



UNIVERSIDAD DE LEÓN

FACULTAD DE VETERINARIA

DEPARTAMENTO DE HIGIENE Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

“CARACTERIZACIÓN DE LA CARNE Y CHARQUI DE ALPACA (*Vicugna pacos*)”

Memoria presentada por:

Ing. Mg. Sc. BETTIT KARIM SALVÁ RUIZ

para optar al grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Dirigida por:

Dr. JAVIER MATEO OYAGÜE

Profesor Titular del Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos

León, diciembre de 2009

Esta tesis Doctoral ha sido desarrollada con apoyo de la Fundación Carolina - España y ha recibido apoyo económico de los fondos de investigación del Área de Tecnología de los Alimentos, de la Universidad de León.

Además, ha sido, también, financiada por la Agencia Española de Cooperación Internacional AECI, con el proyecto titulado "Capacitación en estrategias de mejora para el aprovechamiento de carne de alpaca y desarrollo de productos cárnicos apropiados y funcionales con el fin de diversificar la oferta y dar un mayor agregado", del Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica para Latinoamérica A/020112/08.

*A la memoria de mi madre:
Bettit Ruiz Leveau de Salvá, quien ahora
cerca de Dios, sé que me seguirá guiando,
perdóname mamá por no haber estado
contigo en tus últimos días.*

*A Agustín, mi padre, le dedico todos los
esfuerzos que realicé para concluir este
doctorado. Gracias papito por tu cariño,
comprensión y apoyo incondicional.*

*A Bettit Yamilet y Sofía, que me permitieron
tener la dicha de ser madre, siempre
recuerden que aunque estuve lejos en
muchas ocasiones, las amo como nadie en
este mundo.*

Dedicada a todas las personas que deciden vivir cada día como si fuera el último y a todas aquellas que luchan por sus sueños.

Muere lentamente quien no viaja, quien no lee, quien no oye música, quien no encuentra gracia en sí mismo.

Muere lentamente quien destruye su amor propio, quien no se deja ayudar.

Muere lentamente quien se transforma en esclavo del hábito repitiendo todos los días los mismos trayectos, quien no cambia de marca, no se atreve a cambiar el color de su vestimenta o bien no conversa con quien no conoce.

Muere lentamente quien evita una pasión y su remolino de emociones, justamente estas que regresan el brillo a los ojos y restauran los corazones destrozados.

Muere lentamente quien no gira el volante cuando esta infeliz con su trabajo, o su amor, quien no arriesga lo cierto por lo incierto para ir detrás de un sueño, quien no se permite, ni siquiera una vez en su vida, huir de los consejos sensatos...

Martha Medeiros

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi eterno agradecimiento a mi director de Tesis, Dr. Javier Mateo Oyagüe, por su invaluable apoyo, por haberme acogido desde un primer momento en este hermoso país y por todas sus enseñanzas. Sin tu apoyo no hubiera sido posible realizar esta investigación, muchas gracias.

Al Dr. José María Zumalacárregui, quien me recibió cuando era Director del Departamento de Higiene y Tecnología de Alimentos al iniciar mis estudios doctorales y por haberme permitido escuchar sus valiosas clases.

Al Dr. José María Fresno, quien como Coordinador de este doctorado, me apoyó desde un inicio en mis estudios doctorales.

Al Dr. Bernardo Prieto, gracias por todo tu apoyo y por haber visitado en varias oportunidades mi país, para capacitar a las personas que más lo necesitaban.

Al Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de León-España, por haberme permitido utilizar y disponer de sus instalaciones y equipos.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) de Lima-Perú, por haber contribuido a mi formación profesional y a la realización de mis estudios doctorales.

A la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, donde recibí parte de los cursos durante el periodo de docencia, en especial al Dr. Juan José Córdoba y al Dr. Jesús Ventanas.

Al Dr. Angel Ruiz Mantecón del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), con quien formamos parte de la Red Iberoamericana CYTED sobre "Mejoramiento productivo de Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos" y me aconsejó continuar investigando en el área de camelidos.

A la Sra. Piedi Martín Díez de Baldeón quien como Coordinadora de Becas de la Fundación Carolina-España, me brindó con esmero y amabilidad su valioso apoyo.

A la Ing. María Salvá Ruiz, mi hermana, por haberme apoyado siempre y por haber cuidado con cariño a mis niñas, cuando estuve lejos.

Al May. César Retamozo Flores, padre de mis niñas, quien siempre me apoyó para que siguiera mis estudios doctorales, sacrificando muchas veces oportunidades profesionales que se le presentaron.

A la Sra. Gloria García Alejos, porque me cuidaste con cariño desde que nací, gracias por la paciencia que tuviste conmigo y que ahora tienes con mis hijas.

A mis alumnos, personal administrativo y personal docente de la Facultad de Industrias Alimentarias-UNALM, por haberme dado ánimo para seguir adelante y en especial a mis queridos colegas:

- Dr. Marcial Silva Jaimes, quien fue Decano de la Facultad cuando inicié mis estudios doctorales y fue quien me impulsó a seguir este doctorado, gracias por sus consejos, su apoyo y por su valiosa amistad.

-
- *Dr. Américo Guevara Pérez, por haberme dado constante apoyo a lo largo de mi carrera, por haber sido mi maestro y sobre todo por ser mi amigo y compadre.*
 - *Mg.Sc. Miguel Araujo Vargas, por su apoyo incondicional para realizar la parte experimental de mi tesis en Perú, por su amistad y todas las veces que supo darme alegría para seguir adelante.*
 - *Mg.Sc. Christian Encina Zelada, por todo el apoyo que siempre me brindaste para realizar esta tesis, por tu entusiasmo y amistad.*
 - *Dr. David Campos Gutiérrez, actual Decano de la Facultad, por haberme iniciado en la investigación al dirigir con paciencia y dedicación mis tesis de Ingeniera y Magister, gracias compadre por tu apoyo.*
 - *Dra. Rosana Chirinos Gallardo, quien siempre fue mi ejemplo a seguir, primero con la maestría y luego con el doctorado, gracias por ser mi amiga y comadre.*

A la Lic. Ana María Escobedo Ergueta y al Sr. Wilfredo Montoya Barrientos, por su invaluable apoyo para la realización de la parte experimental, por haber promocionado el consumo e industrialización de la carne de alpaca y por sus valiosos consejos.

Al Dr. José Aldo Hernández Murúa, por darme ánimo y apoyo durante la realización de esta tesis doctoral y por haber compartido conmigo momentos tristes y alegres.

Al Dr. Armando González Zariquiey, coordinador en Perú del proyecto "Capacitación en estrategias de mejora para el aprovechamiento de carne de alpaca y desarrollo de productos cárnicos apropiados y funcionales con el fin de diversificar la oferta y dar un mayor agregado", por el apoyo y cariño que siempre me brinda.

A la Dra. Daphne Ramos, a quien tuve la suerte de conocer aquí en León, y me hizo sentir un poco más cerca de mi país, gracias por ayudarme, por aconsejarme, por acompañarme y por haberme demostrado tu amistad en momentos difíciles.

A todos los profesores y compañeros del Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos, que me acogieron con cariño y siempre me dieron su apoyo durante mi estancia en España. Gracias: Domingo, Avelino, Ricardo, Beatriz, Inés, Ana, Noelia, Chema Castro, Hilda, Araceli, M^a Eugenia, Teresa, Dolores, Tania, Tiquio y Leticia.

A todos mis amigos latinoamericanos, que me acompañaron en esta etapa de mi vida, quienes a pesar de estar lejos de su patria y su familia, siempre supieron regalarme una sonrisa y una palabra de ánimo. Gracias: Jhon, Pedro, Lucía, Marco, Alexis, Julio, José Alfredo, Rosalinda, Francisco, Marco, Adrián, Sergio, Roberto, Marcio, Sandra, Ricardo y María Teresa.

RESUMEN

Dentro de los camélidos, la alpaca constituye una prueba viviente del notable desarrollo pecuario alcanzado en la región andina por las civilizaciones del antiguo Perú. Su gran capacidad de adaptación hace posible el aprovechamiento de extensas zonas del área andina que, por las limitaciones impuestas de altitud, no son aptas para la actividad agrícola ni para la explotación económica de otras especies. El presente trabajo se ha realizado para conocer las cualidades de la carne y charqui de alpaca peruana, con el propósito de que sirva de base para futuras investigaciones conducentes a la optimización de su producción y a la realización de actividades de capacitación o de desarrollo rural.

En la primera parte del presente estudio se trabajó con 20 canales de alpacas con un rango de edad entre 18 a 24 meses y de la raza Huacaya, provenientes de los departamentos de Junín y Puno (Perú), que fueron criadas mediante un sistema extensivo tradicional, alimentándose de la vegetación característica del altiplano andino. Se realizaron diversos análisis de composición química sobre el músculo *Longissimus thoracis o lumborum* de alpaca: humedad, grasa, proteína, ceniza, minerales (Cu, Mn, Zn, Fe, Ca, Mg, Na, K y P), aminoácidos, perfil de ácidos grasos (en músculo *LT* y grasa perirenal), vitaminas liposolubles (retinol y tocoferol), mioglobina y colágeno. También, en ese mismo músculo, se han determinado algunos parámetros tecnológicos: pH, color (L^* , a^* , b^*), capacidad de retención de agua (pérdidas por presión y pérdidas por cocción) y textura (con el dispositivo Warner-Bratzler). En la segunda parte del estudio se ha realizado un muestreo y encuesta a 52 productores de charqui de alpaca: 30 del departamento de Puno (provincia de Azángaro) y 22 del departamento de Cusco (provincia de Sicuani) con la finalidad de recabar información sobre sus técnicas de elaboración y caracterizar el charqui de alpaca según la zona de producción. Se han determinado dimensiones (peso, grosor), composición química (composición proximal, colágeno, elementos minerales, ácidos orgánicos, aminos biógenas,

sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico), parámetros tecnológicos (a_w , pH, color, capacidad de retención de agua, pérdida de sólidos en agua de hidratación) y análisis microbiológicos. Finalmente, en la tercera parte se ha estudiado la evolución de los parámetros tecnológicos y de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico durante un año de almacenamiento en 30 muestras de charqui deshilachado procedente del departamento de Puno, envasados al vacío y sin vacío, y mantenidos a temperatura ambiente.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que la carne de alpaca se caracteriza por su bajo nivel de grasa intramuscular y un contenido de minerales, aminoácidos y ácidos grasos comparables a los encontrados en carne de vacuno y ovino. Sin embargo, la carne de alpaca muestra un cociente de ácidos grasos $n-6/n-3$ más favorable que el de la carne de vacuno u ovino y una baja concentración de vitamina E. La caracterización de la carne de alpaca en lo que respecta a los parámetros que determinan su calidad tecnológica también ha sido reforzada con el presente trabajo. La nueva información aportada por este estudio ha sido la determinación de los parámetros del color (CIELab) y el contenido en mioglobina. En relación a los valores de pH, dureza y CRA fueron coincidentes con los encontrados por otros autores en carne de alpaca, y en su defecto en carne de otros camélidos u ovinos, de similar tamaño y/o edad de sacrificio.

Con respecto a la caracterización fisico-química y microbiológica del charqui de alpaca procedente de los departamentos peruanos de Puno y Cusco realizada en el presente estudio, podemos decir, en términos generales que el charqui de alpaca tiene una baja a_w que lo hace microbiológicamente estable. De otra parte, tiene un elevado nivel proteico y un bajo nivel de grasa. En lo referente a las sustancias nitrogenadas no proteicas, el charqui de alpaca tiene un bajo nivel de nitrógeno no proteico que evidencian un escaso desarrollo proteolítico. Desde el punto de vista toxicológico podemos decir que el contenido de aminas biógenas en el charqui de alpaca estuvieron por debajo de los valores considerados como indicativos de actividad microbiana indeseable y perjudiciales para la salud. En cuanto al contenido de minerales

podemos decir que el charqui de alpaca tiene niveles elevados de sodio y por ende de cloruro de sodio (debido a la sal añadida durante el proceso). Una parte importante del contenido mineral se pierde al momento de la rehidratación. El charqui de alpaca presenta un nivel importante de oxidación y actividad lipolítica lo que se evidencia en una elevada cantidad de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico y de ácidos grasos libres. En lo referente a las determinaciones colorimétricas el charqui de alpaca tiene un elevado valor de L^* y b^* debido a una considerable oxidación del hierro de la mioglobina.

Las propiedades el charqui se mantuvieron muy estables a lo largo de un año de almacenamiento a temperatura ambiente con y sin vacío. No obstante, el tiempo de almacenamiento mostró un moderado efecto, a veces significativo, sobre algunos parámetros de interés tecnológico del charqui rehidratado de alpaca, tales como pH, capacidad de retención de agua, porcentaje de ganancia de agua y pérdida de sólidos del charqui en el agua de rehidratación, color y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico. En relación al tipo de envasado no se encontraron diferencias significativas, aunque los valores medios de los parámetros relacionados con la oxidación fueron ligeramente menores al usar envasado al vacío para la conservación del charqui.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. PARTE UNO: CARNE DE ALPACA	1
I.1.1. Aspectos generales de la producción de alpacas en Perú	1
I.1.1.1. <i>Condiciones de crianza</i>	1
I.1.1.2. <i>Población de alpacas</i>	5
I.1.1.3. <i>Producción de carne y fibra de alpaca</i>	6
I.1.2. Calidad de la canal de alpaca.....	9
I.1.2.1. <i>Definición y características de calidad de la canal</i>	9
I.1.2.2. <i>Clasificación oficial de canales de alpacas y llamas en Perú</i>	13
I.1.3. Calidad de la carne de alpaca	14
I.1.3.1. <i>Composición química y valor nutritivo de la carne de alpaca</i>	15
I.1.3.2. <i>Propiedades tecnológicas de la carne de alpaca</i>	19
I.1.3.3. <i>Calidad higiénica de la carne de alpaca</i>	23
I.1.3.4. <i>Calidad sensorial de la carne de alpaca</i>	25
I.1.3.5. <i>Otros aspectos de la calidad de la carne de alpaca</i>	27
I.1.4. Comercialización de la canal y de la carne de alpaca	28
I.2. PARTE DOS: CHARQUI DE ALPACA	35
I.2.1. Definición de charqui andino.....	37
I.2.2. Características de calidad del charqui de alpaca	39
I.2.2.1. <i>Composición química y valor nutritivo del charqui de alpaca</i>	39
I.2.2.2. <i>Calidad higiénico-sanitaria del charqui de alpaca</i>	39
I.2.2.3. <i>Calidad sensorial del charqui de alpaca</i>	41
I.2.3. Tecnología de elaboración de charqui de alpaca	42
I.2.3.1. <i>Generalidades</i>	42
I.2.3.2. <i>Variantes del proceso tecnológico de producción de charqui</i>	43
I.2.4. Producción y comercialización del charqui de alpaca en Perú.....	52
I.3. OTROS PRODUCTOS CÁRNICOS DESHIDRATADOS ELABORADOS CON CARNE DE RUMIANTES A PARTIR DE PIEZAS ENTERAS	56
I.3.1. Generalidades	56
I.3.2. Productos cárnicos de humedad intermedia con a_w menor a 0,75 elaborados con piezas enteras de rumiantes	56
I.3.2.1. <i>Chalona</i>	56
I.3.2.2. <i>Charqui o charque brasileño</i>	59
I.3.2.3. <i>Machaca</i>	70
I.3.2.4. <i>Biltong tradicional</i>	73
I.3.2.5. <i>Kilishi</i>	76

I.3.2.6. <i>Kaddid</i>	83
I.3.3. Productos cárnicos de humedad intermedia con a_w mayor a 0,75 elaborados con piezas enteras de rumiantes	85
I.3.3.1. <i>Carne de sol</i>	85
I.3.3.2. <i>Jerked beef</i>	88
I.3.3.3. <i>Tasajo en España</i>	93
I.3.3.4. <i>Tasajo en Latinoamérica</i>	96
I.3.3.5. <i>Cecina española</i>	98
I.3.3.6. <i>Cecina latinoamericana</i>	111
I.3.3.7. <i>Bresaola</i>	114
I.3.3.8. <i>Biltong con alto contenido de humedad</i>	119
I.3.3.9. <i>Pastirma</i>	122
I.3.3.10. <i>Jerky</i>	131
I.3.4. Otros productos cárnicos deshidratados	136
I.3.4.1. <i>Odka</i>	136
I.3.4.2. <i>Qwanta</i>	136
I.3.4.3. <i>Pemmican</i>	137
I.3.4.4. <i>Ndariko y Jirge</i>	137
I.3.4.5. <i>Magain</i>	138
I.3.4.6. <i>Viande des Grison or Bunderfleish</i>	138
I.3.4.7. <i>Reindeer meat o carne de reno seca</i>	139
I.4. OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ..	140
II. MATERIALES Y MÉTODOS	141
II.1. RESUMEN DEL PLAN EXPERIMENTAL. ESTRUCTURA DEL TRABAJO	141
II.2. EXPERIMENTO 1. CALIDAD DE LA CANAL Y LA CARNE DE ALPACA. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS	142
II.2.1. Localización del estudio	142
II.2.2. Material animal	144
II.2.3. Preparación de las muestras, determinaciones previas (peso canal y diámetros del músculo <i>longissimus</i> <i>thoracis</i>)	144
II.3. EXPERIMENTO 2. CARACTERIZACIÓN DEL CHARQUI DE ALPACA PROCEDENTE DE LOS DEPARTAMENTOS DE PUNO Y CUSCO. LOCALIZACIÓN Y MUESTRAS	145
II.3.1. Lugares del estudio	145
II.3.2. Características del muestreo	147
II.3.3. Encuesta a productores de charqui	148
II.3.4. Preparación de las muestras y determinaciones preliminares (dimensiones de hebras o piezas de charqui) ..	150
II.4. EXPERIMENTO 3. EFECTO DEL TIPO DE ENVASADO Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN CHARQUI DE ALPACA DESHILACHADO PROCEDENTE DE PUNO	151

II.5. MATERIALES Y EQUIPOS GENERALES	152
II.6. METODOLOGÍA DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE LA CARNE DE ALPACA Y/O DEL CHARQUI	154
II.6.1. Análisis proximal	154
II.6.2. Determinación del contenido en elementos minerales	159
II.6.3. Concentración de mioglobina	161
II.6.4. Colágeno (hidroxiprolina)	161
II.6.5. Aminoácidos	164
II.6.6. Determinación de aminas biógenas	165
II.6.7. Nitrógeno no proteico	168
II.6.8. Nitritos	169
II.6.9. Ácidos grasos	171
II.6.10. Determinación de ácidos grasos libres (AGL)	174
II.6.11. Determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (SRATB)	177
II.6.12. Retinol y tocoferol.....	178
II.7. OTROS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CARNE Y/O DEL CHARQUI DE ALPACA	179
II.7.1. pH	179
II.7.2. a_w	180
II.7.3. Capacidad de retención de agua (pérdidas por cocción y por presión)	180
II.7.4. Pérdida de sólidos del charqui en el agua de hidratación ..	181
II.7.5. Determinación instrumental del color	182
II.7.6. Determinación instrumental de la dureza	183
II.8. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	183
II.8.1. Preparación de las muestras, suspensiones iniciales y diluciones decimales	183
II.8.2. Flora Aerobia Mesófila Viable (FAMV)	184
II.8.3. Mohos y levaduras	184
II.8.4. Bacterias ácido lácticas (BAL).....	185
II.8.5. <i>Micrococcaceae</i>	185
II.8.6. Coliformes totales.....	185
II.8.7. <i>Staphylococcus aureus</i>	186
II.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	187
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	188
III.1. CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CARNE DE ALPACA	188
III.1.1. Peso de la canal y dimensiones del músculo <i>Longissimus</i> <i>lumborum</i>	188

III.1.2. Composición de la carne de alpaca	190
III.1.2.1. <i>Componentes mayoritarios, colágeno y mioglobina</i> ..	190
III.1.2.2. <i>Contenido de aminoácidos</i>	192
III.1.2.3. <i>Contenido de elementos minerales</i>	193
III.1.2.4. <i>Contenido de ácidos grasos</i>	195
III.1.2.5. <i>Contenido de retinol y tocoferoles</i>	201
III.1.3. Características de interés tecnológico de la carne de alpaca	203
III.2. CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DEL CHARQUI DE ALPACA PROCEDENTE DE PUNO Y DEL DE CUSCO	205
III.2.1. Encuesta a productores de charqui de alpaca.....	205
III.2.2. Peso y dimensiones	210
III.2.3. Composición química	212
III.2.3.1. <i>Componentes mayoritarios</i>	212
III.2.3.2. <i>Nitrógeno no proteico y nitrógeno de la Hidroxiprolina (colágeno)</i>	216
III.2.3.3. <i>Contenido de aminos biógenas en charqui de Puno y de Cusco</i>	219
III.2.3.4. <i>Contenido de minerales en charqui seco</i>	222
III.2.3.5. <i>Contenido de minerales en charqui rehidratado de Puno y Cusco</i>	226
III.2.3.6. <i>Contenido de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico y de ácidos grasos libres</i>	227
III.2.4. Recuentos microbiológicos en charqui de Puno y Cusco ...	231
III.2.5. Propiedades tecnológicas.....	234
III.3. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE INTERÉS TECNOLÓGICO DEL CHARQUI DE ALPACA PROCEDENTE DE PUNO DURANTE EL ALMACENAMIENTO CON Y SIN ENVASADO AL VACÍO	240
III.3.1. Valor de pH, capacidad de retención de agua y pérdida de sólidos debidas a la rehidratación.....	240
III.3.2. Color	243
III.3.3. Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB).....	245
IV. CONCLUSIONES	247
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	250

LISTA DE FIGURAS

Figura:

I.1. Alpaca raza Huacaya	4
I.2. Alpaca raza Suri.	4
I.3. Canales de alpaca criados con pastos naturales (izquierda) y cultivados (derecha)	12
I.4. Efecto del pH sobre la capacidad de retención de agua.	21
I.5. Efecto de la adición de sal sobre la capacidad de retención de agua.	22
I.6. Quistes macroscópicos de <i>Sarcocystis</i> en carne de alpaca.	25
I.7. Ubicación de los cortes obtenidos en una alpaca.	31
I.8. Principales cortes de una canal de alpaca.	32
I.9 a. Presentaciones de charqui: Cortado en pequeñas tiras y deshilachado y machacado	38
b. Presentaciones de charqui envasado a vacío: Deshilachado y cortado en cubos	38
I.10. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de charqui de alpaca mediante salazón en húmedo.	45
I.11. Salazón en húmedo de carne de alpaca.	46
I.12. Prensado de la carne de alpaca.....	47
I.13. Secado de los filetes de carne de alpaca.	48
I.14. Acondicionamiento y envasado de charqui de alpaca.	48
I.15. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de charqui de alpaca mediante salazón en seco.	51
I.16. Producción promedio mensual de charqui de alpaca (expresado en TM/mes) por distrito.	53
I.17. Chalona de ovino; arriba, canal entera; abajo, trozos obtenidos de la canal para su venta.	57
I.18. Diagrama de flujo de procesamiento de chalona.	58
I.19. Cortes a nivel de la pierna de ovino para facilitar su salado.	59
I.20. Salado en seco de canales de ovino.	59
I.21. Charqui o charque de vacuno.	60
I.22. Diagrama de flujo de procesamiento de charqui de vacuno.	63
I.23. Secado del charqui de vacuno.....	66
I.24. Machaca con cebolla y chile. ...	71
I.25. Diagrama de flujo de procesamiento de la machaca. ...	72
I.26. Biltong.	73
I.27. Diagrama de flujo de procesamiento del biltong. ...	76
I.28. Kilishi. ...	77
I.29. Diagrama de flujo de procesamiento de kilishi.	79
I.30. Kaddid	83
I.31. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de kaddid.....	84
I.32. Carne de sol.	86
I.33. Diagrama de flujo de procesamiento de la carne de sol	88
I.34. Jerked beef de Brasil.	89
I.35. Diagrama de flujo de procesamiento de jerked beef	92
I.36. Tasajo español	94
I.37. Flujo de procesamiento para la obtención de tasajo en España	96

I.38. Tasajo latinoamericano	97
I.39. Flujo de procesamiento para la obtención de tasajo en Latinoamérica....	98
I.40. Cecina de Chivo de Vegacervera; arriba, logotipo de la marca de calidad; izquierda cecina de chivo entrecallada; derecha, cecina de chivo curada.	101
I.41. Cecina de León. Arriba se pueden ver colgadas de izquierda a derecha la tapa, la babilla y la contra	102
I.42. Diagrama de flujo de procesamiento de “Cecina de León”	109
I.43. Preparación de los filetes de carne para cecina en México.....	111
I.44. Cecina mexicana.....	112
I.45. Diagrama de flujo de procesamiento de cecina mexicana	113
I.46. Bresaola	115
I.47. Diagrama de flujo de procesamiento de bresaola	118
I.48. Pastirma	123
I.49. Diagrama de flujo de procesamiento de pastirma tradicional.....	128
I.50. Sándwich de Pastrami en Estados Unidos.....	129
I.51. Jerky.....	131
I.52. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de jerky	134
I.53. Secado del jerky	134
II.1. Mapa del Perú donde se resalta el departamento de Puno.....	143
II.2. Mapa del Perú donde se resalta el departamento de Junín	143
II.3. Mapa del departamento de Puno donde se resalta la provincia de Azángaro	146
II.4. Mapa del Perú donde se resalta el departamento de Cusco.....	146
II.5. Charqui de alpaca deshilachado	147
II.6. Pierna de charqui de alpaca.....	148
II.7. Muestras de charqui deshilachado envasadas al vacío	151
II.8. Forma de envase empleado para almacenar las muestras de charqui deshilachado sin vacío	152
III.1. Canales de alpaca.....	188
III.2. Flujo de procesamiento de charqui deshilachado en Puno	206
III.3. Flujo de procesamiento de charqui con hueso en Cusco	207
III.4. Hilachas de charqui procedente de Puno.....	211
III.5. Charqui deshuesado procedente de Cusco	212
III.6. Cromatograma de las aminos biogénicos en una muestra de charqui	221

LISTA DE TABLAS

Tabla:

I.1.	Población de alpacas, llamas y vicuñas en Perú.....	5
I.2.	Producción de carne de alpacas y llamas en Perú (expresada en toneladas métricas)	7
I.3.	Producción de fibra de alpacas, llamas y vicuñas en Perú (expresada en toneladas métricas)	8
I.4.	Pesos característicos encontrados en alpacas Huacaya machos en un Centro Experimental de Puno-Perú.....	10
I.5.	Rendimientos a nivel nacional de diferentes especies ganaderas en Perú.	11
I.6.	Peso y composición de canales de alpaca y llama	11
I.7.	Determinación de la edad en alpacas y llamas en base a la dentición	13
I.8.	Composición química del músculo <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpacas y llamas.....	15
I.9.	Composición química de la pierna de alpaca, cerdo y cordero	16
I.10.	Composición de ácidos grasos en carne de llama (expresado en porcentaje sobre el total de ácidos grasos)	17
I.11.	Contenido de minerales (mg/100g) en el músculo <i>Longissimus thoracis</i> de alpacas y llamas.....	18
I.12.	Valor biológico, digestibilidad de nitrógeno, utilización neta de proteína, conversión y eficiencia de la carne de alpaca	19
I.13.	Valores de pH en diferentes cortes de alpaca.....	20
I.14.	Capacidad de retención de agua de alpacas y llamas a diferentes tiempos post-mortem.....	23
I.15.	Requisitos microbiológicos para carne de alpaca fresca y congelada	23
I.16.	Terneza (kg/cm^2) del músculo <i>Longissimus thoracis</i> de alpaca y llama después de 2 y 7 días de almacenamiento.....	27
I.17.	Proporción de los cortes obtenidos del despiece de una canal de alpaca.....	32
I.18.	Peso promedio de vísceras y apéndices de alpaca y llama (expresado en kg y porcentaje)	33
I.19.	Clasificación para canales de alpaca y llama según estándar UNECE	34
I.20.	Código UNECE para un corte de alpaca	34
I.21.	Promedio de puntajes de aceptación sensorial para charqui elaborado con diferentes cortes de alpaca.....	42
I.22.	Rendimiento de charqui de alpaca en relación al peso de la canal y región anatómica.....	52
I.23.	Composición química del charqui de vacuno	61
I.24.	Perfil de ácidos grasos del charqui de vacuno	61
I.25.	Parámetros de color del charqui de vacuno crudo y cocido	62
I.26.	Textura (N) y humedad (%) del charqui de vacuno crudo, desalado y cocido	63
I.27.	Valores de humedad, residuos de cloruro, a_w y pH durante el procesamiento y almacenamiento del charqui de vacuno.....	66
I.28.	Desarrollo de <i>S. aureus</i> durante el procesamiento de charqui de vacuno.....	67

I.29. Evolución microbiana (log ufc/g) durante el procesamiento del charqui de vacuno	67
I.30. Evolución de las características fisicoquímicas del charqui de vacuno durante su procesamiento	68
I.31. Efecto del tipo de sal en el contenido en sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (mg malonaldehído/kg) durante el almacenamiento de charqui de vacuno	69
I.32. Composición química de harina de charqui crudo y cocido.....	70
I.33. Composición de aminoácidos esenciales (mg/g de proteína) de la harina de charqui crudo y cocido en comparación con el estándar FAO	70
I.34. Características físico-químicas de la machaca	71
I.35. Componentes químicos mayoritarios del kilishi.....	78
I.36. Contenido en algunos elementos minerales del kilishi	78
I.37. Composición (%) de la mezcla de especias y condimentos, pasta de cacahuete molido y agua en la elaboración de la pasta de cobertura del kilishi.....	81
I.38. Composición química del jerked beef.....	89
I.39. Perfil de ácidos grasos del jerked beef.....	90
I.40. Parámetros de color (a) y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB) (b) del jerked beef y charque crudo (desalado) y cocido	90
I.41. Variación de la composición química (%), pH y a_w de la “Cecina de León” a lo largo de la maduración.....	104
I.42. Medida instrumental del color y textura de la “Cecina de León”	107
I.43. Composición química de la bresaola.....	116
I.44. Perfil de ácidos grasos de la bresaola elaborada a partir de vacuno (expresada en porcentaje de grasa intramuscular)	116
I.45. Composición química de biltong de alta humedad de vacuno (expresado en porcentaje)	119
III.1. Peso de la canal de y dimensiones del músculo <i>Longissimus lumborum</i> (LL) de alpaca	188
III.2. Componentes mayoritarios de la carne de alpaca, expresados en porcentaje, y contenido en mioglobina y colágeno, expresados en mg/g	190
III.3. Composición proximal del músculo <i>longissimus thoracis</i> de cordero, camello y alpaca.....	191
III.4. Contenido de aminoácidos en carne de alpaca (expresados en porcentaje respecto al total de aminoácidos)	193
III.5. Contenido de aminoácidos en carne de cordero, camello y alpaca (expresados en porcentaje respecto al total de aminoácidos).....	193
III.6. Contenidos de los elementos minerales en carne de alpaca (expresados en mg/100g).....	194
III.7. Contenidos de los elementos minerales en carne de camello, llama y alpaca (expresados en mg/100g)	195
III.8. Contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular y perirenal de alpaca, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso)	196
III.9. Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular y perirenal de alpaca, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso)	200

III.10. Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular de camello, llama y alpaca, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso)	201
III.11. Concentración de retinol y tocoferoles en el músculo <i>L. thoracis</i> de alpaca, expresadas en µg/g de músculo	202
III.12. Propiedades de interés tecnológico de la carne de alpaca	203
III.13. Datos de grosor del fileteado de piernas de alpaca y días de salado y secado obtenidos en las encuestas realizadas a productores de charqui de Puno y Cusco.....	208
III.14. Peso y dimensiones promedio de la hilacha del charqui de alpaca de Puno	211
III.15. Peso y grosor promedio de las piezas de charqui de pierna de alpaca procedente de Cusco.....	212
III.16. Componentes mayoritarios del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco, expresados en porcentaje sobre base húmeda.	212
III.17. Componentes mayoritarios del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco, expresados en porcentaje sobre base seca.....	213
III.18. Contenido de nitrógeno no proteico (NNP) y nitrógeno de la hidroxiprolina (NHpro) y colágeno del charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco	216
III.19. Contenido de aminos biógenas del charqui de alpaca de Puno y de Cusco (expresado en mg/kg).	219
III.20. Contenido de aminos biógenas del charqui de alpaca de Puno y de Cusco (expresado en mg/kg de extracto seco)	220
III.21. Contenido de aminos biógenas del charqui de alpaca de Puno y de Cusco (expresado en mg/kg de extracto seco)	220
III.22. Contenido de minerales (expresado en mg/100 g) y NaCl (expresado en porcentaje) en charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco	223
III.23. Contenido de minerales en charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco (expresado en mg/100 g de extracto seco)	223
III.24. Contenido de minerales en charqui de alpaca rehidratado procedente de Puno y Cusco (expresado en mg/100 g)	226
III.25. Contenido de minerales en charqui rehidratado de alpaca procedente de Puno y Cusco (expresados en mg/100 g de extracto seco)	227
III.26. Cantidad de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB) Y cantidad total de ácidos grasos libres (AGL) del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco	228
III.27. Porcentajes de los ácidos grasos libres (% en peso sobre el total de ácidos grasos libres) del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco	231
III.28. Recuentos microbiológicos (Log ₁₀ ufc/g) del charqui procedente de Puno y Cusco	232
III.29. Propiedades tecnológicas del charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco	234
III.30. Propiedades tecnológicas del charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco posteriores a la rehidratación	237

III.31. Efecto del tiempo de almacenamiento y del tipo de envasado sobre los parámetros tecnológicos del charqui deshilachado procedente de Puno después de su rehidratación	242
III.32. Efecto del tiempo de almacenamiento y del tipo de envasado en los parámetros de color de charqui crudo y rehidratado procedente de Puno	244
III.33. Efecto del tipo de envasado y del tiempo de almacenamiento en SRATB del charqui procedente de Puno (expresado en mg malonaldehído/kg)	246

I. INTRODUCCION

I.1. PARTE UNO: CARNE DE ALPACA

I.1.1. Aspectos generales de la producción de alpacas en Perú

I.1.1.1. Condiciones de crianza

La alpaca (*Vicugna pacos*) es uno de los camélidos sudamericanos domésticos, cuyo hábitat natural se localiza en la zona altoandina de Bolivia, Perú, Argentina y Chile. Las alpacas son criadas para aprovechar, principalmente, su fibra y su carne. El sistema de producción tradicional de estos animales es extensivo y poco especializado, siendo este sistema el más conocido y el que comúnmente se lleva a cabo por las comunidades campesinas (Aréstegui, 2005). Las alpacas se crían a base de pastos en zonas por encima de los 3800 m sobre el nivel del mar, caracterizándose por sus condiciones geográficas difíciles, clima variable, dispersión de las viviendas, carencia de vías de comunicación y servicios, en los cuales las alpacas se alimentan con la vegetación característica (pastizales nativos de condición pobre) presente en dichas zonas (Neely *et al.*, 2001). En algunas regiones, el manejo inadecuado de pastizales y el sobrepastoreo están generando un proceso de degradación de los mismos, lo que se traduce en bajos índices de producción y productividad (Ruiz *et al.*, 2004).

La alpaca es un animal de cuerpo esbelto que presenta almohadillas plantares, característica que le otorga la condición de animal ecológico al no dañar el pasto ni provocar erosión. La alpaca como especie doméstica es criada en rebaños; su producción principal es la fibra que presenta un número variado de colores, pasando del blanco al café, hasta el negro. El color de la fibra es más uniforme que el de la llama. También se aprovecha su carne y las pieles. En promedio, los índices técnicos de la crianza de alpacas en Perú son: 45% de natalidad, 30% de mortalidad en crías, 10% de mortalidad en adultos, 12% de saca (% de hembras con destino al matadero en lugar de destinarse a

la reproducción), 50 -70 kg de peso adulto, 54% de rendimiento de canal y 1,6% de peso de vellón (Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos de Perú [CONACS], 2005).

Se estima que al menos un millón y medio de personas (hombres, mujeres y niños), agrupadas en 120.000 familias se dedican a la crianza de camélidos sudamericanos domésticos, en las regiones altoandinas del Perú. En zonas superiores a los 4000 m sobre el nivel del mar la producción agrícola es mínima constituyéndose la actividad pecuaria como la principal, desarrollándose la crianza de alpacas Huacaya y llamas (Gómez y Gómez, 2005). De acuerdo a las posibilidades económicas, el grado de organización, la posibilidad o no de acceso a los diversos pisos ecológicos de esas regiones y a las formas de propiedad de la tierra, podemos encontrar comunidades campesinas, asociaciones empresariales y productores individuales que se dedican a la crianza de camélidos, siendo en su mayoría pequeños y medianos productores (hasta 50 a 100 cabezas de ganado). Con respecto a las comunidades campesinas, los grupos familiares alpaqueros suelen ser bilingües, de habla quechua y español, constituyéndose en grupos sociales pastorales ubicados en zonas altas, con cultura y valores propios, para los cuales los camélidos domésticos están incorporados dentro de su cosmovisión andina con orígenes precolombinos (Bustinza *et al.*, 1993). Una característica del pastoreo altoandino es la transhumancia, lo que determina que los productores mantengan un patrón de residencia, donde se incluye una vivienda principal y varias viviendas estacionales (cabañas), movilizándose durante el año.

Los ingresos *per capita* en las zonas rurales productoras de alpacas son los menores del país, variando entre 700 a 1.500 dólares americanos anuales. Los ingresos de los productores proceden principalmente de la venta de fibra (55%) y de la venta del animal para carne (45%), proporciones que pueden variar principalmente en función de los precios de los productos. En la sociedad ganadera altoandina, es importante el papel de la mujer en la producción pecuaria, puesto que ella es la que principalmente se dedica al pastoreo de los

animales y a la vigilancia de los mismos. El hombre apoya en las actividades de esquila, parición y empadre, compartiendo las labores de pastoreo, y se encarga de realizar las transacciones para el intercambio de mercaderías (Gómez y Gómez, 2005). La historia reciente de la alpaca y de sus pastores está asociada al fracaso de intervenciones y políticas económicas y sociales, elaboradas sin mayor conocimiento de la realidad y desde los niveles centrales del Estado y sin la participación de los actores directamente involucrados. Es por esto que actualmente la pobreza sigue siendo el rasgo más característico de los miles de productores alpaqueros de los altos Andes (CONACS, 2005).

Mogrovejo (1982) señala que los rebaños de las familias alpaqueras son mixtos; principalmente formados por alpacas, llamas, vacunos y ovinos, en proporciones medias del 60, 35, 3 y 2%, respectivamente.

En relación a las alpacas, se pueden encontrar animales de dos razas, la Huacaya (Fig. 1.1) y la Suri (Fig. 1.2), que como se puede apreciar se diferencian claramente por sus características fenotípicas. Aunque, pese a la diferencia de aspecto, no hay diferencias marcadas en el peso de las crías al nacer (7,5 a 8,0 kg) ni en el peso vivo adulto (promedio de 65 kg en hembras y 70 kg en machos) entre individuos de las dos razas (Fernández-Baca, 2005).

La alpaca Suri presenta fibras de gran longitud que se organizan en rizos que caen por los costados del cuerpo, similar a lo que se observa en los ovinos de raza Lincoln; esto le da al animal una apariencia angulosa. En cambio la alpaca Huacaya presenta un vellón de apariencia esponjosa, con fibras de menor longitud, similar al vellón del ovino de raza Corriedale, lo que le da una apariencia más voluminosa al animal. Se le da mayor valor económico a la fibra de las alpacas de raza Suri que a la de la raza Huacaya.



Fig. I.1. Alpaca raza Huacaya.



Fig. I.2. Alpaca raza Suri.

Aproximadamente, el 90% de las alpacas de los rebaños peruanos pertenece a la raza Huacaya y el 10% es de raza Suri. El hábitat de las alpacas Suri es limitado, localizándose sólo entre los 4000 y 4400 m sobre el nivel del mar. En contraste, el hábitat de la alpaca Huacaya alcanza altitudes superiores a los 4400 m sobre el nivel del mar. La alpaca Suri es considerada como “alpaca de zonas bajas”, mostrando problemas de adaptación a los pisos ecológicos altos, donde su crianza sería, de no ser por su deficiente adaptabilidad a la altitud, más factible por la oportunidad de forraje (pastos naturales) y por la poca competencia por las tierras con otras actividades agrícolas y ganaderas.

I.1.1.2. Población de alpacas

Existen 4 especies de camélidos sudamericanos, dos de ellas domésticas: la alpaca y la llama, y dos silvestres: la vicuña y el guanaco. En la Tabla I.1 se puede apreciar la población de los camélidos sudamericanos más importantes en Perú, destacando una mayor población de alpacas (aproximadamente 3 millones 600 mil) y llamas (aproximadamente 1 millón 250 mil); sin embargo, la población de vicuñas alcanza apenas los 188 mil ejemplares. Asimismo, se puede observar que no se reporta la población de guanacos, porque en Perú, dicha especie, se encuentra en peligro de extinción, existiendo menos de 5000 ejemplares.

Tabla I.1. Población de alpacas, llamas y vicuñas en Perú.

Año	Población (miles de cabezas)		
	Alpacas	Llamas	Vicuñas
1994	2721	1053	67
1995	2755	1074	80
1996	2663	1123	90
1997	2780	1139	103
1998	2843	1147	110
1999	3040	1167	119
2000	3068	1184	119
2001	3182	1179	128
2002	3336	1206	138
2003	3433	1232	150
2004	3420	1230	161
2005	3598	1269	174
2006	3597	1249	188

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (2007).

La mayor población de alpacas en Perú se concentra en el departamento de Puno, con alrededor de 2 millones de cabezas (55%), seguido por Cusco con 438 mil cabezas (12%) y Arequipa con 358 mil cabezas (10%). Otros departamentos con menor producción son Huancavelica (224 mil cabezas), Apurímac (187 mil cabezas), Ayacucho (156 mil cabezas) y Moquegua (83 mil cabezas), que sólo logran alcanzar alrededor del 6%, 5%, 4% y 2% del total nacional, respectivamente (Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú, 2007).

En cuanto a la población mundial de alpacas, se estima que en total hay alrededor de 4 millones de cabezas, de las cuales el Perú posee aproximadamente un 90%, por lo que la alpaca es considerada como un recurso nacional importante y cuya población ha presentado una tendencia creciente a lo largo de los años. Actualmente, además de la zona andina, también se encuentra una cierta población de alpacas en Norteamérica, Australia y en Suiza, debido a su exportación y cierto interés en su crianza.

1.1.1.3. Producción de carne y fibra de alpaca

En el Perú, el número de alpacas que se sacrifican anualmente está alrededor al medio millón. En la Tabla I.2 se puede apreciar la producción de carne de alpaca y llama en Perú, destacando una tendencia creciente en la producción de carne de alpaca, que alcanza alrededor de 9000 toneladas métricas en el año 2006. La producción de carne de llama, aunque ha mostrado también una tendencia creciente, no llega a ser ni la mitad de la producción de carne de alpaca (aproximadamente 4 000 toneladas métricas).

El sacrificio de la alpaca presenta cierta estacionalidad y se realiza especialmente durante los meses de abril y mayo, cuando se inicia el período seco en la zona alta. Debido a la escasez de alimentos, los animales viejos machos y hembras y defectuosos, son destinados a este fin para compensar al resto del rebaño que está compuesto en su mayoría por hembras o vientres que acaban de salir del período de monta (Borda *et al.*, 2007). La mayoría de animales que se sacrifican se encuentran entre 7 y 8 años para favorecer el aprovechamiento de su fibra (Hack, 2001). En los sistemas tradicionales, la venta en vivo de alpacas aunque representa un porcentaje importante de ingresos para los productores, normalmente es inferior al 50% de los ingresos por producción de alpacas – como se dijo anteriormente el principal porcentaje de ingresos de debe a la venta de fibra. Lo que tal vez sea más relevante para la subsistencia y bienestar de las familias rurales andinas es que la carne de

alpaca es una importante fuente de proteína en la dieta de las familias (Farfield, 2006).

Últimamente, debido la mayor cantidad de dinero que se obtiene por la venta de carne de alpacas entre 1,5 y 2 años de edad, con respecto a los obtenidos por la venta de animales mayores – justificado en una mayor calidad de la carne de los animales jóvenes; por parte del sector productivo y de diversas organizaciones, se muestra un interés creciente en promover la venta de alpaca joven para carne y fomentar el consumo de su carne, fresca o transformada (en preparados o productos cárnicos).

Tabla I.2. Producción de carne de alpacas y llamas en Perú (expresada en toneladas métricas).

Año	Producción (Toneladas)	
	Alpacas	Llamas
1994	7279	3970
1995	7100	3100
1996	7000	3000
1997	7600	2600
1998	7859	2833
1999	7750	2964
2000	7797	3186
2001	7713	3232
2002	8277	3463
2003	8204	3452
2004	9358	3842
2005	8867	3773
2006	8972	3878

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (2007).

En la Tabla I.3 se puede apreciar la producción de fibra de alpaca, llama y vicuña en Perú, destacando la producción de fibra de alpaca, que alcanzó 3500 toneladas métricas en el año 2006. La producción de fibra de llama solo alcanzó las 621 toneladas y la de vicuña apenas fue de 5 toneladas en el 2006.

**Tabla I.3. Producción de fibra de alpacas, llamas y vicuñas en Perú
(expresada en toneladas métricas).**

Año	Fibra (toneladas)		
	Alpacas	Llamas	Vicuñas
1995	2755	375	2
1996	3365	563	1
1997	3337	623	2
1998	3450	707	2
1999	3272	719	3
2000	3317	742	3
2001	3399	760	4
2002	3165	628	-
2003	3103	634	-
2004	3248	622	-
2005	3597	604	-
2006	3504	621	5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (2007).

El productor alpaquero es tradicionalmente consciente de que su actividad debe de ser de aprovechamiento integral, pues así se incrementan los beneficios, manteniéndose las características ancestrales de uso sostenible de los recursos y el medio ambiente. De esta manera, el aprovechamiento de la fibra de alpaca constituye en muchos casos el principal porcentaje de ingresos. Mientras que la fibra de alpaca es recogida anualmente, mediante esquila de aproximadamente el 60% del rebaño, la carne se obtiene del sacrificio de aproximadamente el 10% de animales (Borda *et al.*, 2007). Así pues, en el Perú la crianza de las alpacas ha estado, y en muchos casos sigue, orientada principalmente a la producción de fibra, pero la caída del precio de este producto en el mercado nacional e internacional durante los años 1991-1994, causaron una significativa disminución de la rentabilidad de esta actividad ganadera, planteándose como una alternativa para la solución a este problema, mejorar la producción de carne de alpaca (Gamarra, 1994).

El Perú contribuye con más del 85% de la producción mundial de fibra de alpaca y, por ello, se ha convertido en un producto emblemático del país, sin embargo, este volumen significa menos del 1% de las fibras naturales de origen animal que se producen en el mundo, que incluyen los ovinos, *mohair*,

cashmere, angora y otros. Las posibilidades de la fibra de alpaca – con un volumen bastante pequeño en comparación a otras fibras – se reducen por su dispersión en varias calidades y colores, a lo que se suma la pobre difusión y conocimiento que se tiene de la misma a nivel internacional (Torres, 2007).

I.1.2. Calidad de la canal de alpaca

I.1.2.1. Definición y características de calidad de la canal

La calidad de la canal ha sido definida como “el conjunto de características cuya importancia relativa confiere a la canal una máxima aceptación en el mercado”. Se ha de tener en cuenta que la canal es un producto alimentario situado en una posición intermedia entre la producción animal, la comercialización y transformación de la carne fresca. Por lo tanto la calidad de la canal vendrá definida desde diversas perspectivas.

