Acribia. 104 p.

Genot, C. 2003. Congelación y calidad de la carne. Zaragoza, España, Acribia, 104 p.

- Gheisari, H; Aminlari, M; Shekarforoush, S. 2009. A comparative study of the biochemical and functional properties of camel and cattle meat during frozen storage. *Veterinarski* 79(1):51-68.
- Gómez, A; Cerón, T; Rodríguez, V; Vázquez, M. 2007. Aspectos tecnológicos de la congelación en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* (1):80-96.
- González, R; Mateo, J; Totosaus, A; Pérez, M. 2004. Efecto del masajeo o marinado con cloruro de calcio en la textura de carne de bovino. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 4(4):274-277.
- Guerrero, I; Arteaga, M. 1990. *Tecnología de carnes: Elaboración y preservación de productos cárnicos*. Distrito Federal, México, Trillas. 94 p.
- Guerrero, O; Vilca, M; Ramos, D; Lucho, E; Falcón, N. 2004. Estimulación eléctrica de canales de alpacas para mejorar su calidad organoléptica. *Rev. Investigaciones Veterinarias del Perú* 15(2):151-156.
- Honikel, K. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49(4):447-457.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2014. *Compendio estadístico Perú 2014* (en línea). Lima, Perú. Consultado 10 feb. 2016. Disponible en http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap12/cap12.pdf
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2012. *IV Censo Nacional Agropecuario* (en línea). Lima, Perú. Consultado 10 feb.2016. Disponible en <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2006. *Carne y productos cárnicos: determinación del*

contenido de humedad, método de referencia. Norma, NTP-ISO 1442:2006. Lima, Perú. 7 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2005. Carne y productos cárnicos: medición de pH, método de referencia. Norma, NTP-ISO 2917:2005. Lima, Perú. 12 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2002. Carne y productos cárnicos: determinación del contenido de proteínas. Norma, NTP 201.021:2002. Lima, Perú. 11 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2002. Carne y productos cárnicos: determinación del contenido de cenizas. Norma, NTP 201.022:2002. Lima, Perú. 7 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2002. Carne y productos cárnicos: determinación del contenido de grasas total. Norma, NTP 201.016:2002. Lima, Perú. 8 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2005. Carne y productos cárnicos: Definiciones, requisitos y clasificación de las carcasas y carne de alpacas y llamas. Norma, NTP 201.043:2005. Lima, Perú. 13 p.

James, C; James, S. 2010. Chapter: Freezing/Thawing. Handbook of meat processing. Iowa, United States, Toldrá, P.105-124.

James, C; Lejay, I; Tortosa, N; Aizpurua, X; James, S. 2005. The effect of salt concentration on the freezing point of meat simulants. International Journal of Refrigeration (28):933-939

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. Proc. R. Soc. Lond 268(1485):2575-2584.

- 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.
- Leygonie, C; Britz, T; Hoffman, L. 2012a. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science* 91(2):93-98.
- Leygonie, C; Britz, T; Hoffman, L. 2012b. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. iliofibularis*. *Meat Science* 91(3):364-368.
- Lorenzo, J; Gómez, M. 2012. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Science* (92):610-618.
- Mamani-Linares, L; Gallo, C. 2011. Composición química y calidad instrumental de carne de bovino, llama (*Lama glama*) y caballo bajo un sistema de crianza extensiva. *Rev. Investigación Veterinaria* 22(4):301-311.
- 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. *Rev. Chile de Historia Natural* 80(2):121-140.
- Mataix, J; Carazo, E. 2005. *Nutrición para educadores*. 2ed. Madrid, España, Díaz de Santos S.A. 728 p.
- Mateo, J; Salvá, B; Ramos, D; Arenas, R; Caro, I; Díez, A; Castro, A; Fernández, D; Moreno, C; Romero, M; Encina, C. 2011. *Manual de elaboración de diversos productos cárnicos de alpaca apropiados para la zona andina (Perú)* (en línea). España. Consultado 3 feb. 2016. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=Zm3fKeGeQ9gC&pg=PT39&lpg=PT39&dq=adici%C3%B3n+de+harina+de+kiwicha+en+hamburguesas>