El peso de las canales de alpaca es uno de los criterios importantes para valorar su calidad. Esta variable está relacionada con el peso vivo y con el rendimiento de la canal, entendido como el porcentaje que representa la canal sobre el peso del animal antes del sacrificio. El peso vivo del animal viene dado por el sistema productivo aplicado en la crianza (alimentación, edad al sacrificio, etc.). El rendimiento presenta importancia económica y técnica tanto para el matadero, como para la comercialización de los animales y sus canales.

De acuerdo a diversos estudios, el rango de rendimiento de la canal de alpaca está entre 43 y 63%. En la Tabla I.4, se puede apreciar que una alpaca con una edad promedio de 2,5 años puede llegar a pesar aproximadamente hasta 85 kg si es alimentada con pastos cultivados, y que la misma produce en promedio 54 kg de canal, teniendo un rendimiento en canal de 63,5%. Sin embargo, el rendimiento de canal promedio a nivel nacional en el Perú es de 55% (Fernández-Baca, 2005), lo que indica que falta mejorar los sistemas de engorde y técnicas de faenado. Similares porcentajes de rendimiento de canal

(54%) fueron hallados por Téllez (1992) trabajando con hembras y machos adultos de deshecho y canales con 24 horas de oreo. Asimismo, Soto (1989) encontró un rendimiento entre 43 y 60%, con un promedio cercano al 56% en alpacas criadas en praderas naturales y engordadas intensivamente durante 8 semanas en la costa central del Perú.

Tabla I.4. Pesos característicos encontrados en alpacas Huacaya machos en un Centro Experimental de Puno-Perú.

	Crianza en pastos:	Edad		
		1,5 años	2,5 años	3,5 años
Animal vivo (kg)	Cultivados	65,3	84,9	94,1
	Nativos	45,2	55,6	61,8
Canal (kg)	Cultivados	39,9	54	60,9
	Nativos	25,6	30,9	35,2
Rendimiento (%)	Cultivados	61,2	63,6	64,7
	Nativos	56,7	55,6	57

Fuente: Bustinza *et al.* (1993).

Factores como la edad y el peso corporal parecen influir sobre el rendimiento de canal, aunque la información al respecto es escasa (Téllez, 1992). Así, respecto la edad, en el estudio de Ávila y Rojas (1979) se encontró que el rendimiento tuvo cifras menores a los 2 y 6 años (56,2%) y cifras más altas a las edades de 3 y 4 años (59,5%). También se ha visto que el rendimiento se ve afectado por la alimentación. Turín (1999) observó que las alpacas alimentadas con pastos cultivados presentan un rendimiento de canal de 56,4 %, mientras que las alpacas alimentadas con pastos naturales sólo un 52,9 %. En cuanto a la raza (Huacaya y Suri), en el estudio de Calderón y Fernández Baca (1972) no se han encontrado diferencias en el rendimiento.

Comparado con datos obtenidos de otros animales, el rendimiento de la canal de alpaca en Perú es mayor que la de otros pequeños rumiantes, siendo similar a la de los bovinos e inferior al de la llamas, tal y como se puede apreciar en la Tabla I.5. En relación a la comparación de llamas y alpacas, Cristofanelli *et al.* (2005), estudiaron 20 llamas y 40 alpacas machos de la estación experimental de Arequipa (Perú), criados extensivamente y

sacrificados a los 25 meses de edad, encontrando que el peso vivo y el porcentaje de la pierna con respecto al peso de la canal fueron significativamente menores para las alpacas que para las llamas (Tabla I.6). Luego de dicho estudio, los investigadores concluyeron que la llama tiene el mayor potencial intrínseco como fuente de carne en la zona altoandina, debido a su mayor tamaño, mayor proporción de la pierna en la canal y mayor rendimiento.

Tabla I.5. Rendimientos a nivel nacional de diferentes especies ganaderas en Perú.

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

Fuente: Téllez (1992).

Tabla I.6. Peso y composición de canales de alpaca y llama.

	Alpaca (n=40) Promedio ± SD	Llama (n=20) Promedio ± SD
Peso vivo (kg)	46,1 ± 2,2	63,2 ± 2,9
Peso de Canal (kg)	24,4 ± 1,5	31,2 ± 1,9
Pierna (%)	34,4 ± 1,1	35,7 ± 1,7
Hombros (%)	23,7±1,3	20,2± 1,8
Tórax (%)	17,7±1,6	18,5± 2,1
Recortes (%)	16,8±2,2	17,6± 2,9
Cuello (%)	6,8±0,1	7,7± 1,1
Cola (%)	0,25±0,0	0,46± 0,0

Fuente: Cristofanelli *et al.* (2005).

Aparte del peso, en los estudios científicos sobre calidad de las canales se miden o determinan (objetiva o subjetivamente) otras características relacionadas con su calidad. Estas medidas incluyen parámetros morfométricos, grado de engrasamiento, pH, color de carne y grasa, etc. Son escasos los

estudios realizados sobre la calidad de las canales de alpaca. Cristofanelli *et al.* (2005) midieron algunos parámetros morfométricos de la canal de alpacas de 25 meses de edad y 24 kg de peso de canal, tales como longitud de canal, longitud de pierna y longitud de la espalada, encontrando valores de $71,15 \pm 1,87$ cm, $66,93 \pm 3,05$ cm y $60,45 \pm 1,55$ cm, respectivamente. Turín (1999) determinó la conformación y el grado de engrasamiento de canales de alpaca por medio de la evaluación subjetiva de las formas de la canal y de la extensión y grosor de la grasa subcutánea, utilizando escalas de 1 (muy deficiente) a 5 (muy bueno) para ambos parámetros. En este estudio se observó que tanto la conformación como el grado de engrasamiento estuvieron influenciados por la alimentación y la edad de los animales. Respecto a la edad, los animales sacrificados a los 21 meses presentaron canales con mejor conformación y grado de engrasamiento (entre 0,5 a 1 punto más) que los sacrificados a los 9 meses de edad. En relación a la alimentación, en animales de 21 meses, un pastoreo tradicional, con pastos naturales de las regiones normales de cría (regiones altoandinas), implica unos valores de conformación promedios entre regular y bueno y un grado de engrasamiento regular. Por el contrario, la cría de alpacas en pastos cultivados en terrenos favorables, hizo que predominaran las canales con conformación y grado de engrasamiento muy buenos (Fig. I.3).

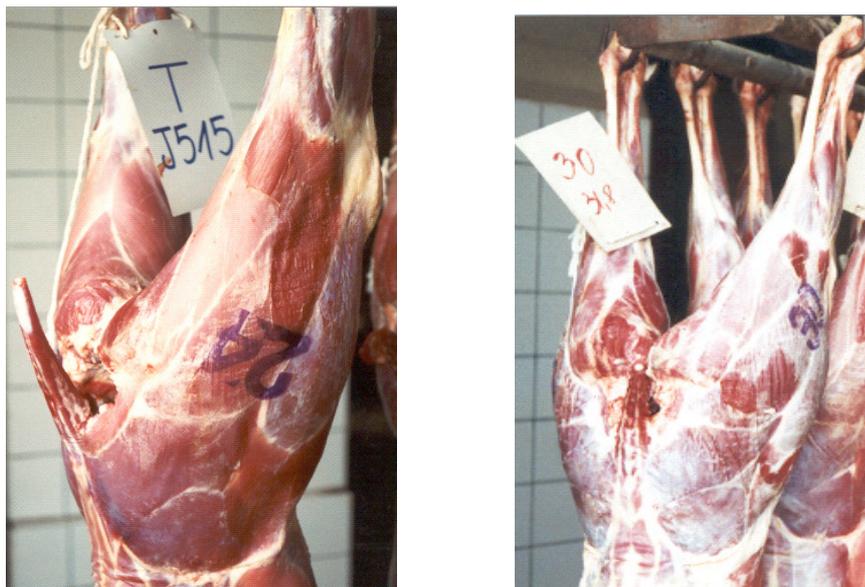


Fig. I.3. Canales de alpaca criados con pastos naturales (izquierda) y cultivados (derecha).

I.1.2.2. Clasificación oficial de canales de llama y alpaca en Perú

En la Norma Técnica Peruana 201.043 (Instituto nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual [INDECOPI], 2005), se recogen los factores de calidad utilizados para la clasificación de canales de camélidos sudamericanos domésticos (llama y alpaca) según se describe a continuación:

- Edad: se determina en base a la dentición y está relacionada con la terneza. En la Tabla I.7, se puede apreciar las clases de edad en alpacas y llamas en base a su dentición.

Tabla I.7. Determinación de la edad en alpacas y llamas en base a la dentición.

Dentición	Edad aproximada
Dientes de leche (DL)	Hasta 2 años
Dos dientes permanentes (2D)	2,5 – 3,5 años
Cuatro dientes permanentes (4D)	3,5 – 4,5 años
Boca llena (BLL)	Mayores de 4,5 años

Fuente: INDECOPI (2005).

- Sexo: machos enteros y/o castrados y hembras (que se retiran del rebaño por no ser aptas para la reproducción o al final de su vida productiva como reproductoras).
- Sanidad: sólo se clasificarán las canales que luego de la inspección veterinaria hayan sido admitidas para consumo humano en forma directa o indirecta y estén debidamente identificadas.

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

- Extra: Canales de machos enteros o castrados hasta dos dientes permanentes, de buena conformación (buen desarrollo y distribución muscular), buena configuración ósea, buena distribución del tejido adiposo de color blanco cremoso.

- Primera: Canales de machos castrados y de hembras no aptas para la reproducción con hasta cuatro dientes permanentes, con adecuada proporción ósea y desarrollo convexo de músculos en especial los de mayor valor comercial, buena distribución de grasa de manto de color blanco cremoso.

- Segunda: Canales de machos (castrados o no) y hembras (de saca) de regular desarrollo óseo y muscular; con incipiente grasa de cobertura.

- Procesamiento o industrial: Canales de alpacas y llamas, que no alcanzan las clasificaciones anteriores, considerándolas no aptas para el consumo humano directo, por lo que para su comercialización, deberán ser transformadas en carnes secas-saladas, ahumadas, cocinadas a temperaturas mayores a 60° C, embutidos y/o afines, previo análisis microbiológico.

I.1.3. Calidad de la carne de alpaca

La calidad es un concepto complejo ya que existen diferentes ideas sobre la importancia y contenido del término. En el caso de la carne, en un sentido clásico, se ha definido como: “La totalidad de propiedades y características de la misma que afectan su valor nutritivo, su aceptabilidad (propiedades sensoriales), sus características higiénico-sanitarias y las aptitudes para el procesado industrial o preparación culinaria” (Hoffman, 1993). Estas vertientes de la calidad vienen dadas por diversos factores: genéticos, fisiológicos, de manejo, los relacionados con el transporte y sacrificio de los animales, así como las condiciones de transformación de músculo en carne y almacenamiento. Además de la definición clásica, cada vez se da más

importancia a la calidad de tipo afectiva o emocional que comprende aspectos como el bienestar animal, la ecología en la producción, el nivel de estatus asociado al consumo, etc.

1.1.3.1. Composición química y valor nutritivo de la carne de alpaca

El conocimiento de la composición química de la carne de alpaca es importante para el entendimiento de su valor nutritivo, así como también para interpretar su calidad sensorial y aptitud para el tratamiento industrial.

En la bibliografía internacional solo se ha encontrado un estudio sobre los componentes mayoritarios de la carne de alpaca (en músculo *L. dorsi*) realizado por Cristofanelli *et al.* (2004) con animales de 25 meses criados de forma tradicional en Perú, en el que también se estudia la carne de llamas criadas en forma similar a las alpacas (Tabla I.8). En dicho estudio se manifiesta que la carne de alpaca es baja en grasa y presenta un contenido de proteínas elevado con respecto a carne de rumiantes más convencionales y de cerdo. Además estos autores han observado una composición similar entre carne de alpaca y llama, a excepción de las cenizas que son mayores para el caso de la alpaca. Adicionalmente, en la Tabla I.9, se puede observar la composición química de la carne proveniente de la pierna (sin considerar la grasa subcutánea) de alpaca, cerdo y cordero, donde resalta el bajo contenido graso de la carne de alpaca y mayor contenido de proteínas, con respecto a la carne de las otras especies.

Tabla I.8. Composición química del músculo *Longissimus thoracis y lumborum* de alpacas y llamas.

	Alpaca (n=40) Promedio \pm SD	Llama (n=20) Promedio \pm SD
Humedad (%)	73,64 \pm 1,66 ^a	73,94 \pm 1,87 ^a
Grasa (%)	0,49 \pm 0,01 ^a	0,51 \pm 0,01 ^a
Proteína (%)	23,33 \pm 0,69 ^a	23,12 \pm 0,88 ^a
Cenizas (%)	2,54 \pm 0,20 ^a	2,43 \pm 0,25 ^b

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

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

Tabla I.9. Composición química de la pierna de alpaca, cerdo y cordero.

	Alpaca*	Cerdo*	Cordero*
Humedad	73,1	71,7	75,2
Proteína	24	19,4	20,3
Grasa	1,8	7,4	3,1
Ceniza	1	1,1	1
Carbohidratos**	0,1	0,3	0,4

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

Fuente: Salvá (2000), Zorogastúa (2004).

En el estudio de Cristofanelli *et al.* (2004), anteriormente mencionado, también se determinó el contenido en colesterol de la carne (*L. dorsi*) de las alpacas y las llamas, obteniendo valores de 51 mg/100 g para las alpacas y de 56 mg/100 g para las llamas. Coates y Ayerza (2004), también estudiaron en llamas argentinas el contenido de colesterol en el músculo *L. dorsi* y grasa renal, encontrando valores en torno a 52 mg/100g en el músculo y 93 mg/100g en la grasa renal, estableciendo así la diferencia en el contenido de colesterol entre ambos tejidos (graso y muscular), lo que podría ser extrapolable a la alpaca. Los valores de colesterol de la carne de alpaca y llama (músculo *L. dorsi*) son al menos 10-30 mg/100g inferiores que los valores encontrados en la carne (músculo *L. dorsi*) de vacuno u ovino (Badiani *et al.*, 1998; USDA, 2008;) y porcino (USDA, 2008); sin embargo, tiene valores similares a los encontrados en pechuga de pollo y pavo sin piel (Chizzolini *et al.*, 1999; USDA, 2008).

En cuanto al perfil de ácidos grasos de la carne de alpaca, no se han encontrado en la bibliografía trabajos previos al respecto; sin embargo, se tienen referencias de estudios en carne de llama – animal que presenta similitudes con la alpaca en cuanto a que también es un camélido sudamericano y que se cría extensivamente compartiendo lugares de pastoreo con las alpacas – realizados por Coates y Ayerza (2004) y Polidori *et al.* (2007b). Estos autores determinaron el perfil de ácidos grasos en el músculo *Longissimus thoracis y lumborum* de llamas argentinas (5-8 años de edad) y peruanas (2 años) y encontraron un porcentaje de ácidos grasos saturados sobre ácidos grasos totales entre 46 y 50%, de ácidos grasos monoinsaturados

entre 38 y 42% y de poliinsaturados entre 4,5-7,2%. De acuerdo a esos autores, en términos generales, la composición de ácidos grasos de la carne de llama puede ser comparada con datos obtenidos en experimentos previos sobre vacuno y cordero (Chan, 2004), aunque la carne de llama presentó mayores cantidades de ácidos grasos poliinsaturados que los hallados en la carne de dichos rumiantes (4,3 – 5,0 % del total de ácidos grasos).

En la Tabla I.10, se puede observar que los ácidos grasos mayoritarios de la carne de llama fueron el ácido oleico (C18:1 *cis*), seguido del palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0). También es importante mencionar que, debido a que el sistema de explotación de las llamas se basa en el pastoreo, su carne tiene un contenido importante de ácido linolénico C18:3 *n*-3 (en torno al 1%), comparado con los valores promedios encontrados en carne de vacuno y ovino, aunque similar al hallado en vacunos jóvenes que pastan (Enser *et al.*, 1998).

Tabla I.10. Composición de ácidos grasos en carne de llama (expresado en porcentaje sobre el total de ácidos grasos).

Acido Graso	Promedio ± SD
C14:0	4,09 ± 0,74
C16:0	24,78 ± 2,01
C16:1	5,40 ± 0,82
C16:4	1,45 ± 0,26
C18:0	21,47 ± 2,02
C18:1	35,75 ± 4,11
C18:2	3,13 ± 0,86
C18:3	0,82 ± 0,17
C20:1	1,33 ± 0,71
C20:4	1,78 ± 0,29
Saturados	50,34
Monoinsaturados	42,48
Poliinsaturados	7,18

Fuente: Polidori *et al.* (2007b).

El contenido en minerales de la carne de alpaca (en el músculo *L. thoracis*) ha sido determinado por Polidori *et al.* (2007a). Estos autores analizaron la carne de 20 llamas y 30 alpacas machos criadas en Perú y sacrificadas a los 25 meses de edad (Tabla I.11). A partir de los resultados se

concluye que los contenidos minerales de la carne de alpaca y llama son comparables al de otras carnes.

Tabla I.11. Contenido de minerales (mg/100g) en el músculo *Longissimus thoracis* de alpacas y llamas.

Mineral	Alpaca (n=30)	Llama (n=20)
Calcio	8,79 ± 2,21 ^b	11,60 ± 3,31 ^a
Magnesio	23,10 ± 5,43 ^a	28,40 ± 7,11 ^a
Potasio	411,70 ± 80,10 ^b	447,10 ± 69,50 ^a
Fósforo	338,10 ± 58,90 ^b	379,40 ± 67,70 ^a
Sodio	91,80 ± 22,70 ^b	105,60 ± 33,10 ^a
Zinc	3,87 ± 0,93 ^a	4,44 ± 0,81 ^a
Fierro	3,03 ± 0,89 ^a	3,26 ± 0,71 ^a

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias significativas

Fuente: Polidori *et al.* (2007a).

El contenido aminoacídico de la carne de alpaca no ha sido encontrado en las referencias bibliográficas revisadas. No obstante, Bustinza *et al.* (1993) estudiaron la calidad nutritiva de la proteína de la carne de alpaca en experimentos con animales de laboratorio, determinando el índice de digestibilidad (D), el valor biológico (VB), la utilización neta de proteína (UNP) y la conversión y eficiencia alimenticia. Las muestras de carne consistieron en una mezcla por partes iguales de carne de cuello, brazuelo, costillar, lomo y pierna de seis alpacas Huacaya procedentes del departamento de Puno (Perú). En la Tabla I.12, se observan los resultados obtenidos en esos ensayos, realizados sobre carne de alpaca cruda y carne hervida en agua a 100 °C durante 45 minutos. Comparando dichos resultados con los obtenidos en carne de vacuno (Organización para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 1981), estos autores afirman que en términos generales, la carne de alpaca tiene aproximadamente un 10% más de valor biológico, menos de un 10% de digestibilidad y un UNP similar. Finalmente, en cuanto al contenido de vitaminas no se han reportado estudios en carne de alpaca.

Tabla I.12. Valor biológico, digestibilidad de nitrógeno, utilización neta de proteína, conversión y eficiencia de la carne de alpaca.

	Carne de alpaca	
	Cruda	Cocida
Valor biológico (%)	84,23	85,9
Digestibilidad (%)	86,5	88,97
Utilización neta de proteína (%)	63	68,55
Conversión (g)	2,31	1,98
Eficiencia (g)	0,43	0,51

Fuente: Bustinza *et al.* (1993).

I.1.3.2. 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.

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. Cuando el animal se somete a estrés prolongado y consume prácticamente sus reservas de glucógeno, no hay glicólisis anaerobia *post-mortem*, por lo que las carnes obtenidas presentan la condición conocida como DFD (*Dry, Firm, Dark*); el destino preferido para estas carnes es la elaboración de ciertos productos cárnicos tratados por el calor. Por el contrario, cuando las reservas de glucógeno son muy grandes en el momento del sacrificio y el animal sufre un estrés agudo, el pH baja más rápidamente de lo normal, quedando la carne con la condición PSE (*Pale, Soft, Exudative*). La alpaca parece ser poco susceptible a la pérdida de calidad de la carne debida al estrés y no suele presentar estos defectos. Así, 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 h *post-mortem*, observando en todos los casos un proceso glicolítico normal, alcanzándose finalmente valores de pH en torno a 5,5. Respecto a la región anatómica, el pH puede variar, como se puede apreciar en la Tabla I.13, donde se observa que el lomo fue la carne con menor valor de pH.

Tabla I.13. Valores de pH en diferentes cortes de alpaca.

Corte	pH
Pierna	6,18
Brazuelo	5,85
Lomo	5,57

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

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.

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

- pH: A pH 5 la mayoría de las proteínas cárnicas se encuentran en su punto isoeléctrico (PI), en el cual las moléculas proteicas no atraen a las moléculas de agua y tampoco hay repulsión entre ellas. Por encima del punto isoeléctrico, aumentan la carga neta y la atracción entre la proteína y el agua y hay repulsión entre las moléculas de proteína con cargas del mismo signo, aumentando el tamaño del espacio entre las miofibrillas (Fig. I.4).

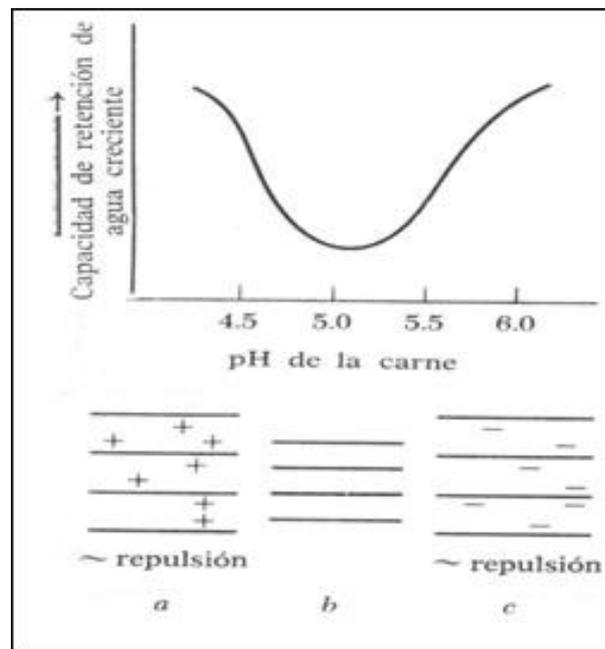


Fig. I.4. Efecto del pH sobre la capacidad de retención de agua.

- Adición de sales (cloruro de sodio y fosfatos): Si al añadir cloruro de sodio la carne se encuentra a pH mayor que 5, la CRA se incrementa, pero si el pH es menor que 5, la CRA sufre decremento (Fig. I.5). 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.

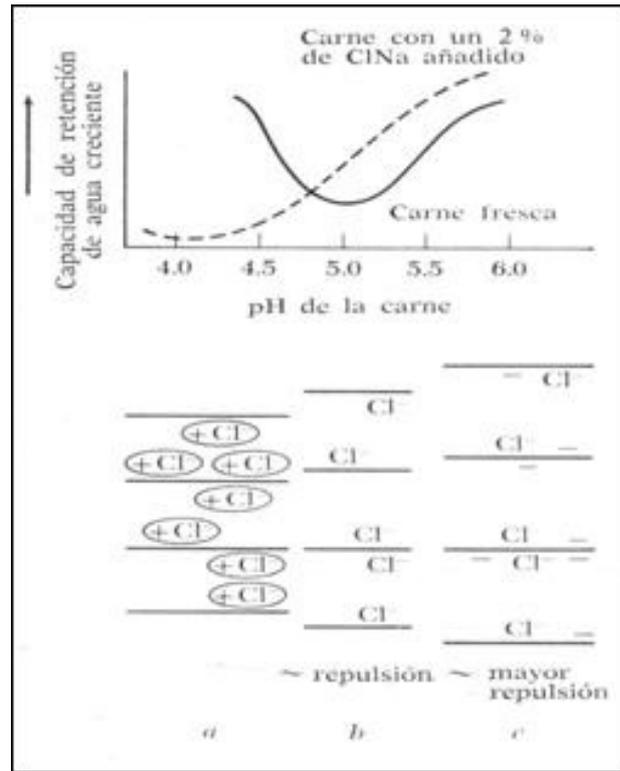


Fig. I.5. Efecto de la adición de sal sobre la capacidad de retención de agua.

- 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 la Tabla I.14, 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.

Tabla I.14. Capacidad de retención de agua de alpacas y llamas a diferentes tiempos post-mortem.

Tiempo post mortem (h)	Alpaca (n=40)	Llama (n=20)
1	49,09 ± 2,08	50,53 ± 2,14
6	49,18 ± 2,01	48,61 ± 2,11
12	49,30 ± 2,51	49,78 ± 3,08
24	51,17 ± 3,01	50,68 ± 2,74
48	52,80 ± 2,77	49,06 ± 2,61
72	53,76 ± 4,11	49,78 ± 2,23

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

I.1.3.3. Calidad higiénica de la carne de alpaca

La Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI, 2005) señala que la carne de alpaca debe ser obtenida de animales sanos, sacrificados y faenados bajo inspección veterinaria en mataderos autorizados. También menciona que no debe tener residuos de antibióticos, conservantes, ablandadores o sustancias que por su naturaleza atenten contra la salud del consumidor. En la Tabla I.15 se pueden observar los requisitos microbiológicos para carne de alpaca, establecidos en dicha norma.

Tabla I.15. Requisitos microbiológicos para carne de alpaca fresca y congelada.

Indicador microbiológico	Límite
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	Menor a 10^6 ufc/g
Detección de <i>Salmonella</i>	ausencia en 25 g
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	Menor a 10^2 ufc/g
Numeración de bacterias psicrófilas	Menor a 10^5 NMP/g
Recuento de coliformes totales	Menor a 10^2 ufc/g
Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i>	Menor a 10^2 NMP/g

Fuente: INDECOPI (2005).

En el Perú más del 90% de las alpacas no se sacrifican en mataderos autorizados, lo que ocasiona una baja calidad sanitaria de dicha carne (Hack, 2001). Otro problema de índole sanitaria es la presencia de parásitos en la carne. En alpacas se han reportado dos especies de *Sarcocystis*: *Sarcocystis aucheniae*, que produce quistes macroscópicos y *Sarcocystis lamacanis*, que produce quistes microscópicos (Leguía *et al.*, 1989).

White (1998) señala que dichos parásitos viven y se reproducen en el intestino del perro (hospedador definitivo), quien elimina grandes cantidades de esporoquistes en las heces, dependiendo de la especie de *Sarcocystis* y de la evolución de la infección en el perro. La alpaca (hospedador intermediario) adquiere la infección al ingerir pastos o aguas contaminadas con los esporoquistes, liberándose los esporozoitos en su intestino, los que ingresan a la circulación sanguínea y desarrollan la primera generación de esquizontes en las células de los vasos sanguíneos de casi todos los órganos.

La sarcocistiosis crónica causa pérdidas económicas por reducción de la calidad y cantidad de carne, lana o fibra en los camélidos. Además la formación de quistes macroscópicos (Fig. 1.6) constituye la principal causa de decomiso de carnes de camélidos. La sarcocistiosis se puede considerar como una zoonosis tóxica, ya que se han reportado evidencias de trastornos gastroentéricos en personas que consumieron carne cruda o poco cocinada infectada con *Sarcocystis aucheniae* (Leguía, 1991).

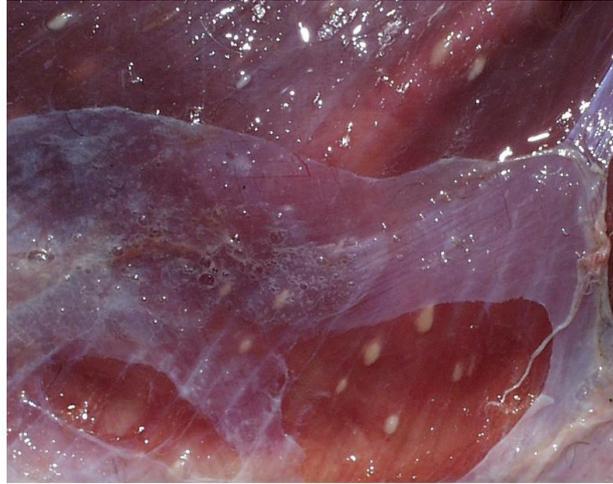


Figura I.6. Quistes macroscópicos de *Sarcocystis* en carne de alpaca.

I.1.3.4. Calidad sensorial de la carne de alpaca

La Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI, 2005) señala como requisitos de la carne de alpaca las siguientes características sensoriales generales:

- Color: Característico.
- Olor: *Sui generis* y exenta de cualquier olor anormal.
- Consistencia: Firme al tacto, tanto el tejido muscular como la grasa.

Téllez (1992) indica que la carne de alpaca se caracteriza por su color rojo cereza, olor *sui generis*, sabor agradable y textura bastante suave; sin embargo, como en todas las especies animales las características sensoriales, varían con la edad, sexo, estado sanitario, manejo y alimentación. Así por ejemplo se constata que las carnes provenientes de alpacas engordadas en régimen intensivo tienen un sabor más acentuado, debido a la mayor abundancia de grasa.

Algunos consideran que la carne de alpaca es sensorialmente similar a la del ovino y que cuando está molida no se puede diferenciar con la del vacuno. También hay quienes señalan que se parece a la carne porcina cuando es tierna; sin embargo, estos aspectos son subjetivos (Vilca, 1991).

Es notorio señalar que la carne de alpaca puede adquirir un olor y sabor no deseable cuando los animales consumen un arbusto llamado “Tola”, lo que influye muy negativamente en su calidad sensorial y en su precio (comunicación personal Ana María Escobedo, Industrias Cárnicas “Alimentos Nutritivos Andinos E.I.R.L”, Juliaca, Perú).

El sabor y olor de la carne de alpaca y llama son similares; no obstante, se ha intentado utilizar una “nariz electrónica” como un instrumento para distinguir entre estos dos tipos de carne (Neely *et al.*, 2001). Estos autores pudieron clasificar correctamente un porcentaje considerable de muestras de carne cocida de alpaca y llama de Perú y Bolivia con un modelo de regresión lineal; sin embargo, consideran importante utilizar un panel sensorial humano para calibrar dicho instrumento y mejorar los resultados.

Otro factor que influye sobre las características sensoriales de la carne de alpaca es la estimulación eléctrica, aunque no se utiliza mayormente en alpacas. Se ha demostrado que la estimulación eléctrica en canales de alpaca, luego de 60 minutos del sacrificio, mejora la calidad organoléptica de la carne. Guerrero *et al.* (2004) evaluaron el efecto de la estimulación eléctrica (aplicando 500-600 V por 30-60 s) sobre la calidad sensorial del músculo *Longissimus dorsi* previamente horneado, obtenido de alpacas peruanas de 4 a 5 años. Dichos autores observaron mejoras en la textura con dichos tratamientos, sin embargo, el sabor y la jugosidad de la carne sólo mejoraron significativamente con una aplicación en la canal de 600 V por 30 s, mientras que el olor mejoró con una aplicación 500 V por 60 s.

Se ha comprobado como la maduración de la carne de alpaca aumenta su terneza. En la Tabla I.16 se pueden observar los resultados obtenidos por

Polidori *et al.* (2007a) al estudiar la terneza del músculo *longissimus thoracis* de 30 alpacas y 20 llamas peruanas, con una edad de 25 meses. En el estudio se detectó una mejora significativa en la terneza de la carne luego de una semana de almacenamiento a 4 °C.

Tabla I.16. Terneza (kg/cm²) del músculo *Longissimus thoracis* de alpaca y llama después de 2 y 7 días de almacenamiento.

	Promedio ± SD	Rango
Dos días postmortem		
Llama (n=20)	6,56 ± 0,73	5,15 - 7,78
Alpaca (n=30)	6,06 ± 0,61	4,87 - 7,21
Siete días postmortem		
Llama (n=20)	4,78 ± 0,36	4,33 - 7,01
Alpaca (n=30)	4,15 ± 0,23	4,12 - 6,88

Fuente: Polidori *et al.* (2007a).

I.1.3.5. Otros aspectos de la calidad de la carne de alpaca

La calidad afectiva, componente de la calidad que depende de la apreciación interna subjetiva y/o emocional de los valores que representa el consumo de un determinado tipo de carne para el consumidor, es otro aspecto a tener en cuenta. En esta vertiente de la calidad se incluye el bienestar animal, la sostenibilidad medioambiental, el estatus social, etc.

Por una parte, la carne de alpaca de cría extensiva está considerada como un producto ecológico ya que se alimentan de pastos naturales, sin ningún tipo de estimulantes artificiales y beben las limpias aguas de los manantiales que se filtran de los nevados. Esto también es de relevancia dentro del aspecto de efecto medioambiental, ya que la crianza tradicional de estos animales es natural y poco contaminante. Estas circunstancias sobre la producción tradicional de alpacas representa una oportunidad para el mercado, aunado a que esta carne es considerada saludable por su bajo nivel de grasa y colesterol (Chang *et al.*, 2006).

Por otra parte, todavía en muchos consumidores la carne de alpaca presenta un rechazo debido al prejuicio de que va a tener mal sabor o deficiencias higiénico-sanitarias y también al prejuicio de que la alpaca es una carne para consumidores de bajo poder adquisitivo, esto, a pesar, de que una cantidad creciente de carne de alpaca se comercialice como producto de lujo en restaurantes y comercios especializados.

I.1.4. Comercialización de la canal y de la carne de alpaca

La carne de alpaca (junto con la de llama) es mayormente consumida en los países andinos (Perú, Bolivia, Chile y Argentina). En el Perú, el número de alpacas que se sacrifican anualmente está alrededor al medio millón. La carne de alpaca se comercializa fresca (en canal o cortes) o seca como “charqui”, existiendo también una creciente industria de elaboración de otros productos cárnicos con carne de camélidos domésticos tanto en Perú como en Bolivia.

La comercialización de la mayor parte de la carne de alpaca se desarrolla en condiciones desfavorables al producto en cuanto a calidad y presentación se refiere, puesto que mayormente los animales no son sacrificados en mataderos (Fernández-Baca, 2005). Las canales se suelen transportar en mantas, sin cadena de frío, hacia los centros de consumo, produciéndose un excesivo manipuleo. Además, la mayor parte de la carne de alpaca que se comercializa según este sistema procede de animales de 7-8 años de edad, al final de su vida productiva (Hack, 2001). Esta carne es oscura, seca y dura, y contiene en una elevada frecuencia quistes de *Sarcocystis*. El producto se ofrece al consumidor en su domicilio (venta casa por casa), a restaurantes (quienes preparan comidas típicas bajo la forma de chicharrones, adobo, etc.) y comerciantes de alimentos (venden la carne al por menor).

La comercialización de la carne de camélidos es uno de los problemas más agudos de todo el sistema de producción de la crianza de camélidos. Este producto no ha logrado aún la valorización comercial que podría alcanzar. La

carne de alpaca debido a su baja calidad provoca el rechazo de los consumidores (Jeri, 1989) lo que probablemente sea responsable de su menor valor comercial frente a la carne de otras especies más convencionales, limitándose sus posibilidades comerciales. El precio de venta de la carne de alpaca siempre es menor que la de ovino y vacuno, aunque las diferencias de precios tienden a ser menores en las zonas de producción (Ruiz de Castilla, 1994). Ante esta situación desventajosa, la estrategia utilizada por algunos productores de alpaca para proveerse de los productos necesarios para sobrevivir, es a través del establecimiento de relaciones comerciales con las zonas bajas limítrofes, que consisten en la venta de su producción o el trueque (cambio) de carne y fibra por granos y productos de origen urbano (Gómez y Gómez, 2005). No obstante, la mayoría de los alpaqueros consumen gran parte sus propias producciones y destinan solamente a la comercialización de carne una parte minoritaria, aunque en los últimos años se ha observado un aumento interesante de dicha comercialización; además, la demanda de carne fresca de camélidos y los productos transformados es escasa (Ansaloni *et al.*, 2006).

El cambio de un mercado rural no regulado de carne a aquél controlado y valorizado, eminentemente urbano, con calidad y tipicidad de los productos, podría representar una propuesta merecedora de valoración para favorecer la mejoría de la renta de los operadores y la calidad del producto final (Ansaloni *et al.*, 2006). Para conquistar ese mercado es necesario mejorar la tecnología de obtención y procesamiento y comercialización de carne de alpaca y sus productos derivados, lo que permitiría lograr mayor calidad y modificar la opinión del consumidor, usando de apoyo estrategias apropiadas de marketing (Fairfield, 2006). Adicionalmente, un sistema de comercialización y fijación de precios, de acuerdo a la calidad de canal, podría constituirse en una valiosa herramienta para estimular la crianza de camélidos (Turín, 1999).

Existen ciertas iniciativas para fomentar el sacrificio regulado de alpacas en mataderos y mejorar así la situación de la comercialización de carne de alpaca. Así, recientemente se han creado mataderos especializados en carne de alpaca. En la localidad de Pilpichaca se ha construido un Matadero Regional

de Camélidos, único en su género en el Perú y en las ciudades de Huancavelica y Huancayo se han instalado otros con características modernas que incluyen entre sus servicios a los camélidos como una línea particular de sacrificio. A partir de la instalación de estos mataderos, los precios de la carne de alpaca en la región han mejorado y se han mantenido estables en el mercado regional (4 soles ó 1,33 dólares por kilo de canal en el matadero, 5,5 soles o 1,83 dólares por kilo en el mercado municipal y 8,50 soles o 2,83 dólares por kilo en cortes del despiece de categorías extra o primera). Estos precios regionales son superados en los puntos de venta de grandes ciudades como de otras regiones como Lima, Ica y Huancayo, donde la canal en los mercados puede costar por kg entre 7,5 soles o 2,5 dólares hasta 13 soles o 4,33 dólares, en función de su calidad (Borda *et al.*, 2007).

También, aunque modestos, existen otros canales de comercialización más tecnificados para carne de alpaca con un mayor estándar de calidad, que presentan una tendencia al alza, difícil de cuantificar. En estos casos, la carne de alpaca suele provenir de animales jóvenes (de 1,5 a 2 años), cuando presenta mejores características sensoriales y la probabilidad de que haya contaminación por *Sarcocystis* es muy baja. La carne se comercializa a precios considerablemente más elevados que en los mercados antes descritos, normalmente se presenta a la venta en cortes carniceros similares a los de las canales de vacuno y ovino obtenidos del despiece. Las piezas de categoría extra y primera tales como lomo, churrasco con costilla y pierna (Fig. 1.7 y 1.8), son vendidas frescas o congeladas a restaurantes, hoteles y supermercados nacionales. Estos cortes o piezas representan aproximadamente un 50% de la canal. El resto de la canal, es decir, los cortes de segunda y tercera, son destinados a la elaboración de preparados o productos cárnicos como salchichas, hot-dog y jamonada de alpaca (Hack, 2001), que es llevada a cabo en industrias nacionales de pequeño-medio tamaño.

En las Figuras 1.7 y 1.8 se observan los principales cortes que se obtienen en Perú a partir de una alpaca. Asimismo, en la Tabla 1.17, se detalla el porcentaje en peso de dichos cortes con respecto a la canal, observándose

que los cortes de mayor porcentaje son el brazuelo y la pierna, de los cuales se puede extraer hasta un 85% de carne magra, sin hueso y sin grasa (Zorogastúa, 2004); carne que puede ser utilizada para consumo directo o elaboración de productos cárnicos como los jamones. En relación al porcentaje de carne magra, considerando la canal de alpaca entera, la proporción de los componentes histológicos de la misma están constituidos principalmente por un 73,62% de músculo, 21,03% de hueso y 0,95% de grasa (Bonacic, 1991).

Cuando las alpacas son sacrificadas en los mataderos (y posiblemente también en caso de sacrificio fuera del matadero), las vísceras, patas y cabeza se venden como menudencia en un solo conjunto y los cueros se venden por unidad, esquilados o sin esquilar (Tenicela, 1988). El peso promedio de vísceras y apéndices de alpaca y llama, junto con el porcentaje que representan con respecto al peso del animal se puede apreciar en la Tabla I. 18.

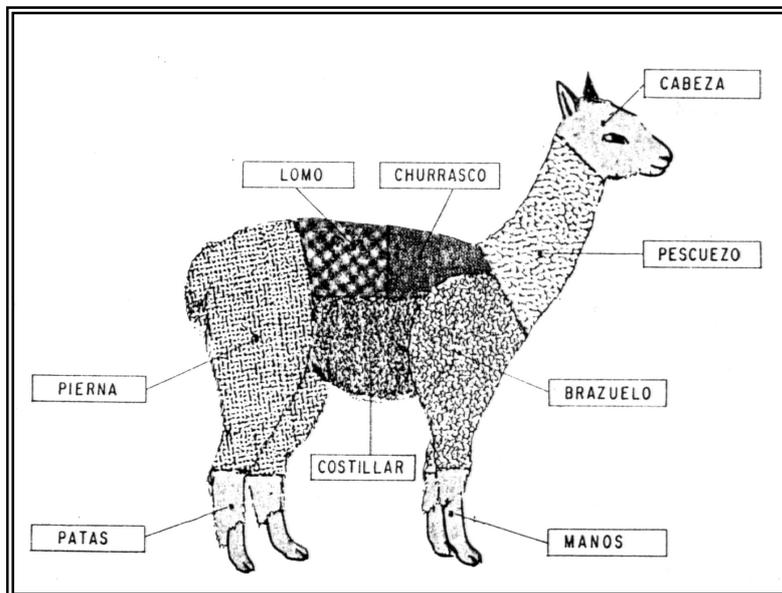


Fig. I.7. Ubicación de los cortes obtenidos en una Alpaca.

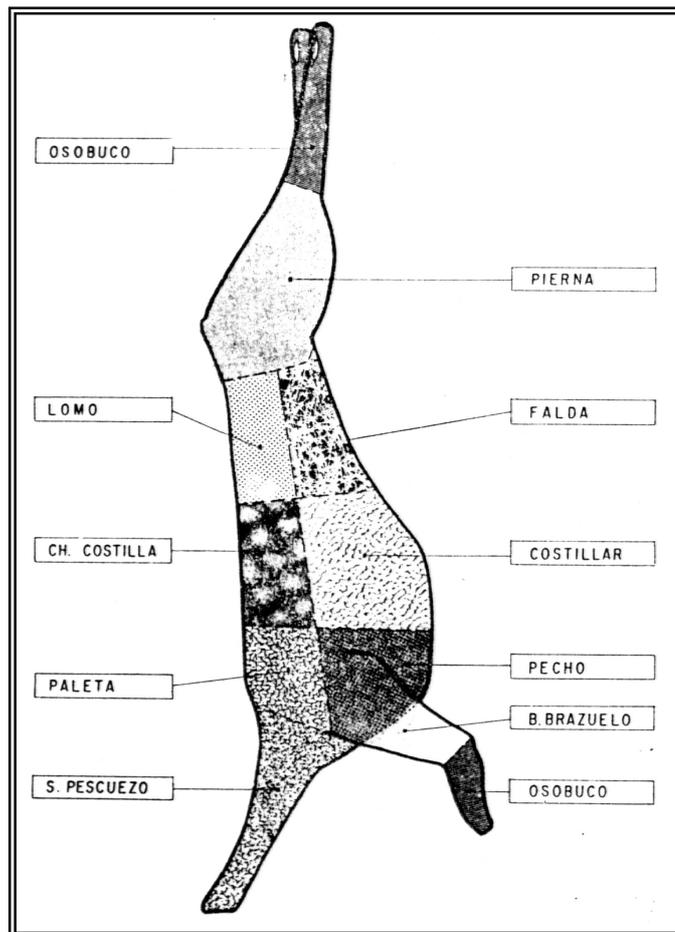


Fig. I.8. Principales cortes de una canal de alpaca.

Tabla I.17. Proporción de los cortes obtenidos del despiece de una canal de alpaca.

Corte	kg	%
Pescuezo	2,15	8,60
Brazuelo	5,01	20,05
Costillar	1,71	6,85
Pecho	1,40	5,62
Falda	0,55	2,18
Churrasco	3,87	15,46
Pierna	7,99	31,95
Osobuco	2,08	8,32
Merma	0,24	0,97
Total	25,00	100,00

Fuente: Téllez (1992).

Tabla I.18. Peso promedio de vísceras y apéndices de alpaca y llama (expresado en kg y porcentaje).

	Alpaca (n=40)		Llama (n=20)	
	Promedio \pm SD	(%)	Promedio \pm SD	(%)
Sangre	2,00 \pm 0,12 ^a	4,34	2,28 \pm 0,15 ^a	3,60
Cabeza	1,94 \pm 0,08 ^a	4,21	2,38 \pm 0,10 ^b	3,77
Patas	1,41 \pm 0,08 ^a	3,06	1,75 \pm 0,11 ^b	2,77
Piel	5,01 \pm 0,66 ^a	10,9	6,22 \pm 0,98 ^b	9,84
Corazón	0,38 \pm 0,02 ^a	0,82	0,44 \pm 0,02 ^a	0,70
Pulmón y traquea	0,53 \pm 0,05 ^a	1,15	0,57 \pm 0,06 ^a	0,90
Hígado	0,89 \pm 0,05 ^a	1,93	1,07 \pm 0,07 ^a	1,69
Bazo	0,09 \pm 0,01 ^a	0,19	0,12 \pm 0,01 ^a	0,19
Riñón	0,08 \pm 0,02 ^a	0,17	0,10 \pm 0,03 ^a	0,16
Contenido digestivo	6,22 \pm 1,55 ^a	13,5	8,51 \pm 1,96 ^b	13,47

Fuente: Cristofanelli *et al.* (2005).

En relación a la exportación de carne de alpaca, aunque consideramos que es realmente poca la cantidad que actualmente se exporta (no se han encontrado datos), con la finalidad de facilitar el comercio internacional, fomentar una producción de alta calidad y proteger los intereses del consumidor, la UNECE [United Nations Economic Commission for Europe] (2008) publicó en el 2008 los estándares de calidad de “Canales y cortes de alpaca y llama”. Dicho documento consiste en el establecimiento de un sistema de clasificación de las canales de alpaca y llama en distintas categorías, en función de su edad, sexo, sistema de producción (intensivo, mixto, con pastura u orgánico), alimentación (granos, forraje), tipo de sacrificio, cantidad de grasa de subcutánea de la canal o corte comercial (libre de grasa, 0-3 mm de espesor, 4-6 mm), presencia de grasa renal y pélvica con la que se presenta la canal o corte, la manera de presentación y empaque de la canal (cuartos de canal con y sin empaque) y los cortes (individuales, varios, empacados al vacío o con atmósfera modificada).

Como ejemplo se muestra en la Tabla I.19 la clasificación de las canales de llama y alpaca en cinco categorías basadas en la edad y el sexo. Mediante

dicha norma se permite codificar las canales según la totalidad de las características mencionadas en el párrafo anterior. En la Tabla I.20, se puede ver un ejemplo de codificación de un corte de alpaca al que le corresponde el código 61012500133201031134, donde se puede apreciar los distintos factores o campos que forman dicha cadena numérica.

Tabla I.19. Clasificación para canales de alpaca y llama según estándar UNECE.

Código de Categoría	Descripción
1	Machos jóvenes (enteros o castrados) o Hembras jóvenes menores de 2 años
2	Machos castrados entre 2 y 5 años
3	Hembras no paridas entre 2 y 5 años
4	Machos castrados mayores que 5 años o Machos enteros entre 2 y 5 años
5	Hembras o machos enteros mayores de 5 años

Fuente: UNECE (2008).

Tabla I.20. Código UNECE para un corte de alpaca.

Campo N°	Nombre	Exigencia	Código
1	Especie	Alpaca	61
2	Corte	Bife ancho	0125
3	Campo no usado	-	00
4	Refrigeración	Enfriado	1
5	Categoría	Hembras entre 2 y 5 años	3
6	Sistema de producción	Pastos	3
7 ^a	Sistema de alimentación	Forraje	2
7b	Campo no usado	-	0
8	Sistema de sacrificio	Convencional	1
9	Sistema post-mortem	No especificado	0
10	Grosor de grasa	0-3mm grasa subcutánea	3
11	Calidad	Estándar oficial	1
12	Rango de peso	Especificado	1
13	Empacado	Corte Individual sellado	3
14	Evaluación de conformidad	de Calidad y evaluación de conformidad comercial estándar	4

Fuente: UNECE (2008).