- Medina, K. 2014. Evaluación de las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca (*Vicugna pacos*) envasada al vacío durante el almacenamiento en congelación. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 171 p.
- Moreno, B. 2006. Higiene e inspección de Carne. 1ed. Madrid, España, Díaz de Santos. 646 p.
- Nam, K; Ahn, D. 2003. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. *Meat Science* 63(1):1-8.
- Neely, K; Taylor, C; 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):53-58.
- Palma, S. 2009. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de carne de res (*M. Longissimus dorsi*) marinada con jugo de mangostón (*Garcinia mangostana L.*) Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras, Universidad Zamorano. 34 p.
- Pietrasik, Z; Janz, J. 2009. Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics, quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. *Meat Science* 81(3):523-532.
- Polidori, P; Antonini, M; Torres, D; Beghelli, D; Renieri, C. 2007. Tenderness evaluation and mineral levels of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) meat. *Meat Science* 77(4):599-601.
- Price, J; Schweigert, B. 1994. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. 2ed. Zaragoza, España, Acribia. 592 p.
- Pruthi, J. 1999. Quick freezing preservation of foods: principles practices R & D needs. Foods of Animal Origin. Nanak Pura, India, Allied Publishers. 654 p.

- Quispe, E. 2011. Adaptaciones hematológicas de los camélidos sudamericanos que viven en zonas de elevadas altitudes. *Rev. Complutense de Ciencias Veterinarias* (5):1-26.
- Ranken, M. 2003. *Manual de industrias de la carne*. Barcelona, España, Mundi-Prensa Libros. 209 p.
- Requena, J; Chao, C, Levine, R; Stadtman, E. 2001. Glutamic and aminoadipic semialdehydes are the main carbonyl products of metal-catalyzed oxidation of proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98(1):69–74.
- Ríos, J. 1978. *Curvas de congelación y descongelación de carne de vacuno y cálculo de tiempos y velocidades de congelación*. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 137 p.
- 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. *Rev. Inv. Vet.* 15(2):113-119.
- Ruiz, J; Gutiérrez, G; Velarde, R. 2004. Producción y comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos en el Perú. México, CYTED, P. 119-126.
- Saavedra, R. 2013. *Evaluación de las propiedades tecnológicas y estabilidad oxidativa de la carne de alpaca (Vicugna pacos) envasada al vacío a 4 °C*. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 139 p.
- Salvá, B. 2000. *Utilización de proteína de soya y carragenina en salchichas tipo Huacho con bajo tenor graso*. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú, UNALM. 168 p.
- Salvá, B. 2009. *Caracterización de la carne y charqui de alpaca (Vicugna pacos)*. Tesis Ph. D. León, España, Universidad de León. 280 p.
- Sánchez, C. 2004. *Crianza y producción de alpacas: herencia ancestral*. Lima, Perú, Ripalme. 135 p.

- Sánchez, A; Torrescano, G; Camou, J; González, N; Hernández, G. 2008. Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *Nacameh* 2(2):124-159.
- 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):1025-1030.
- Vergara, H. 1996. Características del crecimiento y de la calidad de la canal de corderos de raza Manchega. Castilla-La Mancha, España, Universidad de Castilla-La Mancha. 228 p.
- Vuorela, S; Salminen, H; Mäkelä, M; Kivikari, R; Karonen, M; Heinonen, M. 2005. Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties. *J. Agric. Food Chem* (53):8492–8497.
- Warriss, P. 2003. *Ciencia de la carne*. Zaragoza, España, Acribia. 309 p.
- Xorgayó, M; Lagares, J; Fernández, E; Ruiz, D; Borrell, D. 2004. Marinado de carne fresca por efecto “*spray*” en la calidad de productos marinados (en línea). Consultado 05 nov. 2016. Disponible en <http://en.joseplagares.com/upload/article/marinadoporefectospray-3.pdf>
- Zorogastúa, J. 2004. Aplicación del diseño de mezclas en la elaboración de chorizo ahumado utilizando carne de alpaca y carne de cordero. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 127 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

FUENTE: Grau y Hamm, citado por Fuentes *et al.* (2013), modificado.

- Se tomó aproximadamente 0,3g de muestra, exactamente pesados (m1).
 - La muestra se colocó entre dos papeles de filtro previamente desecados y pesados.
 - La muestra con papel se puso entre dos placas acrílicas sobre las que se aplicó una presión de 2 kg durante 15 minutos.
 - Se retiró el peso y se separó la muestra del papel, procurando eliminar cualquier resto de tejido que pudiera quedar adherido.
 - El papel de filtro se pesó (m2) y luego se llevó a una estufa a 60°C por 24 horas.
 - El papel filtro seco se pesó de nuevo (m3).
- El valor obtenido vendrá expresado como gramos de agua liberada en 100 gramos de carne.

$$\text{CRA (g H}_2\text{O liberado/ 100g de carne)} = \frac{(m_2 - m_3) \times 100}{m_1}$$

ANEXO 2: DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS REACTIVAS CON EL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO (TBARS)

FUENTE: Nam y Anh (2003)

Recta patrón

Se midió en un matraz aforado de 100 ml con una precisión de $\pm 0,001$ ml, 0,0081 ml de 1, 1, 3,3-Tetraetoxipropano (TEP), los cuales fueron disueltos en 70 ml de agua destilada desionizada y posteriormente se completó el volumen obteniendo así la solución stock de TEP 3×10^{-4} M. Esta solución se mantuvo en refrigeración (4 °C), y a partir de ella se preparó la solución de trabajo 3×10^{-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 se pipetearon dentro de matraces volumétricos de 10 ml y se adicionó agua destilada desionizada hasta completar el volumen. 5 ml de cada dilución preparada se colocaron 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 se colocaron en un baño de agua a 80 °C por 20 min hasta que se desarrolló el color, y posteriormente se enfriaron por 10 min en un baño de agua fría. La absorbancia de los estándares se midió a 531 nm (longitud de onda de máxima absorción) (Lawlor *et al.*, 2000).

Preparación del blanco

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

Preparación de las muestra

Se pesó con una precisión de $\pm 0,1$ g, 2 g de carne molida y se homogenizó a alta velocidad durante 30 segundos con 20 ml de agua destilada desionizada, posteriormente, 1 ml del homogenizado se transfirió a un tubo de ensayo de taparosca, y se adicionó 50 μ 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 homogenizó en un agitador y se incubó en baño de agua a 90 °C

por 15 min hasta desarrollar el color, luego se enfriaron por 10 min en un baño de agua, tras lo cual las muestras se homogenizaron y centrifugaron a 5800 rpm por 20 min a 5 °C.

Finalmente el sobrenadante se recolectó en tubos de ensayo limpios y se midió la absorbancia a 531 nm. Al resultado obtenido se le restó el valor del blanco preparado anteriormente.

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

ANEXO 3: DETERMINACIÓN DE CARBONILOS DE LA OXIDACIÓN PROTEICA

FUENTE: Oliver *et al.*, modificado por Vuorela *et al.* (2005).

Recta patrón

Se preparó una disolución madre de BSA de 1 mg/mL y se hizo diluciones llevando hasta 5 mL (con buffer fosfato- guanidina) los siguientes volúmenes:

NÚMERO DE TUBO	CONCENTRACIÓN (mg/mL)	MADRE BSA (mL)	BUFFER (mL)
1	0,075	0,375	4,625
2	0,25	1,25	3,75
3	0,5	2,5	2,5
4	0,75	3,75	1,25
5	1	5	0

La absorbancia de los estándares se midió a 280 nm (longitud de onda de máxima absorción) y se le restó el blanco.

Blanco

Se preparó el blanco con el buffer 20 mM sodio fosfato 6 M Guanidina hidrocloreuro.

Extracción de proteína y carbonilo

Se pesó 2,5 g de muestra y se añadió 20 mL de KCl 0,15M luego se homogenizó en vórtex durante 60 s. Después se colocaron dos alícuotas, de 100 µL cada una, en dos eppendorfs de 2 mL. Posteriormente, se añadió a cada alícuota 1 mL de TCA al 10% y se agitó en vortex 30 s. Luego de ello, se centrifugó 5 min a 5000g (para precipitar la proteína) y se eliminó el sobrenadante.

Se añadió a la alícuota C (carbonilo), 1 mL de DNFH al 0,2% en HCl 2 M; y a la alícuota P (proteína), 1 mL de HCl 2 M. Se pusieron a incubar ambas alícuotas a T° ambiente durante una hora (en oscuridad), agitando cada 20 minutos. Añadir a cada alícuota 0,8 mL de TCA al 10%, se agitó y dejó reposar 15 minutos a 4°C. Posteriormente, se agitó en vortex 30 s y se centrifugó 5 min a 5000g.