I. 2. PARTE DOS: CHARQUI DE ALPACA

Desde los tiempos más remotos de la civilización se impuso la necesidad de la conservación de los alimentos como método para asegurar el abastecimiento de las poblaciones y fue en estos tiempos cuando surgieron dos de los sistemas de conservación más importantes, tanto por su aplicación, como por su persistencia hasta nuestros días: la salazón y la desecación. Según Nóbrega (1982), la conservación de la carne de diversas especies animales cortada en piezas o tiras de dimensiones variables mediante el uso de sal y secado al sol y al viento data de épocas muy remotas. Dicha técnica de conservación fue conocida en Asia, África, Europa y América, habiendo sido empleada por mayas y aztecas. Las técnicas tradicionales seguidas para conservar la carne varían según regiones y costumbres, pero frecuentemente combinan el secado con el salado, la fermentación y el ahumado (Zeuten, 1995). A partir de ellas se han desarrollado diversos productos cárnicos típicos de cada zona (étnicos).

Algunas consideraciones sobre las técnicas tradicionales del secado de carne (Bender, 1992) son las siguientes: para secar carne normalmente se elimina gran parte de la grasa visible ya que se puede enranciar durante el proceso; los trozos de carne a secar deben de tener un pequeño grosor (deben de ser finos) para permitir una compensación entre la velocidad de salida de agua de la superficie al exterior por evaporación y la velocidad de migración de agua del interior del producto a su superficie, evitando así problemas derivados del secado excesivo como costras, arrugas, grietas, secado no homogéneo, etc.; la carne se suele salar en seco o en salmuera antes del secado para inhibir el crecimiento microbiano en las primeras etapas y proteger la carne frente a los insectos; las piezas de carne a secar se suspenden en rejillas o se cuelgan para permitir el paso de corrientes de aire que desplazan la humedad que se va generando en la superficie del producto; el secado ha de hacerse en condiciones higiénicas, protegiendo la carne de suciedad y polvo; si el aire es templado, bajo en humedad y no hay grandes fluctuaciones de temperatura entre día y noche el tiempo necesario para secar será más corto y eso es

ventajoso ya que el secado demasiado lento aumenta la probabilidad de que ocurra una alteración microbiana en las fases iniciales (cuando el contenido en humedad de la carne es todavía elevado); es mejor usar carnes refrigeradas ya que secar carne en caliente puede dar problemas de alteración microbiana, proteólisis excesiva y enranciamiento; los tiempos de secado y conservación largos pueden producir una pérdida en el valor nutritivo de la carne seca, especialmente en vitaminas.

Hay evidencias claras de secado de la carne en Egipto de hace 4000 a 5000 años, cuando comenzaba el transporte sobre ruedas, el establecimiento de las primeras ciudades y el desarrollo de la escritura más primitiva (Pearson y Tauber, 1984; De Felicio, 2002). En el altiplano andino, antes de la llegada de los españoles, los quechuas elaboraban un producto desecado con carne de llama y de caza cortada en tiras llamado charque (LeMaguer y Jelen, 1986).

El salazonado y el secado de la carne permiten aumentar el tiempo de conservación de la misma por el efecto inhibitorio de un bajo contenido en agua tanto de la actividad enzimática como microbiana. Mediante la combinación de estos dos procesos se obtienen en el ámbito mundial numerosos productos cárnicos que podrían encuadrarse dentro de los denominados “alimentos tradicionales de humedad intermedia”, que deben su estabilidad y más o menos larga conservación, principalmente, a su baja a_w entre 0,60-0,90 (Leistner y Rödel, 1976). Se considera que a valores de a_w inferiores a 0,90 se inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias en los alimentos y de algunos mohos y levaduras, a valores inferiores a 0,87 se inhibe el crecimiento de la mayor parte de las levaduras y de los micrococcos, a valores inferiores a 0,80 el de la mayor parte de los mohos y de *Staphylococcus aureus* y a menos de 0,75 el de la mayoría de las bacterias ‘especiales’ llamadas halotolerantes (Beuchat, 1981; Bender, 1992); finalmente, a valores inferiores de a_w agua a 0,5 no hay posibilidad de ningún crecimiento microbiano. Desde un punto de vista práctico, los productos cárnicos deshidratados con valores de a_w inferiores a 0,65 se pueden considerar muy estables a temperatura ambiente, ya que el crecimiento microbiano alterante es prácticamente inhibido (Cheftel y Cheftel,

1992). Para garantizar la estabilidad microbiana en productos con una mayor a_w que la anteriormente mencionada, se debe recurrir a otras barreras de crecimiento microbiano como son el bajo pH, el envasado al vacío o atmósferas modificadas, las sales de curado, las sustancias antimicrobianas de las especias, etc. (Leistner, 1994).

Actualmente, la aparición y desarrollo de otros sistemas de conservación, como la refrigeración, congelación, envasado al vacío, esterilización, etc., han relegado a un segundo puesto la salazón-deseccación, en las sociedades industrializadas. No obstante, los hábitos consumistas de estas sociedades, hacen que la salazón y secado mantengan su vigencia como instrumento de la diversificación de los productos obtenidos de la carne, así como por las características de calidad que proporcionan (Pérez y Martín, 1992). También consideramos importantes estas técnicas de conservación debido a que se puede considerar como una tecnología bastante sostenible, desde un punto de vista medioambiental, dentro de los sistemas de conservación de alimentos actuales. A continuación se expone una revisión bibliográfica sobre el charqui andino y sobre otros productos de humedad intermedia elaborados con carne de rumiante salada y secada.

I. 2.1. Definición de charqui andino

En quechua la palabra para charqui es ch'arki y su origen es ancestral. Este es un producto elaborado con carne cortada en tiras o trozos de poco grosor, generalmente sin grasa (magra), salada y secada a la intemperie. En la zona Andina, en la época precolombina, el charqui era elaborado con carne de llama (Le Maguer y Jelen, 1986), hoy todavía existe charqui de llama. El charqui de camélidos, principalmente de alpaca, es un producto de gran preferencia y consumo en Perú, mayormente en la sierra. El charqui puede presentarse para venta en piezas enteras con o sin hueso, fileteado, cortado cubos o en pequeñas tiras, deshilachado o desmenuzado (Fig. I.9a y b). Antes de ser consumido, el charqui tiene que ser desalado (mediante remojo en agua) y posteriormente es utilizado como ingrediente de comidas regionales,

por ejemplo en sopas, cocido, o en segundos platos, frito, acompañado de preferencia con cebolla, ajos y ají panca (*Capsicum chinense* L.).



Fig. I.9a. Presentaciones de charqui: Cortado en pequeñas tiras y deshilachado y machacado



Fig. I.9b. Presentaciones de charqui envasado a vacío: Deshilachado y cortado en cubos

La Norma Técnica Peruana 201.059 (INDECOPI, 2006) define al charqui o ch'arki como una carne desgrasada y salada de alpaca, llama y sus híbridos, obtenida mediante el proceso de secado o deshidratado, con la finalidad de prolongar su tiempo de vida útil. El contenido escaso de humedad de este producto – el charqui con un contenido de sal entre 10 y 11%, presentó una actividad de agua (a_w) próxima a 0,40 (Cruz y Cayro, 2006) – permite su conservación a temperatura ambiente, sin que tenga lugar el crecimiento de

microorganismos patógenos ni de aquellos alterantes, siempre que este producto cárnico se mantenga en ambiente seco o envasado herméticamente.

I.2.2. Características de calidad del charqui de alpaca

I.2.2.1. Composición química y valor nutritivo del charqui de alpaca

El charqui de alpaca ha demostrado, en los diferentes análisis bromatológicos realizados, que es un producto alimenticio de un alto valor proteico. Collazos *et al.* (1996) encontraron que el charqui peruano contuvo en promedio 58% de proteína, 26% de humedad, 4% de grasa y 12% de cenizas. Este producto se regula por la norma técnica peruana NTP 201.059 (INDECOPI, 2006) en la que se establece que debe tener un contenido mínimo de 45% de proteína y 12% de grasa, así como un contenido máximo de 20% de humedad. No se han encontrado estudios que hayan ido más allá de la determinación de los componentes mayoritarios, tales como elementos minerales, ácidos grasos, aminoácidos, vitaminas, etc.

I.2.2.2. Calidad higiénico-sanitaria del charqui de alpaca

En la norma técnica peruana NTP 201.059 (INDECOPI, 2006) se establece que el charqui no deberá tener residuos de medicamentos de uso veterinario, conservantes o sustancias que por su naturaleza atenten contra la salud del consumidor. Igualmente se menciona que la carne de alpaca para hacer charqui deberá provenir de animales sacrificados bajo inspección veterinaria en mataderos autorizados por la entidad competente. No obstante, se ha observado que el charqui, en ciertas ocasiones, es elaborado a partir de la carne de animales que se han sacrificado en los corrales, sin ninguna inspección veterinaria. En algunos casos los animales se sacrifican cuando se encuentran enfermos y su tratamiento médico resulta muy costoso, antes de que bajen de peso (Ampuero, 2006). Y, peor aún, el charqui a veces es elaborado con carne de animales que mueren por diversas causas (sequías, heladas, accidentes, etc.) y para no perder la carne, ésta es salada y secada,

en el lugar, sin mayores previsiones. El charqui así elaborado puede representar un peligro para la salud de los consumidores. Dichas prácticas deberán ser erradicadas si se desea mejorar la calidad higiénico-sanitaria del charqui de alpaca.

Otro problema importante que aparece con cierta frecuencia en el ámbito rural es la falta de higiene en el proceso de elaboración del charqui. A menudo en las plantas elaboradoras se observan malas prácticas de manipulación y ausencia de planes de higiene y desinfección. Sin embargo, en los últimos años mediante la asociación de los productores se ha logrado mejorar sustancialmente dicha problemática. Por ejemplo, la Asociación de Procesadores de Charqui y Chalona Aswanqari (Azángaro-Puno) cuenta con registro sanitario y certificado de Buenas Prácticas de Manufactura, lo que le ha permitido ingresar sus productos a los supermercados de la capital.

En lo referente a los requisitos microbiológicos, la norma técnica peruana NTP 201.059 (INDECOPI, 2006) establece límites máximos en el recuento de coliformes (10^2 ufc/g), salmonelas (ausencia en 25 g) y microorganismos aerobios mesófilos (10^2 ufc/g).

Además, en la norma se especifica que la sal utilizada en la elaboración del charqui debe ser de calidad alimentaria y cumplir con los siguientes requisitos:

- El contenido de cloruro de sodio (NaCl) no deberá ser inferior al 97% de la materia seca, con exclusión de los aditivos autorizados que pudiera llevar.
- Contaminantes: No podrá contener contaminantes en cantidades y formas que resulten nocivas para la salud del consumidor. En particular, no deberán superarse los siguientes límites máximos:
 - Arsénico: 0,5 mg/kg
 - Cobre: 2 mg/kg
 - Plomo: 2 mg/kg

Cadmio: 0,5 mg/kg

Mercurio: 0,1 mg/kg

1.2.2.3. Calidad sensorial del charqui de alpaca

Se ha encontrado información muy escasa, en nuestra opinión, acerca de las características sensoriales del charqui de alpaca. La norma técnica peruana NTP 201.059 (INDECOPI, 2006) indica ciertas características sensoriales generales que el charqui deberá tener:

-Sabor: Salado característico

-Color: Debe presentar un color típico en tonalidades de blanco pajizo (color referido por su similitud con la paja proveniente de la especie *Festuca ortophyla*, comúnmente llamada iru ichu o paja brava).

-Olor: Característico del producto, exento de olores de rancidez y otros olores extraños.

-Textura: Debe ser seca al tacto sin presentar apariencia viscosa

Por otro lado, y en el mismo sentido que la Norma mencionada, Flores *et al.* (1993) señalan como las características que definen al charqui de alpaca: un color rojizo blancuzco claro, un olor propio, un sabor agradable y una textura quebradiza.

Finalmente, se ha encontrado un estudio en el que se comprueba que el tipo de pieza de donde se obtiene el charqui puede influir en su calidad sensorial. Cruz y Cayro (2006) realizaron una evaluación sensorial del charqui elaborado a partir de diferentes cortes de alpaca (lomo, cadera, paleta, brazuelo), previamente desalado y cocinado, observando que el charqui de lomo tuvo mayor valoración en los atributos de sabor, color, textura y aroma, así como mayor aceptación general (Tabla 1.21). Dichos autores también compararon el charqui de alpaca con el charqui de llama. Los valoración sensorial del charqui de ambas especies fue similar, aunque se encontró que el charqui de alpaca fue más tierno (más fácil de masticar) que el de llama.

Tabla I.21. Promedio de puntajes de aceptación sensorial para charqui elaborado con diferentes cortes de alpaca.

Músculo	Aceptación general	Sabor	Aroma	Textura	Color
Lomo	4,95	3,9	3,8	4,8	3,85
Cadera	3,75	3,45	3,4	3,55	3,45
Paleta	3,15	3,3	3,4	3,3	3,4
Brazuelo	2,7	3,35	3,35	2,95	3,4

Fuente: Cruz y Cayro (2006).

I.2.3. Tecnología de elaboración de charqui de alpaca

I.2.3.1. Generalidades

La perspectiva histórica de la elaboración de charqui está descrita por Ampuero (2006). Las bases del método de elaboración de charqui en los Andes parecen tener una antigüedad aproximada de 6.000 años. Fueron los Incas quienes llegaron a desarrollar una tecnología muy adecuada a su realidad, que les permitía almacenar la carne por mucho tiempo con una calidad adecuada y posteriormente utilizar dicha carne como parte de la dieta alimenticia de su población, habiendo menciones especiales sobre su uso en la alimentación de los miembros del ejército. Este procesamiento de la carne de camélidos en la época del incario alcanzó un alto grado de tecnificación.

Aunque, a través del tiempo parte de esa técnica original se ha ido modificando y la importancia del charqui en la alimentación de la población ha venido a menos, en nuestros días, aún se conservan las pautas generales originales de elaboración del charqui en diversas zonas del país. Actualmente, una de las principales especies animales utilizadas para elaborar charqui en Perú es la alpaca, haciéndose charqui con piezas enteras de la canal (con hueso incluido) o con porciones de carne cortadas en forma de finos filetes o láminas.

Las técnicas tradicionales de elaboración de charqui pueden presentar algunas variaciones de un lugar a otro, pero muestran una base común. En un estudio realizado en 16 comunidades campesinas de Ayacucho y Huancavelica se encontró que los pasos que se siguen en la elaboración familiar de charqui son: a) laminado de la carne; b) espolvoreo con sal granulada y c) secado natural de la carne colocada sobre superficies con exposición directa al sol. En la mayoría de casos la duración total del proceso varía de 15 a 25 días (Fernández-Baca, 2005). La época más recomendable para la elaboración del charqui son los meses comprendidos de mayo hasta agosto debido a que estos meses presentan un clima más seco, con temperaturas bastante bajas (-5°C) en horas de la madrugada, hay bastante aireación, y no llueve por lo general, facilitando de esta manera el trabajo (Ampuero, 2006).

1.2.3.2. Variantes del proceso tecnológico de producción de charqui

En base al grado de tecnificación, actualmente se pueden identificar hasta tres tipos de procesos de producción de charqui: tecnología alta, media y baja (Pachao, 2006); la diferencia entre ellos se justifica no solo por la inversión en instalaciones y costo de producción, sino también por la localización geográfica y tipo de mercado al que va destinado.

La tecnología alta se caracteriza por la utilización de energía solar en el secado de la carne fileteada, previamente salada en seco o en húmedo en pozas de cemento o mayólica u otros depósitos. Esta tecnología logra reducir considerablemente el tiempo del secado de la carne, de aproximadamente dos semanas a una, con lo que permite una mayor producción en un mismo período de tiempo. Además, el uso del secador solar parece tener un efecto positivo sobre la percepción de los consumidores acerca de la percepción de la calidad higiénico-sanitaria del charqui por el consumidor.

Por su parte, en la tecnología media la carne, previamente fileteada y sin grasa visible, se somete a la salazón en pozas de cemento o mayólica u otros depósitos, en seco o en húmedo, durante una semana aproximadamente.

Después se procede a mantener la carne apilada, con presión en la parte superior durante un periodo de hasta por dos semanas. Posteriormente, las carnes son expuestas (los filetes son extendidos sobre superficies) a la acción del frío de las noches y al fuerte sol del día. Existen variantes de este proceso, por ejemplo, en algunos casos se prefiere el secado a la sombra. Con esta tecnología se obtiene una carne salada y deshidratada de color blanquecino, de olor y sabor singular, cuya producción se destina a las urbes.

Finalmente, la tecnología baja o tradicional agrupa a aquellos productores que realizan el salado de piezas enteras de carne, a las que se aplican cortes (incisiones) para facilitar el salado, que es llevado a cabo mediante fuertes frotaciones con sal. Después, la carne se apila y después de un tiempo se seca a la intemperie. De esta forma, se obtiene un charqui de color más oscuro que los anteriores, con hueso y en algunos casos con presencia de grasa subcutánea e intermuscular de las piezas. Generalmente su producción se destina a la población rural de los valles (zonas de menor altitud que la de las zonas productoras) por su menor costo de producción y precio del producto. Debido a que Lima y Arequipa son mercados que exigen mayor calidad principalmente se comercializa el charqui procesado con tecnología media, mientras que a Cusco llega el procesado con tecnología baja. No obstante lo dicho por Pachao (2006), actualmente y debido a una mejora en el grado de tecnificación de los productores de charqui, se puede encontrar charqui de piezas de carne de alpaca elaborado con tecnología media.

Como hemos visto, el salado del charqui se puede realizar en seco o en húmedo. Flores *et al.* (1993) describen el método de salazón en húmedo para elaborar charqui, cuyo flujo de procesamiento se muestra en la Fig. I.10.

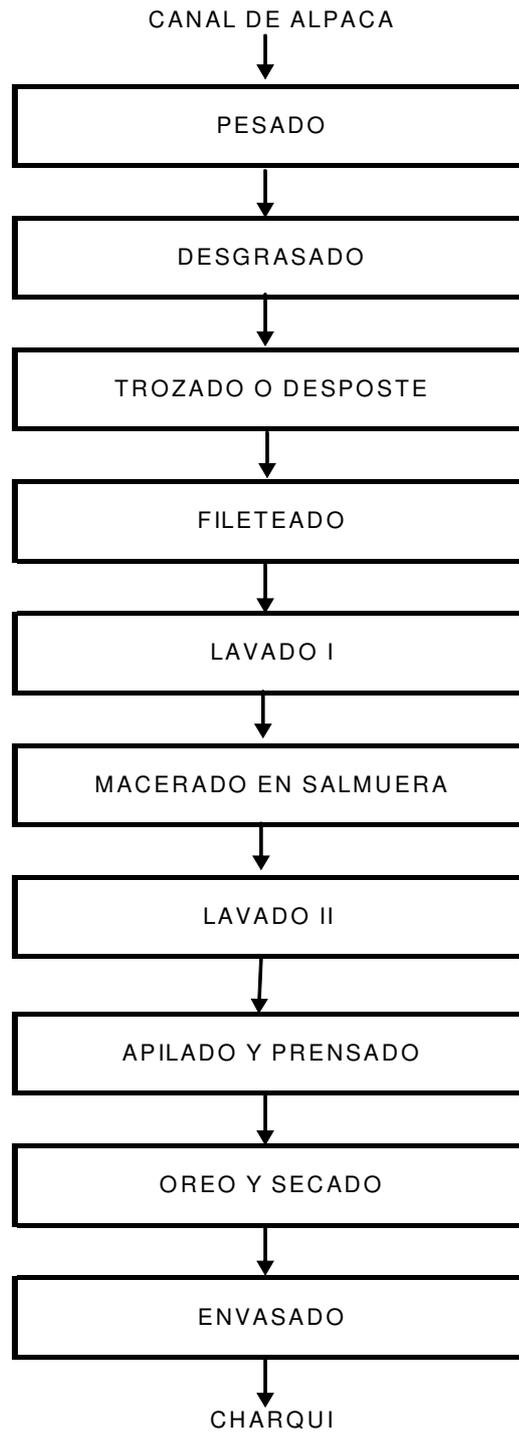


Fig. I.10. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de charqui de alpaca mediante salazón en húmedo.

A continuación se detallan algunas operaciones importantes para la elaboración de charqui de alpaca mediante salazón húmedo:

- Preparación de la carne: las canales de alpaca debidamente enfriadas, serán desgrasadas y deshuesadas cuidadosamente, sin dañar los paquetes musculares.
- Selección de carnes y fileteado: las carnes magras serán seleccionadas para ir preparando los filetes, cortes de carne en forma de láminas, provenientes del brazuelo, churrasco (lomo y dorso) y de la pierna. Estos filetes deberán ser delgados, de un grosor de 0,5 a 1 cm y sin grasa, para evitar posteriormente su enranciamiento.
- Salazón: los filetes de carne, deben de salarse de inmediato, en un depósito adecuado (puede ser una cuba de cemento, una batea u otro depósito), en el cual se prepara de antemano una salmuera (solución salina al 20 o al 25%), sumergiendo la carne en el mismo durante 3 a 4 días (Fig. I.11). Este depósito se debe mantener bajo sombra.



Fig. I.11. Salazón en húmedo de carne de alpaca.

- Lavado: pasados los 3 o 4 días de salazón, se procederá a lavar las carnes, extrayéndolas del depósito de salmuera y exponiéndolas al chorro de agua, para eliminar el exceso de sal durante una hora y luego se hará escurrir.

- Prensado: consiste en extraer el agua retenida por la carne, por simple presión ejercida por un peso que se coloca sobre la carne. Para tal efecto se utiliza una superficie limpia (sobre una mesa o también sobre una calamina), en la cual se coloca paja seca y limpia, haciendo una especie de capa o cama, sobre la cual se colocarán los filetes de carne debidamente escurridos y formando capas ordenadas y encima de la última capa, se coloca nuevamente una buena capa de paja (espesor más o menos de unos 10 cm) y luego, va el peso, que puede ser aplicado por medio de tablas de madera pesada o piedras limpias y pesadas (Fig. I.12). Esta operación debe durar entre 6 a 8 días. Cada día se cambiará la paja de las dos capas, al mismo tiempo que se van moviendo y volteando los filetes de carne y limpiando el producto.

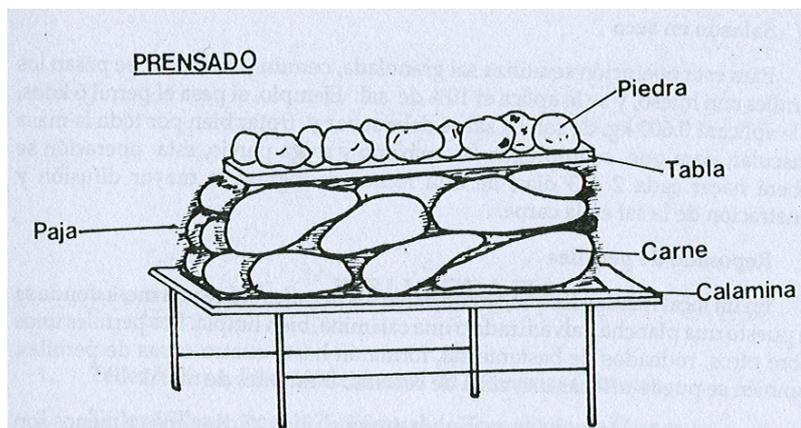


Fig. I.12. Prensado de la carne de alpaca.

- Secado: se hará en un ambiente limpio y muy seco, lo más frío posible (Fig. I.13). Las carnes ya prensadas y semisecas se dispondrán sobre bandejas planas, o mesas, que se colocan a la intemperie al anochecer para que reciban durante la noche la acción del frío (heladas); después se recoge la carne por la mañana, apilando los filetes. El secado al sol, según estos autores, se debe evitar ya que puede ennegrecer el producto. A lo largo el secado, es aconsejable que se vaya volteando cada día los filetes de carne, para que las pérdidas de humedad sean uniformes y se consiga un producto con una buena coloración (uniforme). Generalmente, el secado dura una semana y se dará por terminado al observarse el charqui seco, blancuzco cremoso y algo quebradizo

– se puede alargar el proceso observando el grado de humedad, siempre que no haya alcanzado la pérdida de humedad deseada.



Fig. I.13. Secado de los filetes de carne de alpaca.

- Envasado: El charqui después del secado normalmente se envasa en bolsas de plástico de capacidad variable. Opcionalmente, antes de envasar, los filetes de charqui se pueden cortar en tiras o cubos o incluso el charqui se puede deshilar (Fig. I.14). Las bolsas conteniendo charqui deben estar bien selladas o cerradas y se pueden conservar al medio ambiente, listas para su comercialización.

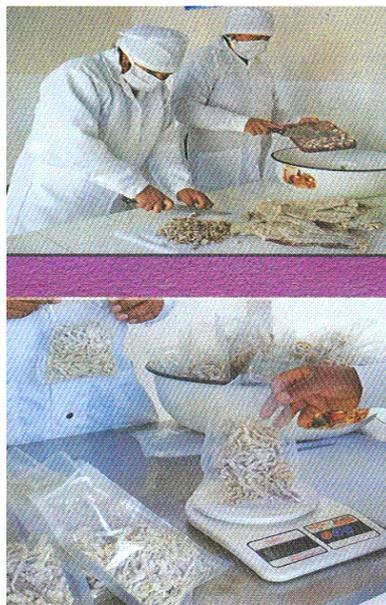


Fig. I.14. Acondicionamiento y envasado de charqui de alpaca.

Por otra parte, Ampuero (2006), luego de realizar diversos estudios en Sicuani (Cusco), describe el salado en seco para la elaboración de charqui, que, en este caso, es elaborado a partir de canales de alpaca o piezas enteras obtenidas de las mismas. En la Fig. I.15 se detalla el diagrama de flujo de operaciones y a continuación se describen algunas de las operaciones más importantes. Antes de ello cabe señalar que es recomendable seleccionar animales de dos a tres años de edad (carne más tierna, con menor incidencia de parasitosis – *Sarcocystis*).

-Desgrasado de las canales: Con el fin de minimizar problemas por oxidación posterior de la grasa, que provoca malos olores en el charqui; se debe proceder a extraer la grasa de cobertura y de los riñones.

-Tasajeo: El charqui se puede elaborar a partir de canales íntegras o de piezas de dichas canales, es decir, cortes obtenidos de trozar la canal como las piernas, brazuelos, costillares (con la mitad de la columna en cada costillar), lomo y cuello. En cualquier caso se procede a realizar el tasajeo que consiste en practicar cortes paralelos, longitudinales y semiprofundos, como unas brechas, para permitir que la sal penetre más fácilmente en el músculo y lograr una mejor salazón. Así, en las piernas se realizan cuatro cortes semiprofundos en la cara dorsal, evitando llegar a cortar la cara ventral de la pierna; en el brazuelo se deben realizar tres cortes; en la parte del lomo se realizan dos cortes y por último el cuello se corta longitudinalmente, abriéndolo en dos partes, pero sin que llegue a separarse.

-Salazón: antes de realizar la salazón se debe extraer la médula espinal de la columna vertebral para evitar su putrefacción. Esta acción se realiza con la ayuda de un alambre galvanizado. Una vez extraída la médula espinal se introduce sal en este canal. Posteriormente se procede a la salazón en seco de toda la carne, sistema clásico o tradicional de salado, que consiste en recubrir la carne con sal, mediante frotamientos enérgicos a través de las sajaduras practicadas en el tasajeo. La proporción de sal utilizada es de 10 % de sal con respecto al peso de la carne a salar; esta sal debe ser distribuida de manera

uniforme. Normalmente se utiliza sal gruesa (1-3 mm) para evitar que se diluya fácilmente, lo que sucede cuando es muy molida. También es conveniente añadir un poco de salitre (sal con bajo grado de pureza) y azúcar para obtener un color más blanquecino que le dará al charqui buena presencia y un sabor agradable.

-Prensado de las canales o piezas saladas: consiste en apilar las canales o piezas unas encima de otras en un lugar limpio y de ser posible utilizando una tela plástica en la base. Después, la carne apilada se recubre con totora (un tipo de junco o paja que crece en los lagos de la zona) limpia y sobre ésta se coloca bastante peso, para lo cual se utilizan piedras de buen tamaño previamente lavadas. La duración del prensado es de ocho días, realizando diariamente volteos que permiten uniformizar el proceso de salado y controlar posibles descomposiciones por acción bacteriana.

-Secado: el proceso de secado se inicia preparando un redil de alambrada en un lugar donde haya bastante ventilación y luego las canales son extendidas en el redil encima de una cama de totora. Esta operación se realiza en horas de la tarde después de la puesta del sol, para que durante la noche reciba la acción de la helada. Al día siguiente antes de la salida del sol, las canales y piezas se amontonan y se cubren con totora con la finalidad de que los rayos solares no lleguen directamente a ellas para evitar que la carne adquiriera un color negruzco. Este proceso se repite durante tres días con sus respectivas noches. Luego se continúa el proceso de secado con la carne en los rediles durante todo el día (24 horas), bajo sombra en las horas de sol, durante seis semanas más, lo que permite obtener un charqui de color blanquecino.

-Almacenaje: el charqui luego de que haya secado, debe ser almacenado en un ambiente con bastante ventilación. El charqui nunca debe almacenarse en ambientes cerrados y húmedos.

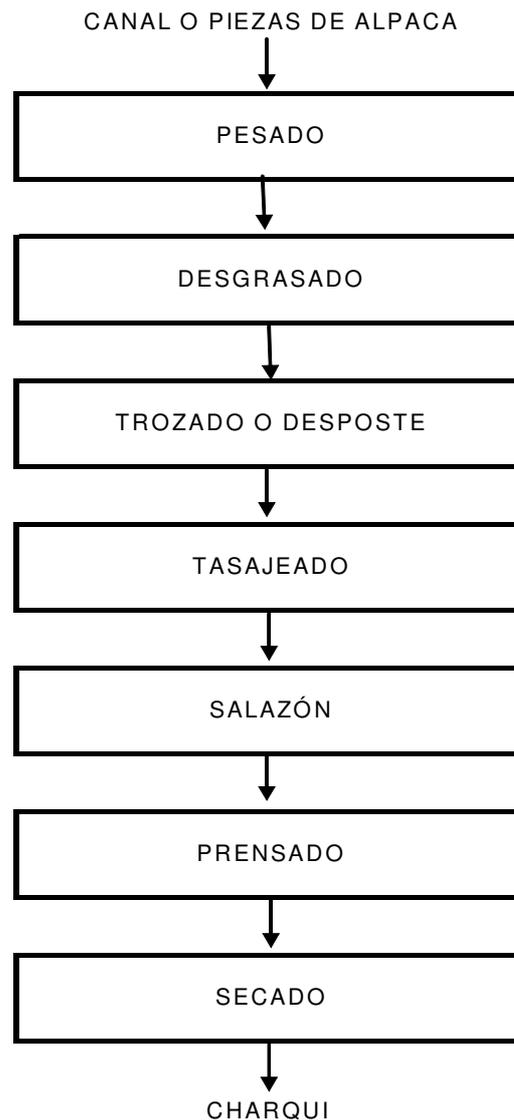


Fig. I.15. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de charqui de alpaca mediante salazón en seco.

El rendimiento total de charqui, expresado como porcentaje en peso de charqui (sin hueso y grasa) obtenido de una canal entera de alpaca sobre el peso de dicha canal, y los rendimientos de charqui obtenidos de las distintas regiones anatómicas de la canal de alpaca, expresados como porcentaje de charqui sobre peso de carne sin hueso y desgrasada de la región anatómica en cuestión han sido estudiados por Cruz y Cayro (2006) – estudio llevado a cabo con canales procedentes de machos de raza Huacaya de 16 meses de edad – y se muestran en la Tabla I.22. Dichos autores observaron un rendimiento promedio de 13% de charqui total sobre el peso de la canal y un rendimiento

entre 29 y 33% de charqui obtenido de una determinada región anatómica sobre el peso de la carne de dicha región anatómica. En ese estudio el charqui fue elaborado mediante el método de salazón en seco, utilizando una cámara de secado con ventilación forzada y presentó unos contenidos promedio de 16,5% de humedad, 15% de ceniza, 1,7% de grasa y 57% de proteína.

Tabla I.22. Rendimiento de charqui de alpaca en relación al peso de la canal y región anatómica.

Rendimiento sobre el peso de la canal	
Peso de la canal (kg)	25,25
Charqui obtenido (kg)	3,37
Rendimiento (%)	13,31
Rendimiento sobre el músculo de las regiones anatómicas	
Lomo (%)	32,55
Cadera (%)	30,65
Paleta (%)	29,97
Brazuelo (%)	28,77
Pierna (%)	31,10

Fuente: Cruz y Cayro (2006).

I.2.4. Producción y comercialización del charqui de alpaca en Perú

Es de suponer que las regiones productoras de charqui sean a su vez los que tengan mayor concentración de población de alpacas. La mayor facilidad en el abastecimiento de la carne contribuye a la creación de pequeños, medianos y grandes centros productores de charqui en aquellos lugares donde se crían las alpacas. Es por ello que en el sur peruano se elabora casi la totalidad del charqui producido en el país, con un producción promedio anual de 443,28 toneladas métricas, siendo los departamentos con mayor producción: Puno, Cusco y Arequipa, con 281,76; 112,08 y 49,56 toneladas métricas anuales, respectivamente. Como se puede apreciar en la Fig. I.16, tres provincias puneñas producen el 63,5% de este producto, siendo Azángaro (con los distritos de Azángaro y José Domingo Choquehuanca) la provincia de mayor importancia, seguida de Yunguyo (Unicachi) y finalmente Carabaya (Crucero). Por su parte, dos provincias en el Cusco se reconocen como productoras de charqui: Canchis (distrito de Sicuani) y Espinar (distrito de Espinar), ambas concentran el 28,85% del total de charqui producido y tienen

similar importancia. La producción del departamento Arequipa se concentra en la provincia del mismo nombre y representa el 11,18% de lo producido en el sur.

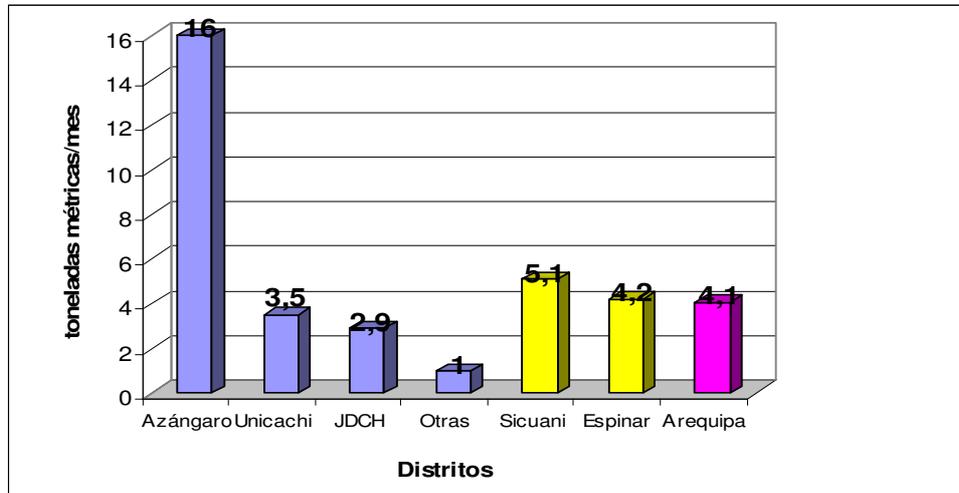


Fig. I.16. Producción promedio mensual de charqui de alpaca (expresado en TM/mes) por distrito.

Las distintas zonas de producción se asocian con zonas de consumo. Así, la producción de Azángaro se relaciona con el consumo en la ciudad de Lima, Arequipa y otros destinos sureños. Otro distrito productor cuya producción se destina principalmente a Lima es Espinar, mientras que Sicuani tiene como destinos finales ciudades cusqueñas y arequipeñas. Finalmente, Arequipa tiene principalmente como destino su propio consumo, tanto en el área urbana como en la rural (Pachao, 2006).

El mercado del charqui abarca tanto a la zona urbana como rural, con diferencias significativas entre ambas zonas respecto a sus características. La población urbana que es consumidora habitual del producto llega como máximo al 30% de la población, mientras que en la zona rural el porcentaje llega al 64%. Otra diferencia básica entre los dos tipos de poblaciones es la cantidad de consumo anual *per capita*: en la primera no supera los 200 g y la segunda compra entre 1 kg (clima de costa) y 1,92 kg (clima de selva). La periodicidad con que se consume el charqui también difiere; para Lima y Arequipa la opción más frecuente es el consumo de charqui una vez al mes es, mientras que para Cusco lo más frecuente es el consumo semanal. La mayor demanda en el área

rural en comparación con la urbana, se debe a la larga conservación del producto, que no necesita refrigeración, el gusto local y la costumbre en el consumo.

Ampuero (2006) destaca dos puntos de alta concentración de la demanda en el país. Uno de ellos, que presenta un gran potencial de desarrollo, lo constituyen los lavaderos de oro en el departamento de Madre de Dios, debido a que en épocas de seca, es decir cuando el río baja, la concentración de obreros generalmente procedentes de Puno y las provincias altas del Cusco (se calcula aproximadamente una población de 70,000 a 120,000 personas por campaña), representa una demanda muy considerable, debido a que el consumo de charqui puede garantizar el aporte necesario a la base proteínica de su dieta alimenticia, aunado al hábito de consumo de este producto por esta población emigrante de las zonas altoandinas (habituada al charqui). Otra zona con mucha demanda de charqui, en la actualidad, es la provincia de la Convención en el departamento del Cusco, especialmente en la época de cosecha de café y cacao donde la mano de obra empleada generalmente en estas labores es proveniente de las zonas altoandinas de Cusco y Puno.

De acuerdo al área de destino, el charqui sufre variaciones en su presentación. En el área urbana-costa (Lima), se consume principalmente el charqui picado o deshilachado, elaborado con tecnología intermedia; en el área urbana-sierra (Arequipa y Cusco) se consume el charqui anterior pero sin el acondicionamiento final de picado o deshilachado; mientras, que en el área rural-costa y rural-selva, el charqui consumido es el elaborado con tecnología baja a partir de piezas enteras (Pachao, 2006).

El sistema de comercialización del charqui sigue los mismos patrones de otros productos deshidratados. Generalmente los productores ofertan su charqui en las plazas o, en cantidades menores, en las ferias distritales. En estos lugares, el charqui es acopiado por rescatistas o acopiadores que reúnen importantes cantidades para su traslado a otros lugares de mayor demanda.

Se distinguen tres sistemas de comercialización del charqui, el primero que une la producción de Azángaro y el consumo de Lima, que tiene como intermediarios a los distribuidores mayoristas de Lima y donde el productor tiene una participación en la ganancia comercial de 8,9%. El segundo sistema concentra la producción de Arequipa y Azángaro en dos grandes ferias arequipeñas: Los Inkas y el Altiplano, y abastece al sur; en este caso el productor tiene una ganancia del 17,7%. El tercer sistema une la producción de Sicuani con el consumo de poblaciones agrícolas de Quillabamba. Este sistema es menos complejo y el productor de charqui obtiene un 28,9% de la ganancia generada en el proceso de comercialización (Pachao, 2006).

La producción de charqui es una actividad que sustenta la rentabilidad económica en el sector de los camélidos, no solo porque genera ingresos en los distintos eslabones de la cadena producción-comercialización, sino también porque su producción amortigua las fuertes caídas de precios de la carne de alpaca durante la época de mayor oferta. No obstante, el charqui se inserta en un mercado poco favorable, debido a la carencia de información sobre el producto en los ámbitos tanto de consumidores (aspectos nutricionales y variedad de comidas) como de los productores (acondicionamiento del producto).

Por otra parte, la oferta también debe ser promocionada. Debe mejorarse la tecnología de producción y revalorizarse las cualidades nutritivas del charqui de alpaca para promocionar su consumo. Los avances que se hagan al respecto tienen que ser difundidos en la población para que ésta reconozca este producto por su calidad nutritiva y proceso de elaboración. Adicionalmente, y con el fin de que los productores de charqui aumenten su participación en la ganancia comercial, sería positivo que realizaran el acondicionamiento del charqui, es decir picar, deshilar o trozar y envasar el producto en el campo, mediante procesos que, aunque simples, garanticen el aspecto higiénico-sanitario (Pachao, 2006).

I.3. OTROS PRODUCTOS CÁRNICOS DESHIDRATADOS ELABORADOS CON CARNE DE RUMIANTES A PARTIR DE PIEZAS ENTERAS

I.3.1. Generalidades

Los productos cárnicos elaborados a partir de piezas o trozos de carne de rumiantes suelen ser productos autóctonos, tradicionales, circunscritos a zonas muy concretas dentro de los distintos continentes. En algunos productos no se utiliza más que sal como conservante y se secan en condiciones naturales (al aire y al sol). Este es el caso del biltong (África del sur), el dendang (Malasia), el charqui (Perú y Bolivia), el charque (Brasil) o el tasajo (Uruguay). Por otra parte, hay los productos típicos que suelen contener (aunque no siempre), además de sal común, agentes del curado (nitratos, nitritos, etc.), elaborándose de forma más industrializada. Ejemplos de estos productos los podemos encontrar en Europa, mencionando en este grupo el Bündnerfleisch, la bresaola o la cecina española. Como ejemplo adicional, en Turquía, Armenia y Grecia se elabora la basturma o pastirma y en Nigeria el kilishi, ambos a partir de carne de vacuno, que además de la salazón y secado, se recubre superficialmente de una capa de 2-3 cm de un adobo especial (ajo picado, sal, pimentón picante, harina de trigo, semillas picadas de cereales y agua) (Zumalacárregui y Díez, 2001).

I.3.2. Productos cárnicos de humedad intermedia con a_w menor a 0,75 elaborados con piezas enteras de rumiantes

1.3.2.1. Chalona

Definición y composición

En la región andina, además del charqui, hay otros productos cárnicos típicos de humedad intermedia como la chalona (Fig. I.17), que se obtiene a partir de canales íntegras, preferentemente de ovinos, cortadas en forma plana, saladas e intensamente secadas (Flores *et al.*, 1993). La Real Academia

Española señala que “chalona” es un término utilizado en Perú, Argentina y Bolivia, para definir a una carne de oveja, salada y seca al sol. La chalona se consume mayormente en la sierra y se utiliza principalmente en la preparación de caldos, para lo cual debe ser previamente cortada y desalada.



Fig. I.17. Chalona de ovino; arriba, canal entera; abajo, trozos obtenidos de la canal para su venta.

Collazos *et al.* (1996) encontraron que la chalona peruana contuvo en promedio 50,3% de proteína, 20,2% de humedad, 17,8% de cenizas y 11,7% de grasa. También analizaron el contenido de algunos minerales, tales como el fósforo (423 mg/100 g), calcio (53 mg/100 g) y hierro (3,9 mg/100 g) y de algunas vitaminas como la niacina (13,63 mg/100 g), riboflavina (0,4 mg/100 g) y tiamina (0,06 mg/100 g). No obstante, no existen estudios sobre su perfil de ácidos grasos ni del resto de los micronutrientes.

Proceso de elaboración

Para la elaboración de la chalona (Fig. I.18), se elimina la grasa subcutánea de la canal de ovino y se practican cortes en diferentes regiones musculares (tasajeo) a fin de facilitar la penetración de la sal (ver cortes a nivel de los músculos de la pierna en la Fig. I.19). Posteriormente, la superficie de la canal se frota y se cubre con sal (Fig. I.20) y las canales así saladas se someten a prensado. El secado se hace colocando las canales en superficies planas y exponiéndolas al sol durante el día y al frío en las noches (pudiendo tener lugar, debido a la elevada altitud de las zonas de producción, el proceso de liofilización en la superficie de la carne, ya que en las noches frías ésta llega a congelarse) durante aproximadamente 7 a 8 días, volteando periódicamente dichas canales para permitir el secado por ambos lados (Fernández-Baca, 2005).

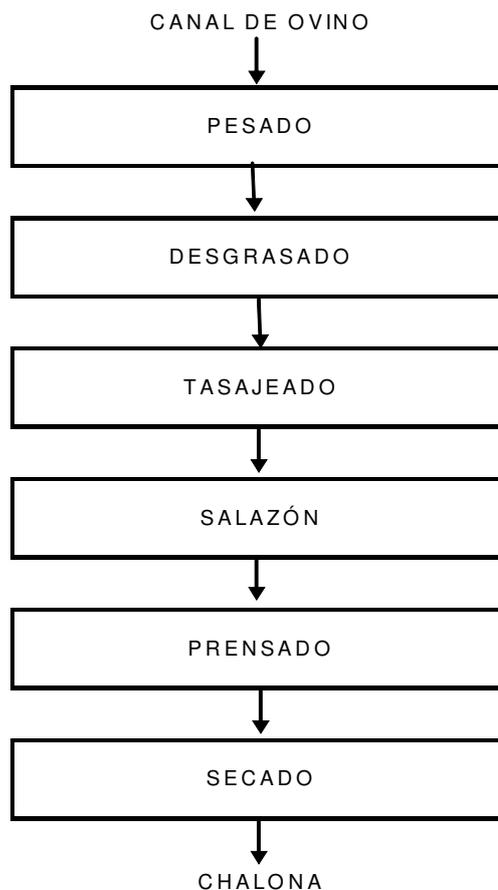


Fig. I.18. Diagrama de flujo de procesamiento de chalona.



Fig. I.19. Cortes a nivel de la pierna de ovino para facilitar su salado.



Fig. I.20. Salado en seco de canales de ovino.

1.3.2.2. Charqui o charque brasileño

a. Charqui de la Pampa

Definición y composición

El charqui o charque de la Pampa es un producto típico elaborado principalmente en Brasil, obtenido por salado y secado al sol y al viento de carne de vacuno (obtenida de piezas de los cuartos traseros o delanteros), que previamente ha sido deshuesada, recortada de grasa y cortada en trozos de gran superficie en comparación con su volumen, conocidos como “mantas” por la forma que adquieren (Fagundes, 1982). Este producto no requiere refrigeración y puede presentarse a granel o cortado y envasado en porciones más o menos grandes (Fig. I.21). Antes de su consumo se desala y, en caso necesario, se corta, normalmente en piezas pequeñas, cocinándose con arroz

o alubias, siendo una importante fuente proteica de origen animal particularmente para la zona rural (Norman y Corte, 1985). Su producción a escala industrial data de 1780. El producto era inicialmente destinado a la alimentación de los más pobres, los esclavos, aunque posteriormente se extendió su consumo al resto de la población y llegándose a exportar en grandes cantidades a países lejanos como Inglaterra, lo que supuso una fuente importante de ingresos en Brasil hasta las primeras décadas del siglo XX. En el presente, según manifiesta Picchi (1991), el producto es bastante consumido por ser una carne sabrosa, con buenas aplicaciones culinarias y poderse comercializar y almacenar sin refrigeración, aunque el mercado se localiza principalmente en el interior del país, siendo la zona de mayor producción la región del sureste del país y las zonas comercialización tanto en la zona de producción como en otras partes de Brasil, especialmente en el norte y nordeste. Actualmente, el charque se elabora conservando gran parte del proceso artesanal, a pesar de que se elabore principalmente en industrias cárnicas con gran volumen.



Fig. I.21. Charqui o charque de vacuno.

Debido a su salado y secado, el charqui tiene un bajo contenido de humedad (similar a 45%), una relativamente baja a_w (0,70 – 0,75) y alto contenido en sal (10–15%); además, el pH de la carne puede subir 0,3–0,8 unidades con respecto al de la carne de partida (Norman y Corte, 1985; Lara *et al.*, 2003). El Ministerio de Agricultura de Brasil establece que el charqui no debe contener más de 45% de humedad y no más de 15% de cenizas, con una

variación tolerable para ambos parámetros del 5%. Al respecto, Correia y Biscontini (2003) estudiaron la composición química de la parte muscular de 10 muestras de charqui de vacuno de establecimientos comerciales en Brasil, observando que dichas muestras se ajustaron a la norma (Tabla I.23).

Tabla I.23. Composición química del charqui de vacuno.

	Promedio \pm SD	
	Base húmeda	Base seca
Humedad	45,97 \pm 1,95	-
Cenizas	17,25 \pm 0,86	31,86 \pm 1,99
Proteína	29,26 \pm 4,04	54,07 \pm 5,82
Lípidos	5,77 \pm 2,08	10,76 \pm 3,77

Fuente: Correia y Biscontini (2003).

El perfil de ácidos grasos del charqui de vacuno, también ha sido estudiado, encontrándose que contiene aproximadamente un 52% de ácidos grasos saturados, 45% de ácidos grasos monoinsaturados y un 3% de ácidos grasos poliinsaturados. Los ácidos grasos más abundantes en el charqui de vacuno fueron el oleico (18:1), palmítico (16:0) y esteárico (18:0), como se puede observar en la Tabla I.24.

Tabla I.24. Perfil de ácidos grasos del charqui de vacuno.

Acido graso	Porcentaje
14:0	3,88
14:1	0,89
16:0	30,81
16:1	2,84
18:0	17,18
18:1	41,29
18:2	1,15
18:3	0,60
20:4	0,31
22:1	0,38
22:6	0,71
Saturados	51,87
Monoinsaturados	45,02
Poliinsaturados	3,15
Cociente Insaturados/Saturados	0,95

Fuente: Correia y Biscontini (2003).

También en el estudio de García *et al.* (2001) se recogen aspectos sobre el valor nutritivo del charqui de vacuno. Estos autores desalaron el charqui hasta un contenido de 0,7% de cloruro de sodio y lo cocieron por 20 minutos en agua a temperatura de ebullición. Dichos autores observaron que el desalado y cocido alteran la composición del charqui debido a la incorporación de agua en el producto y por la hidrosolubilidad de algunos compuestos.

Características sensoriales

Se han estudiado algunas características sensoriales del charqui de vacuno brasileño, tales como el color y la textura.

Por una parte, Youssef *et al.* (2003) evaluaron el color del charqui crudo y cocido en el sistema CIELab (Tabla I.25). De otro lado, Youssef *et al.* (2007) evaluaron la textura de muestras de charqui ($a_w=0,75$) procedentes del músculo *Vastus lateralis* de vacunos con una edad aproximada de 4 a 5 años, usando el dispositivo Warner-Bratzler. De esta forma midieron la textura en muestras de charqui crudas y sin desalar, crudas y desaladas y cocidas a 78 °C por 60 minutos. Dichos autores, formularon un modelo matemático para modelar cómo la dureza del charqui aumenta exponencialmente con su pérdida de humedad (Tabla I.26); sin embargo, concluyen que la textura del charqui es el resultado de muchos factores, que incluyen eventos bioquímicos que resultan de la interacción de las proteínas miofibrilares entre sí y con las moléculas de agua.

Tabla I.25. Parámetros de color del charqui de vacuno crudo y cocido.

	Parámetros de color (Promedio \pm SD)					
	L^*		a^*		b^*	
Charqui crudo	39,97	\pm 1,53	3,54	\pm 0,31	3,69	\pm 0,32
Charqui cocido	48,94	\pm 2,60	4,53	\pm 0,36	9,64	\pm 0,81

Fuente: Youssef *et al.* (2003).

Tabla I.26. Textura (N) y humedad (%) del charqui de vacuno crudo, desalado y cocido.

	Humedad (%)		Textura (N)	
Charqui crudo	46,3 ±	2,4	97,0 ±	10,0
Charqui crudo y desalado	58,9 ±	0,9	47,0 ±	2,0
Charqui cocido sin desalar	31,7 ±	1,2	300,0 ±	13,0
Charqui desalado y cocido	44,8 ±	0,6	86,0 ±	6,0

Fuente: Youssef *et al.* (2007).

Proceso de elaboración

En la Fig. I.22, se observa el diagrama de flujo de procesamiento para la obtención de charqui en Brasil. El proceso de elaboración se ha obtenido básicamente de las siguientes referencias bibliográficas: Norman y Corte (1985), Picchi (1991), Torres *et al.* (1994) y Rodrigues Souza (2007).

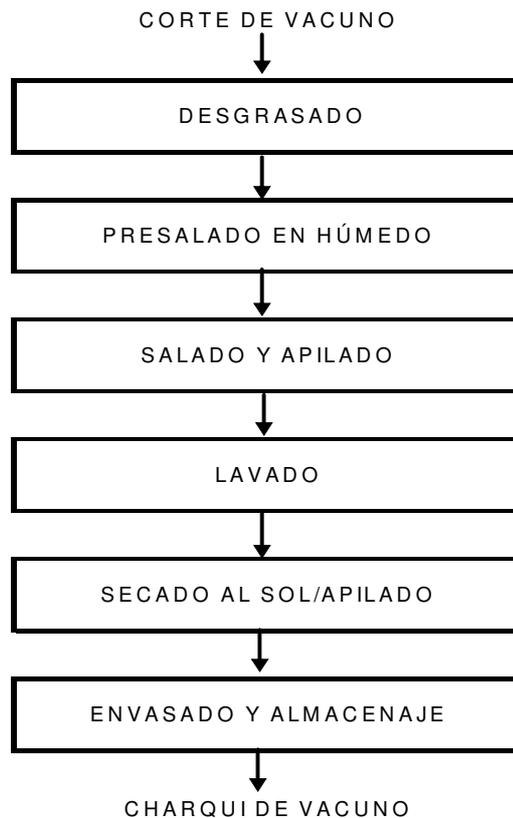


Fig. I.22. Diagrama de flujo de procesamiento de charqui de vacuno.

Para la elaboración del charqui en Brasil, por cuestiones de precio, se utiliza preferentemente carne del cuarto delantero y falda de vacuno (más baratos y menos aprovechables comercialmente que el lomo o pierna); dentro de estas localizaciones una pieza especialmente utilizada es la aguja o lomo alto, debido a que tiene una forma y tamaños adecuados para el corte (Picchi, 1991). Las piezas de carne se cortan en láminas de gran superficie y con un grosor uniforme de 4 a 5 cm, conocidas como mantas; además se suelen practicar cortes (semiprofundos) en la superficie de las mantas para facilitar la entrada de sal. Estas mantas son sometidas, con frecuencia, a un proceso de presalado en húmedo (con salmuera) a temperatura ambiente, usando por ejemplo tinajas de 80-100 cm de profundidad llenas de salmuera a una concentración superior al 25% de sal (23,5 ° Baumé o 355 g de sal por litro de agua). En estas tinajas se introduce la carne y se mantiene durante aproximadamente una hora con agitación manual constante; en caso de que se utilicen bombos de masajeo el proceso se hace en 15-20 min. Después del salado en húmedo las mantas de carne se pueden dejar escurrir durante unos minutos.

Posteriormente se procede al salado en seco, apilando la carne en capas de carne y sal, sobre un piso, normalmente de cemento, con drenaje para la eliminación de los fluidos que expulsa la carne. Entre las mantas de carne se coloca una capa de sal marina de aproximadamente 1 mm de grosor. Las pilas de carne y sal suelen tener una altura de 1,20-1,80 m (optimizándose así la manipulación y la presión ejercida por la propia carne).

Después de unas 8-24 horas la pila de carne se deshace y la carne se apila de manera inversa (las mantas de arriba pasan abajo y viceversa) redistribuyendo la sal y agregando, en caso necesario, más sal, uniformándose así la presión y facilitando un salado homogéneo. A las 24 h siguientes la operación de volteo y adición de sal nueva se repite. El proceso se hace en un ambiente de semioscuridad, con ganchos para mover la carne pero evitando laceraciones en el tejido muscular.

El volteo, esta vez ya sin adición de sal, se repite cada 24 h durante los 2-3 días siguientes. El reparto adecuado y homogéneo de sal es necesario para evitar el crecimiento de bacterias halófilas. Las pérdidas de peso tras el salado están entorno al 20% y son mayores cuanto más magra es la carne y menos grasa contiene. Al final del salado las piezas de carne son frotadas y lavadas en agua clorada para eliminar el exceso de sal. La sal recuperada en el proceso de volteo y frotación puede mezclarse con sal nueva para ser utilizada en los siguientes lotes.

Tras el salado, la carne se somete a secado. Durante el día las mantas de carne son colgadas en varales (Fig. 1.23), colocadas con orientación norte-sur y con una separación entre varas de 1.50 a 1.80 m para facilitar el secado. Los primeros días de secado las mantas se exponen al sol y aire durante 4-6 h al inicio del secado y al final del secado durante un máximo de 8 horas, evitándose tiempos prolongados de exposición al sol y temperaturas superiores a 40 °C, que son responsables de un secado excesivo no deseado. El resto del tiempo del día, por la noche, o durante todo el día cuando el tiempo es nublado o lluvioso, las piezas de carne se retiran de los varales del secadero y son apiladas en un piso, por ejemplo de cemento, cubriéndolas con lona o se disponen bajo techo. El periodo de reposo con la carne apilada, entre exposición y exposición al sol y aire puede durar de 1 a 2 días. Este proceso alternativo de secado al sol y apilado se repite 4 o 5 veces, pudiendo durar de 5 a 20 días. Finalmente, el charqui se envasa y almacena a temperatura ambiente. El envasado puede ser a granel, en fardos de hasta 60 kg o en bolsas de polietileno con trozos de charqui prensado de 0,5 a 1 kg o en envases de menor tamaño, pudiéndose usar en estos casos el vacío. El rendimiento aproximado del charqui es de un 55-65% en peso con respecto a la carne inicial.



Fig. I.23. Secado del charqui de vacuno.

Estudios sobre conservación y comercialización del charqui

García *et al.* (2001) señalan que el charqui es resultado de la aplicación de la tecnología de obstáculos (sal, deshidratación y empaçado). Al respecto, Lara *et al.* (2003) elaboraron charqui y determinaron los valores de humedad, sal, a_w y pH en las distintas etapas de elaboración. Estos autores observaron que después del secado se alcanzó una a_w de 0,74 y un valor de pH de 5,6 (Tabla I.27), concluyendo que una a_w entre 0,70 y 0,75 hacen al producto microbiológicamente estable, eliminando el riesgo asociado al crecimiento de *Clostridium botulinum* y de *S. aureus* (Tabla I.28). Asimismo, Torres *et al.* (1994) observaron que después de 40 días de procesamiento debido a la reducción de la a_w , se inhibe el crecimiento microbiano en el charqui de vacuno, presentando menos de 1 ufc/g de bacterias aerobias mesófilas viables, hongos y bacterias halófilas (Tabla I.29).

Tabla I.27. Valores de humedad, residuos de cloruro, a_w y pH durante el procesamiento y almacenamiento del charqui de vacuno.

	Humedad (%)	Cloruro de sodio (%)	a_w	pH
Salado	67,00 ± 1,00	10,11 ± 0,34	0,82 ± 0,02	5,39 ± 0,04
Apilado	54,13 ± 1,39	13,46 ± 0,33	0,78 ± 0,01	5,47 ± 0,04
Secado al sol	44,13 ± 1,05	15,53 ± 0,98	0,74 ± 0,01	5,57 ± 0,06
30 días (almacenado)	47,00 ± 1,61	17,16 ± 2,09	0,74 ± 0,01	5,57 ± 0,04
60 días (almacenado)	52,27 ± 1,14	13,92 ± 0,48	0,75 ± 0,01	5,46 ± 0,05

Fuente: Lara *et al.* (2003).

Tabla I.28. Desarrollo de *S. aureus* durante el procesamiento de charqui de vacuno.

	<i>S. aureus</i> (ufc/g)
Post salmuera	$5,4 \times 10^5$
Post secado con sal	$4,6 \times 10^5$
Post resalado	$8,5 \times 10^4$
Post secado al sol	$< 10 \times 10^2$

Fuente: Lara *et al.* (2003).

Tabla I.29. Evolución microbiana (log ufc/g) durante el procesamiento del charqui de vacuno.

	Días de procesamiento	Flora aerobia mesófila viable	Hongos	Bacterias Halófilas
Carne cruda	0	5,5	2,9	4,3
Salado	5	3,7	1,5	3,7
Secado	10	1,6	<1	<1
Charqui	25	1,8	2,0	2,5
Empacado	40	<1	<1	<1

Fuente: Torres *et al.* (1994).

La oxidación de lípidos durante el procesamiento y almacenamiento del charqui de vacuno también ha sido estudiada, lo que es debido a que a partir de ésta pueden formarse sustancias que merman su calidad sensorial (generen enranciamiento) y otras que pueden resultar tóxicas a bajas cantidades, tales como el malonaldehído y óxidos de colesterol, que han sido consideradas cancerígenas. Al respecto, Torres *et al.* (1994) tomaron muestras de charqui de vacuno a los 0, 5, 10, 25 y 40 días de procesamiento, observando durante los primeros días de salado un incremento del contenido en sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB), indicadoras de oxidación, lo que confirma que la sal tiene un poder prooxidante, sin embargo después de 25 días dicho contenido disminuye (Tabla I.30), debido a la capacidad de los productos secundarios de la oxidación para combinarse con proteínas de la carne.

Tabla I.30. Evolución de las características fisicoquímicas del charqui de vacuno durante su procesamiento.

	Días	Humedad	Grasa	Ceniza	Proteína	a _w	TBA
Carne cruda	0	75,50	2,50	0,90	18,70	0,98	0,04
Salado	5	52,10	2,70	16,60	26,20	0,74	0,70
Secado	10	23,60	7,70	18,00	44,20	0,71	4,53
Charqui	25	30,80	6,70	13,80	45,00	0,72	3,72
Empacado	40	33,20	7,90	19,20	37,20	0,70	2,58

Fuente: Torres *et al.* (1994).

Asimismo, Torres *et al.* (1989) estudiaron el efecto del tipo de sal y de la adición de antioxidantes sobre la oxidación de los lípidos durante el almacenamiento del charqui. En ese experimento se utilizó para el salado del charqui sal refinada, sal gruesa, sal refinada con adición de 0,76% BHA/BHT (p/p), sal refinada con adición de 3,80% de α -tocoferol y sal refinada con nitrato (500 ppm). Al analizar las muestras después de 0, 15, 30 y 60 días de almacenamiento, observaron que la adición de BHA/BHT y α -tocoferol fueron efectivos en el control de la formación de SRATB, especialmente durante los primeros 15 días de almacenamiento (Tabla I.31). La aplicación del nitrato al charqui no mostró un efecto antioxidante, lo que puede deberse a que el contenido de sal inhibe a los microorganismos capaces de reducir el nitrato a nitrito. Los niveles de hexanal, mostraron que después de 30 días de almacenamiento hay un alto grado de oxidación de lípidos para todos los tratamientos, existiendo buena correlación en los contenidos de hexanal y el puntaje sensorial. Se concluye que las condiciones de envasado son importantes para prevenir el aumento de la oxidación lipídica durante el almacenamiento del charqui a largo plazo, probablemente más que la presencia o no de antioxidantes en la sal. Por otra parte, el contenido en óxidos de colesterol hallados en el charque fueron: 7,36 ppb, 12,20 ppb y 3,00 ppb, para los charquis salados con sal refinada, sal gruesa y sal refinada con BHA/BHT respectivamente, sin embargo, no alcanzaron en ningún caso el nivel de 1 mg/kg (1 ppm), que es el valor a partir del cual se considera de riesgo para el consumo humano (Paniangvait *et al.*, 1995).

Tabla I.31. Efecto del tipo de sal en el contenido en sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (mg malonaldehído/kg) durante el almacenamiento de charqui de vacuno.

Días	Sal	Sal	Sal refinada	Sal refinada	Sal refinada
Almacenaje	refinada	gruesa	+ BHT/BHA	+ α -tocoferol	+ nitrato
0	1,53	7,04	1,51	1,47	5,21
15	2,02	3,76	1,58	2,36	2,20
30	4,31	2,00	3,06	3,43	4,42
60	2,47	4,52	3,45	3,09	2,74

Fuente: Torres *et al.* (1989).

También versa sobre la oxidación el trabajo de Facco *et al.* (2009), donde se estudia el efecto de la adición de un suplemento de vitamina E en la dieta de los vacunos (el suplemento se adicionó en los últimos 60 días de vida de los animales a razón de 1000 mg/día) sobre la oxidación del charqui y se encontró que el uso del suplemento no mejoró significativamente la estabilidad lipídica (determinada mediante las SRATB, obteniéndose valores medios de 1,3 mg/kg y 1,4 mg/kg de charqui para el tratamiento control y con suplemento, respectivamente).

Finalmente, en el estudio de García *et al.* (2001) se desarrolla la posibilidad de elaborar harina del charqui con objeto de mejorar su funcionalidad para el transporte, conservación y consumo. Así, tanto del charqui crudo como del cocido, obtuvieron harina mediante su homogenización y posterior secado en un horno con corriente de aire a 50 °C por 3 días. La composición química de dichas harinas se muestra en la Tabla I.32. Por otra parte, el perfil de aminoácidos esenciales de la harina y su comparación con la caseína se muestra en la Tabla I.33. Los valores del ratio de eficiencia proteica (PER) hallados para la caseína, harina de charqui cruda y cocida fueron respectivamente 2,50; 2,15 y 2,07. La digestibilidad (D) de la harina de charqui cocido (99,6%) fue mayor que la de la harina de charqui crudo (96,3%), debido probablemente a la desnaturalización del colágeno. El valor biológico (VB) de la harina de charqui crudo y cocido fue de 84,5% y 88,1%, respectivamente, siendo significativamente más bajo que el de la caseína (96,9%).

Tabla I.32. Composición química de harina de charqui crudo y cocido.

Harina de charqui	Humedad	Proteína	Ceniza	Lípidos
Crudo	3,95 ± 0,10	74,2 ± 0,32	0,71 ± 0,05	20,06 ± 0,26
Cocido	4,70 ± 0,09	81,1 ± 0,01	0,58 ± 0,01	13,52 ± 0,06

Fuente: García *et al.* (2001).

Tabla I.33. Composición de aminoácidos esenciales (mg/g de proteína) de la harina de charqui crudo y cocido en comparación con el estándar FAO.

Aminoácido esencial	Harina de charqui crudo	Harina de charqui cocido	FAO/WHO/ONU 1985
Histidina	27,1	22,8	19
Isoleucina	59,8	57,4	28
Leucina	112	106	66
Lisina	105	102	58
Metionina + cistina	37,6	35	34
Fenilalanina+tirosina	99,3	92,3	63
Treonina	56,6	54,4	34
Valina	58,8	55,6	35

Fuente: García *et al.* (2001).

I.3.2.3. Machaca

Definición y composición

La machaca es un producto cárnico tradicional en el norte de México (Sonora, Chihuahua, Coahuila, Sinaloa y Nuevo León). Las operaciones fundamentales para la obtención de este producto son: limpieza de las piezas de vacuno (en la sierra también se emplea equino, venado y otros animales de caza), fileteado, salado, secado, fritura, reducción de tamaño (deshebrado, machacado) y el aireado de las fibras obtenidas de la carne seca y frita. La machaca se consume normalmente aderezada con cebolla y chile (Fig. I.24), acompañado de huevos y tortillas de maíz.



Fig. I.24. Machaca con cebolla y chile.

La composición de la machaca obtenida en una pequeña planta procesadora con las características de equipamiento típico de la zona (con secador semi-industrial de bandejas sin control de temperatura ni velocidad de aire y con fugas) ha sido estudiada por Ibarra y Valdez (2001). Se encontró que la humedad del producto estuvo en el rango de 11-14% y la a_w entre 0,59 a 0,63, con un contenido en grasa de 22 a 24% (Tabla I.34). Los amplios rangos hallados en la composición se atribuyeron a variaciones en las condiciones de secado (velocidad y temperatura de aire) dentro del horno secador. Estos autores recomiendan llevar a cabo un diseño de proceso de salado y secado mejorando la tecnología y aplicando las nuevas directivas de APPCC (Análisis de peligros y puntos críticos de control).

Tabla I.34. Características físico-químicas de la machaca.

	Rango
Humedad (%)	11,00 - 14,00
Sal (%)	2,00 - 6,00
Grasa (%)	22,00 - 24,00
a_w	0,59 - 0,63

Fuente: Ibarra y Valdez (2001).

Proceso de elaboración

En la Fig. I.25 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de machaca al estilo del estado de Sonora descrito por González-Méndez *et al.* (2007). Para la elaboración de este producto se puede emplear cualquier parte

de la canal, pero se prefiere las piezas del cuarto trasero de vacuno. Una vez que las piezas de carne estén limpias de grasa y tendones, son fileteadas a lo largo de las fibras musculares con espesor entre 1 a 5 cm. El salado se realiza añadiendo un 2-10% de sal gruesa a la superficie de los filetes, que son tendidos sobre parrillas metálicas. Dichas parrillas son colocadas con aire caliente (en hornos de gas o eléctricos o al aire libre) durante 8 y 20 horas, en función de la temperatura, el grosor de la carne, etc. Cuando a una temperatura del aire de 70 a 85 °C y la velocidad de aire de 1 m/s el tiempo de secado se sitúa entre 8 y 12 h. Posteriormente, los trozos de carne seca se fríen en aceite o grasa durante 2-5 min, luego del cual se enfrían y se machacan o deshilachan (separación de las fibras sin pulverizarlas) con la ayuda de molinos, provistos de un sistema de “dedos metálicos” o barras que giran a alta velocidad y es forzada a salir a través de ranuras. Luego de este proceso, la machaca debe ser oreada para eliminar el calor que se generó durante el deshilachado y finalmente se envasa en bolsas plásticas.

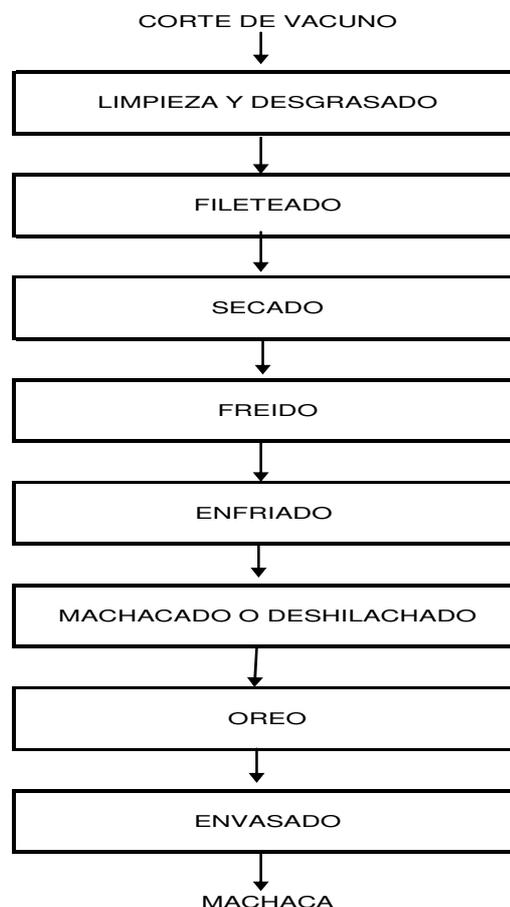


Fig. I.25. Diagrama de flujo de procesamiento de la machaca.

1.3.2.4. Biltong tradicional

Definición y composición

El biltong (Fig. 1.26) es un producto cárnico salado y deshidratado tradicional de Sudáfrica (donde se conoce desde hace siglos), que se prepara tradicionalmente a partir de músculos de bovinos y antílopes (Lewis *et al.*, 1957). Actualmente, la mayor parte del biltong producido se elabora con carne de vacuno. De la carne de estos animales se obtienen tiras de 1-2 cm de grosor, preferentemente mediante cortes paralelos a las fibras musculares, y de la longitud del músculo. A estas tiras de carne se les adiciona sal y otros ingredientes o aditivos como los nitratos y nitritos, diversas especias y condimentos. Finalmente, la carne salada se seca por 1-4 semanas a temperatura ambiente (Bender, 1992). El biltong puede ser consumido sin preparación posterior; no obstante, también puede ser rehidratado y cocinado. El biltong se consume principalmente en países africanos, aunque también tiene presencia en mercados de otros países como Portugal, Inglaterra, Estados Unidos o Australia (Atwell, 2003; citado por Dzimba *et al.*, 2007).



Fig. 1.26. Biltong.

La composición química del biltong tradicional fue estudiada por Lewis *et al.* (1957) quienes encontraron un contenido promedio de humedad de 11,5% (rango entre 5 a 20%), de grasa de 1,9%, de proteína de 65% y de cenizas de 12,5%. Cabe resaltar el bajo contenido en grasa de este producto, ya que la

grasa presente es prácticamente grasa intramuscular. En un estudio más reciente, Wolter *et al.* (2000) encontraron en 12 muestras comerciales de biltong, un valor de pH promedio de 5,84, un contenido de humedad promedio de 19,7%, de sal de 3,77% y un valor de a_w promedio de 0,72. Dichos autores observaron que los grupos microbianos con mayor presencia en muestras comerciales de este producto fueron las bacterias ácido lácticas y los estafilococos (con recuentos entre 4 y 8 unidades logarítmicas por g), seguidas por los mohos y levaduras (valores entre 2 a 7 unidades logarítmicas por g).

Características sensoriales

Para consumir biltong y disfrutarlo se requiere un cierto periodo de adaptación o acostumbramiento a su apariencia, textura y sabor (Lewis *et al.*, 1957). Su apariencia semeja a un trozo de madera oscura y es muy seco pero se ablanda fácilmente con la saliva. Según estos autores, el mejor biltong se obtiene de los animales de menor formato que de los de mayor formato y las regiones anatómicas más apreciadas para hacer biltong son el lomo y la cadera.

Con respecto al sabor del biltong y la posible modificación de la formulación para su adaptación a mercados de otros países, hay un estudio (Dzimba *et al.*, 2007) realizado en Brasil que compara la calidad sensorial del biltong elaborado con una formulación convencional con la de un biltong elaborado con una formulación diferente a la usual y adaptada a los condimentos usados en países latinoamericanos. Esta última consiste en: 3% sal, 0,72% de azúcar, 150 ppm de nitrito, 0,5% de cilantro y 0,024% de una mezcla de pimienta de jamaica, anís, ajo y cebolla. Además, se probó el efecto en la calidad sensorial de la inmersión de la carne para biltong en zumo de piña (15 min a 5 °C) antes del salado. En todos los casos el secado se llevó a cabo en un secadero a 35 °C durante 36 h. Los resultados de este trabajo indican que se puntuó mejor el biltong elaborado con la formulación alternativa, principalmente por su mejor apariencia (lo que pudo deberse a un color menos oscuro) y que algunos catadores notaron más blando el biltong cuyo proceso

de elaboración incluía la inmersión de la carne en zumo de piña, por el efecto ablandador de las enzimas que contiene (bromelina). Estos autores sugieren que dicha formulación podría contribuir a una mayor aceptación del biltong en Brasil y otros países sudamericanos.

Proceso de elaboración

El proceso de elaboración del biltong comprende las etapas de deshuesado, obtención de tiras de carne y desgrasado de las mismas, salado y secado (Fig. 1.27). La carne para el biltong se suele obtener de los músculos de lomo y pierna y consiste en tiras de carne de 2-5 cm de grosor y 20-30 cm de longitud, cortadas en forma paralela a la fibra muscular (en muchos casos la longitud de la tira coincide con la del músculo). Con respecto al salado, éste se lleva a cabo tradicionalmente en seco. En el salado se incorporan especias al gusto como son el anís, cilantro, pimienta de jamaica o ajo, condimentos como el vinagre de sidra o azúcar moreno y aditivos como los nitratos o nitritos y ácido ascórbico. Un ejemplo de salado en seco se describe en el trabajo de Prior (1984), quien elaboró biltong a partir de tiras carne a las que agregó 25 g de sal por kg, colocándolas en un recipiente de acero inoxidable en el que se mantuvieron 12 h a 5 °C, para permitir la penetración de la sal. Después del salado la carne se seca colgada al aire libre en un lugar con sombra y ventilado, protegido de la lluvia, congelación y niebla. Dependiendo del tamaño de las tiras de carne, de las condiciones ambientales y de la humedad que se desea en el producto final, el secado puede durar hasta 15 días. Las zonas más apropiadas para secar el biltong tradicional son aquellas con clima seco y fresco, con temperaturas no superiores a 10 °C.

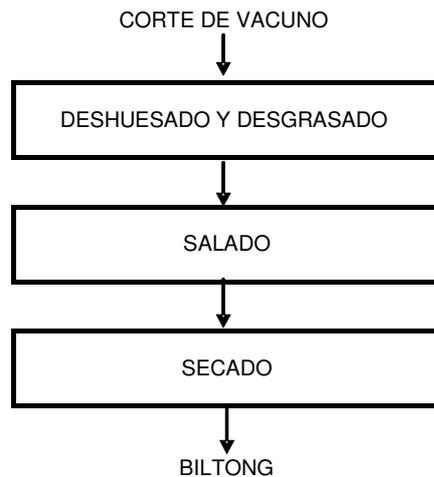


Fig. I.27. Diagrama de flujo de procesamiento del biltong tradicional.

Estudios sobre la comercialización y conservación del biltong

El biltong de baja humedad es muy estable durante su conservación a temperatura ambiente. Citando a Lewis *et al.* (1957), convenientemente envuelto puede llevarse en el bolsillo en excursiones y expediciones largas (días o semanas). Siempre que tenga un valor de a_w inferior a 0,80, el crecimiento de las bacterias y la mayoría de los mohos y levaduras se verá inhibido (Beuchat, 1981).

1.3.2.5. Kilishi

Definición, composición química y características sensoriales

El kilishi (Fig. I.28) es un producto cárnico tradicional de humedad intermedia elaborado en diversos países de África Subsahariana, cuya técnica original pudo ser desarrollada en la edad media por influencia de los árabes (Chuckwu y Imodiboh, 2009). El kilishi es uno de los productos cárnicos más importantes de Nigeria y otros países tales como Chad, Níger, Camerún o Malí, donde provee una valiosa fuente de proteína animal en la dieta de la población (Aworh, 2008). Su consumo está principalmente asociado a la población musulmana.

El kilishi es preparado a partir finos filetes de carne magra de vacuno (también se puede elaborar de cabra y oveja), que son secados al sol, impregnados con una mezcla pastosa de una masa de cacahuete desengrasado, agua, sal, especias y condimentos. Posteriormente, se secan de nuevo y se asan parcialmente (durante unos pocos minutos) a la parrilla (Ogunsola y Omojola, 2008). El kilishi un producto que se conserva durante mucho tiempo a temperatura ambiente y se consume en frío, después o, a veces, antes de su asado a la parrilla.



Fig. I.28. Kilishi.

El kilishi no solo está compuesto de carne. Un 45-70% del peso del producto es carne y un 30-65% son ingredientes no cárnicos, presentes en la película de cobertura (Musonge y Njolai, 1994; Aworth, 2008). La composición química del kilishi elaborado a partir del músculo de vacuno, con la cubierta de masa de cacahuete desengrasada, especias y condimentos y después del asado, se muestra en la Tabla I.35 (Igene *et al.*, 1990; Ogunsola y Omojola, 2008), donde se puede observar su alto valor proteico y bajo contenido de humedad. Adicionalmente, Chukwu y Imodiboh (2009) estudiaron el contenido de algunos minerales en el kilishi con una a_w de 0,59, que se presentan en la Tabla I.36. La composición de ácidos grasos de este producto se ha determinado en el trabajo de Igene (1988), encontrándose aproximadamente un 31% de saturados, un 50% de monoinsaturados y un 19% de poliinsaturados.

Tabla I.35. Componentes químicos mayoritarios del kilishi.

	Rango de las medias de los dos estudios
Humedad	6,0 - 10,0
Proteína	50,2 - 62,0
Grasa	14,2 - 24,3
Cenizas	5,7 - 9,6

Fuentes: Igene *et al.* (1990); Ogunsola y Omojola (2008), Chuckwu y Imodiboh, 2009).

Tabla I.36. Contenido en algunos elementos minerales del kilishi.

	Promedio ± SD
Calcio (mg/100g)	54,69 ± 7,23
Magnesio (mg/100g)	114,97 ± 13,92
Fósforo (mg/100g)	392,42 ± 57,88

Fuente: Chukwu y Imodiboh (2009).

La composición sobre extracto seco de la mezcla de harina de cacahuete, especias y condimentos utilizada como película comestible de la carne seca ha sido descrita por Badau *et al.* (1997). La proteína representó el 54%, la grasa el 9%, las cenizas el 5% y la fibra el 4%, con un contenido total de carbohidratos del 28%.

La humedad del kilishi está en el rango de 5-20% (Igene *et al.*, 1990; Musonge y Njolai, 1994; Kalilou *et al.*, 1998; Aworth, 2008). La a_w de este producto, cuando tiene 12-15% de humedad, está cercana al valor de 0,65 (Kalilou *et al.*, 1998), que es considerado como valor límite para la estabilidad microbiana de los alimentos sin otro factor de estabilidad más que la escasa humedad (Cheftel y Cheftel, 1992). Chuckwu y Imodiboh (2009) encontraron en un kilishi con 6% de humedad una a_w de 0,59 y un pH de 5,7.

El producto tiene una gran aceptabilidad sensorial tanto en el ámbito local como en el ámbito internacional – es un producto apreciado por el turismo. En general, se considera que cuanto más cobertura contenga el kilishi mejor es su calidad sensorial (Musonge y Njolai, 1994). Su color es marrón, con poco brillo, el sabor es especiado y picante, entre otras cosas, por la adición de pimientos picantes (Ogunsola y Omojola, 2008).

Proceso de elaboración del kilishi

El diagrama de flujo de procesamiento del kilishi, según se describe por Igene (1988), Igene *et al.* (1990), Musonge y Njolai (1994), Kalilou *et al.* (1998), Ogunsola y Omojola (2008) y Chuckwu y Imodiboh, (2009) se muestra en la Fig. I.29.

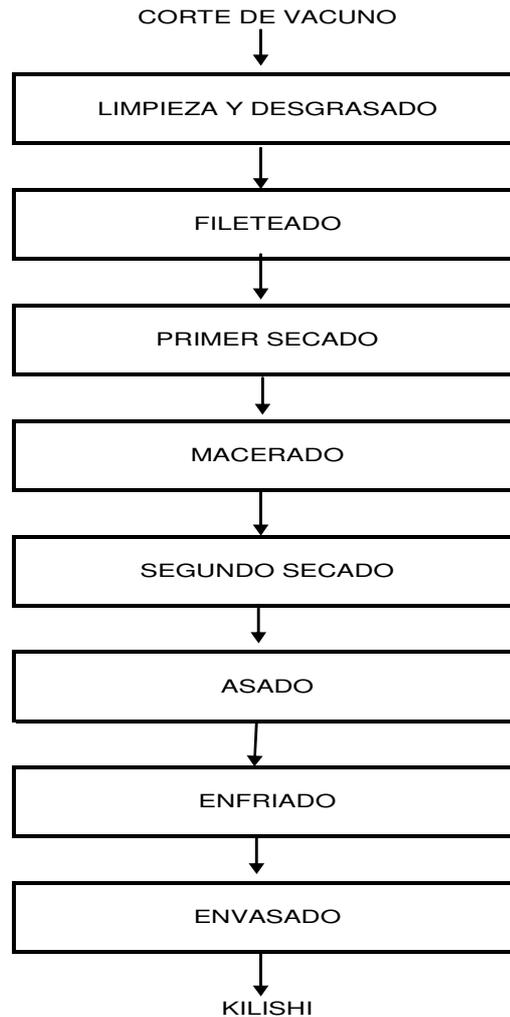


Fig. I.29. Diagrama de flujo de procesamiento de kilishi.

Para la elaboración de kilishi se usa preferentemente carne de la pierna, que se corta en tiras de unos 10-15 cm de largo (peso de 150 a 200 g), recortando y eliminando el exceso de grasa y tejido conectivo. Posteriormente, las porciones de carne se cortan en filetes con un grosor entre 0,5-3 mm, en dirección a las fibras musculares, y una anchura de unos 6 mm. Los filetes se secan al aire libre, bajo el sol, a temperaturas elevadas (unos 30-50 °C) y HR

entre 21-40%, durante 3-7 horas, estando la carne extendida en una superficie plana, normalmente con rejillas o agujeros, que facilitan el secado de la cara inferior de la carne – no obstante se considera conveniente voltear los filetes a mitad del secado. La carne pierde en este proceso entre el 35-50% de su peso, observándose un contenido en humedad de la carne seca del 35-40%.

También, se prepara una pasta elaborada con una masa de cacahuete (*Arachis hypogaea*) molido y parcialmente desengrasado¹ (25% de humedad y 10% de grasa y 60% de proteína sobre extracto seco, aproximadamente), agua y una mezcla de especias y condimentos (Tabla I.37).

Las proporciones de los tres principales componentes de la pasta (cacahuete molido, agua y mezcla de especias y condimentos) están comprendidas dentro de los siguientes rangos: 30-50%, 30-50% y 10-35%, respectivamente. Con esa pasta se procede a embadurnar los filetes secos. Este paso se realiza mediante inmersión de los filetes secos en la pasta durante 10-60 min o deposición manual de varias capas de esa pasta sobre los filetes secos. La cantidad de pasta que se fija en la carne está en relación aproximada de 1 parte de carne seca por 1-4 partes de pasta. La cantidad de pasta que se absorbe o adhiere a la carne seca depende de las características de la carne, composición de la pasta, forma embadurnar la carne, tiempo y temperatura del proceso. A continuación, se procede a escurrir y secar la superficie de la pasta de cobertura, por lo cual se colocan los filetes de kilishi con su cobertura extendidas en superficies planas en condiciones similares a las del primer secado. La humedad del producto después del segundo secado está entorno al 20%.

Finalmente el producto se calienta con fuego (a la parrilla) durante 2-10 min minutos para fijar/secar la pasta, aunque también puede salir al mercado y

¹ La composición del cacahuete es de 6% de humedad, 45% de aceite, 30% de proteína). La harina de cacahuete utilizada en la pasta se obtiene de la siguiente manera (Ogunsola y Omojola, 2008): los cacahuetes son pelados y tostados durante 2 min a 85-100 °C. Una vez enfriados se elimina la testa o piel que recubre la semilla. Posteriormente las semillas son molidas y el producto del molido se amasa con agua, extrayéndose gran parte de la grasa de los cacahuetes durante el amasado.

consumirse sin calentamiento alguno. La humedad desciende considerablemente durante el asado. El kilishi así preparado se envuelve en papel o se envasa hasta que sea consumido. En el producto final la carne seca representa aproximadamente el 45% y los ingredientes no cárnicos el 55%. El rendimiento del producto asado es de 30-45 kg por 100 kg de materias primas, unos 125 kg de kilishi por 100 kg de carne fresca.

Tabla I.37. Composición (%) de la mezcla de especias y condimentos, pasta de cacahuete molido y agua en la elaboración de la pasta de cobertura del kilishi.

Ingrediente	Nombre científico	Formulaciones				
		I	II	III	IV	V
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i>	3,8	0,7	0,6	1,6	2,3
Clavo	<i>Eugenia caryophyllata</i>	2,6	0,3	-	0,1	-
Gyadar miya	<i>Thonningea sanguinea</i>	-	-	-	0,3	0,6
Pimienta negra	<i>Piper guineense</i>	3,4	0,5	-	0,2	1,2
Pimientos dulces y picantes secos y molidos	<i>Capsicum frutescens y annum</i>	3,8	0,2	0,6	1,4	9,4
Pimienta melegueta, granos del paraíso	<i>Aframomum melegueta</i>	2,1	-	-	-	-
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	8,4	3,5	0,5	9,0	11,7
Ajo	<i>Allium sativum</i>	0,1	1,0	-	-	-
Nuez moscada de Jamaica	<i>Monodora myristica</i>	0,4	-	-	-	-
Colorante	<i>Fagara xanthoxyloides</i>	0,7	-	-	-	-
Maggi (caldo de carne)		5,8	-	0,3	4,6	0,1
Sal	Cloruro de sodio	0,7	2,8	2,1	2,0	1,9
Azúcar	Sacarosa	3,5	-	-	0,9	1,9
Pasta de legumbres		-	0,9	-	-	-
Pasta de cacahuetes (20% humedad aprox.)	<i>Arachis hypogaea</i>	28,5	47,4	45,5	49,0	35,2
Agua		36,2	42,8	50,4	31,0	35,2
Otros			1,1			

Formulación: I, Oguniola y Omojola (2008); II, Kalilou *et al.* (1998); III, Musonge y Njolai (1994), IV, Badau *et al.* (1997); V, Igene *et al.* (1990).

Con el propósito de mejorar el rendimiento, evitando al máximo el desprendimiento de la cobertura durante el escurrido/secado y cocinado del kilishi, Kalilou *et al.* (1998) y Badau *et al.* (1997) proponen medidas de mejora respecto al procesamiento tradicional, basadas en optimizar la humedad de la pasta y/o añadir ingredientes funcionales a la misma. Para ello se propone que

la cantidad de agua que debe contener la pasta empleada para condimentar el kilishi esté en el rango de 40-50%, evitando valores inferiores. Kalilou *et al.* (1998) proponen además el uso de harina de trigo en proporciones entre el 4-8% siempre que el contenido en agua sea adecuado.

Estudios sobre la comercialización y conservación del kilishi

El contenido en humedad del kilishi es suficientemente bajo como para minimizar el crecimiento microbiano. Con el fin de garantizar la estabilidad del producto frente al crecimiento microbiano, Kalilou *et al.* (1998) consideran que el kilishi debe tener una a_w igual o menor a 0,65 (hasta un máximo de 15% de humedad). Por otra parte, el kilishi parece ser estable a la oxidación lipídica durante su conservación, probablemente debido al efecto antioxidante de los ingredientes de la cobertura (especias y condimentos). En el trabajo de Igene *et al.* (1990) se observó que las SRATB (indicadoras de oxidación) alcanzaron el valor de 1,53 mg de malonaldehído por kg de producto al final de la elaboración (lo que implica cierta oxidación de la carne durante el procesado), pero estos valores cambiaron poco durante la conservación a temperatura ambiente, llegando a ser de 2,01 mg de malonaldehído por kg después de 60 semanas de almacenamiento.

Kalilou *et al.* (1998) manifiestan que se puede conseguir una vida útil extremadamente elevada cuando el kilishi esté envasado adecuadamente para prevenir la entrada de humedad en el proceso de comercialización. Así mismo, cuando el kilishi, suficientemente seco, se envasa al vacío suele permanecer aparentemente estable durante periodos largos, de un año o más (Chuckwu y Imodiboh, 2009). Tradicionalmente, el kilishi se mantiene envuelto en papel en condiciones ambientales en el lugar de producción, como 37 °C y 25% de HR en el día y 24 °C y 83% HR en la noche, estando en cierta manera expuesto a la humedad y a los insectos, lo que va en detrimento de su vida útil.

I.3.2.6. Kaddid

Definición, composición y características sensoriales

El kaddid (Fig. I.30) es un producto cárnico sazonado con sal y especias (cilantro, ajo, pimienta) y secado, que se elabora mayormente en Marruecos y países árabes a partir de oveja o cordero. Dicho producto es muy estable por su baja a_w y es caracterizado por su fuerte sabor debido a los procesos de lipólisis y oxidación durante el secado (Bennani *et al.*, 1995; Mothershaw *et al.*, 2003).



Fig. I.30. Kaddid.

El kaddid tiene un contenido de humedad entre 7-14% y de sal entre 7-12% (Bennani *et al.*, 1995). Estos autores también han obtenido valores de a_w de 0,54 (rango observado de 0,50 a 0,65) y pH de 5,3.

La acidez de la grasa de este producto es elevada (8% en promedio de ácidos grasos libres respecto a grasa total), lo que indica una considerable actividad lipolítica desarrollada durante su elaboración (Bennani *et al.*, 1995), que probablemente influye en las características sensoriales. Sin embargo, los indicadores de proteólisis muestran valores medios moderados (0,6 mg de nitrógeno no proteico por g), aunque hay grandes variaciones entre muestras.

Los recuentos microbianos obtenidos del kaddid se resumen en: i) un contenido de mesófilos totales de 5-6 unidades logarítmicas, ii) los grupos microbianos más abundantes son los estafilococos, iii) las bacterias ácido

lácticas, las levaduras, los coliformes y enterococos estuvieron por debajo de 3 unidades logarítmicas.

Proceso de elaboración

El proceso de elaboración de kaddid se describe en los trabajos de Bennani *et al.* (1995 y 2000) y se esquematiza en la Fig. I.31. En primer lugar, se deshuesa la canal de ovino, excepto la carne de las costillas. Posteriormente, la carne se corta en tiras largas y estrechas para facilitar la penetración de sal y el secado. A las tiras de carne se les añade una mezcla a base de sal, comino, cilantro, ajo, pimienta, colorante, etc. dejándolas en reposo durante aproximadamente 10-12 horas, luego del cual son secada al sol durante 7-15 días, estando las tiras de carne colgadas en cuerdas. Dicho producto puede ser almacenado a temperatura ambiente durante largo tiempo, un año o más.

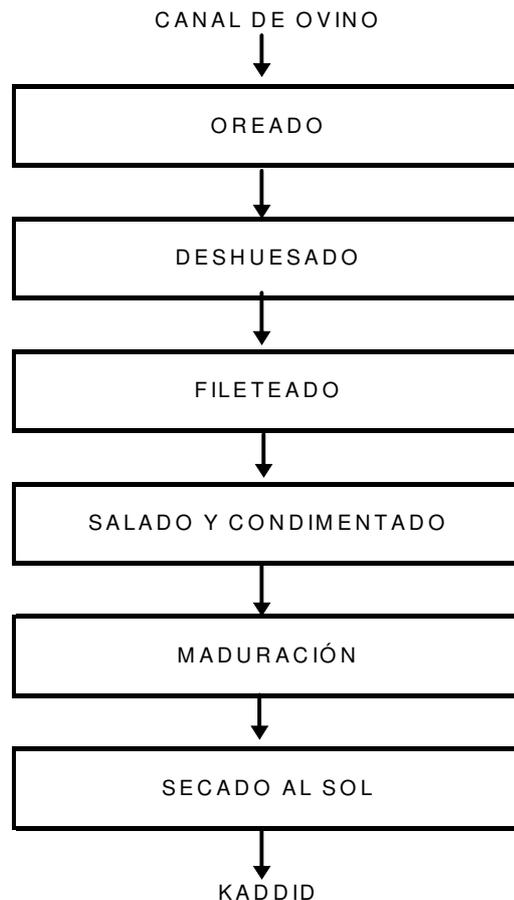


Fig. I.31. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de kaddid.

Bennani *et al.* (2000) estudiaron los cambios fisicoquímicos y microbiológicos que se producen durante el procesamiento del kaddid (desde día 0, carne de partida hasta 17 días de secado). En dicho trabajo se observó que la humedad disminuyó marcadamente hasta un 15% luego de 17 días de secado, asimismo, se produjo una disminución del pH de forma progresiva, alcanzando un valor ligeramente superior a 5. Por su parte, la acidez de la grasa aumentó considerablemente, especialmente durante los últimos días de secado, cuando la carne presentaba contenidos de humedad entre el 20 y 30%, llegando a valores finales de 12%. Por el contrario, el nitrógeno no proteico (NNP) aunque aumentó durante el secado y el almacenaje del kaddid, alcanzó valores moderados, de 4 mg/g al final del secado, lo que evidencia una leve proteólisis, debido probablemente a la baja actividad de agua del producto o por la inhibición de las proteasas durante el salado. Por otra parte, se observó una marcada y gradual disminución de la flora aerobia mesófila viable, durante el secado del kaddid, desde 10^6 ufc/g al inicio del secado hasta 10^2 ufc/g al final del mismo (17 días). También se observó un descenso de enterococos y enterobacterias que después de 10 días de secado presentaron valores inferiores a 2 unidades logarítmicas. Respecto al secado, Bennani *et al.* (1995) han obtenido la isoterma de sorción de este producto.