Luego, se eliminó el sobrenadante y lavó el pellet con 1 mL de etanol:acetato de etilo, se agitó y centrifugó 5 minutos a 10000g. Este paso se repitió dos veces más, dejándolo a T° ambiente durante 5 minutos entre lavado y lavado. Finalmente, se disolvió en 1,5 ml de 20 mM sodio fosfato 6 M guanidina hidrocloreuro buffer, se agitó y centrifugó durante 5 minutos a 5000g (para que precipiten los fragmentos insolubles).

Determinación de la proteína y del carbonilo

Para determinar la concentración de proteína (ependorf P) se midió la absorbancia a 280 nm. Al resultado obtenido se le restó el valor del blanco. La concentración de carbonilo (ependorf C) se calculó usando un coeficiente de extinción (ϵ) de $21,0 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ a 370 nm.

Los resultados se expresaron en nmol de carbonilos en mg de proteína.

ANEXO 4: DETERMINACIÓN DEL COLOR L^* , A^* Y B^*

FUENTE: AMSA y Honikel, ambos citados por Saavedra (2013).

- 1) Se prendió el Colorímetro Minolta modelo CR-400 y calibró mediante la función ubicada en el panel de selección y la placa blanca de calibración.
- 2) Se programó que el colorímetro para que reporte en unidades a^* , b^* y L^* .
- 3) Se retiraron los filetes de la congeladora y se dejaron envasadas a temperatura ambiente durante 2 horas. Luego se retiraron los envases y se eliminó el agua exudada.
- 4) Se colocó la carne de alpaca en una superficie plana y se realizó la medición de color directamente sobre la muestra, asegurándose que no exista espacio entre la carne y el lente del colorímetro.
- 5) Después de cada disparo se movió el lente del colorímetro a otro punto de la superficie de la carne. Se realizaron tres disparos por muestra.
- 6) El tiempo total para realizar las tres mediciones no excedieron los 30 segundos después de haber retirado la carne de su envase.

ANEXO 5: EVALUACIÓN SENSORIAL DE TEXTURA

FUENTE: Braña *et al.* (2011).

Preparación de las muestras

Para la cocción de las muestras, se utilizó una parrilla eléctrica, hasta que alcanzó una temperatura interna final de 70 a 71 °C. Cada muestra se cocinó por ambos lados, con un tiempo aproximado de 4 min por lado, a una temperatura de la parrilla de 240 °C. Para evitar una excesiva desecación de la muestra durante la cocción, ésta se envolvió en papel aluminio una vez finalizada la cocción, manteniéndola a una temperatura de 60 °C en tazones de porcelana hasta su análisis. Las porciones de carne fueron cubos de 1 cm por lado aproximadamente.

Evaluación sensorial

Se emplearon 72 panelistas no entrenados, a quienes se les hizo probar previamente una muestra de carne de res frita y se les detalló la forma de cómo debían morder y cómo evaluar cada atributo.

Los atributos evaluados fueron los siguientes:

- Resistencia inicial a la masticación: resistencia que ejerce la carne a la penetración de los dientes por primera vez.
- Masticación total: cantidad de esfuerzo que se realiza para masticar la carne.
- Residuo final: cantidad de residuo no fácilmente masticable que debe ser deglutido sin disgregarse.
- Jugosidad: cantidad de agua liberada por la carne durante la masticación.
- Terneza global: valoración global de los conceptos anteriores.

La ficha de la evaluación se muestra en la Figura 18, los resultados se expresaron como el puntaje de la escala del 1- 9.