1.3.3. Productos cárnicos de humedad intermedia con a_w mayor a 0,75 elaborados con piezas enteras de rumiantes

1.3.3.1. Carne de sol

En la región del nordeste de Brasil, con un clima caluroso, se elabora un tipo de carne seca con carne de vacuno o caprino conocido como 'carne-de-sol' (Fig 1.32). La publicación más extensa sobre definición y proceso de fabricación de esta carne seca de donde se ha obtenido la presente información es la de Norman y Corte (1985), aunque también se ha recurrido a la comunicación personal con el profesor Ricardo Sainz Lemos (Universidad Federal de Pelotas) y a la tesis de Nóbrega (1982).

El consumo de la carne de sol es mayor que la del charqui, sin embargo, las precarias condiciones socioeconómicas de la zona han restringido su producción industrial, por lo que se elabora a nivel artesanal, sin un adecuado control del proceso. La carne de sol se elabora según una tecnología rudimentaria, casi doméstica, y variable entre localidades. Para elaborar la 'carne de sol' se parte de trozos de carne y que pueden tener el hueso incorporado. Esta carne es salada mediante un proceso de frotación con sal, y es secada al sol durante un tiempo variable de unas horas a elevadas temperaturas, normalmente a la sombra. Este producto cárnico tiene un sabor más fuerte y es más oscuro que el charqui de la región de la Pampa y su vida útil es de 3-4 días a temperatura ambiente.



Fig. I.32. Carne de sol.

Para su consumo, la carne de sol puede ser previamente desalada (1-2 horas en agua fría) y luego cocida como cualquier carne fresca. Consecuentemente, las características fisicoquímicas del producto varían considerablemente de una región a otra, aunque en promedio el producto se caracteriza por tener un contenido de sal entre 5-6%, 64-70% de humedad y una a_w entre 0,91-0,95.

El flujo de procesamiento de la carne de sol (Fig. I.33) es muy similar al del charqui y se utiliza similar equipamiento. La carne de sol se prepara con canales enteras (en caso de caprino) o trozos de carne (mantas) de unos pocos centímetros de grosor a los que se aplican cortes superficiales de profundidad variable. Los depósitos de grasa subcutánea e intermuscular

varían considerablemente entre los diferentes cortes, lo que influye en el salado y las pérdidas de agua durante el proceso.

El salado en seco se realiza primero en una mesa cubierta con acero inoxidable o plástico de alta densidad, donde se añade sal marina o refinada a los filetes de carne, cubriéndola por completo. Luego los filetes de carne se apilan (separadas con 3 mm de sal entre ellas y no excediendo 0,5 m de altura) durante un total de unas 12 horas. Después de las primeras 4-6 horas se invierte el orden de las mantas de carne en la pila, para garantizar una penetración uniforme de la sal. Posteriormente, se lava la carne con agua, que puede ser llevada a pH<5,5 (por adición de una solución al 1% de ácido láctico o ácido acético) para reducir los riesgos de desarrollo microbiano.

Posteriormente, la carne se seca en tendedores durante 8-14 horas en un clima caliente y seco y en lugares bien ventilados, de manera que se llega a formar una corteza seca 'protectora' en la superficie de la carne, mientras que el interior permanece más húmedo. En este paso hay que evitar en lo posible el acceso de insectos a la carne.

Finalmente, esta carne se puede comercializar en el lugar de producción colgada a temperatura ambiente durante su periodo de vida útil. También puede ser empacada en sacos que permitan el drenaje del fluido que pueda soltar, para proceder a su transporte al lugar de venta. Se recomienda mantener a una temperatura inferior a 10 °C para aumentar la vida útil y prevenir riesgos microbianos. En algunos lugares de Brasil, la carne es untada con aceite vegetal, para eliminar cristales de sal de la superficie del producto y mejorar su apariencia.

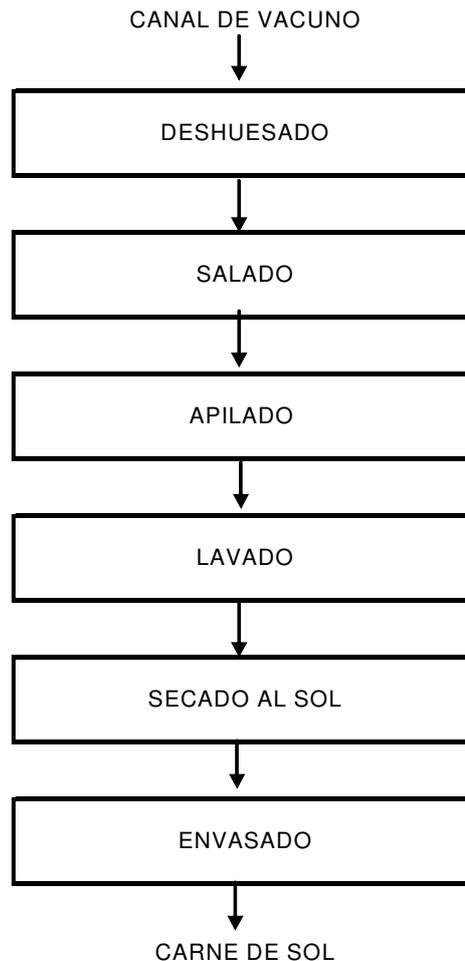


Fig. I.33. Diagrama de flujo de procesamiento de la carne de sol.

1.3.3.2. Jerked beef

Definición, composición y características sensoriales

El jerked beef es un producto cárnico, salado, curado con nitritos y secado al sol y viento, derivado del charqui tradicional de Brasil (Fig. I.34). El nacimiento de este producto se data en 1970 y está asociado a flujos migratorios y a la conveniencia económica, observada por varias industrias, de la producción de un sucedáneo del charqui con más humedad y menor costo de producción. Ante esta situación, el Ministerio de Agricultura de Brasil admite la normalización de un nuevo producto en el año 2000 al que se llama jerked beef (De Felicio, 2002). Este producto debe tener un máximo de 55% de

humedad, de 0,78 de a_w y 18% de sal y ha de llevar nitritos en su formulación, con un máximo de 50 ppm de nitrito residual, y tiene que estar envasado a vacío (Pinto *et al.*, 2002).



Fig. I.34. Jerked beef de Brasil.

Correia y Biscontini (2003) estudiaron la composición química de muestras comerciales de jerked beef, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla I.38, donde se puede apreciar que el jerked beef tiene un contenido proteico de aproximadamente 25% y una humedad de 50%.

Tabla I.38. Composición química del jerked beef.

	Base húmeda	Base seca
Humedad	51,17 ± 1,92	-
Cenizas	18,07 ± 1,37	37,29 ± 1,97
Proteína	24,95 ± 1,70	51,48 ± 2,99
Lípidos	4,08 ± 1,09	8,18 ± 1,77

Fuente: Correia y Biscontini (2003).

En lo referente al perfil de ácidos grasos del jerked beef (Tabla I.39), se ha encontrado que este producto cárnico contiene aproximadamente un 46% de ácidos grasos saturados, 48% de ácidos grasos monoinsaturados y un 6% de ácidos grasos poliinsaturados y que los ácidos grasos mayoritarios son el oleico (18:1), palmítico (16:0) y esteárico (18:0). También se encontró que el proceso de desalado y cocción no cambia sustancialmente los % de ácidos grasos con respecto a los del jerked beef crudo (Correia y Biscontini, 2003).

Tabla I.39. Perfil de ácidos grasos del jerked beef.

Acido graso (%)	Porcentaje
14:0	2,13
14:1	0,20
16:0	29,96
16:1	1,70
18:0	13,53
18:1	46,52
18:2	4,32
18:3	0,57
20:4	0,57
22:1	0,49
Total Saturados	45,62
Total Monoinsaturados	48,42
Total Poliinsaturados	5,96
Insaturados/Saturados	1,20

Fuente: Correia y Biscontini (2003).

Con respecto a las características organolépticas del jerked beef, Youssef *et al.* (2003) evaluaron el color del jerked beef crudo y cocido en el sistema CIELab (Tabla I.40) y el desarrollo de la rancidez durante un breve almacenamiento después de cocinado, comparándolo con los valores obtenidos en el charqui. Estos autores concluyen que la presencia de nitritos en la formulación del jerked beef confiere a este un mayor color rojo (valores a^*), tanto en crudo como en cocinado y una mayor estabilidad a la oxidación (los valores de SRATB en el jerked beef en el experimento no superaron los 0,6 mg/kg, mientras que los del charqui llegaron a 1,5 mg/kg en las muestras cocinadas tras dos días de almacenamiento a refrigeración).

Tabla I.40. Parámetros de color (a) y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB) (b) del jerked beef y charque crudo (desalado) y cocido.

	(a)					
	L^*		Promedio \pm SD		b^*	
			a^*			
Jerked beef crudo	40,33 \pm	1,09	13,56 \pm	1,73	4,99 \pm	1,17
Jerked beef cocido	44,93 \pm	1,21	14,77 \pm	2,45	7,02 \pm	1,19
Charque crudo	37,97 \pm	1,53	3,54 \pm	0,31	3,69 \pm	0,32
Charque cocido	48,94 \pm	2,6	4,53 \pm	0,36	9,64 \pm	0,81

(b)

	Promedio \pm SD					
	En el desalado antes de la cocción			Tras 2 días de almacenamiento a 4 °C después de la cocción		
Jerked beef	0,39	\pm	0,08	0,56	\pm	0,16
Charque	0,72	\pm	0,07	1,54	\pm	0,17

Fuente: Youssef *et al.* (2003).

La tecnología de procesamiento del jerked beef (Fig. 1.35) se asemeja a la del charqui tradicional de vacuno de Brasil, diferenciándose básicamente por la adición de nitrito de sodio a la salmuera, el envasado a vacío y el uso frecuente de equipamiento automático para el masajeo e inyección de salmuera, así como de cámaras de secado (Pardi *et al.*, 1996; Pinto *et al.*, 2002). Para la elaboración del jerked beef, la carne de vacuno se desgrasa y se corta en láminas (filetes) de 3 a 5 cm, a las que luego se introduce en salmuera durante 24 horas con masajeo, opcionalmente se las inyecta (20% volumen/peso) una solución de 25% de cloruro de sodio y 200 ppm de nitrito de sodio. Después se procede a un salado en seco, con las mantas de carne apiladas y separadas entre sí por una capa de sal marina durante 3 a 5 días a temperatura ambiente. Después de 24-48 horas, las láminas de carne se vuelven a apilar de manera inversa, repitiendo esta operación si es necesario. Posteriormente, los trozos se lavan para eliminar el exceso de sal y se secan al sol y viento hasta conseguir la humedad deseada (Pinto *et al.*, 2002).

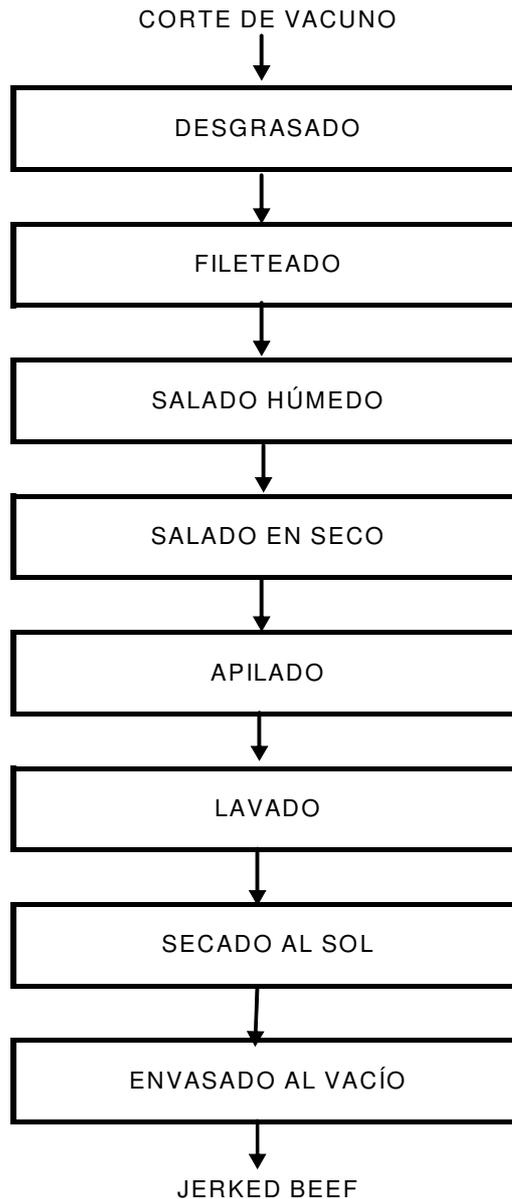


Fig. I.35. Diagrama de flujo de procesamiento de jerked beef.

Estudios sobre cambios bioquímicos, conservación y comercialización

Los cambios estructurales que se producen en la proteína del jerked beef a lo largo de su proceso de elaboración han sido estudiados por Biscontini *et al.* (1996) por medio de microscopía. Estos autores prepararon jerked beef a partir del músculo *sternomandibularis* de vacunos (4-5 años de edad), inyectando una solución salina (25° Baumé) con adición de nitrito de sodio, seguido de la aplicación de sal gruesa y el mantenimiento de la carne en la sal

(a 15 °C por 5 días) y finalmente secando al sol por el día con reposo en pilas por la noche hasta alcanzar la humedad deseada. Una vez terminado el proceso el jerked beef se almacenó durante 40 días a temperatura ambiente. De esta forma, observaron que el grado de proteólisis en el jerked beef después de los 40 días de almacenamiento fue considerable, produciéndose una desorganización en la estructura del sarcómero, de forma que se pierden las bandas A y las líneas Z se fragmentan. Se concluyó también que las concentraciones de sal contribuyen a la extracción de la banda A y que por la presión osmótica/fuerza iónica existe una despolimerización (desnaturalización) de la actina y miosina, que favorecería una remoción de agua desde la miofibrilla a los compartimientos interfibrilares y luego a los extracelulares.

De otra parte, Pinto *et al.* (2002) demostraron que la adición de cultivos iniciadores a la carne (*Staphylococcus xylosus* y *Staphylococcus carnosus*) durante el proceso de elaboración del jerked beef causó una intensa proteólisis y una mayor aceptabilidad del producto, por lo que recomiendan una incubación de la carne con dichos cultivos, antes de su deshidratado, para estandarizar su calidad y mejorar sus características sensoriales.

1.3.3.3. Tasajo en España

Definición

El término tasajo tiene varias acepciones. Roque Barcia en el primer diccionario general etimológico de la Lengua Española lo define como “pedazo de carne seco y salado o acecinado para que dure; y se extiende también al pedazo cortado y tajado de cualquier carne”. Corominas en su diccionario crítico etimológico de la Lengua Castellana lo considera como “pedazo de carne por lo común seca y salada” (Zumalacárregui y Diez, 2001).

El tasajo en España se puede definir como un producto cárnico salado y desecado (Fig. 1.36), elaborado principalmente con carne de vacuno o caprino, la cual, tras ser cortada en tiras de unos 2 cm de grosor, se somete a un

proceso de adobo con salazón y posteriormente a la acción de corrientes de aire que producirán su desecación, pudiendo exponerse al ahumado. Así pues, la carne pierde hasta el 40% de su agua, lo que impide la proliferación de bacterias, mohos y levaduras causantes de la putrefacción, asegurando de este modo su conservación durante mucho tiempo (Pérez y Martín, 1992).



Fig. I.36. Tasajo español.

En España, el tasajo mantiene su importancia en algunas zonas de Castilla y León y Extremadura, así como en algunos pueblos de la Mancha donde se le denomina “Salón”. Sin embargo, no dejan de ser producciones muy reducidas de carácter artesanal, realizadas en el seno de las familias o por carniceros a pequeña escala y siempre destinadas a un comercio local o comarcal muy restringido. No obstante, a pesar de la ausencia de un proceso de fabricación industrial y unos canales de comercialización estables, la obtención del tasajo como producto totalmente distinto a las carnes frescas, su larga conservación (hasta un año) y calidad, hacen que se mantenga aún vigente su elaboración (Pérez y Martín, 1992).

Proceso de elaboración

Pérez y Martín (1992) detallan el proceso de elaboración de tasajo en España (Fig. I.37) de la siguiente manera:

- Elección de la materia prima: Se puede utilizar animales de mayor edad para abaratar costos, pero es necesario utilizar carne magra (vacuno y

caprino principalmente). También pueden obtenerse excelentes tasajos de animales de caza mayor, como el ciervo o la cabra montesa, aunque no es práctica habitual.

- Preparación de la carne: Una vez sacrificado el animal, se enfría la carne por 12 horas aproximadamente y luego se separa el hueso del magro, cortando este último en tiras longitudinales de hasta 50 cm de largo, un grosor uniforme de 2 cm y una anchura aproximada de 6-10 cm para facilitar la salazón posterior.
- Adobado: Se adiciona directamente sobre la carne sal, orégano, pimentón y ajo, removiendo seguidamente todo el producto para obtener un reparto uniforme y dejándolo posteriormente de 48 a 72 horas en reposo, bajo frío.
- Desección: La desección se lleva a cabo mediante la exposición al aire libre de las tiras de carne, las cuales se colgarán de cuerdas, favoreciendo así la evaporación de su agua de constitución. Así expuestas permanecerán de 3 a 10 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Opcionalmente, el tasajo puede ser ahumado durante el proceso de secado.
- Preparación para consumo. Una vez terminado el proceso de desección, para facilitar su distribución y consumo el tasajo puede cortarse en cuadrados de 2 cm de largo.

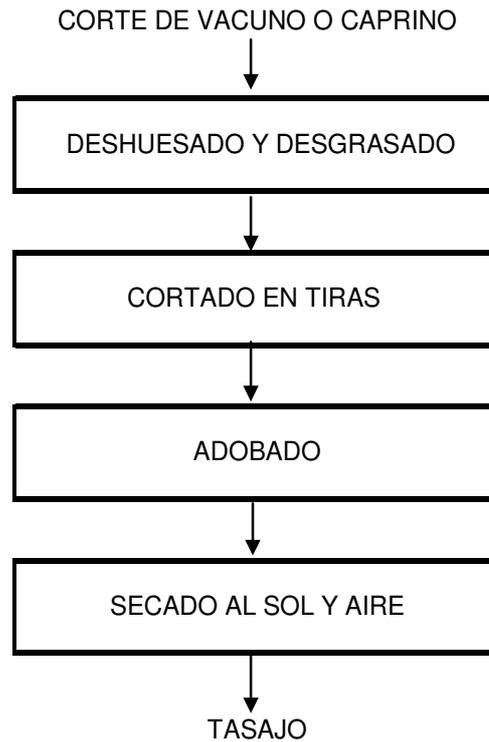


Fig. I.37. Flujo de procesamiento para la obtención de tasajo en España.

I.3.3.4. Tasajo en Latinoamérica

Definición y proceso de elaboración

El tasajo (Fig. I.38) en diversos países de Latinoamérica (Cuba, Uruguay, Argentina, Chile y Brasil principalmente) es carne ahumada, salada y deshidratada. El tasajo alcanzó un gran desarrollo a partir del siglo XVI, en que fue introducido por los españoles. Para la obtención del tasajo en estos países se parte de vacunos, a partir de cuyas canales se obtienen diferentes piezas constituidas por capas musculares de un grosor de unos 2 cm, que son sumergidos en una salmuera durante unos 30 minutos. Posteriormente sufren una salazón en seco. Terminada la salazón las piezas son secadas al sol y al aire, alternando fases de exposición con fases de apilado durante doce a treinta días (Zumalacárregui y Diez, 2001) o también, de forma más industrial con aire caliente (Chenoll *et al.*, 2007). Para su consumo se ha de lavar y rehidratar.



Fig. I.38. Tasajo latinoamericano.

Andújar (1999) estudió los procesos de salado (húmedo y seco) y secado por convección del tasajo en Cuba, mediante la aplicación de las ecuaciones de difusión Fickiana para una lámina plana infinita y ensayó una tecnología mejorada para la elaboración del tasajo, basada en el salado seco a 6 °C durante 3 días, prensado de las piezas y secado en aire caliente a 40° durante 48 horas. El tasajo así elaborado contuvo aproximadamente 33% de humedad y 37% de proteína y obtuvo calificaciones sensoriales comprendidas entre "muy bueno" para el aspecto y la textura y "bueno" para el aroma y el sabor.

Chenoll *et al.* (2007), señalan que para la elaboración del tasajo en Cuba, la carne de vacuno es salada y secada al sol, en un largo proceso que al menos dura tres semanas. En la industria el salado es hecho en dos pasos, primero un salado en húmedo, con una salmuera con 21% NaCl por 8 horas a 4 °C y luego un salado en seco a 4 °C hasta peso constante para finalmente desecarla en secadores de aire caliente a 60 °C, hasta alcanzar una pérdida de peso del 50%. En la Fig. I.39 se aprecia el flujo general de procesamiento para la obtención de tasajo en Latinoamérica.

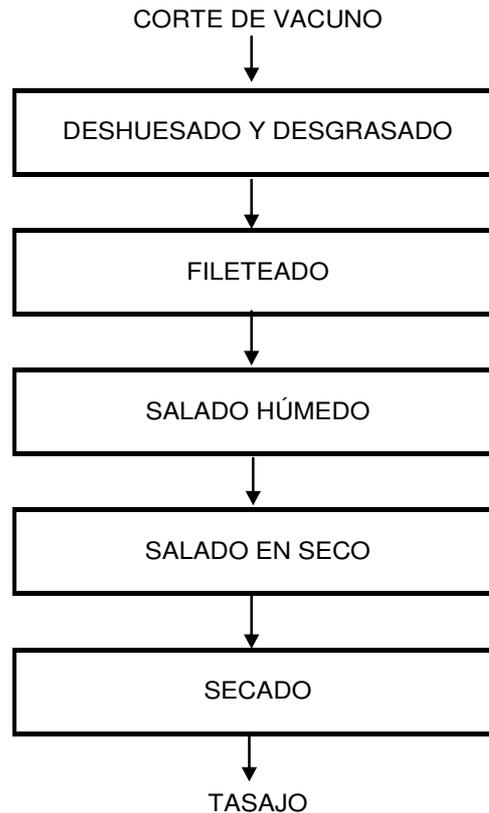


Fig. I.39. Flujo de procesamiento para la obtención de tasajo en Latinoamérica.

Otras acepciones de tasajo en Latinoamérica son las de Oaxaca, México, en la que el tasajo es un corte de carne de vacuno que se prepara a la brasa con guarnición típica, o la de Panamá, donde el tasajo es un corte de carne de vacuno ahumado a la leña y finalmente asado o crudo, según se recoge en Wikipedia (<http://es.wikipedia.org/wiki/Tasajo>, acceso en octubre de 2009).

1.3.3.5. Cecina española

Las “cecinas” son, quizás, los productos cárnicos españoles más antiguos que se conocen. Los procesos de elaboración artesanal de cecina, entendida como carne seca, quedan recogidos ya en el Tratado Agrícola de Lucio Junio Moderato Columela (3-4 años a.C.). La etimología de la palabra “cecina” no está aún perfectamente aclarada. Probablemente procede del latín *siccina* (carne seca o adobada de vaca). Es posible también que cecina derive

de “ciercina” referente al cierzo (aire de tierras frías). Sebastián de Covarrubias en su Tesoro de la Lengua Castellana de 1611 recoge esta última acepción en un frase bastante esclarecedora “la cecina tiene el mismo origen que ciecina porque es la carne salada y curada al cierzo, y es cosa cierta que las buenas cecinas son de tierras frías donde predomina este aire”. El diccionario de la Lengua Española define actualmente la cecina como “carne salada, enjuta y seca al aire, al sol o al humo”.

Técnicamente, la cecina es un producto cárnico tradicional de humedad intermedia preparada por salado, secado y ocasionalmente ahumado de piezas de carne; su rango de a_w es de 0,60 a 0,90, lo que le confiere una considerable estabilidad microbiana a temperatura ambiente (larga vida útil). Actualmente, en España existen varias cecinas en función de la especie animal: cecina de vacuno de León (la más conocida), la de chivo o castrón, elaborada con bastante exclusividad en la provincia de León y la de caballo que se fabrica a nivel industrial o semi-industrial solamente en Villarramiel-Palencia (Zumalacárregui y Díez, 2001).

En términos generales la preparación de “cecinas” consiste básicamente en 6 etapas (Hierro *et al.*, 2004), que se detallan a continuación:

- Se acondicionan las piezas de carne.
- Se apilan las piezas añadiendo una capa de sal en forma alternada, por un mínimo de 0,3 días/kilo y un máximo de 0,6 días/kilo, a 2-5 °C y una humedad relativa de 80-90%.
- Se lavan con agua tibia.
- Se colocan colgadas en un cuarto ventilado a 3-5 °C y una HR de 85 a 90% por 30-45 días. Opcionalmente las piezas pueden ser ahumadas.
- Se acaban de secar a una humedad relativa de 65 a 80% a 12-20 °C. Dependiendo del tamaño de la pieza, esta etapa puede durar de 3 a 8 meses, hasta alcanzar su estabilidad microbiológica ($a_w < 0,90$).

La diferencia de materia prima utilizada para la elaboración de las cecinas, hace que sus características sensoriales, compuestos volátiles y vida útil, también varíen. Al respecto, Hierro *et al.* (2004) analizaron los compuestos volátiles por GC/MS de muestras de cecina provenientes de diferentes especies y cortes: caballo (*longissimus dorsi*) y piernas traseras de venado, bovino y cabra (*semimembranosus*, *semitendinosus* y *bíceps femoris*), envasados al vacío y almacenados a 2-4°C durante 1 mes. En total fueron identificados tentativamente 110 compuestos incluyendo hidrocarburos, aldehídos, alcoholes, cetonas, furanos, ácidos orgánicos, ésteres, compuestos azufrados, terpenos, piridinas y pirazinas. Dichos autores señalan que las muestras de cecina de venado mostraron mayor cantidad de volátiles derivados de la oxidación de lípidos (6890 ng/100g ms), seguidas de las de caballo (5253 ng/100 g ms), cabra (4655ng/100 g ms) y vacuno (4318 ng/ 100g ms), debido probablemente a que las carnes de venado y caballo contienen mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales son sustratos de auto oxidación, que se encuentran en la grasa intramuscular de estas especies (Palairet *et al.*, 2003).

a. Cecina de chivo de Vegacervera

La Cecina de Castrón (Vegacervera) es una salazón típica de León obtenida de las canales enteras, las piernas o los costillares de hembras y machos cabríos castrados, mediante su adobo, ahumado y secado (Ojeda, 1994). Ésta consiste en una masa muscular compacta, con estructuras óseas y con grasa infiltrada enteveteando la estructura muscular. La cecina de chivo se puede consumir de dos formas diferentes: “curada” (para consumo crudo o cocido) y “entrecallada” (con menos tiempo de secado, para consumo cocido), como se puede apreciar en la Fig. 1.40. La curada se elabora normalmente a partir de los cuartos traseros (“piernas”) de la cabra, sometiéndolos a un periodo corto de salazón (tres días), luego se adoba con pimentón, ajo, aceite y orégano, seguido de otro periodo un poco más largo (4-6 días) de ahumado natural con leña de roble y, finalmente, un secado al aire durante tres a seis meses. La cecina “entrecallada”, destinada a ser consumida cocida, procede

del tejido muscular de los cuartos delanteros (“paletillas”), pescuezo y lomos del animal; estas piezas sufren un proceso de elaboración similar al anterior, pero con un periodo de curación o secado de tan sólo un mes (Asociación de Productores de Cecina de Chivo – Vegacervera, 2009). Se ha creado una Marca de Garantía “Cecina de Chivo de Vegacervera” que protege y ampara este producto. Según manifiestan los responsables de esta marca, la cecina de chivo es el resultado de la interacción de varios factores: carnes de cabras criadas en libertad en zonas de pastos, arbustos y matorrales naturales, variados y nutritivos; salazón y adobo adecuados (según recetas tradicionales); leña de roble para el ahumado, frío de montaña y tiempo para que se produzca la maduración. Todas estas características confieren a la cecina de chivo unas características de sabor y aroma muy particulares. La raza de cabra utilizada para la elaboración de la cecina con Marca de calidad es la Serrana del país, adaptada a las zonas de montaña. Para su elaboración, se utiliza la carne de caprino de dos o tres años de edad, de ambos sexos generalmente hembras que ya no sirven para la cría o bien machos castrados (de ahí su denominación popular de “cecina de castrón”). Las canales tendrán un peso mínimo de 22 kg.



Fig. I.40. Cecina de Chivo de Vegacervera; arriba, logotipo de la marca de calidad; izquierda cecina de chivo entrecallada; derecha, cecina de chivo curada.

b. Cecina de León

Definición, composición y características sensoriales

La cecina de vacuno es un producto cárnico de humedad intermedia, tradicionalmente elaborado en la provincia de León (Fig. I.41) que es obtenido a partir de diferentes piezas de la pierna los cuales son salados, ahumados y secados.

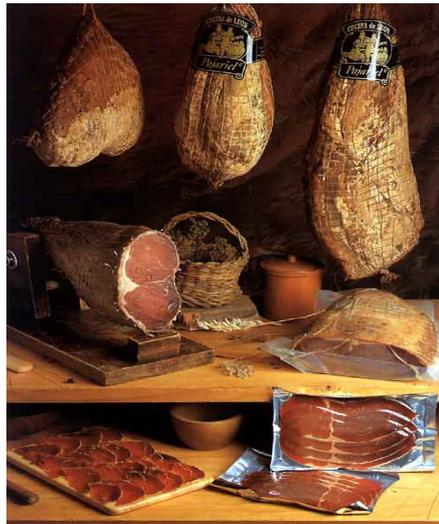


Fig. I.41. Cecina de León. Arriba se pueden ver colgadas de izquierda a derecha la tapa, la babilla y la contra.

Este producto cuenta con un reconocimiento de Indicación Geográfica Protegida (IGP) denominado “Cecina de León”, otorgado en 1994 (Boletín Oficial de Castilla y León [BOCyL], 1994). La IGP “Cecina de León” señala que la carne que se utilice para su elaboración procederá preferentemente de razas autóctonas de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, del despiece de los cuartos traseros de ganado vacuno mayor de cinco años de edad y de un peso mínimo en vivo de 400 kg. Las piezas utilizadas tendrán las siguientes características:

- Tapa: Masa carnosa, de forma cónica, aunque es plana mediolateralmente, formada por los músculos mediales del muslo: sartorio, pectíneo, gracilis, aductor, semimembranoso, cuadrado del

- muslo y porción extrapélvica del obturador externo, con un peso mínimo de 8 kg.
- Contra: Formada por la contra propiamente dicha y el redondo, que adopta una forma de prisma triangular algo cilíndrico, constituida por los músculos semitendinoso y gluteobiceps, con un peso mínimo de 10 kg.
 - Babilla: Pieza de forma ovoidal, integrada por los componentes del músculo cuadrado del muslo: recto del muslo y los vastos lateral, intermedio y medial, con un peso mínimo de 7 kg.
 - Cadera: De forma triangular, comprende el glúteo medio, accesorio y profundo, así como los gemelos de la cadera, con un peso mínimo de 6 kg. Esta última pieza es la menos utilizada de las cuatro (Molinero, 2009).

La cecina elaborada en León (14 muestras de cecina) fue caracterizada por primera vez por Gutiérrez *et al.* (1988), encontrando la siguiente composición: humedad, $52,4\pm 6,3\%$; grasa, $4,8\pm 3,8\%$; proteína, $35,5\pm 3,6\%$; cenizas, $9,3\pm 2,1\%$; cloruros (expresados como sal), $6,9\pm 2,2\%$; colágeno, $1,5\pm 0,4$, y unos valores de a_w y pH de $0,86\pm 0,03$ y $6,11\pm 0,27$, respectivamente. La composición de la cecina depende en cierta manera de la pieza anatómica que se considere (Molinero, 2009), siendo la tapa la que se seca más lentamente y la que presenta mayor contenido en grasa e hidroxiprolina.

La composición, lógicamente también depende del tiempo de maduración. En el estudio de Molinero *et al.* (2008) se determinó la evolución – a diferentes tiempos de procesamiento (210, 270 y 360 días) – de la composición química, el valor de pH y a_w en la cecina de León elaborada según las condiciones seguidas por elaboradores locales. Estos valores se muestran en la Tabla I.41a en la que se puede apreciar el notorio descenso de humedad y a_w entre los días 210 (60%) y 270 (51%), que luego fue mucho más lento entre los días 270 y 360. El secado de la cecina en este trabajo fue lento en comparación con el de la cecina estudiada por García *et al.* (1995; 1997), en el que a los 160 días de elaboración la cecina alcanzó una humedad del 50,3% y una a_w de 0,87 (Tabla I.41b). Estas diferencias se pueden explicar por las

condiciones ambientales, por el tipo de pieza utilizado para hacer la cecina y su tamaño.

Tabla I.41. Variación de la composición química (%), pH y a_w de la “Cecina de León” a lo largo de la maduración.

a)

	Días de procesamiento		
	210	270	360
Humedad	60,1	51,3	50,1
Grasa	6,1	7,8	8,1
Proteína	27,6	32,4	34,5
NaCl	5,7	7,1	7,5
Carbohidratos	0,2	0,3	0,23
Colágeno	0,8	0,9	1,0
pH	5,95	5,86	5,84
a_w	0,930	0,898	0,874

Fuente: Molinero *et al.* (2008); la pieza utilizada fue la babilla.

b)

	Días de procesamiento		
	53	93	153
Humedad	65,6	56,7	52,7
pH	5,77	5,88	5,87
a_w	0,899	0,887	0,876

Fuente: García *et al.* (1995); la pieza utilizada fue la contra.

Además de la pérdida de humedad, durante la maduración de la cecina tiene lugar una serie de fenómenos bioquímicos y microbiológicos que afectan a su composición. Así, las proteínas y las fracciones nitrogenadas no proteicas experimentan modificaciones importantes asociadas a proteólisis y desnaturalización. Según García *et al.* (1997), un 75% de la proteína sarcoplasmática perdió su solubilidad en tampón fosfato 0,03 M de pH 7,4 con respecto a la carne cruda de partida y un 82% de la proteína miofibrilar se hizo insoluble en solución de IK 1,1 M + tampón fosfato 0,1 M de pH 7,4; las pérdidas de solubilidad son más acusadas al inicio de la maduración que al final de la misma, cuando la a_w y la humedad son más elevadas.

Por otra parte, mediante electroforesis de las proteínas miofibrilares, esos autores (García *et al.*, 1997) observaron, como cambios más destacables,

el acusado decremento de las bandas correspondientes a la cabeza pesada de la miosina, la troponina C y cadena ligera 2 de la miosina a lo largo de la maduración, mientras que la concentración de actina se vio bastante menos afectada. Molinero *et al.* (2008) observaron también un descenso pronunciado en la presencia de la cabeza pesada de la miosina a lo largo de la maduración de la cecina (de 210 a 270 días). Simultáneamente a estos decrementos, fruto de la fragmentación proteica, se detectaron, en ambos estudios, la aparición de nuevas bandas entre 160 y 75 kDa. Estos fenómenos se atribuyen principalmente a la proteólisis endógena (Toldrá *et al.*, 1993). En relación a la fracción no proteica, García *et al.*, (1998) observó un incremento continuado en las fracciones del nitrógeno no proteico, aminoacídico y básico volátil, cuyas cantidades se multiplicaron en promedio por 3, 6 y 3, respectivamente, desde el inicio al final de la maduración (160 días). Sin embargo el nitrógeno peptídico no mostró variaciones tan notables. La cantidad de muchos de los aminoácidos libres formados supera el umbral de percepción del sabor descrito para los mismos en soluciones acuosas. Molinero *et al.* (2008), estudiando el cambio en las fracciones nitrogenadas no proteicas a medida que avanzaba el tiempo de maduración desde 210 días (a_w de 0,93) a 270 días (a_w de 0,87), encontraron un aumento en el nitrógeno no proteico (incremento del 10% aproximadamente) y en el aminoacídico (20%), mientras que los péptidos disminuyeron. Estos autores también observaron un aumento en el porcentaje de ácidos grasos libres, desde el 12,6 al 16%, lo que es indicativo de la lipólisis; los ácidos grasos libres formados procedieron principalmente de la hidrólisis de fosfolípidos, más que de la de los lípidos neutros. Ante estas observaciones se concluye que los incrementos en la concentración de aminoácidos y ácidos grasos libres contribuirían a la modificación de las características sensoriales de la cecina a lo largo de su maduración.

La flora microbiana de la cecina y su evolución durante la maduración también ha sido objeto de estudio en el trabajo de García *et al.* (1995). La microflora predominante tanto en el exterior como en el interior de la cecina son las *micrococáceas*, con valores en superficie de 10^7 ufc/g y en el interior de 10^3 a 10^4 ufc/g. Las levaduras y las bacterias lácticas también se han encontrado

en cantidades importantes en ambas localizaciones (entre 0,5 y 2 unidades logarítmicas menos que las anteriormente dadas). Los recuentos en superficie de esos tres grupos microbianos experimentaron un incremento de entre 2 y 4 unidades logarítmicas en los primeros 40 días de maduración para luego estabilizarse o disminuir ligeramente. En el interior, los recuentos aumentaron en los primeros 40 días, estando (para todos los grupos microbianos) próximos, por debajo o por encima a 10^4 ufc/g, para luego descender ligeramente.

La IGP “Cecina de León”, señala algunas características sensoriales para este producto:

- Aspecto exterior típico: la cecina tendrá un color tostado, pardo, ligeramente oscuro, propio del proceso de elaboración.
- Coloración y aspecto del corte: La cecina tendrá distintas tonalidades de color, desde un color cereza a granate, acentuándose éste en los bordes al final del proceso madurativo, y presentará un ligero veteado de grasa, que le proporciona su jugosidad característica.
- Sabor y aroma: Carne de sabor característico, poco salada, de consistencia poco fibrosa. El efecto que resulta del ahumado aporta un aroma característico, apoyando el conjunto de sabores.

Recientemente, Molinero *et al.* (2008) determinaron instrumentalmente la evolución del color y la textura de la “Cecina de León” a lo largo de su maduración, de 210 a 370 días (Tabla I.42), encontrando cambios especialmente notorios entre los primeros 60 días (tiempo en el que como se vio anteriormente descendió bastante el contenido en humedad). Entre esos días se produjo claramente un aumento en el valor de a^* , de la dureza, masticabilidad y elasticidad, así como una disminución en la cohesividad. También, en dicho estudio se llevó a cabo un análisis sensorial y en él se observó un incremento en la intensidad del color, olor, sabor y persistencia del sabor, que fue más notorio al inicio y que fueron relacionados con los fenómenos proteolíticos y lipolíticos. Igualmente, respecto a la textura, se observó un aumento en la dureza y la pastosidad y un decremento en la

jugosidad. Finalmente, el análisis sensorial mostró que los catadores prefirieron cecina de larga maduración (270-360 días, a_w 0,87-0,90) a la de corta maduración (210 días y a_w 0,93).

Tabla I.42. Medida instrumental del color y textura de la “Cecina de León”.

	Días de procesamiento		
	210	270	360
Color			
L^*	26,44	27,14	20,61
a^*	6,70	14,93	12,43
b^*	3,98	4,08	6,32
Textura (g)			
Dureza	1964,16	2699,05	3074,35
Masticabilidad	516,64	709,27	892,66
Elasticidad	0,52	0,63	0,68
Cohesividad	0,49	0,43	0,42

Fuente: Molinero *et al.* (2008).

Se ha encontrado que la congelación (y posterior descongelación) de la carne para hacer cecina afectó a sus características sensoriales. Las cecinas elaboradas con carne que ha sido congelada presentaron una mayor extensión de los fenómenos proteolíticos, que se relacionaron con una mayor intensidad del sabor, mayor jugosidad y masticabilidad (Molinero, 2009).

Una cantidad elevada de cecina se elabora sin la adición de nitritos ni nitratos y otra cantidad se elabora con la adición de estos en el proceso de salado. La adición de agentes del curado influye en el color, aumentando los valores de a^* (índice de rojos) y también previsiblemente favorece la estabilidad microbiana (Molinero, 2009). Respecto a este último punto (estabilidad microbiana), esta autora sugiere que el utilizar agentes del curado permitiría elaborar cecinas con menor tiempo de maduración (mayor valor de a_w).

Proceso de elaboración de la cecina

En la Fig. I.42 se muestra el diagrama de flujo de procesamiento para la obtención de “Cecina de León”, adaptado de lo que se recoge en el trabajo de García *et al.* (1995) y en el reglamento de la IGP. Según este reglamento, el

proceso debe tener una duración mínima de siete meses contados a partir de la entrada en salazón. El proceso de elaboración consta de las siguientes operaciones:

- Perfilado, que permita ajustar la forma de las piezas.
- Salado, favorece la deshidratación de las piezas y su conservación, además de contribuir al desarrollo del color y aroma típico de los productos curados. Las piezas se cubren con sal marina de grano grueso, y son apiladas. El tiempo de salazón tendrá una duración mínima de 0,3 días y un máximo de 0,6 días por kg de peso, a una temperatura entre 2-5 °C y una humedad relativa entre 80 y 95%.
- Lavado, con agua potable, templada o tibia, con objeto de eliminar la sal adherida en la superficie.
- Asentamiento, cuya duración oscilará entre 30-45 días a temperatura de 2-6 °C y HR de 80-90%. Esta fase tiene por finalidad eliminar agua, hacer penetrar la sal de una manera homogénea y uniforme, favorecer el desarrollo de la microflora y los procesos bioquímicos característicos.
- Ahumado, utilizando leña de roble o encina durante 12-20 días a 12-15 °C.
- Secado o curación. En esta etapa es importante proceder a la clasificación de las piezas según peso y conformación. La duración mínima es de 40 días aproximadamente y la máxima puede sobre pasar el año (la principal limitación es que se endurezca). La temperatura ideal para esta fase es de 10-12 °C y la HR de 75-80%. Esta fase tradicionalmente se realiza en secaderos naturales provistos de ventanas con apertura regulable que permita controlar tanto la temperatura como la humedad mediante el sistema tradicional de “abrir y cerrar ventanas”.

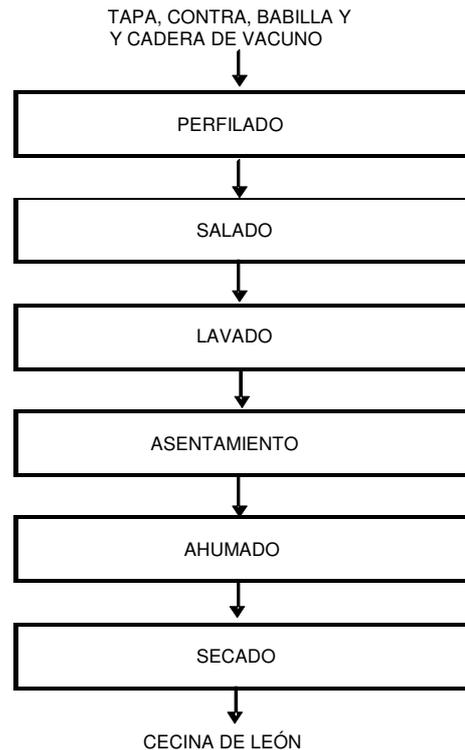


Fig. I.42. Diagrama de flujo de procesamiento de “Cecina de León”.

Estudios sobre la comercialización y conservación de la cecina

La cecina para su comercialización puede presentarse bien en pieza entera (envasada o no) o bien cortada en porciones (por ejemplo de 500 g) o en lonchas, en estos casos normalmente envasadas al vacío. El envasado a vacío o atmósferas modificadas permite alargar la vida útil del producto. No obstante, a lo largo del tiempo de almacenamiento se va perdiendo progresivamente calidad. Rubio *et al.* (2007b) estudiaron los cambios microbiológicos y sensoriales de porciones de cecina (con rangos de a_w de 0,88 y 0,92 y de pH de 5,8 a 6,0) envasadas a vacío o con atmósferas modificadas de CO_2 y N_2 y almacenada hasta 210 días a 6 °C. Por una parte, observaron que los recuentos de los grupos microbianos predominantes (bacterias ácido lácticas, micrococos y levaduras), al igual que el pH y la a_w permanecieron prácticamente constantes durante el almacenamiento (los recuentos estuvieron entre 4 y 6 unidades logarítmicas), independientemente del tipo de envasado. Con respecto a análisis de perfil de textura, solo se observó un aumento en la dureza no significativo. Sin embargo, el color sí se

vio modificado, destacando el aumento en la luminosidad y la disminución en el valor de a^* , esto último ocurrió más rápidamente en la cecina envasada al vacío que en la envasada en atmósferas modificadas. Finalmente, respecto al análisis sensorial, la mayoría de los atributos estudiados no experimentaron modificaciones durante el almacenamiento pero las puntuaciones para el olor y el sabor descendieron significativamente a partir de los 150 días de conservación sin llegar a ser motivo de rechazo al llegar a los 210 días. A la vista de los resultados, los autores concluyen que desde el punto de vista comercial, en relación con la vida útil de la cecina, no se pudieron establecer diferencias claras entre los tres tipos de envasado estudiados (vacío y atmósfera modificada con 20% o 80% de CO_2) y que uno de los principales problemas de envasar la cecina al vacío o en atmósferas modificadas es la aparición de un velo blanco superficial, atribuido a precipitación de sales poco solubles.

La vida útil de la cecina loncheada envasada a vacío o atmósferas modificadas, parece menor que la cecina en porciones. El comportamiento de una cecina loncheada, con a_w de 0,90, envasada a vacío o con atmósferas modificadas de 20%/80% y 80%/20% CO_2 , N_2 a lo largo de 210 días de almacenamiento a 6°C, ha sido estudiado por Rubio *et al.* (2006). Con el tiempo de almacenamiento la calidad del producto empeoró sustancialmente. Por una parte, el color en la cecina envasada empeoró con el tiempo (perdió brillo), haciendo que a los 60 días la cecina envasada en atmósferas modificadas fuese rechazada por los catadores; mientras, en la cecina a vacío el color no llegó a ser un factor de rechazo. Por otra parte, se observó un crecimiento microbiano importante a lo largo de la conservación, que fue mayor en la cecina envasada a vacío que en aquella con atmósferas modificadas. En la cecina envasada a vacío tras 150 días de almacenamiento, se observó que los recuentos de flora mesófila viable subieron entre 1 y 2 unidades logarítmicas con respecto a los del día 0 de envasado, llegando a valores de 7 unidades logarítmicas, lo que fue coincidente la aparición de sabores anómalos.

Por último, hay un estudio (Rubio *et al.*, 2007a) sobre la viabilidad de la aplicación de altas presiones (500 MPa por 5 min) a la cecina loncheada. El tratamiento con altas presiones no afectó a las características físico-químicas y sensoriales de la cecina y retrasó el crecimiento de los microorganismos alterantes. La vida útil de la cecina a la que se aplicó altas presiones superó a la vida útil de la cecina control, aunque la calidad sensorial del producto decreció con el tiempo de conservación, especialmente en lo referente al color y sabor. En este estudio se señala que la vida útil óptima de la cecina loncheada envasada a vacío es aproximadamente de 90 días.

1.3.3.6. Cecina latinoamericana

Definición, composición y características sensoriales

En diversos países de Latinoamérica, como México o Perú, entre otros, la cecina es un producto cárnico elaborado con carne (principalmente de cerdo o vacuno) cortada en filetes (Fig. I.43) que son salados y secados durante un corto periodo de tiempo (unas horas) a temperatura ambiente, bajo el sol, a la sombra o cerca del fuego de una cocina (según las características climatológicas y costumbres locales).



Fig. I.43. Preparación de los filetes de carne para cecina en México.

La cecina de vacuno mexicana (Fig. I.44) ha sido estudiada por Reyes-Cano *et al.* (1994), quienes encontraron que tiene aproximadamente 62-65%

de humedad, una a_w entre 0,89-0,90 y un contenido de sal entre 8 y 10%, así como una importante cantidad de proteínas (56,7-72,3%, expresado en base seca). La cecina es más oscura (por modificación química de los pigmentos y concentración de los mismos asociada a la deshidratación) y ligeramente más seca que la carne fresca.



Fig. I.44. Cecina mexicana.

Procedimiento de elaboración

En México, la cecina es producida localmente por pequeños productores y es vendida en tiendas y supermercados. En la Fig. I.45 se observa el diagrama de flujo de elaboración de cecina de vacuno mexicana según se describe por Reyes-Cano *et al.* (1994). Dicho proceso incluye el cortado de la carne (normalmente procede de los cuartos traseros), en dirección de las fibras musculares, en largas rebanadas o filetes de fino grosor (hasta 1 m de largo, 10-25 cm de ancho y 2-8 mm de grosor). Después la carne es salada (algún fabricante puede también adicionar vinagre). Finalmente se procede al secado al aire libre, que puede ser realizado con la cecina colgada o extendida sobre mesas y que dura un tiempo variable, normalmente está comprendido entre las 4 a 24 horas. A la cecina una vez secada, opcionalmente, dependiendo de la zona y fabricante se le cubre con una capa de aceite o grasa. Para su distribución, los filetes de cecina son doblados y cubiertos con tela, papel o plástico. También pueden permanecer colgados para su exposición y venta.

Durante la distribución y comercialización la cecina puede seguir perdiendo humedad (en función de la presentación, condiciones climáticas y tiempo).

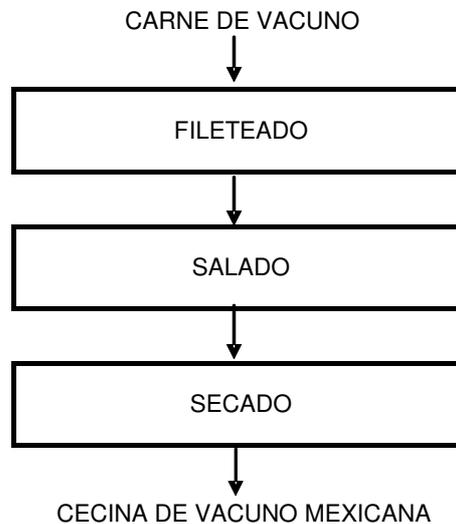


Fig. I.45. Diagrama de flujo de procesamiento de cecina mexicana.

La vida útil de este producto puede variar de días a semanas, dependiendo principalmente del contenido en humedad, la temperatura de almacenamiento, la protección frente a la evaporación de agua y la oxidación de la grasa. Para aumentar la vida útil, aunque el producto sea perecedero (no estable microbiológicamente) se aconseja llevar la a_w por debajo de 0,95 y usar temperaturas inferiores a 10 °C para el almacenamiento (Norman y Corte, 1985). La cecina, no obstante que sea un producto cárnico de humedad intermedia, su a_w es en la mayor parte de los casos suficientemente alta como para hacerla susceptible a deteriorarse a temperatura ambiente, representando así un riesgo sanitario. Reyes-Cano *et al.* (1994) analizaron cecinas procedentes de distintas regiones de México, encontrando en promedio 18×10^8 ufc/g de flora aerobia mesófila viable, 20×10^3 ufc/g de coliformes, 18×10^6 ufc/g de levaduras y 20×10^3 ufc/g de hongos. Estos autores, en un estudio posterior (Reyes-Cano *et al.*, 1995) proponen un proceso estandarizado de salado y secado de cecina con buenas condiciones higiénicas, controlando el salado (salmuera con 15% de sal, relación carne salmuera de 1:2 y 4 h de inmersión), la temperatura de secado (50 °C por una hora en un horno secador), la a_w al

final del secado (hasta alcanzar una a_w de 0,85, aproximadamente 1 h) y envasando a vacío, en el que se logra mantener el producto sin presencia detectable de *S. aureus*, coliformes y levaduras y con bajos recuentos de hongos (2×10^2 ufc/g), durante 120 días de almacenamiento tanto a 4, 25 o incluso 35 °C. En este trabajo también se obtuvo que i) el nitrógeno soluble se incrementa considerablemente durante el almacenamiento a 35 °C y casi no sube a las otras temperaturas; ii) el pH subió 1 unidad (desde valores iniciales de 5,3) a temperaturas de 25 y 35 °C, no así a 4 °C; iii) la luminosidad de la cecina así obtenida aumentó, más a más temperatura.

1.3.3.7. Bresaola

Definición y composición

La bresaola es un producto típico italiano, de la región de Valtellina (norte de Italia), que se obtiene por salazón y maduración durante varias semanas de diferentes piezas magras del cuarto posterior procedente principalmente de vacuno. La bresaola ha existido en la región de Lombardía desde 1450, como una manera de conservar la carne de vacuno durante todo el año. Se consume sin tratamiento térmico, cortada en finas lonchas, como antipasto, acompañada con aceite de oliva y zumo de limón (Fig. 1.46). Actualmente hay una tendencia creciente a la elaboración de este producto con carne de caballo, dado el auge del consumo de esta especie animal en Italia en las últimas décadas. Como anécdota de esta revisión bibliográfica, en estudios recientes se ha investigado el producto obtenido de carne de búfalo, caballo, cabra, ciervo y jabalí, comparándolo con la bresaola de vacuno (Paleari *et al.*, 2000, Paleari *et al.* 2003).

La bresaola (de vacuno) cuenta con una IGP llamada *bresaola della Valtellina* (<http://www.bresaoladellavaltellina.it/index.html>, web consultada en octubre de 2009), que ampara aquél producto elaborado según las condiciones de su reglamento. Las características de la bresaola, como producto IGP, son normalizadas por el Reglamento CE 1263/96 del 1 de julio de 1996. Las piezas

utilizadas para la bresaola se corresponden bastante bien con la tapa, babilla, contra, redondo, tapa sin músculo aductor españolas, y sus pesos mínimos son 3,5, 0,8, 1,8, 1 y 2,5, respectivamente. En el reglamento se establece en cuanto a la composición química que la bresaola debe tener un máximo de 65% de humedad, un 4% de grasa en promedio, pero no más del 7% y un máximo de 5% de cloruro de sodio, así como un mínimo de 30% de proteína y 4% de cenizas. Asimismo, establece un periodo mínimo de maduración de 4 semanas. La a_w de este producto, que puede tener un contenido de humedad relativamente alto (65%), puede llegar hasta valores tan altos como 0,90 o incluso se han reportado valores de 0,95 (Paleari *et al.*, 2003).

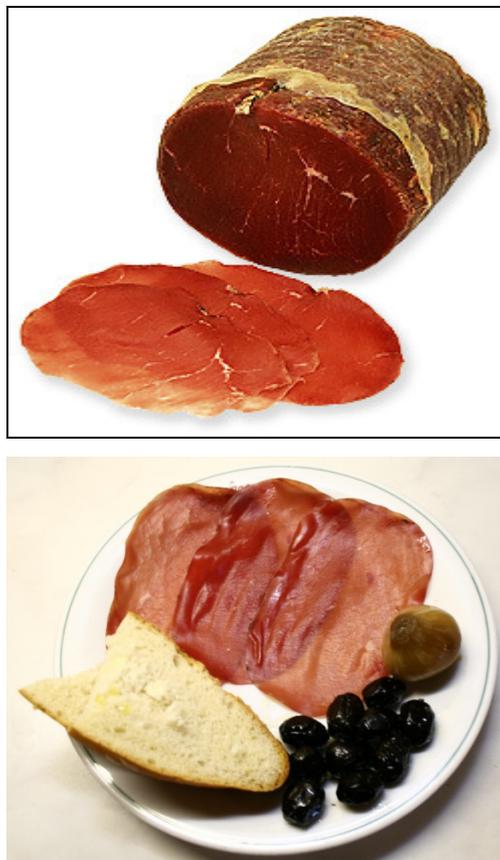


Fig. I.46. Bresaola.

La proporción de los componentes mayoritarios de la bresaola varían, lógicamente, con el tiempo de maduración como se puede observar en la Tabla I.43. Otros factores de variación serían las condiciones ambientales, el tamaño de la pieza y la composición de la carne. El pH de la bresaola de vacuno

madurada durante 60-120 días, con un contenido en humedad y a_w finales de 55% y 0,95, respectivamente, fue de 6,7 (Paleari *et al.*, 2003). Estos autores comentan que el pH fue relativamente alto lo que se puede atribuir a los fenómenos proteolíticos desarrollados durante la maduración.

Tabla I.43. Composición química de la bresaola.

	Tiempo de secado	
	6 semanas	16 semanas
Humedad	60,95	55,4
Proteína	31,96	34,6
Grasa	1,74	4,9
Ceniza	5,35	5,1
Colágeno	0,78	ND

ND: No determinado.

Fuente: Paleari *et al.* (2000); Paleari *et al.* (2003).

La composición de ácidos grasos en la grasa intramuscular de la bresaola de vacuno, según describen Paleari *et al.* (2003), se muestra en la Tabla I.44. Asimismo, dichos autores determinaron el contenido de colesterol, que fue de 76,5 mg/100g y de aminoácidos libres, que fue de 1338 mg/100g.

Tabla I.44. Perfil de ácidos grasos de la bresaola elaborada a partir de vacuno (expresada en porcentaje de grasa intramuscular).

Ácido graso	Porcentaje
C14:0	2,56
C16:0	31,40
C16:1 n-7	3,14
C18:0	13,90
C18:1 n-9	38,60
C18:1 n-7	1,85
C18:2 n-6	4,61
C18:3 n-3	0,42
C20:4 n-6	1,27
C20:5 n-3	0,19
C22:6 n-3	ND
Total Saturados	47,80
Total Monoinsaturados	43,60
Total Poliinsaturados	6,50

ND: No determinado.

Fuente: Paleari *et al.* (2003).

La microflora de la bresaola está dominada por bacterias ácido-lácticas, mientras que las coliformes y *Staphylococcus aureus* o no son detectables o están en muy baja cantidad (Paleari *et al.*, 2002). Suponemos que también habrá una cantidad importante de *micrococáceas*, tal y como se observa en la cecina.

En la IGP se define a la bresaola desde un punto de vista sensorial como producto de forma ligeramente cilíndrica, color al corte rojo uniforme al corte, con un borde superficial más oscuro poco acentuado y grasa color blanco.

Proceso de elaboración

El proceso de elaboración de la bresaola según se desprende de los procesos descritos por Paleari *et al.* (2003) y en el reglamento de la IGP antes mencionado es el siguiente (Fig. 1.47): primeramente se recorta la grasa, tendones grandes y fascias de las piezas de carne a emplear (piezas del cuarto posterior de la canal que pueden haber sido previamente congeladas, y descongeladas antes de su uso). Posteriormente las piezas se salan a 4 °C con cloruro de sodio (por ejemplo 25 g/kg de carne), pudiendo incorporarse además dextrosa (1,2 g/kg), nitrito de sodio (200 ppm), ácido ascórbico, vinagre y/o especias. Este paso puede hacerse manualmente o mediante el uso de un masajeador para facilitar la mezcla y entrada de los componentes en la carne. Después la carne salada se deja reposar en baldes con o sin salmuera, durante 5-15 días a 3-4 °C. Luego las piezas de carne se embuten en tripa natural o artificial para darles una forma cilíndrica y se cuelgan para su secado en cámara de maduración o en locales de secado natural de forma que la humedad se pierda de forma lenta y gradual. A modo de ejemplo, un programa de secado en cámara de maduración, inicialmente usa 20-30°C y una humedad relativa (HR) de 35-65% bajo ventilación intensa, manteniéndose así durante 24 h. Posteriormente, se baja la temperatura a 12-17 °C y se sube la HR a 70-90% y se mantienen estas condiciones por 15 a 30 días. Algunas bresaolas, las de maduración más corta, están listas para su comercialización después de

esta fase, siendo el tiempo mínimo de maduración para la IGP de 4 semanas. En casos de maduración más larga, la bresaola se puede seguir madurando a una temperatura de unos 14º C y HR a 70-80% por un tiempo variable, normalmente comprendido entre los 30-120 días. En cualquier caso se tiende a obtener un producto con una pérdida de peso entre 45 a 50%. Finalmente, el producto seco, se lava, se seca y se envasa. Las piezas se pueden comercializar enteras, envasadas a vacío o no, en porciones o loncheada, en estos casos se emplea normalmente vacío o atmósfera modificada.

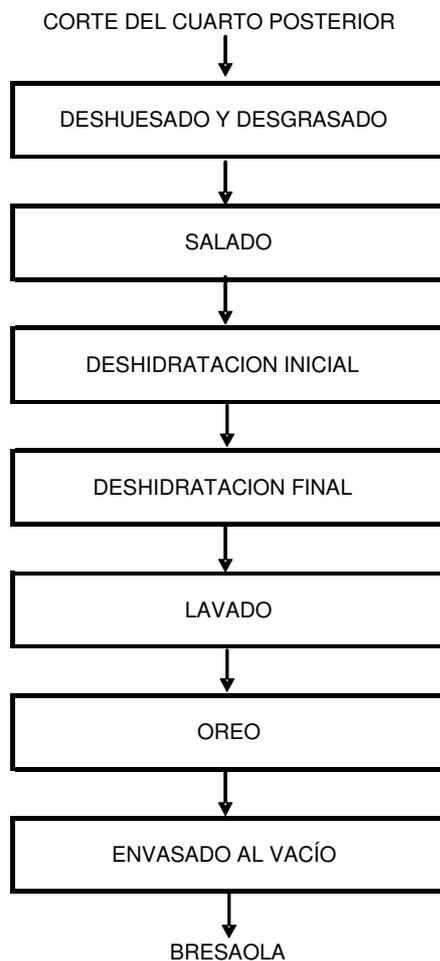


Fig. I.47. Diagrama de flujo de procesamiento de bresaola.

1.3.3.8. Biltong con alto contenido de humedad

Definición y composición

En el trabajo de Osterhoff y Leistner (1984) se describe un biltong de mayor humedad a la del tradicional (que llega a ser superior al 40%), y consecuentemente con un mayor valor de a_w , (entre 0,85 y 0,93) y que normalmente es envasado al vacío. La Tabla I.45 muestra la composición química del biltong de alta humedad obtenida por Nortjé *et al.* (2005), que fue elaborado por salado en húmedo y secado a 28-38 °C durante 48 h y, después, envasado a vacío y conservado a refrigeración durante unos días.

Tabla I.45. Composición química de biltong de alta humedad de vacuno (expresado en porcentaje).

	Promedio	±	SD
Humedad	46,70	±	1,27
Proteína*	45,20	±	1,19
Grasa*	1,53	±	0,09
Ceniza*	5,65	±	0,17
NaCl	3,70	±	0,18
NaCl*	7,94	±	0,67
a_w	0,919	±	0,008
pH	5,53	±	0,05

* expresado en base seca

Fuente: Nortjé *et al.* (2005).

La flora microbiana del biltong de alta humedad ha sido objeto de diversos estudios. Prior (1984) estudió el contenido microbiano en biltongs con 27% de humedad, 5% de cloruro de sodio y una a_w de 0,77. La flora aerobia mesófila viable fue de 7 unidades logarítmicas por g, mientras que en la carne cruda de partida fue de 3. Otro grupo microbiano importante fue el de los micrococos-estafilococos con recuentos de 4 unidades logarítmicas por g en producto final. Mientras, los mohos estuvieron por debajo de las dos unidades logarítmicas por g. Además, dicho autor, con el fin de ver el papel de la microflora asociada al biltong en los procesos lipolíticos y proteolíticos que tienen lugar en el mismo durante su maduración, comparó un biltong elaborado

convencionalmente con otro elaborado con carne a la que se agregaron antibióticos para inhibir el crecimiento microbiano. El resultado encontrado fue que la cantidad de aminoácidos y ácidos grasos libres era similar en ambos tratamientos, por lo que concluyó que dichos fenómenos bioquímicos son predominantemente de origen endógeno. En este producto se determinó la presencia de algunos microorganismos patógenos y no se encontraron cantidades detectables de salmonelas, *E. coli* o coliformes; sin embargo, los recuentos de *S. aureus* enterotoxigénicos fueron relativamente altos (en torno a 3 unidades logarítmicas por g), aunque inferiores al valor considerado como peligroso para la salud (6 unidades logarítmicas por g).

Proceso de elaboración

El proceso de elaboración del biltong con alta humedad es similar al del biltong tradicional y comprende las mismas etapas (deshuesado, obtención de tiras de carne y desgrasado de las mismas, salado y secado). La carne para el biltong se suele obtener de los músculos de lomo y pierna y consiste en tiras de carne de 2-5 cm de grosor y 20-30 cm de longitud, cortadas en forma paralela a la fibra muscular (en muchos casos la longitud de la tira coincide con la del músculo). Con respecto al salado, mayormente se utiliza el salado en húmedo. Nortjé *et al.* (2006) elaboraron biltong con un salado en húmedo, para lo cual se cortó la carne en tiras, recortando la grasa sobrante de las mismas; posteriormente se procedió a la adición a la carne de una mezcla de especias, ayudándose de un masajeo durante 2 min; finalmente, la carne se introdujo en una salmuera con especias y allí se mantuvo durante 12 h. Después del salado la carne se seca colgada al aire libre en un lugar con sombra y ventilado, protegido de la lluvia, congelación y niebla. Dependiendo del tamaño de las tiras de carne, de las condiciones ambientales y de la humedad que se desea en el producto final, el secado puede durar de uno a dos días. Existen alternativas tecnológicas al proceso tradicional de secado, que se basan en el secado en secaderos o al ambiente a temperaturas y/o HR relativamente elevadas o en el empleo de túneles de secado. Así, en el trabajo de Prior (1984) se describe un secado en un túnel a 35 °C, con una HR de 30% y una

velocidad de aire de 3 m/s por 5 días, obteniendo un biltong de alta humedad (aproximadamente 30%). Igualmente, Nortjé *et al.* (2006) secaron por 48 h a 28-32 °C y una HR de 70%, obteniendo un biltong del alta humedad (aproximadamente 50%).

Estudios sobre la comercialización y conservación del biltong

El biltong de alta humedad ($a_w = 0,90-0,95$) conservado a temperatura ambiente supone un riesgo para la salud por la posibilidad de crecimiento de *S. aureus* (que puede producir enterotoxinas a valores de $a_w > 0,86$). Este riesgo se incrementa si este producto se vende sin envasar junto con carne cruda en las carnicerías, lo que podría ocasionar una contaminación cruzada. Además, el crecimiento de hongos y levaduras serían una causa principal del deterioro del biltong de alta humedad. Este tipo de biltong se ha de apoyar en el uso de nitritos, el envasado y las bajas temperaturas para garantizar su estabilidad microbiana (Leistner, 1994).

Ante esta situación, se ha investigado la posibilidad de utilizar la técnica de irradiación en el biltong de alta humedad envasado a vacío (Nortjé *et al.*, 2005 y 2006), con el fin de aumentar su estabilidad y reducir el riesgo asociado a su consumo debido a un almacenamiento a temperaturas superiores a las de refrigeración. Se ha encontrado que una irradiación de 4 kGy permite reducir enormemente la presencia de *S. aureus* en el biltong con alto contenido de humedad (reducción de hasta 6 unidades logarítmicas) sin modificar sustancialmente sus características sensoriales del producto. Sin embargo, dicha dosis no fue suficiente como para controlar el crecimiento de hongos y levaduras (la irradiación solo redujo en 1 o 2 unidades logarítmicas estos recuentos), por lo que se recomienda minimizar su presencia mediante buenas prácticas de higiene en la elaboración del producto (Nortjé *et al.*, 2006). En este estudio además se investigó sobre el efecto de recubrir el biltong de elevada humedad con una película comestible de proteínas lácteas sobre el contenido microbiano en su superficie y se encontró que dicho efecto no fue significativo, probablemente por la excesiva humedad del producto (a_w de 0,97).

I.3.3.9. Pastirma

Definición, composición y propiedades sensoriales

La pastirma, también llamada bastirma, basturma, pastrami y otros (Fig. I.48) es un producto cárnico crudo madurado, elaborado a partir de piezas musculares de vacuno principalmente, aunque también se puede hacer de búfalo, ovino, caprino o camello. Su nombre está relacionado con la palabra turca 'bastirma' que significa prensado. Para su elaboración la carne se sala con sal y nitritos y se madura en locales adecuados, aplicando durante la misma varios prensados, cubriéndose finalmente la pieza madurada y prensada con una pasta de especias y condimentos. La pastirma es considerada un alimento de humedad intermedia (Guner *et al.*, 2008). Las piezas de pastirma son estables a temperatura ambiente debido a la combinación de barreras como la a_w , pH, nitratos y nitritos y sustancias antimicrobianas de las especias que se agregan a su superficie. Este producto se consume crudo, usualmente en finas rebanadas.

La pastirma es muy conocida en Turquía y algunos países de la parte oriental del Mediterráneo como Egipto, Grecia, Rumania, Albania, Macedonia, Croacia, Bosnia, Serbia, etc. También es popular en algunos otros países más o menos cercanos con influencia musulmana, como por ejemplo Armenia. Tradicionalmente, en Turquía se elabora pastirma sobre todo en los meses de Septiembre a Noviembre, cuando no hay moscas, la temperatura es bastante más baja que en verano y la humedad relativa es moderada, por no ser época de lluvia (Leistner, 1987).

La composición química de la pastirma es muy variable. Según Leistner (1987) y Aksu y Kaya (2001) y Gunter *et al.* (2008), la pastirma presenta un contenido de humedad entre 30 y 55%, un contenido de sal entre 3 y 9%, una cantidad de nitrito residual 0-16 ppm y 400 ppm de nitrato, un valor de pH en torno a 5,5-6,0 y una a_w entre 0,88-0,90.



Fig. I.48. Pastirma.

El contenido en elementos minerales de la pastirma en Turquía fue determinado en el estudio de Demirezen y Uruç (2006), encontrando los siguientes valores expresados en μg por 100 g: Zn, 159 ± 28 ; Fe, $136,2\pm 1,8$; Pb, $12,6\pm 2,1$; Ni, $10,2\pm 0,7$; Cu, $10,01\pm 0,14$; Cr, $8,9\pm 1,7$; Mn, $6,6\pm 2,1$; Se, $4,6\pm 0,5$; Cd, $0,78\pm 0,04$.

Se puede considerar que la elaboración de pastirma es un proceso de tenderización de la carne en presencia de sal (Guner *et al.*, 2008). En relación con sus características sensoriales, Heikal *et al.* (1972), citado por Guner *et al.* (2008) recomiendan utilizar carne que ha sufrido un periodo de maduración de 3-9 días puesto que la autólisis que tiene lugar donde la misma aumenta la calidad de la pastirma. Las características de sabor y aroma de las pastirmas están en gran parte marcados por los ingredientes usados en la pasta de cobertura, tales como ajo molido fresco, pimentón, comino, mezclados con semillas molidas (harina) de fenogreco (*Trigonella foenum-graecum*) y agua.

La flora microbiana de la pastirma comercial está dominada por estafilococos-micrococos y bacterias lácticas mientras que las enterobacterias y mohos están en muy baja cantidad, según se describe en los trabajos de Leistner (1987) y Kilic (2009). En este último se recogen los siguientes recuentos (en unidades logarítmicas por g): lactobacilos, 4-8; micrococos/estafilococos, 4-7; mohos <2-5; enterobacterias, <2-4; enterococos, <2-4; coliformes, pseudomonas y levaduras <2; *Cl. perfringens*, <1; salmonela, *Cl. botulinum*, *L. monocytogenes*, no detectados. La baja presencia de mohos se ha relacionado con la actividad inhibidora de la pasta de cobertura.

Se han estudiado los cambios más significativos en la composición química y microbiana que tienen lugar durante el procesado de la pastirma (Kaban, 2009). En el estudio se encontró un ligero descenso del pH (3 décimas aproximadamente) y un decremento de la a_w especialmente marcado durante el segundo secado (de 0,95 a 0,87). Además, se observó un incremento en el nitrógeno no proteico, alcanzándose valores finales de 4 g por 100 g de producto (algo más bajo que el de otros productos como la cecina, con mayor tiempo de maduración). Igualmente incrementaron los niveles de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, pasando de valores iniciales de la carne próximos a 0,2, a valores de producto final de 2 mg de malonaldehído por kg. Los recuentos de cocos gram y catalasa positivos y de bacterias ácido lácticas también experimentaron un importante incremento, de 2-2,5 unidades logarítmicas al inicio hasta 6 (cocos gram y catalasa positivos) y 5 (bacterias ácido lácticas) unidades logarítmicas en producto final. Finalmente, se recoge la evolución de los compuestos volátiles extraídos del producto. En el producto final se observaron los compuestos volátiles característicos de productos cárnicos madurados, sin embargo su cantidad fue moderada comparada con aquellos productos cárnicos de mayor tiempo de maduración. Los volátiles con mayor presencia fueron los aldehídos procedentes de la oxidación de las grasas, los azufrados provenientes de las especias (ajo) y los terpenos (de las especias o presentes en la carne). El contenido total en compuestos volátiles (número y cantidad) subió con el tiempo de maduración. En porcentaje de área

los aldehídos se incrementaron con el tiempo de maduración y los terpenos disminuyeron.

Proceso de elaboración de pastirma

En la elaboración de la pastirma se suelen utilizar piezas de carne de vacuno, desde ternera hasta animales de 5-6 años, de búfalo o de otros rumiantes menores obtenidas de distintas regiones anatómicas. Hasta 26 piezas diferentes se usan para hacer pastirma con carne de vacuno, siendo las preferidas el solomillo, cadera, redondo, lomo y otros músculos de la pierna y espalda. La carne puede ser fresca o descongelada. Las piezas se cortan de forma alargada, con unos 50-60 cm de largo y grosor variable, pudiendo encontrar piezas desde 5 cm de grosor en adelante.

El método tradicional de elaboración de pastirma, se muestra en la Fig. I.49, y se describe a continuación según se recoge de los trabajos de Leistner (1987), Aksu *et al.* (2005b), Gök *et al.* (2008), Kaban (2009) y Kilic (2009). La elaboración comienza por la selección de la carne y obtención y preparación de las piezas musculares, de las que se elimina la grasa y tejido conectivo de cobertura. El proceso continúa con el salado en seco de las piezas por frotación, pudiendo practicar cortes superficiales en la superficie para facilitar el proceso de salado. Una posible mezcla de salado estaría compuesta por unos 50 g de cloruro de sodio, 0,2-0,75 g de nitrito de potasio, 1 g de glucosa y 1 g de sacarosa por cada kilo de carne. La carne impregnada y cubierta con la mezcla de sal se mantiene apilada, alcanzado por ejemplo una altura de 1 m de altura, durante unos días (normalmente 2) a una temperatura fresca, por ejemplo 10 °C, y una HR alta entre 80-90% para facilitar la penetración de las sales.

El salado se puede hacer en dos fases. En la primera fase se salan las piezas por frotación sobre una de sus caras o superficies y, acto seguido, se apilan, manteniéndose apiladas durante 24 h; en la segunda se salan las

piezas por su cara o superficie opuesta y se vuelven a apilar durante otras 24 h. Tras el salado las piezas se lavan con agua para eliminar el exceso de sal.

Posteriormente se realiza un primer secado de unos pocos días (2-15 días) en locales acondicionados para ello, con condiciones ambientales de temperatura y HR más o menos controladas, considerándose como valores medios 15 °C y una HR del 75-85%. Este secado es seguido por un primer prensado (las piezas son apiladas en altura de unos 30 cm y se les aplica una fuerza de aproximadamente 1 kg/cm²) por unas 12-20 h a temperatura ambiente. A continuación, se procede con un segundo secado que dura 2-5 días, pudiendo hacerse a temperaturas más altas y HR más bajas que las del primer secado. Luego se realiza un segundo prensado, que puede durar unas horas (por ejemplo 4 h a 20-25 °C).

Después, se cubre la pieza con una mezcla pastosa de especias y condimentos conocida como 'cemen', que contiene 15-25% de harina de fenogreco, 15-35% de ajo, 4-15% de pimentón y 40-60% de agua, pudiendo llevar además otras especias como comino (1%) o mostaza (1%). Una vez impregnada la pasta, se realiza un último secado durante 2 a 12 días con buena ventilación en condiciones ambientales, con una temperatura que puede estar entorno a los 15 °C y una HR de 60%. El rendimiento en peso de este producto es normalmente del 60-75% con respecto al peso de la carne de partida. El proceso de elaboración de pastirma dura varias semanas (4 en promedio), dependiendo dicho tiempo principalmente de la pieza muscular (tamaño) utilizada (Kilic, 2009) y de la humedad que se quiera dejar en el producto final (rendimiento). En relación al secado de este producto, cabe mencionar que las curvas de adsorción de pastirma loncheada deshidratada a temperaturas entre 15 y 30 °C han sido obtenidas y modelizadas en el trabajo de Aktaş y Gürses (2005), quienes detectaron un efecto destacable de la temperatura sobre dichas curvas.

La pasta de cobertura, debido a las posibles propiedades antimicrobianas de la mezcla de fenogreco con especias (Dogruer *et al.*, 1998;

Yetim *et al.*, 2006) y a la protección física frente al exterior que representa el estar cubriendo o envolviendo la pieza de pastirma, es efectiva contra la contaminación microbiana (alterantes y patógenos) y sirve como barrera para evitar el secado excesivo del pastirma, ya que aunque permite el paso de humedad, este se ve retrasado con respecto a la carne sin cobertura. Es de destacar que con esta pasta la carne está ausente de mohos durante meses, probablemente debido a la presencia de ajo y el valor bajo de a_w . Las propiedades reológicas de esta pasta han sido descritas por Işikli y Karababa (2005).

Por otra parte, en las últimas décadas se han desarrollado procesos de elaboración de pastirma mediante salado en húmedo, sumergiendo las piezas de carne – previamente sobre las piezas de carne se pueden practicar cortes superficiales para facilitar el salado – en salmuera del 15-25% con nitratos, nitritos y ácido ascórbico durante unos días (2-4 días) a temperaturas de 5-10 °C; asimismo, algunas plantas procesadoras poseen sistemas de inyección de salmuera y un masajeo. Guner *et al.* (2008) compararon la pastirma tradicional con la elaborada con inyección en salmuera y masajeo y concluyen que este procedimiento no mejora la calidad de la pastirma. La pastirma elaborada con inyección de salmuera y masajeo tiende a retener más humedad y presentar mayores recuentos microbianos. No obstante, la puntuación de los atributos sensoriales de sabor, textura, color y apariencia fueron similares para ambos procedimientos.

Igualmente, a pesar de que la pastirma no es considerada como un producto fermentado, se ha propuesto el uso de cultivos iniciadores (*S. xilosus*, *S. carnosus*, *L. sakei*, y *L. pentosus*), junto con la adición de azúcares, en la etapa de salado, encontrando como acciones más destacables que estos permiten bajar la dosis necesaria de nitritos y nitratos, contribuyen a la proteólisis (degradación de la miosina y aumento del nitrógeno no proteico) y a la intensidad del color rojo (Aksu y Kaya, 2001; Aktas *et al.*, 2005).

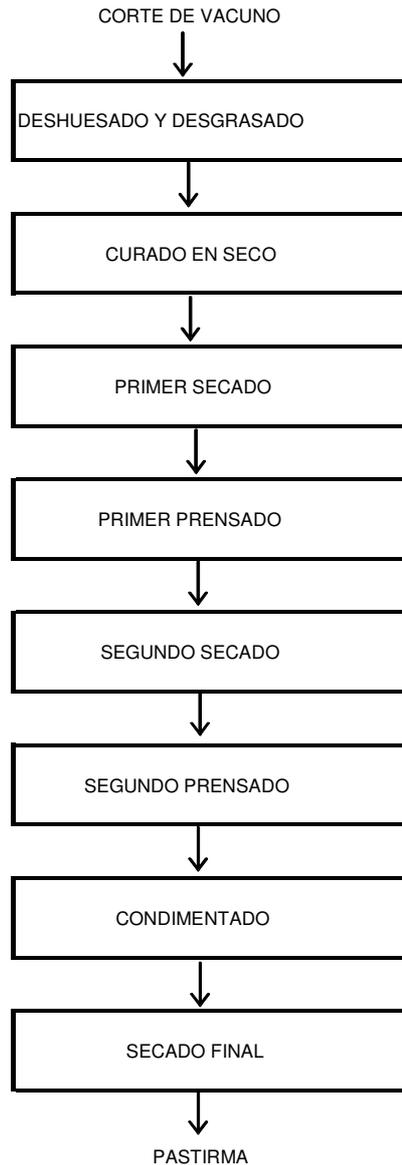


Fig. I.49. Diagrama de flujo de procesamiento de pastirma tradicional.

También con el ánimo de acelerar el proceso de secado (que sea más corto), un autor Egipcio (Ibrahim, 2001a y 2001b) ha estudiado el efecto del tratamiento térmico (88 °C de temperatura externa y 71 °C de temperatura interna) de las piezas de carne para pastirma después de su salado sobre la calidad de la misma. La carne fue salada en seco, después recubierta de la pasta típica de fenogreco, ajo, pimentón y agua. Una vez seca la pasta, las piezas de carne se dividieron en dos partes, una fue calentada y después secada durante 6 días a temperatura ambiente. La otra (control) se secó según el método tradicional, con las piezas colgadas a temperatura ambiente durante

3 semanas. El resumen de resultados de estos estudios es el siguiente: i) con tratamiento térmico la pastirma tuvo menor pH, menos nitritos, menos humedad (40 versus 44%) y menores recuentos microbianos; ii) las reacciones lipolíticas y proteolíticas durante el secado fueron lógicamente inhibidas por el tratamiento térmico; los análisis sensoriales (color, sabor, olor y textura) fueron más favorables para la pastirma con calentamiento que para la tradicional. Se concluye que se puede recomendar incluir la etapa de calentamiento para disminuir el tiempo de elaboración.

En los Estados Unidos se consume principalmente un producto basado en la pastirma, conocido con el nombre Pastrami o Basturma (Fig. I.50), que es elaborado con carne de vacuno, generalmente ternera, y sometido a los siguientes procesos: salado en salmuera, tratamiento térmico de pasteurización, secado, aplicación de especias y condimentos en superficie (ajo, pimienta, mejorana, albahaca) y ahumado (Leistner, 1987; Ibrahim, 2001a). Este producto tiene mayor humedad y menor tiempo de maduración que el producto original. Debido a su elevada humedad con respecto al producto tradicional, se posibilita la supervivencia y crecimiento de microorganismos patógenos y por eso el producto se somete a un tratamiento térmico, obteniéndose adicionalmente un mayor rendimiento.



Fig. I.50. Sándwich de Pastrami en Estados Unidos

Estudios sobre la comercialización y conservación de la pastirma tradicional

Las piezas de pastirma enteras e intactas se conservan bien a temperatura ambiente durante bastante tiempo. Sin embargo, la pastirma loncheada se debe conservar envasada a vacío o atmósferas modificadas y a temperaturas frescas, por debajo de 10 °C (Kilic, 2009).

En una atmósfera de 50% de nitrógeno y 50% de dióxido de carbono la pastirma loncheada puede ser almacenada entre 4 y 10 °C durante 150 días sin que presente alteración por rancidez, crecimiento microbiano o pérdida de calidad en su apariencia (Aksu *et al.*, 2005a). Estos autores, en un estudio adicional (Aksu *et al.*, 2005b), observaron que en las condiciones de almacenamiento descritas el nitrito residual disminuye con el tiempo, de valores iniciales de 10-20 ppm al inicio a valores finales de 3-5 ppm, a los 150 días de almacenamiento. Por otra parte, Gök *et al.* (2008) estudiaron el efecto del envasado al vacío y en atmósfera modificada (65% de N₂ y 35% de CO₂) sobre las características químicas, microbiológicas y sensoriales de la pastirma en piezas y loncheada, observando que el sistema de envasado de atmósfera modificada fue el más efectivo para preservar la calidad del pastirma durante 120 días de almacenamiento.

También se ha investigado la supervivencia de *L. monocytogenes* (inoculada) en pastirma envasada a vacío, elaborada con o sin nitratos (150 ppm) y almacenada a 20 y a 4 °C, encontrándose que a 20 °C ese microorganismo era inhibido en las muestras de pastirma tras 65 días de almacenamiento, pero a 4 °C el microorganismo se mantiene activo durante el almacenamiento (Arslan *et al.*, 1999).

I.3.10. Jerky

Definición, composición química y características sensoriales

El jerky tradicional es un producto cárnico obtenido mediante salazón y secado de la carne, normalmente acompañado de un ahumado. Las raíces de este producto se remontan a la época precolombina, cuando era elaborado por los indígenas norteamericanos, antes para conservar la carne de reno o caribú (Mothershaw *et al.*, 2003).

En la actualidad, se conoce por jerky (Fig. I.51) en los Estados Unidos de Norteamérica, en un sentido genérico, a una gama de productos elaborados a base de carne salada en seco o marinada y deshidratada en secadores. Para la elaboración del jerky se utiliza carne de diversas especies, aunque principalmente se usa la de vacuno, existiendo variabilidad considerable en las condiciones del procesado (Hegenbart, 1999). Estos productos cárnicos tienen en común el que están listos para su consumo sin previo tratamiento térmico (en los Estados Unidos se dice que son '*dried-meat snack food*'), convenientemente envasados son estables a temperatura ambiente y son ricos en proteína. Por estos motivos su consumo es especialmente adecuado para deportistas, viajeros y montañeros (Choi *et al.*, 2008). Este jerky es un producto bastante popular, vendiéndose principalmente en supermercados, gasolineras y tiendas relacionadas con caza y pesca (Hegenbart, 1999), incluso se elabora a nivel casero para autoconsumo (Konieczny *et al.*, 2007).



Fig. I.51. Jerky.

El jerky tiene un elevado contenido en proteína, mayor al 35%, así como un bajo contenido graso (aproximadamente 4%) y un relativamente alto contenido de sal (aproximadamente 6%). El contenido de humedad del jerky es menor al 40% y su actividad de agua ha de ser igual o menor a 0,85, que es el valor límite para producción de toxina por *S. aureus*. Además, el FSIS (American Food Safety and Inspection Service) indica que los productos tipo jerky han de tener una relación humedad/proteína menor de 0,75 (Allen *et al.*, 2007).

Los principales atributos sensoriales responsables de la calidad del jerky (*snack food*) son su textura, que es relativamente dura, su color, que es marrón, y su sabor intenso característico, los cuales vienen determinados por la calidad de la materia prima las condiciones de procesado (Albright *et al.*, 2000). Se ha observado que la masticabilidad del jerky se valora positivamente (Konieczny *et al.*, 2007). El jerky suele comercializarse en filetes, más que en pequeños trozos, de esa forma para comer el jerky usualmente se muerde el filete y con las dos manos se tira para romperlo y obtener un trozo suficientemente pequeño que se pueda introducir en la boca y masticar (Farouk y Swan, 1999).

Proceso de elaboración

El diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de jerky de forma industrial se muestra en la Fig. 1.52 y a continuación se describen las operaciones más importantes adaptado de las descripciones de Romanowsky (1996); Rust (2004) y Konieczny *et al.* (2007).

Las regiones anatómicas preferidas para la elaboración de jerky son las del lomo o pierna. Previamente se les ha eliminado gran parte de la grasa y tejido conectivo visible (la grasa que queda en la carne es usualmente menor al 10%). Es común realizar un congelado parcial de la carne (mantener las piezas de carne en una cámara a -18°C durante unas horas) para facilitar el proceso de fileteado, ya que así la carne puede ser lonchada, lográndose un corte definido y una mayor regularidad en las dimensiones. A continuación se obtiene

las tiras o filetes de carne mediante corte siguiendo la dirección de las fibras musculares o de forma perpendicular a las mismas, lo que está en función de las preferencias del elaborador. El espesor de las tiras condicionará el tiempo de secado, dicho espesor puede ser de unos 4-7 mm. La longitud y anchura de las mismas están en torno a 80 y 20 cm, respectivamente, aunque éstas presentan variabilidad.

Posteriormente, la carne se marina en una solución que además de sal, nitritos y especias y condimentos como pimienta, ajo, cebolla, salsa de soja y/o zumo de limón, puede contener ascorbato, fosfatos, azúcares, glutamato monosódico, papaína o humo líquido, entre otros. Este marinado se lleva a cabo a temperatura de refrigeración por el tiempo necesario para que entren los componentes de la salmuera en la carne, lo que puede tomar varias horas, hasta un día. A veces la salmuera se inyecta y la carne se masajea para acelerar el proceso de salado, además de contribuir al ablandamiento de la carne. Después, se escurren las tiras de carne con ayuda de un tamiz, con el objetivo de eliminar el exceso del líquido del marinado que se encuentra en la superficie y facilitar el proceso de secado. También la carne se puede salar en seco, frotando la mezcla sobre la superficie de la carne y dejándola reposar unas horas a temperatura de refrigeración. En cualquier caso, el contenido en sal de la carne salada está en torno al 3%.

El secado se realiza en secadores de bandejas o en secadores con la carne colgada (Fig. I.53), pudiéndose proceder a un ahumado con aserrín de madera de árboles frutales, durante el mismo. Se recomienda realizar el secado a baja HR (por ejemplo 40%) y temperaturas medias-altas, pudiendo utilizarse temperaturas desde 40 °C hasta 72 °C (temperatura de pasteurización) en caso de querer dar un tratamiento térmico al producto para disminuir el peligro que implica la eventual presencia de microorganismos patógenos en el producto terminado. Durante el secado se ha de prevenir el acortezado de la carne que impide la correcta deshidratación, para ello este no ha de ser excesivamente rápido. La duración del secado está en función de la humedad a la que se quiera llegar. Desde un punto de vista sanitario se

recomienda secar hasta obtener una actividad de agua menor a 0,85. El jerky una vez elaborado se envasa normalmente a vacío o con atmósferas modificadas para prevenir su deterioro por oxidación o crecimiento de mohos.

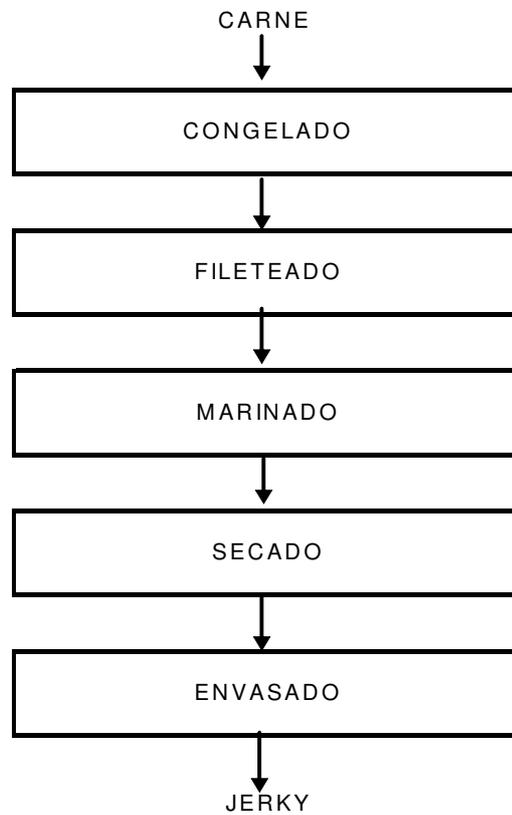


Fig. I.52. Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de jerky.



Fig. I.53. Secado del jerky

Hay variantes al proceso descrito. Las directrices del FSIS, con el fin de minimizar el riesgo de toxoinfección alimentaria asociado al consumo de jerky, recomiendan pasteurizar la carne para jerky antes de su secado. Esta pasteurización puede realizarse sobre la carne salada, en horno de cocción a 75-80 °C a humedad relativa superior al 90%, hasta 70 °C en el interior del producto, o durante el salado en la salmuera, en este último caso se usan combinaciones temperatura-tiempo capaces de reducir 7 unidades logarítmicas la población de salmonelas (por ejemplo, 54 °C durante 2 horas, 60 °C durante 12 min o llegar en el interior a 70 °C). La pasteurización de la carne puede traer consigo cambios en las características sensoriales del jerky, con respecto al jerky elaborado sin pasteurización de la carne, que se deberían evaluar y en caso de existir buscar la forma de corregirlas (Allen *et al.*, 2007). Después de la pasteurización la carne salada se introduce en los secadores para proceder a su secado.

Un proceso alternativo de elaboración de Jerky, inspirado en el kilishi y con el ánimo de obtener un producto más blando, es el descrito por Farouk y Swan (1999), Este proceso consistente en un cortado de la carne perpendicular a la dirección de las fibras para facilitar la fragmentación (con la mano) del jerky, una vez elaborado, y un secado de la carne en dos etapas. Primero se secaron los filetes de carne sin salar a 60-62 °C y 40% de HR por 70 min, registrándose unas pérdidas de peso del 60%. Después los filetes se sumergieron una hora en una salmuera y se volvieron a secar durante 20 min, obteniéndose un producto con un rendimiento aproximado de 40% respecto al peso inicial.

Hay plantas productoras que hacen jerky reestructurado, a partir de carne picada a la que se agrega la sal, los ingredientes y aditivos correspondientes. En los procesos descritos por Allen *et al.* (2007) y Choi *et al.* (2008) se pica la carne por placa de 8,0-9,5 mm, se mezcla con la sal y una considerable cantidad de ingredientes y aditivos (entre los que se incluyen gomas, conservantes, aromas, especias, antioxidantes, etc.) y se embute en tripa de 1,5-2 cm. Rust (2004) describen un proceso en el que la carne se pica

con placa de 13 mm, se añade la sal, especias y condimentos, se amasa y se vuelve a picar por placa de 3 mm y la carne se extruye formando tiras de 5-9 mm de ancho y 20 de largo, poniendo la tira en bandejas preformadas en las que se seca y ahuma la carne. También existen en el mercado kits o preparados comerciales para elaborar jerky en casa con carne picada. Al respecto, Konieczny *et al.* (2007) describen el proceso que consiste en picar la carne con placa de 3 mm, añadir con una mezcla preparada (con nitritos, aromas, especias y condimentos) y agua en las proporciones recomendadas, amasar, enfriar la masa a 4 °C durante unas 24 horas, formar tiras de masa de 25 x 100 x 5 mm con un dispositivo manual incluido en el kit, colocar las tiras en una rejilla y secarlas en horno a 55 °C durante unas horas. La textura del jerky elaborado con carne picada es más blanda que la del elaborado con tiras de carne enteras.

I.3.4. Otros productos cárnicos deshidratados

I.3.4.1. Odka

Odka es un producto cárnico típico de Somalia y otros países del este de África, que se elabora mayormente en época de sequía, con clima seco, a partir de carne magra de vacuno. Dicha carne se corta en tiras, se sala en seco y se expone al sol durante 4-6 horas. Posteriormente, dichas tiras se cortan en trozos más pequeños, se cocinan en aceite. La carne cocinada se seca aún más y finalmente se le adicionan especias y condimentos. Para su conservación, el odka se coloca en un recipiente bien cerrado y se cubre con aceite caliente. De esta manera, el odka puede tener una duración de más de 12 meses (Mothershaw *et al.*, 2003).

I.3.4.2. Qwanta

Qwanta es un producto cárnico típico de Etiopía y países del este de África. Para su elaboración, se utiliza carne de vacuno que se corta en tiras largas (20-40 cm) y se cubre con un aderezo a base de una mezcla de sal

(25%), chile picante (50%) y condimentos aromáticos (25%). Posteriormente, dichas tiras condimentadas se cuelgan en cuerdas cerca de las cocinas durante 24-36 horas, luego de lo cual son ahumadas con fuego. Finalmente, las tiras se fríen en mantequilla (Mothershaw *et al.*, 2003).