NOMBRE:		FECHA:			
Evalúe cada uno de los parámetros marcando en la casilla de la muestra el valor asignado por su preferencia.					
Muestras	Resistencia inicial a la masticación (1, muy poco-9, muchísimo)	Masticación total (1, muy poco-9, muchísimo)	Residuo final (1, muy poco-9, muchísimo)	Jugosidad (1, muy seco-9, muy jugoso)	Terneza global (1, muy duro-9, muy tierno)
293					
654					
482					
749					
531					
361					

Figura 18. Formato utilizado en el análisis de evaluación sensorial

ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA

a. Influencia del tipo de marinado en el tiempo de congelación por contacto directo

Tabla ANOVA para Tiempo por TRATAMIENTO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	25.1622	2	12.5811	3.88	0.0830
Intra grupos	19.4667	6	3.24444		
Total (Corr.)	44.6289	8			

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

b. Influencia del tipo de marinado en el tiempo de congelación por corriente de aire

Tabla ANOVA para Tiempo por TRATAMIENTO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7321.17	2	3660.58	204.63	0.0000
Intra grupos	107.333	6	17.8889		
Total (Corr.)	7428.5	8			

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para Tiempo por TRATAMIENTO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Marinado por inmersión	3	333.833	X
Marinado por Inyección	3	381.167	X
Sin marinar	3	402.0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por Inyección - Marinado por inmersión	*	47.3333	10.596
Marinado por Inyección - Sin marinar	*	-20.8333	10.596
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	-68.1667	10.596

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

c. Influencia del tipo de marinado en la velocidad de congelación por contacto directo

Tabla ANOVA para Velocidad por TRATAMIENTO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0230176	2	0.0115088	9.95	0.0124
Intra grupos	0.00694067	6	0.00115678		
Total (Corr.)	0.0299582	8			

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para Velocidad por TRATAMIENTO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sin marinar	3	1.465	X
Marinado por inmersión	3	1.546	XX
Marinado por Inyección	3	1.58667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por Inyección - Marinado por inmersión		0.0406667	0.0852073
Marinado por Inyección - Sin marinar	*	0.121667	0.0852073
Marinado por inmersión - Sin marinar		0.081	0.0852073

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

d. Influencia del tipo de marinado en la velocidad de congelación por corriente de aire

Tabla ANOVA para Velocidad por TRATAMIENTO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.002454	2	0.001227	69.45	0.0001
Intra grupos	0.000106	6	0.0000176667		
Total (Corr.)	0.00256	8			

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para Velocidad por TRATAMIENTO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Marinado por inmersión	3	0.186667	X
Marinado por Inyección	3	0.193667	X
Sin marinar	3	0.224667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por Inyección - Marinado por inmersión		0.007	0.01053
Marinado por Inyección - Sin marinar	*	-0.031	0.01053
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	-0.038	0.01053

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE DE ALPACA SOMETIDA A MARINADO, CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN

a. Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en el porcentaje de humedad de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Humedad - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:MARINADO	186.368	2	93.1842	531.59	0.0000
B:TIPO DE CONGELACIÓN	8.39134	1	8.39134	47.87	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.398178	2	0.199089	1.14	0.3534
RESIDUOS	2.10353	12	0.175294		
TOTAL (CORREGIDO)	197.261	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad por MARINADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

MARINADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin marinar	6	71.4717	0.170926	X
Marinado por inyección	6	77.7117	0.170926	X
Marinado por inmersión	6	78.7617	0.170926	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
Marinado por inmersión - Marinado por inyección	*	1.05	0.646665
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	7.29	0.646665
Marinado por inyección - Sin marinar	*	6.24	0.646665

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad por TIPO DE CONGELACIÓN

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIPO DE CONGELACIÓN	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Cong. aire quieto	9	75.2989	0.139561	X
Cong. contacto direc	9	76.6644	0.139561	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
Cong. aire quieto - Cong. contacto direc	*	-1.36556	0.43003

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

b. Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en la capacidad de retención de agua, expresado en porcentaje de pérdida de agua por presión de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Porcentaje de pérdida de agua - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:MARINADO	89.7519	2	44.876	115.20	0.0000
B:TIPO DE CONGELACIÓN	4.23405	1	4.23405	10.87	0.0064
INTERACCIONES					
AB	0.00443333	2	0.00221667	0.01	0.9943
RESIDUOS	4.6746	12	0.38955		
TOTAL (CORREGIDO)	98.665	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para Porcentaje de pérdida de agua por MARINADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

MARINADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Marinado por inmersión	6	19.325	0.254804	X
Marinado por inyección	6	19.9667	0.254804	X
Sin marinar	6	24.35	0.254804	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por inmersión - Marinado por inyección		-0.641667	0.963999
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	-5.025	0.963999
Marinado por inyección - Sin marinar	*	-4.38333	0.963999

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para Porcentaje de pérdida de agua por TIPO DE CONGELACIÓN

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIPO DE CONGELACIÓN	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Cong. contacto direc	9	20.7289	0.208046	X
Cong. aire quieto	9	21.6989	0.208046	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cong. aire quieto - Cong. contacto direc	*	0.97	0.641056

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

c. **Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en el pH de los filetes de alpaca**

Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:MARINADO	0.0803111	2	0.0401556	37.45	0.0000
B:TIPO DE CONGELACIÓN	0.0002	1	0.0002	0.19	0.6735
INTERACCIONES					
AB	0.0108	2	0.0054	5.04	0.0258
RESIDUOS	0.0128667	12	0.00107222		
TOTAL (CORREGIDO)	0.104178	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por MARINADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

MARINADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin marinar	6	6.15	0.013368	X
Marinado por inyección	6	6.22333	0.013368	X
Marinado por inmersión	6	6.31333	0.013368	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por inmersión - Marinado por inyección	*	0.09	0.0505752
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	0.163333	0.0505752
Marinado por inyección - Sin marinar	*	0.0733333	0.0505752

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por TIPO DE CONGELACIÓN

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIPO DE CONGELACIÓN	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Cong. aire quieto	9	6.22556	0.0109149	X
Cong. contacto direc	9	6.23222	0.0109149	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cong. aire quieto - Cong. contacto direc		-0.00666667	0.0336323

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

d. **Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en el color expresado como a*, b* y l* de los filetes de alpaca.**

Color a*:

Análisis de Varianza para color a - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:MARINADO	27.6499	2	13.825	15.41	0.0005
B:TIPO DE CONGELACIÓN	7.18205	1	7.18205	8.00	0.0152
INTERACCIONES					
AB	5.83613	2	2.91807	3.25	0.0744
RESIDUOS	10.7678	12	0.897317		
TOTAL (CORREGIDO)	51.4359	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para color a por MARINADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

MARINADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Marinado por inmersión	6	6.105	0.386721	X
Marinado por inyección	6	8.25833	0.386721	X
Sin marinar	6	9.035	0.386721	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por inmersión - Marinado por inyección	*	-2.15333	1.46308
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	-2.93	1.46308
Marinado por inyección - Sin marinar		-0.776667	1.46308

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para color a por TIPO DE CONGELACIÓN

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIPO DE CONGELACIÓN	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Cong. contacto direc	9	7.16778	0.315756	X
Cong. aire quieto	9	8.43111	0.315756	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cong. aire quieto - Cong. contacto direc	*	1.26333	0.972943

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Color b*:

Análisis de Varianza para color b - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:MARINADO	13.9383	2	6.96916	5.54	0.0198
B:TIPO DE CONGELACIÓN	7.46267	1	7.46267	5.93	0.0314
INTERACCIONES					
AB	1.54991	2	0.774956	0.62	0.5563
RESIDUOS	15.0959	12	1.25799		
TOTAL (CORREGIDO)	38.0468	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para color b por MARINADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

MARINADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Marinado por inmersión	6	-3.62833	0.457893	X
Marinado por inyección	6	-2.335	0.457893	XX
Sin marinar	6	-1.48833	0.457893	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por inmersión - Marinado por inyección		-1.29333	1.73235
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	-2.14	1.73235
Marinado por inyección - Sin marinar		-0.846667	1.73235

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para color b por TIPO DE CONGELACIÓN

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIPO DE CONGELACIÓN	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Cong. aire quieto	9	-3.12778	0.373868	X
Cong. contacto direc	9	-1.84	0.373868	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cong. aire quieto - Cong. contacto direc	*	-1.28778	1.152

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Color L*:

Análisis de Varianza para color c - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:MARINADO	56.3517	2	28.1758	44.74	0.0000
B:TIPO DE CONGELACIÓN	53.7339	1	53.7339	85.31	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.661211	2	0.330606	0.52	0.6046
RESIDUOS	7.558	12	0.629833		
TOTAL (CORREGIDO)	118.305	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para color c por MARINADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

MARINADO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Marinado por inmersión	6	30.3567	0.323994	X
Marinado por inyección	6	31.3217	0.323994	X
Sin marinar	6	34.4983	0.323994	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marinado por inmersión - Marinado por inyección		-0.965	1.22577
Marinado por inmersión - Sin marinar	*	-4.14167	1.22577
Marinado por inyección - Sin marinar	*	-3.17667	1.22577

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

Pruebas de Múltiple Rangos para color c por TIPO DE CONGELACIÓN

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

TIPO DE CONGELACIÓN	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Cong. aire quieto	9	30.3311	0.26454	X
Cong. contacto direc	9	33.7867	0.26454	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cong. aire quieto - Cong. contacto direc	*	-3.45556	0.815131

* indica una diferencia significativa.

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

e. Influencia del tipo de marinado, tipo de congelación y tiempo en los resultados TBARS de los filetes de alpaca

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 congelación	0.000064	1	0.000064	0.03	0.8709
B:Tipo de marinado	0.000468667	2	0.000234333	0.10	0.9064
C:tiempo	0.003364	1	0.003364	1.42	0.2449
INTERACCIONES					
AB	0.000008	2	0.000004	0.00	0.9983
AC	0.000064	1	0.000064	0.03	0.8709
BC	0.000468667	2	0.000234333	0.10	0.9064
RESIDUOS	0.0617807	26	0.00237618		
TOTAL (CORREGIDO)	0.066218	35			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

f. Influencia del tipo de marinado, tipo de congelación y tiempo en la cantidad de carbonilos de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Oxidación de proteína - 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 congelación	0.0189063	1	0.0189063	0.19	0.6665
B:Tipo de marinado	0.0953724	2	0.0476862	0.48	0.6246
C:tiempo	56.9849	1	56.9849	572.73	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.0049685	2	0.00248425	0.02	0.9754
AC	0.0189062	1	0.0189062	0.19	0.6665
BC	0.0953724	2	0.0476862	0.48	0.6246
RESIDUOS	2.58694	26	0.0994976		
TOTAL (CORREGIDO)	59.8053	35			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

g. Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en la resistencia inicial de masticación de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Putuación - 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 congelación	2.02005	1	2.02005	0.80	0.3894
B:tipo de marinado	3.6373	2	1.81865	0.72	0.5075
INTERACCIONES					
AB	0.5169	2	0.25845	0.10	0.9038
RESIDUOS	30.3928	12	2.53273		
TOTAL (CORREGIDO)	36.567	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

ANEXO 8: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE TEXTURA DE CARNE DE ALPACA SOMETIDA A MARINADO, CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN

a. Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en la percepción de la masticación total de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Putuación - 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 congelación	2.18405	1	2.18405	2.18	0.1652
B:tipo de marinado	5.6017	2	2.80085	2.80	0.1004
INTERACCIONES					
AB	3.3673	2	1.68365	1.68	0.2267
RESIDUOS	12.0	12	1.0		
TOTAL (CORREGIDO)	23.1531	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

b. Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en la percepción de la cantidad de residuos finales luego de la masticación de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Putuación - 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 congelación	1.1858	1	1.1858	1.19	0.2976
B:tipo de marinado	5.2087	2	2.60435	2.60	0.1150
INTERACCIONES					
AB	1.7887	2	0.89435	0.89	0.4345
RESIDUOS	12.0	12	1.0		
TOTAL (CORREGIDO)	20.1832	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

c. Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en la jugosidad de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Putuación - 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 congelación	5.08805	1	5.08805	5.09	0.0435
B:tipo de marinado	3.2977	2	1.64885	1.65	0.2330
INTERACCIONES					
AB	1.1773	2	0.58865	0.59	0.5703
RESIDUOS	12.0	12	1.0		
TOTAL (CORREGIDO)	21.563	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).

d. Influencia del tipo de marinado y tipo de congelación en la terneza global de los filetes de alpaca

Análisis de Varianza para Putuación - 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 congelación	0.88445	1	0.88445	0.88	0.3655
B: tipo de marinado	4.0789	2	2.03945	2.04	0.1728
INTERACCIONES					
AB	0.2857	2	0.14285	0.14	0.8683
RESIDUOS	12.0	12	1.0		
TOTAL (CORREGIDO)	17.2491	17			

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

FUENTE: Tomado de Statgraphics Centurion® XVI (2016).