1.3.4.3. Pemmican

El pemmican es una mezcla de carne seca y bayas o frutas secas, las cuales son machacadas y mezcladas con grasa animal parcialmente derretida. El origen del pemmican es usualmente atribuido a los nativos de Noruega y la parte del ártico de Norteamérica (Lewis *et al.*, 1957; Rust, 2004). En su elaboración se utilizaba a menudo carne de bisonte, uapití, alce, venado, caribú, entre otros y las frutas y bayas podían ser grosellas, moras o arándanos. Actualmente, el producto casi no se produce. Uno de los mayores problemas en la estabilidad del pemmican es la tendencia a desarrollar rancidez oxidativa (Rust, 2004). Convenientemente envasado puede durar varios años.

El pemmican es un producto altamente energético y con alto valor nutritivo que contiene aproximadamente 40% de proteína, 45% de grasa, 15% de cenizas y 3% de humedad (Lewis *et al.*, 1957; Bender, 1992). Este producto puede ser comparado con las modernas barras energéticas, pues ambas tienen la finalidad de brindar altos niveles de energía en una ración compacta que es estable durante el almacenamiento. Existen productos comerciales derivados del pemmican que son usados en campamentos o raciones militares.

1.3.4.4. Ndariko y Jirge

Son dos productos cárnicos nigerianos tradicionales. Ndariko se hace con tiras largas de carne secadas al sol, con o sin la adición de sal o especias. El Jirge, al igual que los descrito para Ndariko, se elabora secando al sol la carne, pero antes del secado la carne se trocea y se permite su fermentación para que se desarrolle un sabor ácido antes de su secado (Aworth, 2008).

1.3.4.5. Magain

En el sur de Oman, la carne de vacuno se filetea y se seca al aire libre, colgada, sin adición de sal ni especias. En este caso, al no llevar sal la carne, es más importante controlar su velocidad de secado (velocidad suficientemente rápida), para evitar el crecimiento bacteriano no deseado durante el proceso, que en carne que ha sido previamente salada. Mothershaw *et al.* (2003), en un experimento de secado consiguieron bajar la a_w a valores de 0,69 en 24 horas y de 0,63 en 48; esa velocidad de secado se consideró adecuada para evitar crecimiento de patógenos y alterantes.

1.3.4.6. Viande des Grison or Bunderfleish

El producto llamado “Viande des Grison” or “Bunderfleish” es similar a la bresaola italiana y se encuentra en el Cantón de los Girones (Suiza). El proceso de elaboración se describe por Migaud y Frenz (1978). Éste es preparado usando piezas de la pierna de vacunos de razas grasas con 5-6 años de edad, de las cuales se elimina la grasa y el tejido conectivo externos; aconsejándose una maduración de las piezas en refrigeración. El salado se realiza en seco por frotación de la carne por todas sus caras. Una mezcla descrita para el salado contiene por kg de sal lo siguiente: 30 g de nitratos, 50 g de azúcar, 30 g de pimienta blanca, 10 g de ajo fresco, 5 g de laurel y 20-40 g de bayas de enebro. También se sugiere emplear un poco de vino tinto. Después de la frotación con la mezcla, las piezas se mantienen apiladas, colocando una capa de sal gruesa entre pieza y pieza, durante 3-5 días a temperatura inferior a 8 °C, moviendo periódicamente las piezas de carne de forma que las de abajo pasen arriba y viceversa. Después las piezas son lavadas y se procede al post-salado en el que las piezas de carne se mantienen colgadas durante 2-4 semanas, según su tamaño, a temperatura fresca y alta humedad relativa, durante el cual la sal penetra en el interior de las piezas. Finalmente, se procede a la maduración de las piezas a temperaturas entre 12-15 °C y humedades relativas entre 75 y 80% durante 1 a

4 meses según el tamaño de la pieza. La carne durante la maduración es prensada al menos dos veces durante 1 día completo, con la ayuda de prensas hidráulicas, para contribuir a la pérdida de humedad y dar forma al producto.

1.3.4.7. Reindeer meat o carne de reno seca

El secado es un procedimiento tradicional de conservar la carne de reno llevado a cabo desde hace muchos siglos en los países escandinavos. Antiguamente se salaban y secaban grandes piezas de carne al aire libre durante el invierno con temperaturas a veces inferiores a -20 °C – durante ese secado se produce liofilización del producto. Actualmente, el procedimiento ha cambiado. Según se describe en los trabajos de Niinivaara y Petäjä (1984) y Sampels *et al.* (2004) se utilizan piezas más pequeñas de carne (0,5 a 1 kg) y se secan en el interior locales acondicionados a temperaturas bastante más elevadas. Estas piezas son saladas en seco, manteniendo la carne a temperaturas de refrigeración durante unos 5 días. Después del salado las piezas se lavan con agua. Algunas veces, las piezas son ahumadas en frío. Si se procede al ahumado, las piezas se cuelgan a temperatura ambiente durante unas horas para permitir el secado de su superficie. El ahumado se realiza a temperaturas frías (17-18 °C) o templadas (unos 40 °C) con aserrín de madera de aliso hasta conseguir el sabor y color deseados. El secado se lleva a cabo en habitaciones o locales bien ventilados a 17-18 °C por una o dos semanas – dicho tiempo depende principalmente del tamaño de la pieza. En Finlandia, la carne de reno seca y los embutidos secos-madurados de carne de reno representan el 10% de la carne de reno comercializada (Saarni *et al.*, 2007)

La carne de reno seca obtenida en el trabajo de Sampels *et al.* (2004) contuvo un 34% de humedad y un 5% de grasa. Por su baja humedad la textura de este producto es característica, de consistencia dura. En dicho trabajo se cuantifican además los ácidos grasos, el colesterol, contenido vitamínico (retinol y tocoferol), ácidos grasos libres y las SRATB de esta carne seca. Se observó que en la carne seca, el contenido en vitaminas descendió, los ácidos grasos y las SRATB aumentaron significativamente. Los tocoferoles,

expresados sobre materia seca, descendieron a la tercera parte del valor encontrado en carne fresca). El contenido en ácidos grasos libres, formados por lipólisis, aumentó, alcanzándose valores tres veces superior a los de la carne fresca. Las SRATB alcanzaron niveles de 5,3 g de malonaldehído por kg de producto, que se pueden considerar elevados.

I.4. OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El propósito del presente trabajo se ha centrado en tres aspectos principales:

- 1) Caracterizar la carne de alpaca, con la finalidad de determinar sus características de composición, valor nutritivo y de interés tecnológico.
- 2) Conocer las características de composición y de interés tecnológico del charqui de alpaca elaborado por asociaciones de pequeños productores del departamento de Puno y Cusco.
- 3) Determinar los cambios que ocurren durante el almacenamiento del charqui con el fin de conocer algo más sobre los principales factores que determinan la vida útil.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. RESUMEN DEL PLAN EXPERIMENTAL. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El presente trabajo se ha estructurado en tres partes:

- i) En la primera parte (experimento 1), se ha realizado un muestreo de 20 alpacas raza Huacaya, criadas bajo sistema extensivo en la región andina de Perú, las cuales se han sacrificado entre los 18 a 24 meses. Se han realizado diversos análisis de composición química sobre el músculo *Longissimus thoracis* (LT): humedad, grasa, proteína, ceniza, minerales (Cu, Mn, Zn, Fe, Ca, Mg, Na, K y P), aminoácidos, perfil de ácidos grasos (en músculo LT y grasa perirenal), vitaminas liposolubles (retinol y tocoferol), mioglobina y colágeno. También, en ese mismo músculo, se han determinado algunos parámetros tecnológicos: pH, color (L^* , a^* , b^*), capacidad de retención de agua (pérdidas por presión y pérdidas por cocción) y textura (con el dispositivo Warner-Braztler).

- ii) En la segunda parte (experimento 2), se ha realizado un muestreo y encuesta a 52 productores de charqui de alpaca (30 del departamento de Puno y 22 del departamento de Cusco) con la finalidad de conocer sus técnicas de elaboración y caracterizar el charqui de alpaca según la zona de producción. Se han determinado dimensiones (peso, grosor), composición química (composición proximal, colágeno, elementos minerales, ácidos orgánicos, aminos biógenas, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico), parámetros tecnológicos (a_w , pH, color, capacidad de retención de agua, pérdida de sólidos en agua de hidratación) y análisis microbiológicos.

- iii) En la tercera parte (experimento 3), se ha estudiado la evolución de los parámetros tecnológicos y de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico durante un año (1, 6 y 12 meses) en 30 muestras de charqui deshilachado procedente del departamento de Puno, envasados al vacío y sin vacío, almacenados a temperatura ambiente.

II.2. EXPERIMENTO 1. CALIDAD DE LA CANAL Y LA CARNE DE ALPACA. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS

II.2.1. Localización del estudio

Las alpacas de la raza Huacaya utilizadas en el presente estudio provinieron de los departamentos de Puno y Junín (Perú), que se caracterizan por tener un clima frío y seco, siendo la temperatura promedio de 8 °C. El departamento de Puno se encuentra ubicado al sur este de Perú (Fig.II.1) con una altitud mayor a los 3800 msnm y el departamento de Junín en la parte central (Fig.II.2) con una altitud que supera los 3200 msnm.

Los análisis químicos desarrollados en el presente trabajo fueron realizados en los laboratorios pertenecientes a la Universidad de León: Área de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTAL) y Laboratorio de Técnicas Instrumentales (LTI) y, también, en los Laboratorios de Físico-química de Alimentos, pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria - La Molina.



Fig. II.1. Mapa del Perú donde se resalta el departamento de Puno.



Fig.II.2. Mapa del Perú donde se resalta el departamento de Junín.

II.2.2. Material animal

Se han utilizado 20 alpacas que fueron criadas mediante un sistema extensivo tradicional, alimentándose de la vegetación característica del altiplano andino, con un rango de edad de 18 a 24 meses. Estos animales pueden ser clasificados como jóvenes y criados exclusivamente con pastizales, según los estándares de Alpaca y Llama de United Nations Economic Commission for Europe (UNECE, 2008). Después de dos semanas bajo un sistema de engorde en Lima, dichos animales fueron sacrificados en conformidad con la Regulación Peruana.

II.2.3. Preparación de las muestras, determinaciones previas (peso canal y diámetros del músculo *longissimus thoracis*)

Las canales de alpaca fueron obtenidas eliminando la cabeza (corte en la articulación occipital–atlantoidal), patas (corte en la articulación tarsal–metatarsal y carpal–metacarpal), piel, y vísceras (excepto el riñón y grasa perirenal). Luego fueron almacenadas por 24 h en refrigeración (4 °C), posterior a lo cual se tomó el peso de la canal. A continuación se seccionó la canal en dos mitades y al nivel de la treceava vértebra torácica de la media canal izquierda, se determinaron los diámetros mayor (a) y menor (b) del músculo largo dorsal (*longissimus thoracis*) con un calibrador pie de rey. Mediante disección se obtuvo el músculo *longissimus thoracis* (LT) que fue dividido en las siguientes dos secciones y cada sección fue destinada a los siguientes análisis:

- La parte correspondiente a las últimas vértebras dorsales (de la décima a la última) fue utilizada para la determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) por el método de pérdidas de jugo por cocción y, una vez cocida la muestra, el análisis de perfil de textura.
- La sección entre la sexta a la décima vértebras dorsales, fue utilizada para la determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) por el método de pérdidas por presión y para los análisis químicos.

Las medidas de pH y color, se hicieron sobre el corte entre las vértebras dorsales y lumbares, en la parte lumbar. También se tomó una muestra de unos 15 g de grasa a nivel de la décima costilla que se mantuvo en congelación a -40 °C hasta el día del análisis de ácidos grasos (aproximadamente durante 2 meses). El color, las pérdidas de jugo por presión, la humedad y el contenido en mioglobina y el pH se realizaron en el momento de la obtención. Las pérdidas por cocción y la textura a los 3 días de maduración de la carne a temperatura de refrigeración (4 °C). El resto de los análisis químicos realizados sobre el músculo *LT* se llevaron a cabo con posterioridad, después de que las muestras de carne fueran liofilizadas en un Liofilizador Sentry 2.0, empacadas al vacío y congeladas a -40 °C hasta su análisis.

II.3. EXPERIMENTO 2. CARACTERIZACIÓN DEL CHARQUI DE ALPACA PROCEDENTE DE LOS DEPARTAMENTOS DE PUNO Y CUSCO. LOCALIZACIÓN Y MUESTRAS

II.3.1. Lugares del estudio

Las muestras de charqui de alpaca utilizadas en el presente estudio, provinieron de dos localizaciones distintas. Por un lado, se muestrearon charquis elaborados en la provincia de Azángaro (Fig.II.3), departamento de Puno, que se caracteriza por un clima frío y seco, con una temperatura media anual que oscila entre 6 y 8° C, con una altitud máxima de 4148 msnm. Su clima se caracteriza por presentar fuertes lluvias y granizadas en verano y heladas en invierno. Por otro lado se tomaron muestras de charqui de la provincia de Sicuani, departamento de Cusco cuya ubicación se puede apreciar en la Fig. II.4. La temperatura promedio anual en Cusco fluctúa entre los 10 °C y los 13 °C. La altitud en la que se encuentra el Cusco (alrededor de los 3350msnm) y su proximidad al ecuador generan una variedad de climas en los que se distinguen dos estaciones bien definidas:

- La estación de lluvias, que va de noviembre hasta febrero o marzo. La media de las precipitaciones anuales fluctúa entre los 600 a 1000 mm.
- La estación de secano, de febrero o marzo hasta octubre. Durante el mes de junio la temperatura cae frecuentemente hasta 5 °C, e inclusive puede llegar a valores bajo cero, que es la época más apropiada para la elaboración del charqui.

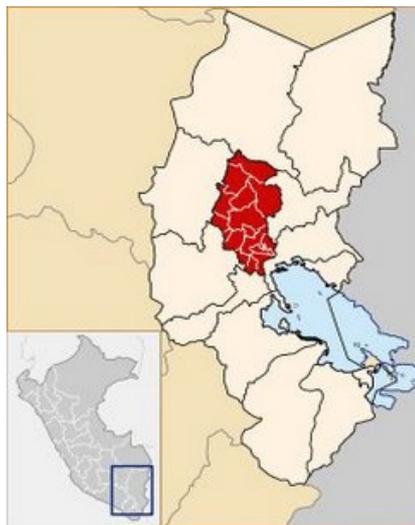


Fig. II.3. Mapa del departamento de Puno donde se resalta la provincia de Azángaro.



Fig. II.4. Mapa del Perú donde se resalta el departamento de Cusco.

Los análisis químicos desarrollados en el presente trabajo fueron realizados en los laboratorios pertenecientes a la Universidad de León: Área de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTAL) y Laboratorio de Técnicas Instrumentales (LTI) y, también, en los pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria - La Molina.

II.3.2. Características del muestreo

Se realizó el muestreo a 52 productores de charqui de alpaca repartidos entre las dos localizaciones señaladas anteriormente de la siguiente forma:

- 30 productores de charqui del departamento de Puno (localidad Azángaro), pertenecientes a las dos Asociaciones con mayor producción de charqui en Perú (Aswanqari y Azangarinita). Se muestreó por cada productor 1kg de charqui deshilachado de pierna de alpaca (Fig. II.5), que es el producto con mayor venta.



Fig. II.5. Charqui de alpaca deshilachado.

- 22 productores de charqui del departamento de Cusco (localidad Sicuani). Dichos productores no se encuentran asociados y producen charqui con hueso, mayormente de piernas de alpaca. Se muestreó por cada productor una pierna de charqui de alpaca (Fig. II.6).



Fig. II.6. Pierna de charqui de alpaca.

II.3.3. Encuesta a productores de charqui

Con la finalidad de conocer algunas características de las alpacas utilizadas en la elaboración de charqui (raza, edad y zona de crianza) y de la tecnología de elaboración (tipo, tiempo y forma de salado y secado) se ha realizado la siguiente encuesta a los 52 productores de charqui de los cuales se obtuvieron las muestras.

ENCUESTA A PRODUCTORES DE CHARQUI

I. DATOS GENERALES

- 1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA O PRODUCTOR:
- 1.2 DIRECCION:
- 1.3 PROVINCIA Y DEPARTAMENTO:
- 1.4 TEMPERATURA AMBIENTAL:
- 1.5 HUMEDAD RELATIVA:

II. ANIMALES PROCESADOS

- 2.1 RAZA:
- 2.2 ZONA DE CRIANZA:
- 2.3 EDAD DE LOS ANIMALES PROCESADOS:

III. TECNOLOGIA DE ELABORACION DEL CHARQUI

- 3.1 TECNOLOGIA ALTA..... MEDIA
 - (USO DE SECADOR SOLAR) (SECADO EN SOMBRA/HELADA)
 - 3.2 PIEZA O PIEZAS UTILIZADAS (LOCALIZACION ANATOMICA):
 - 3.3 GROSOR DE CORTE DE LOS FILETES:.....
 - 3.4 TIPO DE SALADO
 - SECO HUMEDO
 - 3.5 TIEMPO DE SALADO:
 - 3.6 CARACTERÍSTICAS DE LA SAL:
 - 3.7 TIPO DE SECADO
 - SOL SOMBRA
 - 3.8 TIEMPO DE SECADO:
 - 3.9 FECHA DE ELABORACION DE LA MUESTRA:
 - 3.10 PRODUCCION ANUAL:
-

II.3.4. Preparación de las muestras y determinaciones preliminares (dimensiones de hebras o piezas de charqui)

Para caracterizar el charqui de alpaca procedente de los departamentos de Puno y Cusco, en primer lugar se realizaron los siguientes análisis: peso y dimensiones promedio de las hebras de charqui, en el caso del charqui deshebrado (Puno-Azángaro) y de las piernas de charqui, cuando este procedió de pierna entera (Cusco-Sicuani). Para ello se pesó y midió la longitud y grosor de 120 hilachas del charqui procedente de Puno, con lo que se obtuvo un promedio. También se pesaron cada una de las 22 piernas de charqui procedente de Cusco, posteriormente se deshuesaron y se volvió a pesar, luego se midió su grosor y se obtuvo un promedio.

El charqui fue homogeneizado (picado) para la realización de los análisis de composición química (composición proximal, ácidos orgánicos, nitritos, nitrógeno no proteico, colágeno, minerales, aminas biógenas, ácidos grasos libres, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) y los recuentos microbiológicos. La a_w se determinó directamente con las hilachas del charqui de Puno-Azángaro y con el charqui picado de Cusco-Azángaro. El color se determinó sobre las hilachas del charqui de Puno-Azángaro, en el caso del charqui de Cusco-Azángaro sobre la superficie del charqui de pierna y sobre el charqui picado.

También se procedió a la rehidratación de hilachas de charqui de ambas localizaciones en agua destilada. Se pesaron aproximadamente 15 g de charqui deshilachado (el charqui procedente de Cusco, fue previamente cortado en hilachas) y se añadió agua para lograr una proporción charqui: agua de 1:10, se dejó en reposo aproximadamente durante 18 h a temperatura ambiente, posteriormente se escurrió con un colador fino el agua. Esta hidratación fue realizada con objeto de determinar la ganancia de peso por rehidratación, la pérdida de sólidos por rehidratación, el contenido mineral del

charqui rehidratado, su color y CRA, evaluando las pérdidas por presión y cocción.

II.4. EXPERIMENTO 3. EFECTO DEL TIPO DE ENVASADO Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN CHARQUI DE ALPACA DESHILACHADO PROCEDENTE DE PUNO

Para el establecimiento de las modificaciones que sufre el charqui durante su almacenamiento a 20°C, se utilizaron las 30 muestras de charqui deshilachado (detalladas en II.3.2) procedentes del departamento de Puno. Cada muestra de charqui del mismo productor se dividió en dos grupos de 50 g cada una. El primer grupo se envasó en bolsas de poliamida/poliestireno (30/120) con un espesor de 150 micras (Fig. II.7) con una empacadora al vacío HENCOVAC E-253, con una presión de 100 mbar, 4 segundos de vacío y 2 segundos de sellado. El segundo grupo se colocó en bandejas de poliestireno expandido (poliespán) y se envolvieron con una película plástica de polietileno permeable al O₂ y CO₂ e impermeable al agua tal como se muestra en la Fig. II.8.



Fig. II.7. Muestras de charqui deshilachado envasadas al vacío.



Fig. II.8. Forma de envase empleado para almacenar las muestras de charqui deshilachado sin vacío.

El almacenamiento de las correspondientes muestras se llevó a cabo durante 12 meses. A los tiempos de 1, 6 y 12 meses se realizaron los siguientes análisis:

- pH.
- Capacidad de retención de agua.
- Pérdida de sólidos del charqui en el agua de rehidratación.
- Color del charqui crudo y rehidratado.
- Sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico.
- Análisis sensorial: prueba triangular para diferenciar muestras almacenadas durante 1, 6 y 12 meses.

II.5. MATERIALES Y EQUIPOS GENERALES

- Micropipetas automáticas: Eppendorf y LAB Mate de volumen variable.
- Balanzas: balanza precisa “Swiss Quality” modelo 125, Sartorius modelo BP410 y granatarios electrónicos “Mettler” modelo PC 2000 y modelo Toledo AB204; DENVER INSTRUMENT COMPANY, modelo PM6000.
- pH-metro Metter GLP 22 CRISON.

- Picadoras y homogenizadores: picadora doméstica marca “Luxe Moulinex” tipo 643, homogeneizador Sorvall “Omni-mixer marca IVAN SORVALL Inc.
- Agitadores: agitador de tubos IKA®, modelo MS1 Minishaker, y agitadores magnéticos Agimatic-N (P-Selecta) y HB502 (Ribby).
- Estufas de desecación: P-Selecta modelo Digitronic, Kowell modelo D1-I; P-Selecta de aire forzado DRYGLASS modelo 2000381 y marca MEMMERT.
- Mufla Heterotec modelo 10-PR/300 serie 8B; horno mufla modelo 2804, marca NABER.
- Rotavapor LABOROTA 4000 WB Heidolph.
- Centrifugas: SIGMA modelo 2-15 Laborzentrifugen (Laboratory Centrifuges GMBH, Osterode am Harz, Germany) y Eppendorf Centrifuge 5804R refrigerated.
- Baños de agua: Tectron-Bio 3473100 y Digiterm 100 (P-Selecta) con regulador de temperatura y agitación constante.
- Baño de arena Combiplac P-Selecta.
- Cámara de frío Chiloverg Koxka.
- Digestor de Proteínas Digestion System 12, modelo 1009, marca TECATOR.
- Destilador de Proteínas Kjelttec System, modelo 1002, marca TECATOR.
- Extractor de Grasa o Aparato de Goldfisch, marca LABCONCO.
- Congeladores: congelador de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ modelo Öko-Arctis y congelador de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ White-Westinghouse.
- Otros equipos que serán mencionados posteriormente.

Los productos químicos utilizados en todos los casos fueron de al menos calidad para análisis y se suministraron por las firmas Panreac (Barcelona, España), Merck (Darmstadt, Alemania), Sigma (St. Louis, MO, USA). El agua empleada en la preparación de las disoluciones en los análisis fisicoquímicos fue de calidad mili-Q (Millipore Corporation, Billerica, MA EEUU). También se utilizó material diverso de laboratorio o de medida: papeles de filtro, espátulas, material de vidrio, crisoles, desecadores, cinta métrica, etc.

II.6. METODOLOGÍA DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE LA CARNE DE ALPACA Y/O DEL CHARQUI

II.6.1. Análisis proximal

a) Humedad

La determinación del contenido en humedad se realizó por desecación en estufa de aire forzado caliente hasta peso constante, siguiendo la Norma ISO 1442 (1973).

Reactivos

- Alcohol etílico al 96 % (v/v).
- Arena de mar lavada grano fino.

Procedimiento

Se tomaron unas cápsulas de acero inoxidable y se dejaron 1 h a 100°C, luego se pesaron aproximadamente 15 g de arena de mar de grano fino en cada cápsula, colocando a continuación en su interior una varilla de vidrio. El conjunto (cápsula, arena y varilla) se introdujo en una estufa, donde se desecó durante 30 min a 102 ± 2 °C, trasladándose seguidamente a un desecador donde se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, pesándolo a continuación con $\pm 0,01$ g de precisión.

Posteriormente se colocaron en la cápsula aproximadamente 5 g de carne de alpaca o charqui homogeneizado y se pesó nuevamente, se añadieron 5 ml de alcohol etílico al 96%, se mezcló la muestra con la arena con la ayuda de la varilla de vidrio. Las cápsulas se colocaron en baño de arena caliente hasta la evaporación del alcohol, agitando periódicamente para prevenir la formación de costras y de proyecciones. Finalmente se sometió el conjunto a desecación a 102 ± 2 °C durante 4 h. Transcurrido este tiempo, se procedió al enfriamiento en el desecador y el conjunto se pesó.

El contenido en agua se calculó por diferencia de pesada antes y después del tratamiento. La humedad se expresó como porcentaje en peso y se calculó según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

P_0 = Peso, en gramos, de la cápsula, varilla y arena.

P_1 = Peso, en gramos, de la cápsula, varilla, arena y muestra, antes de desecar.

P_2 = Peso, en gramos, de la cápsula, varilla, arena y muestra, después de desecar.

b) Grasa

Para la determinación de la grasa se siguió la Norma AOAC 960.39 (AOAC, 1999a), utilizando el extractor de grasa automatizado modelo "SOXTEC System HT 1043 Extraction Unit" y la unidad de servicio, TECATOR.

Reactivos

- Éter de petróleo 40-60 °C.

Procedimiento

Primeramente, se secaron los vasos metálicos (conteniendo cada uno 3 perlas de vidrio), en los que se va a recoger la grasa, durante 30 min a 102 ± 2 °C, se enfriaron en desecador y se pesaron con precisión de $\pm 0,1$ mg (al igual que el resto de las pesadas que se indican a continuación). Se partió de 4 g de muestra liofilizada en el caso de carne de alpaca o de charqui homogeneizado. Se introdujo cuidadosamente y de forma cuantitativa en un cartucho de extracción de celulosa. Dichos cartuchos se taparon con algodón y se les acopló el correspondiente anillo para sujetarlos en el instrumento de extracción Soxhlet. Los cartuchos una vez acoplados se sumergieron en los recipientes metálicos – que contenían 40 ml de éter de petróleo – y se comenzó la

extracción manteniendo a ebullición durante 15 min; durante los 30 min siguientes, se sacaron los cartuchos de los recipientes metálicos y se siguió con la destilación a reflujo. Posteriormente se cerró la válvula de reflujo durante 5 min con el fin de evaporar el éter de las cápsulas y finalmente durante otros 5 min se mantuvo el modo de evaporación con aire para secar el éter de los cartuchos. Por último, se retiraron los vasos metálicos con la grasa, se introdujeron 45 min en la estufa a 102 ± 2 °C, se llevaron al desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y se pesaron.

La grasa se expresó como porcentaje en peso según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P_1 - P_0}{P_2} \times 100$$

P_0 = Peso en g de cada vaso metálico vacío.

P_1 = Peso en g del vaso metálico con la grasa.

P_2 = Peso en g de la muestra.

c) **Nitrógeno Total (NT) – Proteína bruta**

Para la determinación de la proteína se siguió el método de la AOAC (1999b), cuantificando el nitrógeno total por el método Kjeldahl, utilizando un digestor “Tecator” modelo “1007” y una unidad de destilación “Tecator” modelo “Kjeltec System 1002 Distilling Unit”.

Reactivos

- Ácido sulfúrico al 98% (v/v).
- NaOH al 40% (p/v).
- Disolución valorada de HCl 0,1 M.
- Pastillas catalizadoras “Special Kjeltabs S 3,5” (3,5 g de sulfato potásico y 0,0035 g de selenio) (Panreac química S.A.).

- Disolución de ácido bórico al 4% con verde de bromocresol y rojo de metilo como indicadores. Se preparó disolviendo 40 g de ácido bórico en aproximadamente 600 ml de agua destilada caliente. Una vez disuelto, se añadió más agua destilada hasta un volumen de 900 ml. Se dejó enfriar a temperatura ambiente, tras lo cual se añadieron 10 ml de una disolución de verde de bromocresol (100 mg en 100 ml de alcohol etílico) y 7 ml de una disolución de rojo de metilo (100 mg en 100 ml de alcohol etílico). Se enrasó a un volumen final de 1 l con agua destilada y se mezcló homogéneamente.

Procedimiento

Se pesó con exactitud de $\pm 0,01$ g en el tubo de digestión, una cantidad de 0,25 g de carne de alpaca liofilizada o de 0,50 g de charqui homogeneizado, añadiendo unas perlas de vidrio y una pastilla de catalizador. Seguidamente se añadieron 12 ml de ácido sulfúrico concentrado, se agitó suavemente por rotación y se introdujo en la unidad de digestión, a una temperatura de 420 °C a la que se llegó progresivamente; se mantuvo la digestión durante 3 h, hasta la total clarificación, transformándose el nitrógeno en amoníaco y quedando éste en forma de sulfato amónico. Una vez realizada la digestión, se liberó el amonio del sulfato amónico mediante la alcalinización del medio con 25 ml de NaOH al 40% después de haber añadido 100 ml de agua Mili-Q y 5 a 6 gotas de fenolftaleína.

El amoníaco se arrastró en una corriente de vapor durante aproximadamente 7 min en la unidad de destilación, hasta alcanzar un volumen de 150 ml de destilado, que se recogió sobre un matraz con 40 ml del reactivo de ácido bórico al 4%, el contenido se valoró por titulación con ácido clorhídrico 0,1M hasta el viraje del indicador, midiendo el volumen gastado con una bureta graduada. Además de las muestras se realizaron dos blancos.

El porcentaje de nitrógeno total se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno Total} = \frac{1,4 f \times (V_f - V_0)}{P} \times M$$

f = Factor del ácido clorhídrico.

V_f = ml de HCl gastados en la valoración de la muestra.

V₀ = ml de HCl gastados en la valoración del blanco.

P = Peso en g de la muestra.

M = Molaridad del ácido clorhídrico.

El porcentaje de proteína se calculó a partir del porcentaje de nitrógeno del modo siguiente:

$$\% \text{ Proteína Bruta} = \% \text{ Nitrógeno Total} \times 6,25$$

d) Cenizas

Para la determinación de las cenizas se siguió el Método Oficial de Análisis de Productos Cárnicos (Presidencia del Gobierno, 1979) consistente en la calcinación en mufla.

Reactivos

- Agua Mili-Q.
- Acetato de magnesio anhidro al 15% (p/v).

Procedimiento

Se introdujeron las cápsulas de porcelana en una estufa a 102 ± 2 °C durante al menos 30 min para su desecación. Se sacaron y se enfriaron en el desecador durante otros 30 min y se anotó su peso. En dicha cápsula se pesaron 3 g de carne de alpaca liofilizada o de charqui, se le añadió 1 ml de solución de acetato de magnesio, se mezcló uniformemente y se introdujo en la mufla a 100 °C para ir subiendo la temperatura 50 °C cada 30 min hasta llegar a 250 °C. Posteriormente se subió a 550 °C y se mantuvo a esa temperatura 1

h, se comprobó que las cenizas tenían un color blanco o ligeramente gris – en caso contrario se añadieron 2 ml de agua Mili-Q y se repitió el proceso de calcinación –. Finalmente, se enfriaron las cápsulas con las cenizas y se mantuvieron en el desecador hasta pesarse.

Paralelamente al análisis descrito se realizó un blanco por duplicado, incinerando una cápsula con 1 ml de acetato de magnesio, sin muestra, y se anotó el incremento de peso. Las cenizas se expresaron como porcentaje en peso según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_2 - P_0 - P_3)}{(P_1 - P_0)} \times 100$$

P_0 = Peso en g de la cápsula.

P_1 = Peso en g de la cápsula conteniendo la muestra.

P_2 = Peso en g de la cápsula y el residuo después de la incineración.

P_3 = Peso en g del óxido de magnesio proveniente de la disolución de acetato de magnesio añadido (blanco).

II.6.2. Determinación del contenido en elementos minerales

El contenido en elementos minerales – K, P, Na, Mg, Ca, Zn, Fe, Cu y Mn – se realizó a partir de la muestra digerida con ácido nítrico concentrado – digestión húmeda –, siguiendo básicamente el método 986.09 propuesto por la AOAC (AOAC, 1999c), incluyendo algunas modificaciones, mediante espectrofotometría de emisión atómica acoplada inductivamente (ICP-AES), utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo 1000 Emission Spectrometry.

Reactivos

- Ácido nítrico concentrado.

Procedimiento

A partir de 0,25 g de muestra (carne de alpaca liofilizada) o 0,5 g (charqui seco o rehidratado), pesada con una precisión de $\pm 0,1$ mg y 10 ml de ácido nítrico concentrado se procedió a realizar una digestión húmeda durante 18 h a temperatura ambiente y otras 4 h en baño de agua a 90 °C. Posteriormente los tubos se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se realizaron diluciones de las muestras digeridas para analizar el contenido de minerales. Para Mg, Ca, Zn, Fe, Cu y Mn (elementos minerales presentes en menor cantidad), se tomaron 3 ml de la muestra digerida y se trasvasaron a tubos de plástico, a los que se añadieron 6 ml de agua Mili-Q. Por otra parte, para el K, P y Na (minerales presentes en mayor cantidad), se tomó 1 ml de muestra digerida y se diluyó con 9 ml de agua Mili-Q. Finalmente, los tubos se agitaron y se llevaron al Laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Universidad de León para su análisis espectrofotométrico (espectrofotometría de emisión atómica de plasma acoplado). Los parámetros instrumentales del espectrofotómetro “Perkin Elmer” modelo “1000 Emission Spectrometry” utilizados fueron:

- Potencia de radiofrecuencia (RF): 1400 W.
- Flujo de nebulización: 0,75 ml/min.
- Flujo de plasma: 15 ml/min.
- Flujo auxiliar: 0,2 ml/min.
- Bomba peristáltica: 1 ml/min.

La longitud de onda de emisión seleccionada para cada elemento mineral, así como los límites de detección indicados en el manual del equipo en las condiciones de trabajo utilizadas fueron las siguientes: K, 766,5 nm, 3 ppm; P, 213,6, 3; Na, 589,6, 0,3; Mg, 279,6, 0,3; Ca, 393,4, 0,1; Zn, 213,9, 0,3; Fe, 238,2, 0,3; Cu, 224,7, 0,05; Mn, 257,6, 0,05.

El espectrofotómetro, después de hacer el autocero, fue calibrado para las determinaciones de Cu, Mn, Zn, Fe, Ca y Mg con una solución multielemento de 10 ppm en ácido nítrico/agua (1/2) (v/v). Mientras que para el

Na, P y K la calibración se realizó con soluciones 10 ppm de cada uno de ellos en ácido nítrico/agua (1/9) (v/v). Los efectos de viscosidad fueron corregidos utilizando Sc como patrón interno que fue introducido en el plasma por medio de un canal adicional de la bomba peristáltica. La calibración se realizó por duplicado.

La curva de calibración se obtuvo para cada elemento a partir de las señales de emisión de dos réplicas de la solución multielemento forzando a la recta a que pasara por el origen. Los valores de R^2 fueron superiores en todos los casos a 0,999.

II.6.3. Concentración de mioglobina

La determinación del contenido en pigmentos hemínicos de la carne de alpaca, principalmente mioglobina, se llevó a cabo por el método de Hornsey (1956). Se pesaron 5 g de muestra homogeneizada de la sección del músculo *LT* destinada a análisis químicos y se introdujeron en tubos de vidrio con cierre de rosca a los que se añadió 1 ml de agua destilada y 20 ml de acetona. Los tubos se cerraron y el contenido se mezcló durante 30 s con una varilla de vidrio. A continuación se añadieron 0,5 ml de HCl concentrado (35%). Esta mezcla se agitó y se dejó en la oscuridad, herméticamente cerrada, durante 12 h. Posteriormente se filtró y se midió la densidad óptica a 512 nm. Las determinaciones se hicieron por duplicado.

II.6.4. Colágeno (hidroxiprolina)

Para la determinación de la hidroxiprolina (Hpro) se siguió la técnica descrita en los Métodos Oficiales de Análisis de Productos Cárnicos (Presidencia del Gobierno, 1979). A partir del contenido en Hpro se calculó el de colágeno multiplicando por un factor de 8.

Reactivos

- Solución acuosa de HCl al 50% (v/v).

- Solución concentrada de NaOH al 40% (p/v).
- Solución de NaOH al 10% (p/v).
- Alcohol isopropílico puro.
- Solución acuosa de Cloramina T al 10,5% (p/v).
- Solución tampón de pH 6, que se preparó disolviendo 34 g de acetato sódico anhidro, 36,5 g de citrato trisódico monohidratado, 5,5 g de ácido cítrico en 385 ml de alcohol isopropílico puro y enrasando 1000 ml con agua destilada.
- Solución oxidante, que se preparó en el momento de su empleo, compuesta por 1 volumen de la solución acuosa de cloramina T y 4 volúmenes de la solución tampón de pH 6.
- Ácido perclórico al 17,5% (v/v).
- Solución de p-dimetilaminobenzaldehído (p-DMAB) al 5% en alcohol isopropílico.
- L-hidroxiprolina.

Preparación de la muestra

Se pesó aproximadamente 3 g de muestra liofilizada previamente hidratada (1:3) y se colocó en un matraz de 100 ml, se añadieron unas perlas de vidrio y 50 ml de HCl al 50%. Los matraces con la mezcla se llevaron a un destilador de reflujo manteniendo una ebullición suave durante al menos 7 h. Se refrigeraron los matraces con agua corriente inmediatamente y se neutralizó el contenido con 28 ml de la solución concentrada de NaOH y agitando vigorosamente. Posteriormente, se dejó enfriar al chorro de agua y el pH final del contenido de los matraces fue ajustado entre 6 y 7 con la solución diluida de NaOH. Entonces se transfirió el contenido a un matraz aforado de 200 ml y se enrasó dejándolo en reposo durante 1 h, y se tomó una alícuota previa filtrada de la solución, para la determinación espectrofotométrica.

Preparación de la curva patrón

Se preparó una solución madre conteniendo 400 µg/ml de Hpro en agua destilada. Se hicieron diluciones acuosas de 10, 15 y 20 µg/ml. A continuación en una serie de tubos de ensayo aforados de 12 ml, se colocó en el primer tubo

(testigo) 1 ml de agua destilada y en los tres siguientes la misma cantidad de las soluciones que contenían 10, 15 y 20 µg/ml de Hpro. Posteriormente se añadieron a cada tubo 2 ml de isopropanol puro y 1 ml de la solución oxidante recientemente preparada y se agitó dicha mezcla. Se dejó reposar durante 10 min y se añadió a cada tubo 3 ml de la solución de ácido perclórico al 17,5% y 2 ml de p-DMAB al 5%. Se homogenizó y se llevó al baño de maría a 60 °C durante 2 min. Entonces se ajustó el volumen hasta 12 ml con isopropanol, se agitó y se leyó la densidad óptica de cada tubo a 560 nm. Se realizó la correspondiente curva patrón colocando en las ordenadas la absorbancia y en las abscisas las concentraciones (µg/ml de Hpro) y ajustando los pares de valores mediante regresión lineal.

Determinación espectrofotométrica de la Hpro

Para la determinación de la Hpro de las muestras se procedió de la misma forma que para la curva patrón, pero en lugar de 1 ml de las soluciones patrón se tomó 1 ml de cada una de las alícuotas del filtrado con la muestra problema y la lectura en el espectrofotómetro se interpoló en la curva patrón para obtener la concentración de Hpro.

El contenido en Hpro se expresó en términos de mg/100 g de producto.

$$\% \text{ HPRO} = \frac{X}{50 P} \times d$$

X = Concentración de HPRO leída en la recta patrón.

P = Peso inicial de la muestra en g.

d = Dilución del filtrado realizado.

El contenido en colágeno se calculó a partir del contenido en Hpro mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Colágeno} = 8 \times \% \text{ Hpro}$$

II.6.5. Aminoácidos

El contenido de aminoácidos se determinó de acuerdo al método descrito por Bidlingmeyer *et al.* (1984).

Reactivos

- Ácido clorhídrico 6 N.
- Agente derivatizante: etanol, agua mili-Q, trietilamina y fenilisotiocianato (7:1:1:1).

Hidrólisis

Para la hidrólisis se pesó 0,1 g de carne de alpaca liofilizada en un tubo de ensayo de vidrio con tapa rosca, se añadió 5 ml de HCl 6N y se purgó con nitrógeno, cerrando inmediatamente. Los tubos se mantuvieron durante 24 h en una estufa a 110 °C. Transcurrido ese tiempo, se enfriaron los tubos a temperatura ambiente y se vertió su contenido en un matraz aforado de 250 ml, enrasándose con agua milliQ.

Derivatización

Se tomó una alícuota de 0,2 ml de la muestra hidrolizada y se secó en Speec-Vac. Luego, se añadió 20 µL de agente derivatizante y se mantuvo la muestra a temperatura ambiente y en oscuridad durante 20 min y se secó nuevamente en Speec-Vac. Posteriormente, se diluyó con 800 µl de agua mili-Q y se filtró a través de un filtro de jeringa de 0,45 µm a los viales. De igual manera se procedió con la solución estándar de aminoácidos (Alltech Grom, Rottenburg-Hailfingen, Germany).

Desarrollo cromatográfico

Se utilizó un modulo de separación Modelo 2690 (Waters Corporation, Milford, MA, USA), equipado con un detector "Diodo array" Waters 996 y una columna de fase reversa C18 Symetry ® (Waters) de 250×4,6 y 5 µm de tamaño de poro. La temperatura de la columna fue mantenida con un horno

calefator SP8792 (Spectra-Physics, San Jose, CA, USA). Las condiciones de trabajo utilizadas fueron las siguientes:

- Fase móvil: (A) Acetato de sodio 0,14M pH 6.5 y (B) Acetonitrilo en agua al 60% (v/v).
- Volumen de inyección: 20µl.
- Temperatura de la columna: 50 °C.
- Duración: 47 min.
- Detección: UV 254 nm.
- Gradiente de elución:

Tiempo (min)	Flujo (ml/min)	% Fase A	% Fase B	Curva
0	0,90	100	0	---
5,00	0,80	100	0	8
20,00	0,75	78	22	6
40,00	0,80	54	46	6
42,00	1,00	0	100	6
43,00	1,00	0	100	6
44,00	1,00	100	0	6
46,00	1,50	100	0	6
47,00	0,90	100	0	6

Cuantificación

Finalmente, para la cuantificación de los aminoácidos se realizó una curva de calibración para cada aminoácido identificado con cantidades crecientes del mismo, ajustando los valores con una regresión lineal e interpolando el valor del área obtenida para cada aminoácido identificado en la curva patrón respectiva para obtener la concentración final de dicho aminoácido. El contenido en los distintos ácidos aminoácidos se expresaron en g/100 g del total de aminoácidos.

II.6.6. Determinación de aminos biógenas

Para la determinación de aminos biógenas se siguió el método recomendado por Eerola *et al.* (1993).

Reactivos

- Ácido perclórico 0,4 M.
- Estándar interno: 1,7 diaminoheptano en agua mili-Q (1mg/ml).
- Hidróxido de Sodio 2 N.
- Solución Saturada de Bicarbonato.
- Cloruro de dansilo en acetona (10 mg/ml).
- Acetonitrilo.
- Acetato de amonio 0,1 M.

Preparación del extracto

Se pesó 4g de charqui molido, se añadió 500 µL de estándar interno, y se homogenizó con 40 ml de ácido perclórico 0,4 M, en sorvall durante 2 min. Luego la mezcla homogenizada se centrifugó a 3000 rpm por 10 min y el sobrenadante se filtró con papel de filtro (Sartorius Grado: 389F, 90 mm, 84g/m²) y con el residuo se realizó una segunda extracción, repitiendo los pasos anteriores. Luego se combinó los 2 sobrenadantes y se ajustó a 100ml con ácido perclórico 0,4 M.

Preparación de patrones

Se pesó las siguientes cantidades de aminos y se diluyeron en 25 ml de agua mili-Q: triptamina (30 mg), feniletilamina (35 mg), putrescina (45 mg), cadaverina (45 mg), histamina (40 mg), serotonina (30 mg), tiramina (30 mg), espermidina (60 mg) y espermina (65 mg). Posteriormente en un matraz aforado (100 ml) se añade una cantidad apropiada de las 9 diluciones anteriormente preparadas para obtener una concentración de 100 µg/ml de cada amina biógena y se completa a 100 ml con agua milliQ (Solución de aminos). Para la curva de calibración de las aminos, se preparó diluciones tomando distintas cantidades de la solución de aminos (0,5, 1, 2 y 4 ml) y a cada una de ellas se le agregaron 0,5 ml de estándar interno y se completó a 50 ml con ácido perclórico 0,4 M.

Derivatización

En un tubo de prueba con tapa se colocó 1 ml de las muestras extraídas y de las diluciones de patrones, preparados como se mencionó anteriormente, luego se adicionó 200 µl de hidróxido de sodio 2N, 300 µl de bicarbonato de sodio saturado, para alcalinizar el medio. Posteriormente se adicionó 2 ml de la solución de cloruro de dansilo recién preparada y se agitó. Luego se colocó los tubos con tapa en baño maría a 40 °C por 45 min, se enfrió y se adicionó 100 µl de hidróxido de amonio al 25%, para remover el exceso de cloruro de dansilo. Después de 30 min de reposo en oscuridad se adicionó 1,4 ml de acetonitrilo y se centrifugó a 2500 rpm por 5 min. El sobrenadante se filtró con filtro 0,45 µm directo al vial con jeringa de vidrio y filtros especiales resistentes al acetonitrilo.

Desarrollo cromatográfico

Se inyectó 20 µL de las muestras filtradas preparadas anteriormente en un cromatógrafo Alliance –Waters 2690- equipado con un detector de “Diode Array” -Waters 996- , una columna Spherisorb ODS2, 5 µm, 125 x 4 mm y una pre-columna RP-18.

Las condiciones de análisis cromatográfico fueron:

- Fase móvil A: acetato de amonio 0,1M.
- Fase móvil B: acetonitrilo.
- Gradiente de elución: Comienza con 50% de acetonitrilo y termina con un 90%.
- Duración de la carrera: 19 min.
- Velocidad de flujo: 1ml/minuto.
- Temperatura de la columna: 40 °C
- Detección: UV 254 nm y 550 nm como referencia

Identificación

Para la identificación de las aminas biógenas se inyectaron patrones (preparados como se detalló anteriormente) y los tiempos de retención obtenidos para los patrones fueron comparados con los tiempos de los picos de las muestras. Así mismo, se comparó el espectro obtenido para cada pico

patrón frente al respectivo espectro del pico problema para confirmar la pureza de los compuestos.

Cuantificación

Finalmente, para la cuantificación de las aminas biógenas se realizó una curva de calibración para cada amina identificada con cantidades crecientes de la misma, ajustando los valores con una regresión lineal, e interpolando el valor del área obtenida para cada amina identificada en la curva patrón respectiva para obtener la concentración final de dicho ácido. El contenido de las distintas aminas biógenas se expresaron en mg/kg de charqui.

II.6.7. Nitrógeno no proteico

Para la determinación del NNP se siguió básicamente el método Kjeldahl, utilizando una unidad de digestión “Digestión System 6” marca Tecator modelo “1007” y una unidad de destilación marca Tecator modelo “Kjeltec System 1002 Distilling Unit”.

Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado.
- NaOH 40%.
- Disolución valorada de HCl 0,1 N.
- Pastillas catalizadoras “Special Kjeltabs S 3,5” (3,5 g de sulfato potásico y 0,0035 g de selenio).
- Disolución de ácido bórico al 4% con verde de bromocresol y rojo de metilo como indicadores. Se preparó disolviendo 40 g de ácido bórico en aproximadamente 600 ml de agua caliente. Una vez disuelto, se añadió más agua destilada hasta un volumen de 900 ml. Se dejó enfriar a temperatura ambiente, tras lo cual se añadieron 10 ml de una disolución de verde de bromocresol (100 mg en 100 ml de alcohol etílico) y 7 ml de una disolución de rojo de metilo (100 mg en 100 ml de alcohol etílico). Se enrasó a un volumen final de 1 L con agua destilada y se mezcló homogéneamente.
- Acido tricloroacético al 25% (peso/peso).

Procedimiento

Para la extracción del nitrógeno no proteico, se pesaron con una precisión de $\pm 0,01$ g, 5 g de charqui previamente molido, se adicionaron 40 ml de agua y se homogenizó la muestra en Sorvall durante 2 min y luego se transfirió a tubos de centrifuga de 100 ml. Se centrifugó la muestra a 3000 rpm durante 15 min, pasado este tiempo se separó el sobrenadante. Luego, fue llevada a cabo una segunda extracción del residuo añadiéndose nuevamente 35 ml de agua, homogenizando y centrifugando en las condiciones descritas anteriormente. Una vez recolectada las dos fracciones del sobrenadante, se midió el volumen y se mezcló 25 ml del sobrenadante con 25 ml de ácido tricloroacético al 25%, se refrigeró a 4°C por 30 min, para que pueda precipitar la proteína y se filtró con papel Whatman 2 directo al tubo de digestión y se determinó la cantidad de nitrógeno por el mismo procedimiento que el utilizado para el nitrógeno total.

II.6.8. Nitritos

La determinación de los nitritos se realizó según el método colorimétrico 973.31 de la AOAC (1999d).

Reactivos

- Reactivo NED. Se preparó disolviendo 0,2 g de N-(1-naftil) etilendiamina·2HCl en 150 ml de CH₃COOH al 15% (v/v). Se filtró y almacenó en frasco de vidrio oscuro.
- Reactivo de Sulfanilamida. Se preparó disolviendo 0,5g de sulfanilamida·2HCl en 150 ml de CH₃COOH al 15% (v/v). Se filtró y almacenó en frasco de vidrio oscuro.
- Solución estándar de Nitrito: Solución Stock (1000 ppm, NaNO₂). Disolver 1,000 g de NaNO₂ en 500 ml de agua destilada y enrasar a 1000 ml. Conservar en refrigeración.
- Solución Intermedia de Nitrito (100 ppm). Diluir 100 ml de la solución Stock en 1 L de agua destilada.

- Solución de trabajo de Nitrito (1 ppm). Diluir 10 ml de la solución intermedia en 1 L de agua destilada.

Preparación del extracto

Para la determinación de los nitritos se preparó un extracto pesando 10 g de charqui previamente molido, con una precisión de $\pm 0,01$ mg a la que se adicionó 70 ml de agua destilada, homogenizando en Sorvall durante 1 minuto. Se transfirió la mezcla cuantitativamente a un vaso de precipitados. El extracto se calentó en agitación a 80 °C durante 1 h y se transfirió luego a un frasco volumétrico de 100 ml, se enfrió y se llevó hasta un volumen final de 100 ml.

Determinación

Se tomaron 50 ml del extracto y se filtraron a través de papel filtro sin residuos de nitritos, si después de la filtración aún existió turbidez remanente, se centrifugó hasta obtener una solución clara. A 10 ml del filtrado se adicionaron 2,5 ml de reactivo de sulfanilamida y se mezcló. Después de 5 min, se adicionaron 2,5 ml del reactivo NED, se completó el volumen a 50 ml, se mezcló y esperó 15 min hasta el desarrollo del color. Posteriormente, una porción de la solución fue transferida a la cubeta fotométrica y se determinó la absorbancia a 540 nm. Adicionalmente se preparó un blanco tomando 5 ml de agua destilada Milli-Q la cual se trató de igual forma que las muestras. También se midió la absorbancia de 10 ml de filtrado de cada muestra a la que se adicionó 2,5 ml de sulfanilamida y 2,5 ml de una solución de ácido acético al 15%.

Preparación de la curva patrón

Se preparó una solución madre conteniendo 1000 ppm de NaNO_2 , de esta solución se realizó una intermedia de 100 ppm y finalmente se preparó una solución de trabajo conteniendo 1 ppm de NaNO_2 . A partir de esta solución se prepararon patrones de 0, 0,2, 0,4, 0,6 y 0,8 ppm de NaNO_2 tomando 0, 10, 20, 30 y 40 ml de la solución de trabajo en frascos volumétricos de 50 ml, se le

adicionan 2,5 ml de reactivo de sulfanilamida y se mezclaron y se procedió según lo descrito para las muestras. Se trazó la correspondiente recta de regresión con los resultados obtenidos.

Quantificación

A los valores obtenidos en la lectura espectrofotométrica para las muestras se le restó el valor de absorbancia obtenido para las mismas muestras tratadas sin NED. A esta nueva absorbancia se le sumó el valor del blanco obteniendo los valores finales de absorbancia utilizados en la interpolación con la curva patrón para obtener la concentración de nitritos en la muestra. Los valores finales se expresaron en ppm.

II.6.9. Ácidos grasos

La formación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos que forman parte de los glicéridos y fosfolípidos de la grasa dorsal se determinó mediante el método de transesterificación in situ descrito por Carrapiso *et al.* (2000), utilizando la cromatografía gaseosa para su identificación.

Reactivos

- Cloruro de Acetilo.
- Metanol anhidro.
- Solución acuosa de K_2CO_3 al 6% (p/v).
- Tolueno.
- HCl metanólico al 5% (v/v): se añadió lentamente 5 ml de cloruro de acetilo a 50 ml de metanol anhidro (Sukhija y Palmquist, 1988). Se prepara en campana de seguridad por las posibles proyecciones.

Procedimiento

En primer lugar, en el caso de las muestras de músculo *LT* se extrajo la grasa (Bligh y Dyer, 1959), pesando 10 g de las muestras de *LT* liofilizadas, hidratándola por 24 h y añadiendo 20 ml de cloroformo y 40 ml de metanol. La

mezcla se homogeneizó con un homogeneizador Ultraturrax, se centrifugó a 4000 rpm por 5 min y filtró. Al residuo se le agregaron 40 ml de cloroformo, agitando y filtrando, uniendo el filtrado al anterior y la mezcla de ambos filtrados se lavó con 11 ml KCl 0,8%. El cloroformo del filtrado se evaporó en rotavapor a 40 °C y finalmente con corriente de nitrógeno. La grasa así extraída se congeló hasta seguir con el análisis. La grasa renal se homogeneizó en una picadora doméstica y se congeló a -40 °C hasta su análisis.

Se pesaron 25-35 mg de la grasa extraída o grasa renal con precisión de $\pm 0,01$ mg en tubos Pyrex con tapón de rosca, se añadió 1 ml de solución estándar interno (ácido tridecanoico – C13:0 –) y 3 ml de HCl metanólico al 5% recién preparado. Después de mezclar cuidadosamente el contenido, los tubos se cerraron herméticamente y fueron calentados en un baño de agua a 70 °C durante 100 min. Después de enfriar a temperatura ambiente se añadieron 5 ml de K₂CO₃ al 6 % para alcalinizar el medio. A continuación se agitaron los tubos y se sometieron a una centrifugación de 100,8 g durante 5 min con el fin de favorecer la separación de fases. La fase orgánica fue transferida a un tubo Pyrex y secada con aproximadamente 1 g de Na₂SO₄ anhidro. Los tubos fueron agitados y centrifugados a 100,8 g durante 5 min. La capa de tolueno que contiene los ésteres metílicos de los ácidos grasos fue transferida a un vial de cromatografía y se añadió tolueno hasta un volumen final de 1 ml.

La separación e identificación de los ácidos grasos se llevó a cabo empleando un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard-6890 Series GC system) acoplado a un detector selectivo de masas (Hewlett Packard-5973 Inert MSD Mass Selective Detector), equipado con un inyector automático (HP 7683 series inyector) y con una columna capilar Supelco 2-4136 OmegawaxTM 250 Fused Silica, de longitud 30 m, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μ m de espesor de relleno. Las condiciones de trabajo utilizados fueron las siguientes:

- Gas portador: He.
- Velocidad de flujo inicial: 1 ml/min.
- Temperatura del inyector: 200 °C.

- Programación de temperatura del horno: inicial 50 °C mantenida 1 min, aumento a 150 °C a velocidad de 10 °C por min y mantenimiento a esa temperatura durante 1 min, subida a 180 °C a 12 °C por min, incremento a 188 °C a 2 °C por minuto y mantenimiento durante 6 min, subida a 220 °C a 2 °C por min y 2 min de mantenimiento, e incremento de temperatura hasta 260 °C a 20 °C por min a la que se mantuvo durante 7 min.
- Volumen de inyección: 1 µl.
- Inyección: Modo split.
- Relación del split: 30:1.
- Temperatura de transferencia en el detector 300 °C.

La identificación de los ácidos grasos se llevó por comparación de los tiempos de retención con los de 19 patrones externos (Sigma-Aldrich) y posterior confirmación con los espectros de masas de los picos con los ácidos grasos de la base de datos HP Willey 275.L Mass Spectral Library (Hewlett Packard, revisión D 01.00, de Nov de 1998) proporcionada por el fabricante del equipo.

El caso de los picos con tiempos de retención diferentes a los patrones, se llevó a cabo su identificación tentativa mediante la comparación de su espectro con los espectros que figuran en la base de datos (a través de los cuales se obtuvo la longitud de la cadena y el número de insaturaciones) y teniendo en cuenta además el orden de elución consultado en la bibliografía disponible. Este fue el caso de los ácidos grasos tentativamente identificados como isómeros metil-ramificados y algún ácido graso insaturado.

La cuantificación se realizó a partir de los factores respuesta obtenidos por regresión lineal de las áreas de los picos de los cromatogramas de los patrones, que fueron inyectados a tres concentraciones diferentes por duplicado. Los resultados se dieron en % de cada ácido graso sobre el total de ácidos grasos. En aquellos casos en los que no se dispuso de patrones de

metil-ésteres para la cuantificación, se tomó como factor respuesta el del isómero correspondiente.

II.6.10. Determinación de ácidos grasos libres (AGL)

Reactivos

- Metanol.
- Cloroformo.
- Papel filtro Whatman 1.
- Cloruro de potasio al 0,88 % (m/v).
- Dilución acuosa de metanol 1:1 (v/v).
- Minicolumnas de aminopropilsilicato (500 mg: supelco).
- Hexano con 0,02% de BHT (m/v).
- Ácido pentadecanoico (0,02 g/ml hexano).
- Dietil-éter con ácido acético glacial al 2 % (v/v).
- Nitrógeno.
- Boro trifluorido en metanol.
- Ácido sulfúrico 3Mm.

Extracción de grasa

Previamente se pesó 10 g de charqui molido y se añadió 20 ml de agua, hidratándola aproximadamente por 18 h, luego se añadió 15 ml de metanol y se homogeneizó con un homogeneizador Ultraturrax por 1,5 min, inmediatamente después se añadió 30 ml de cloroformo y se homogeneizó 1,5 min más. La mezcla se centrifugó a 4000 rpm por 5 min y se filtró. Al residuo se le agregaron 15 ml de metanol y 30 ml de cloroformo, se mezcló con varilla de vidrio y se filtró la parte líquida resultante utilizando el mismo filtro y hacia el mismo embudo de decantación que en la primera extracción. La mezcla de ambos filtrados se lavó con 11 ml KCl 0,8%. Se separó la fase orgánica y los solventes se evaporaron bajo vacío en un rotavapor a 40 °C. La grasa así extraída se congeló hasta seguir con el análisis.

Extracción de ácidos grasos libres

Los ácidos grasos fueron separados del resto de los lípidos neutros y polares por extracción en fase sólida usando minicolumnas de aminopropilsilicato (500 mg: supelco). Una parte alícuota de 100 μ L de grasa extraíble se disolvió en 4 ml de hexano con 0,02 % de BHT (m/v) y se añadió 50 μ L de ácido pentadecanoico a las muestras como estándar interno. La filtración se realizó con las minicolumnas, luego se agregó 2 ml del hexano con BHT y el filtrado se desechó. El residuo fue enjuagado con 5 ml de dietil-éter con 2% (v/v) de ácido acético glacial. La fracción contenía los ácidos grasos libres que fueron evaporados con vacío en un SpecVac.

Derivatización

Los ácidos grasos libres de las muestras y las soluciones de calibración fueron desnaturalizadas con 1 ml de boro trifluorido en metanol por 20 min a 50 °C. Los ácidos grasos metil-éster fueron extraídos con 2 ml de hexano por inyección dentro de un cromatógrafo de gases.

Separación cromatográfica e identificación

La separación e identificación de los ácidos grasos libres se llevó a cabo empleando un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard-6890 Series GC system) acoplado a un detector selectivo de masas (Hewlett Packard-5973 *Inert MSD Mass Selective Detector*), equipado con un inyector automático (HP 7683 *series inyector*) y con una columna capilar Supelco 2-4136 OmegawaxTM 250 *Fused Silica*, de longitud 30 m, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μ m de espesor de relleno. Las condiciones de trabajo utilizados fueron los siguientes:

- Gas portador: He.
- Volumen de inyección: 1 μ l.
- Inyección: Modo split.
- Relación del split: 60:1.
- Velocidad de flujo inicial: 1 ml/min.
- Temperatura de transferencia en el detector 300 °C.
- Temperatura del inyector: 200 °C.
- Programación de temperatura del horno:

Rampas	°C/min	T ^a (°C)	Tiempo (min) de mantenimiento	Tiempo (min) transcurrido
Inicial	---	50	1,00	1,00
Rampa 1	10,00	150	1,00	12
Rampa 2	12,00	180	0,00	14,50
Rampa 3	2,00	188	6,00	24,50
Rampa 4	2,00	220	2,00	42,50
Rampa 5	20,00	260	7,00	51,50

Identificación

La identificación de los ácidos grasos libres se llevó por comparación de los tiempos de retención con los de los patrones externos (Sigma-Aldrich) y posterior confirmación con los espectros de masas de los picos con los ácidos grasos de la base de datos HP Willey 275.L *Mass Spectral Library* (Hewlett Packard, revisión D 01.00, de Nov de 1998) proporcionada por el fabricante del equipo. En el caso de los picos con tiempos de retención diferentes a los patrones, se llevó a cabo su identificación tentativa mediante la comparación de su espectro con los espectros que figuran en la base de datos (a través de los cuales se obtuvo la longitud de la cadena y el número de insaturaciones) y teniendo en cuenta además el orden de elución consultado en la bibliografía disponible. Este fue el caso de los ácidos grasos tentativamente identificados como isómeros metil ramificados y algún ácido graso insaturado.

Cuantificación

La cuantificación se realizó a partir de los factores respuesta obtenidos por regresión lineal de las áreas de los picos de los cromatogramas de los patrones, que fueron inyectados a tres concentraciones diferentes por duplicado. En aquellos casos en los que no se dispuso de patrones de metil-ésteres para la cuantificación, se tomó como factor respuesta el del isómero correspondiente.

II.6.11. Determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (SRATB)

La medición del grado de oxidación de los lípidos fue realizada siguiendo el método descrito por Nam y Ahn (2003). La recta patrón se preparó del mismo modo como lo describe Lawlor *et al.* (2000).

Reactivos

- Butilato hidroxitolueno (7,2% en etanol, v/v).
- Solución de ácido tiobarbitúrico / Ácido tricloroacético (20mM TBA/15% TCA, p/v).
- Agua destilada desionizada.
- 1,1,3,3-Tetraetoxipropano (TEP) (Sigma Aldrich)
- Reactivo TBA (0,02M en 15% de Ácido tricloroacético).

Preparación de la recta patrón

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

Preparación del blanco

El blanco fue preparado 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 muestras

Se pesó con una precisión de $\pm 0,1$ g, 2 g de charqui molido y se homogenizó a alta velocidad durante 30 segundos en Sorval con 20 ml de agua destilada desionizada, posteriormente, 1 ml del homogenizado fue transferido a un tubo de ensayo de taparosca (13x 100mm), 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 fue homogenizada en un agitador e incubada en baño de agua a 90 °C por 15 min hasta desarrollar el color, luego fueron enfriadas por 10 min en un baño de agua, tras lo cual las muestras fueron homogenizadas y centrifugadas a 5800 g por 20 min a 5 °C. Finalmente el sobrenadante fue recogido en tubos de ensayo limpios y fue medida la absorbancia a 531 nm. Al resultado obtenido se le restó el valor del blanco preparado anteriormente.

Resultados

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

II.6.12. Retinol y tocoferol

Procedimiento

En primer lugar se extrajo la grasa de las muestras de carne de alpaca con una mezcla de cloroformo-metanol (Bligh y Dyer, 1959). De la grasa se extrajeron las vitaminas según el método de Yang *et al.* (1992) modificado. Un total de 0,25 g de grasa se depositó en un tubo de ensayo al que se añadieron 250 μ l de una solución acuosa de ácido ascórbico al 20% y 1 ml de KOH en metanol al 20% (p/v). La mezcla se agitó y se sometió a saponificación en un

baño a 68 °C durante 45 min. Tras enfriar los tubos se añadieron 3 ml de éter dietílico, se agitó y se centrifugó recogiendo la fase etérea con pipeta Pasteur. El proceso se repitió 3 veces. La fase etérea se lavó 3 veces con 5 ml de agua, centrifugando para favorecer la separación entre fases. Posteriormente el éter se evaporó bajo corriente de nitrógeno quedando en el tubo las vitaminas. Éstas se redisolviéron en 1 ml de metanol y esta solución se inyectó en el cromatógrafo.

La separación por HPLC fue llevada a cabo usando un equipo Waters 2690 con un detector Waters 996 Photodiode Array. La columna utilizada fue una OmniSpher 5, C18, de dimensiones 250 x 3 mm. Las condiciones cromatográficas fueron las descritas por Rodas-Mendoza *et al.* (2003). La fase móvil utilizada fue metanol para HPLC con un flujo de 1 ml/min. La columna fue mantenida a 50 °C durante el análisis. El volumen de inyección fue de 60 µl y el tiempo total de análisis de 30 min. La detección fue llevada a cabo a 292 nm para los α , γ y δ -tocoferoles y a 325 nm para el retinol.

Los picos cromatográficos fueron identificados comparando los tiempos de retención con los de soluciones patrón de vitaminas. Para la cuantificación se elaboró una curva patrón utilizando concentraciones conocidas de los estándares que fueron sometidos al mismo procedimiento de extracción que las muestras de grasa, que fue mencionado anteriormente.

II.7. OTROS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CARNE Y/O DEL CHARQUI DE ALPACA

II.7.1. pH

La medida del pH se llevó a cabo siguiendo el método de análisis de productos cárnicos de la Presidencia del Gobierno (1979). La medición del pH se realizó con un pH-metro Crison modelo GLP 22 (Crison, Barcelona, España) acoplado a un electrodo de pH 52-02 de la misma marca.

Reactivos

- Solución tampón de pH 7,02.
- Solución tampón de pH 4,00.
- Disolución de KCl 3M + AgCl.

Se pesaron aproximadamente 3 g de la muestra de carne o charqui rehidratado homogeneizada y se procedió a realizar una dilución 1:1 (P/V) en agua destilada por duplicado. Se midió el pH de cada dilución y se calculó el valor medio. Las medidas se efectuaron a temperatura ambiente (~ 20 °C).

II.7.2. a_w

La medida de a_w se determinó en un aparato Aqualab CX-2 (Decagon Devices, Inc.).

Reactivos

- Solución Standard de $a_w 0,760 \pm 0,003$ (NaCl 6,0 M en H₂O).

En una cubeta de plástico especial del equipo de medida se depositaron aproximadamente 2 g del charqui previamente molido y se procedió a realizar dos mediciones calculando posteriormente el valor medio entre ambas medidas. Las medidas se efectuaron a temperatura ambiente (~ 20 °C).

II.7.3. Capacidad de retención de agua (pérdidas por cocción y por presión)

Ganancia de peso luego de la hidratación

Se pesaron aproximadamente 15 g de charqui deshilachado (el charqui procedente de Cusco, fue previamente cortado en hilachas) y se añadió agua para lograr una proporción charqui: agua de 1:10, se dejó en reposo aproximadamente durante 18 h a temperatura ambiente, posteriormente se escurrió con un colador fino el agua y se pesó (P_{ST}) y también se pesó el charqui rehidratado. El porcentaje de ganancia de peso, se obtuvo restando el

peso del charqui rehidratado y el peso inicial, dividiendo dicho valor entre el peso del charqui rehidratado y multiplicándolo por 100.

Pérdidas por cocción

La sección del músculo LT de la 10ª a la última costilla (después de 3 días de maduración a 4 °C) o 15 g de charqui rehidratado, se pesaron, se envolvieron en papel aluminio y se introdujeron en una bolsa hermética eliminando el aire de su interior, sumergiéndola en agua a 75 °C durante unos 35 min, hasta alcanzar los 68-70 °C en el interior de trozo de la pieza. Posteriormente, se retiró la envoltura, se escurrió la carne, se secó la superficie con papel y se pesó. Las pérdidas se calcularon a partir de los pesos de la carne antes y después de la cocción.

Porcentaje de jugo liberado por compresión

A las 24 h post mortem se tomó una muestra de 0,3 g procedente del músculo *LT* a la altura de la vértebra T6 o de una hilacha de charqui rehidratado. Una u otra muestra se colocaron en un papel de filtro previamente pesado y todo ello se colocó entre dos placas de plexiglás y se sometió a compresión durante 5 min con un peso de 1 kg. Tras la compresión se separó cuidadosamente la carne del papel húmedo y éste se pesó. El incremento de peso, que corresponde al jugo liberado, se expresa como porcentaje del peso inicial de la carne.

II.7.4. Pérdida de sólidos del charqui en el agua de hidratación

Se pesaron en una cápsula de acero inoxidable 5 ml del agua de hidratación (obtenida según lo indicado anteriormente en II.7.3) y se colocó en una estufa a 100 °C por 4 h y después se enfrió la cápsula con el residuo sólido y volvió a pesar. El porcentaje de pérdida de sólidos del charqui en el agua de rehidratación (%PS) se obtuvo de la siguiente manera:

$$\%PS \text{ (base húmeda)} = (P_{c+ms} - P_c) / (P_{c+s} - P_c) * (P_{ST} / P_{ch})$$

$$\%PS_{(base\ seca)} = (P_{c+ms} - P_c) / (P_{c+s} - P_c) * (P_{ST} / P_{msch})$$

Donde:

P_c : Peso, en gramos, de la cápsula de acero inoxidable.

P_{c+ms} : Peso, en gramos, de la cápsula y la muestra, después de desecar.

P_{c+s} : Peso, en gramos, de la cápsula y la muestra, antes de desecar.

P_{ST} : Peso, en gramos, del agua de hidratación.

P_{ch} : Peso, en gramos, del charqui antes de rehidratarse.

P_{msch} : Materia seca del charqui antes de rehidratarse

II.7.5. Determinación instrumental del color

La determinación instrumental del color se llevó a cabo en la carne de alpaca, sobre el corte del músculo *Longissimus lumborum* entre las vértebras dorsales y lumbares, en la parte lumbar, tal y como se mencionó en II.2.3, después de 1 h de oxigenación. También se determinó sobre la superficie de la pierna del charqui de Cusco-Sicuani y sobre la superficie las hilachas del charqui de Puno-Azángaro, y la del homogeneizado del charqui de Cusco-Sicuani y sobre el charqui rehidratado. En estos tres últimos casos se colocó aproximadamente 50 gramos de charqui en un film plástico, luego la masa se compactó, asegurándose que la profundidad de dicha muestra era mayor de 1,5 cm. y se realizaron las lecturas de color por triplicado.

El color fue medido tres veces sobre la superficie de corte expuesta al aire usando el sistema CIELab con un colorímetro Minolta (CR-400) utilizando el iluminante D65 y 10° como ángulo del observador. Los parámetros de color de la escala CIELab estudiados fueron las coordenadas: luminosidad (L^*), componente rojo-verde (a^*) y componente amarillo-azul (b^*). Se siguió las recomendaciones de American Meat Science Association [AMSA] (1991) y por Honikel (1997), para la preparación de muestras y medida de las mismas.

II.7.6. Determinación instrumental de la dureza

La dureza de la carne se valoró de una manera objetiva sobre prismas obtenidos de la sección de músculo *LT* sometida al proceso de tratamiento térmico descrito a la hora de hablar de las pérdidas por cocción (ver II.7.3). Se utilizó un método mecánico de corte o cizalla, realizado con un texturómetro Technologies Brookfield- Farnell QTS-25 equipado con una cuchilla Warner-Bratzler de borde romo, tal como se explica en el trabajo de Honikel (1997).

La medida de la textura se llevó a cabo al menos por triplicado sobre los respectivos prismas de 1 cm² de sección transversal y 3 cm de largo cortados en dirección paralela a las fibras musculares. Los parámetros instrumentales fueron: velocidad de la cuchilla de preensayo, ensayo y retorno de 180, 100 y 600 mm/s, respectivamente; umbral de fuerza, 50 g; distancia de corte, 25 mm. Los parámetros determinados en el ensayo fueron la fuerza máxima de corte y la energía total necesaria para romper la muestra totalmente.

II.8. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

II.8.1. Preparación de las muestras, suspensiones iniciales y diluciones decimales

Para la preparación de las muestras y obtención de las diluciones decimales necesarias se siguió básicamente el método descrito en la norma ISO 6887-2 (International Organization for Standardization [ISO], 2003a). Se pesaron 25 g asépticamente con una precisión de $\pm 0,1$ g en una bolsa estéril de Stomacher, se diluyeron con 225 ml de una solución estéril de agua peptona al 0,1% y NaCl al 0,85% y se homogenizó en Stomacher durante 1 a 2 min para obtener la primera dilución (1:10 p/v); a partir de ella se realizaron las siguientes diluciones con la misma solución estéril.

II.8.2. Flora Aerobia Mesófila Viable (FAMV)

El análisis de FAMV se llevó a cabo según se describe en la norma ISO 4833 (ISO, 2003b).

Material – reactivos – medios de cultivo

- Agar Standard plate count (SPC-APHA) (CM0463, Oxoid Ltd.).

Procedimiento

A partir de la serie de diluciones decimales y por duplicado, se depositó con una pipeta estéril 1 ml de cada dilución en placas de petri estériles de 90 mm de diámetro. A cada placa se le añadieron unos 15 ml de medio SPC a una temperatura de $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se mezcló cuidadosamente y se dejó solidificar, colocando las placas sobre una superficie horizontal (Método de siembra en profundidad). Una vez solidificadas las placas se introdujeron invertidas en estufa de incubación a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante $72\text{ h} \pm 3\text{ h}$.

II.8.3. Mohos y levaduras

Para el recuento de mohos y levaduras se empleó el método propuesto por la norma ISO 13681 (ISO, 1995).

Material – reactivos – medios de cultivo

- Agar Oxitetraciclina – glucosa – extracto de levadura (OGYE) (CM545, Oxoid, Ltd.).
- Suplemento de oxitetraciclina (SR0073A).

Procedimiento

Se realizó el mismo procedimiento descrito para la flora aerobia mesófila viable empleando agar OGYE, al cual se le adicionó antes de ser vertido sobre las placas de petri el suplemento selectivo de oxitetraciclina (1 ml/ 100 ml de medio). Una vez solidificadas las placas se introdujeron boca arriba en estufa de incubación a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 3 a 5 días, con lectura a los 3, 4 y 5 días. En

caso de requerir confirmación se hizo un examen microscópico con preparaciones en fresco usando azul de lactofenol para la visualización.

II.8.4. Bacterias ácido lácticas (BAL)

La enumeración de las BAL se llevó a cabo siguiendo la norma ISO 15214 (ISO, 1998).

Material – reactivos – medios de cultivo

- Agar MRS (de Man, Rogosa y Sharp) (CM0361, Oxoid, Ltd.).

Procedimiento

Se realizó el mismo procedimiento descrito para la flora aerobia mesófila, empleando el método de siembra en profundidad, adicionando una segunda capa de medio. Una vez solidificadas las placas de agar MRS se introdujeron invertidas en estufa de incubación a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 72 h.

II.8.5. *Micrococcaceae*

El análisis de *Micrococcaceae* se realizó de acuerdo como lo describe Cordero *et al.* (2000).

Material – reactivos – medios de cultivo

- Agar sal manitol (MSA) (CM85, Oxoid, Ltd.).

Procedimiento

Se realizó el mismo procedimiento descrito para la flora aerobia mesófila total empleando el método de siembra en profundidad. Una vez solidificadas las placas de agar MSA se introdujeron invertidas en estufa de incubación a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h.

II.8.6. Coliformes totales

El análisis de coliformes totales se realizó de acuerdo como lo describe la American Public Health Association [APHA] (2001).

Material – reactivos – medios de cultivo

- Agar bilis rojo violeta (VRBA) (CM0107, Oxoid, Ltd.).

Procedimiento

Se realizó el mismo procedimiento descrito para la flora aerobia mesófila total empleando el método de siembra en profundidad. Una vez solidificadas las placas de agar VRBA se introdujeron invertidas en estufa de incubación a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h.

Expresión de resultados

Las colonias se contaron dentro de las 4 h siguientes a la finalización del periodo de incubación. Se seleccionaron las placas en las cuales se desarrollaron entre 30 - 300 colonias para los medios no selectivos y entre 15 - 150 para los medios selectivos. Los recuentos obtenidos se expresaron como Log_{10} de unidades formadoras de colonias (ufc) por g masa.

Sensibilidad de los métodos

Los métodos de siembra empleados para el recuento microbiano tienen una sensibilidad de 10 ufc / g para FAMV, mohos y levaduras, *micrococáceas*, coliformes y BAL. Esto quiere decir, que poblaciones inferiores a estos valores no pueden ser detectados por los métodos empleados anteriormente.

II.8.7. *Staphylococcus aureus*

El análisis de *Staphylococcus aureus* se realizó de acuerdo como lo describe la norma ISO 6888-3 (ISO, 2003c).

Material – reactivos – medios de cultivo

- Agar Baird Parker (CM0275, Oxoid, Ltd.).
- Solución de telurito de potasio (1g en 100 ml).
- Emulsión de yema de huevo.
- Caldo de infusión cerebro-corazón (CM225B, Oxoid, Ltd.).
- Plasma de conejo.

Procedimiento

Se depositó 0,1 ml sobre superficie del agar con varillas estériles de vidrio en ángulo recto, utilizando una para cada dilución. Se mantuvo las placas en su posición hasta que el inóculo fue absorbido por el agar y se introdujeron invertidas en estufa de incubación a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24-48 h. Las colonias típicas son negras, circulares, brillantes, convexas, lisas, de diámetro de 1 a 2 mm y muestran una zona opaca y un halo claro alrededor de la colonia. Según el número de colonias sospechosas “n” se realiza la prueba de la coagulasa (n<50 se toman 3, entre 51-100 se toman 5 y entre 101 y 150 se toman 7) se sembró cada una en tubos con 0,5 ml de caldo de infusión cerebro-corazón e incubó a 37°C durante 24 h, posteriormente se añadió 0,5 ml y se incubó a 37°C por 24 h y si hubo coagulación se considera positivo.

II.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

En primer lugar, para la caracterización de la carne y charqui de alpaca, se aplicó una estadística básica analizando el promedio y la desviación estándar de cada parámetro evaluado. También, para determinar si existieron diferencias significativas entre el charqui producido en Puno y Cusco, o del contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular y perirenal de la alpaca se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Además, para establecer el efecto del tipo de envase y el tiempo de almacenamiento del charqui envasado sobre los parámetros tecnológicos y SRATB del charqui deshilachado procedente de Puno, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, utilizando el test de Tukey para comparar los distintos pares de medias y determinar si hubo o no diferencias significativas ($P<0,05$). Para todos estos análisis se empleó el programa informático Statistica 6.0 para Windows (Statsoft, Tulsa, OK, USA).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1. CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CARNE DE ALPACA

III.1.1. Peso de la canal y dimensiones del músculo *Longissimus lumborum*

En la Tabla III.1 se muestra el peso promedio de las 20 canales de alpaca estudiadas junto con el diámetro mayor y menor del músculo *Longissimus lumborum* (LL). Se pueden apreciar también las correlaciones del peso de la canal fría con las variables mencionadas anteriormente. En la Figura III.1 se observan algunas canales de alpaca utilizadas en el presente estudio.

Tabla III.1. Peso de la canal y dimensiones del músculo *Longissimus lumborum* (LL) de alpaca.

	Promedio	± SD (n=20)	Rango	EP
Peso (kg)	27,35	± 6,34	18,00 - 39,00	1,00
a (cm)	6,03	± 1,38	1,38 - 8,20	0,74
b (cm)	3,46	± 1,15	1,60 - 6,00	0,81

a: diámetro mayor del músculo LL. b: diámetro menor del músculo LL. EP: efecto del peso, coeficiente de correlación de Pearson entre el peso de la canal y cada una de las variables de la Tabla.



Fig. III.1. Canales de alpaca.

El peso de la canal fría presentó un valor medio de $27,35 \pm 6,34$ kg, con valores individuales que fluctuaron entre 18 y 39 kg (para alpacas con una edad entre 18 y 24 meses), que fue ligeramente mayor al valor de $25,64 \pm 1,17$ kg reportado por Bustinza *et al.* (1993) para alpacas con 18 meses y al de $24,4 \pm 1,53$ kg observado por Cristofanelli *et al.* (2005) en alpacas peruanas con 25 meses.

El peso de la canal está influenciado por varios factores (alimentación, edad, raza, sexo), siendo la alimentación, específicamente la calidad nutritiva de los pastos y la disponibilidad de ellos, un factor muy importante que contribuye a un mayor crecimiento corporal y de masa muscular, así como la acumulación de grasa. Es así como Bustinza *et al.* (1993) encontraron experimentalmente un mayor peso promedio de canal de 39,93 kg para alpacas con 18 meses, pero criadas en pastos cultivados con respecto a las criadas en pastos propios del altiplano andino. Asimismo, Turín (1999) obtuvo un peso de canal fría de 30,5 kg en alpacas peruanas con 21 meses de edad criadas con pastos cultivados.

Las medias y desviaciones estándar para los diámetros mayor y menor del músculo *LL* fueron de $6,03 \pm 1,38$ y de $3,46 \pm 1,15$ cm, respectivamente. No se han encontrado estudios en la literatura para comparar los valores de *a* y *b* del *L. lumborum* de alpaca, sin embargo, dichos valores fueron similares a los valores de *a* y *b*, 6,58 cm y 3,68 cm, respectivamente, encontrados por Shadnough *et al.* (2004) para corderos, con una edad de 18 meses y 31 kg de peso de canal fría, condiciones similares al de las alpacas utilizadas en el presente estudio. Como era de esperar, el peso de la canal mostró una correlación significativa positiva con el diámetro mayor y menor del músculo *LL* ($P < 0,05$), con coeficientes de correlación de 0,74 y 0,81, respectivamente.

III.1.2. Composición de la carne de alpaca

III.1.2.1. Componentes mayoritarios, colágeno y mioglobina

La Tabla III.2 muestra los valores de los componentes mayoritarios (humedad, grasa, proteína bruta, cenizas) y el contenido de mioglobina y colágeno, obtenidos de las muestras de músculo *Longissimus thoracis* (LT) de alpaca y expresadas tanto en peso fresco como en extracto seco.

Tabla III.2. Componentes mayoritarios de la carne de alpaca, expresados en porcentaje, y contenido en mioglobina y colágeno, expresados en mg/g.

	Base húmeda (n=20)		Base seca (n=20)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Humedad	74,07 \pm 1,57	71,53 - 76,50		
Grasa	2,05 \pm 0,85	0,82 - 4,46	7,93 \pm 3,20	3,33 - 16,85
Proteína	22,69 \pm 1,66	19,61 - 25,51	87,58 \pm 4,68	75,77 - 95,38
Mioglobina	4,99 \pm 0,74	3,52 - 6,25	19,29 \pm 3,00	13,06 - 23,98
Colágeno	0,46 \pm 0,10	0,31 - 0,60	1,77 \pm 0,39	1,17 - 2,40
Ceniza	1,10 \pm 0,11	0,90 - 1,35	4,26 \pm 0,47	3,42 - 4,90

Los componentes mayoritarios en el LT de alpaca fueron el agua (74,07 \pm 1,57%) y la proteína (22,69 \pm 1,70%). No se presentaron grandes diferencias en los valores de humedad, proteína y ceniza entre cada una de las muestras analizadas, ya que tuvieron un coeficiente de variación con respecto a la media de 2, 7 y 10%, respectivamente. Sin embargo, no ocurrió lo mismo con el contenido en grasa, donde la variación sobre el valor medio alcanzó el 42%. En términos de extracto seco, el coeficiente de variación entre los valores obtenidos para cada muestra con respecto a la media se sitúa en torno al 15% para todos los parámetros excepto la grasa, que presenta una variación mayor, llegando a ser de un 40%.

Los valores encontrados en el presente estudio fueron muy similares a los observados por Cristofanelli *et al.* (2004) en alpacas peruanas de 25 meses: 73,64 \pm 1,66% y 23,66 \pm 0,69% para humedad y proteína, respectivamente. El ratio humedad/proteína para la carne de alpaca fue similar al hallado en llamas

(Cristofanelli *et al.*, 2004). Sin embargo, se han encontrado discrepancias en el porcentaje de grasa intramuscular de alpaca hallado en el presente estudio ($2,05 \pm 0,85\%$), el cual es mayor que el $0,49 \pm 0,01\%$ y $0,51 \pm 0,01\%$ reportado por Cristofanelli *et al.* (2004) para *LT* de alpaca y llama, respectivamente (valores sorprendentemente bajos), y, por el contrario algo menor que el $3,51 \pm 1,09\%$ reportado para llamas peruanas por el mismo grupo de investigación (Polidori *et al.*, 2007b). En lo referente al contenido de cenizas, el porcentaje hallado en el presente estudio ($1,10 \pm 0,05\%$) fue menor al $2,54 \pm 0,20\%$ y $2,43 \pm 0,25\%$ reportado por Cristofanelli *et al.* (2004) para *LT* de alpaca y llama, respectivamente (valores sorprendentemente altos). Sin embargo fue similar al $1,10 \pm 0,05$ encontrado por Kadim *et al.* (2006) en camellos árabes con una edad promedio de 24 meses.

En términos generales, se puede afirmar que la composición proximal del *LT* de alpaca fue semejante a la observada en otros estudios realizados en el *longissimus* de otros rumiantes como camellos (Kadim *et al.*, 2006) y corderos (Sen *et al.*, 2004) de edad similar (Tabla III.3), con excepción de su menor tenor graso.

Tabla III. 3. Composición proximal del músculo *longissimus thoracis* de cordero, camello y alpaca.

	<i>L. dorsi</i> de cordero Sen <i>et al.</i> (2004)	<i>LT</i> de camello Kadim <i>et al.</i> (2006)	<i>LT</i> alpaca (Tabla III.2)
Humedad (H)	68,85	71,70	74,07
Proteína (P)	21,02	22,70	22,69
Grasa	8,47	4,40	2,05
Ceniza	1,20	1,10	1,10
H/P	3,28	3,15	3,26

Se sabe que el color de la carne depende de su contenido en mioglobina y que que la edad y el ejercicio físico son dos factores principales que influyen en el contenido de mioglobina en la carne (Tikk *et al.*, 2007). La concentración de mioglobina hallada para *LT* de alpaca de 18-24 meses criada en régimen extensivo a gran altitud fue de 4,99 mg/g. No se ha encontrado datos en la literatura científica del contenido de pigmentos hemínicos en

camélidos sudamericanos. El contenido en mioglobina encontrado en este estudio fue mayor al valor de 3,30 mg/g encontrado por Kamoun (1995) en *Longissimus thoracis* de camellos con una edad entre 1-2 años y similar a los obtenidos en otros estudios para vacuno (Krzywicki, 1982) y para ovinos (Ledward y Shorthose, 1971) de aproximadamente 2 años.

El contenido de colágeno para *LT* de alpaca fue de 0,49%. No se han encontrado otros estudios sobre carne de alpaca que determinen dicho valor. La cantidad de colágeno en el *LT* de alpaca fue menor a la encontrada por Kamoun (1995) en *Longissimus thoracis* de camellos árabes (0,35%), con una edad entre 1-2 años, inferior también a la halladas en corderos con una edad entre 8 y 10 meses (0,26-0,29%; Tshirhart-Hoelscher *et al.*, 2006) y similar a la detectada en músculo *Longissimus thoracis* de vacunos con una edad entre 12 y 24 meses (Rhee *et al.*, 2004; Serra *et al.*, 2008; Torrescano *et al.*, 2003).

III.1.2.2. Contenido de aminoácidos

En la Tabla III.4 se muestra el contenido de aminoácidos del músculo *LT* de alpaca. Los aminoácidos que se encontraron en mayor cantidad fueron el ácido glutámico, ácido aspártico, isoleucina+leucina y lisina, con 16,61%, 12,06%, 11,40% y 11,05%, respectivamente. Dichos valores presentaron una variabilidad menor del 25%.

La composición de aminoácidos de carne de camélidos sudamericanos, no ha sido estudiada, sin embargo si hay reportes en carne de camellos (Dawood y Alkanhal, 1995; Kadim *et al.*, 2008). En general el contenido de aminoácidos en la carne de alpaca es comparable al de otras especies (Tabla III.5). Al respecto, Rice (1978) señala que el contenido de aminoácidos de la proteína cárnica es bastante constante, sin tener en cuenta la especie o tipo de corte del cual se obtiene la carne.

Tabla III.4. Contenido de aminoácidos en carne de alpaca, expresados en porcentaje respecto al total de aminoácidos.

	Promedio	±	SD (n=20)	Rango	
Ácido glutámico	16,61	±	1,80	11,61	- 19,22
Ácido aspártico	12,06	±	1,82	8,59	- 14,71
Isoleucina+Leucina	11,40	±	1,08	5,27	- 14,02
Lisina	11,05	±	2,76	4,05	- 15,58
Histidina + Treonina	7,63	±	0,52	5,96	- 8,43
Alanina	7,30	±	0,48	5,70	- 8,14
Arginina	6,90	±	1,46	5,42	- 12,35
Glicina	5,97	±	0,48	4,51	- 7,18
Fenilalanina+Tryptófano	5,17	±	2,93	2,97	- 20,76
Serina	4,76	±	0,29	3,55	- 5,39
Valina	3,33	±	0,26	2,69	- 3,89
Prolina	3,27	±	0,28	2,68	- 3,87
Tirosina	2,36	±	0,32	1,48	- 2,80
Metionina	2,19	±	0,84	1,40	- 4,49

Tabla III.5. Contenido de aminoácidos en carne de cordero, camello y alpaca (expresados en porcentaje respecto al total de aminoácidos).

	Magro de cordero USDA (2008)	Magro de camello Kadim <i>et al.</i> (2008)	LT alpaca (Tabla III.4)
Ácido glutámico	15,52	16,91	16,61
Ácido aspártico	9,41	9,09	12,06
Isoleucina+Leucina	13,48	13,64	11,40
Lisina	9,44	8,45	11,05
Histidina + Treonina	7,96	8,73	7,63
Alanina	6,43	6,25	7,30
Arginina	6,35	7,38	6,90
Glicina	5,22	5,95	5,97
Fenilalanina+Tryptófano	5,60	4,84	5,17
Serina	3,98	3,63	4,76
Valina	5,77	5,16	3,33
Prolina	4,49	5,39	3,27
Tirosina	3,60	3,23	2,36
Metionina	2,75	2,41	2,19

III.1.2.3. Contenido de elementos minerales

En la Tabla III.6 se muestra el contenido medio de elementos minerales obtenidos en la carne de alpaca, expresado tanto en peso fresco como en extracto seco. Se observa que los elementos mayoritarios fueron el potasio y el fósforo, con un contenido promedio de 419 y 295 mg/100 g de peso fresco,

respectivamente, seguidos por el sodio con una media de 88 mg/100 g. Dichos valores presentaron una variabilidad menor al 18%. Expresadas sobre base seca las cantidades de estos elementos fueron: potasio, 1495,24 mg/100g, fósforo, 1082,25 mg/100g y sodio 339,80 mg/100g.

Con respecto a los microelementos, puede observarse que el microelemento mayoritario fue el magnesio (33,8 mg/100 g de peso fresco), con una variabilidad del 10%, seguido del calcio (10,7 mg/100 g), zinc (4,44 mg/100 g) y el hierro (2,69 mg/100 g); estos dos últimos valores mostraron una variabilidad cercana al 40%. En cuanto al contenido en cobre y manganeso, en la mayoría de las muestras sus cantidades estuvieron por debajo de los límites de detección: 0,10 y 0,025 mg/100 g, respectivamente.

Tabla III.6. Contenidos de los elementos minerales en carne de alpaca (expresados en mg/100g).

	Base húmeda (n=20)		Base seca (n=20)	
	Promedio ± SD	Rango	Promedio ± SD	Rango
K	419,40 ± 47,85	325,95 - 485,29	1495,24 ± 128,42	1248,30 - 1711,90
P	295,13 ± 30,09	226,59 - 341,18	1082,25 ± 91,96	910,38 - 1211,81
Na	88,41 ± 15,25	68,86 - 126,30	339,80 ± 52,56	266,48 - 443,57
Mg	33,85 ± 4,11	19,94 - 32,65	105,65 ± 10,94	80,10 - 119,53
Ca	10,72 ± 4,03	5,49 - 17,24	33,88 ± 13,76	19,72 - 70,00
Zn	4,41 ± 2,14	2,00 - 8,97	13,80 ± 6,04	8,10 - 31,51
Fe	2,69 ± 0,96	1,10 - 3,74	8,41 ± 2,90	4,31 - 14,11
Cu	<0,10	- -	-	- -
Mn	<0,025	- -	-	- -

En la Tabla III.7 se observa una comparación del contenido de minerales de la carne de alpaca con el de otros camélidos. Al igual que para otras especies, el contenido de minerales en el músculo es variable, debido a distintos factores tales como la raza, edad, peso y alimentación, así como también probablemente por la diferencia en la toma de muestras, técnica analítica de determinación o por la variabilidad entre cada animal (Elgasim y Alkanhal, 1992).

En términos generales, el contenido de minerales encontrados en el presente estudio fueron muy similares a los observados por Polidori *et al.* (2007a) para *LT* de alpacas peruanas, a excepción del contenido de magnesio y hierro, los cuales fueron aproximadamente 30% mayor y 30% menor, respectivamente, que los resultados reportados por estos autores. Por otra parte, los contenidos de elementos minerales en alpaca fueron similares a los reportados para llamas peruanas (Polidori *et al.*, 2007a), aunque cabe establecer diferencias en los contenidos de P y Fe. El contenido en elementos minerales de carne de alpaca estuvo dentro del rango encontrado en carne de camello (El-Faer *et al.*, 1991; Kadim *et al.*, 2006).

Tabla III.7. Contenidos de los elementos minerales en carne de camello, llama y alpaca (expresados en mg/100g)

	<i>LT</i> de camello Kadim <i>et al.</i> (2006)	<i>LT</i> de llama Polidori <i>et al.</i> (2007a)	<i>LT</i> de alpaca Polidori <i>et al.</i> (2007a)	<i>LT</i> de alpaca (Tabla III.5)
K	703,70	447,10	411,70	419,40
P	373,00	379,40	338,10	295,13
Na	142,00	105,60	91,80	88,41
Mg	36,80	28,40	23,10	33,85
Ca	13,70	11,60	8,79	10,72
Zn	-	4,44	3,87	4,41
Fe	-	3,26	3,03	2,69

III.1.2.4. Contenido de ácidos grasos

En la Tabla III.8 se muestra el contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular (músculo *LT*) y perirrenal de las alpacas. Los ácidos grasos están implicados en varios aspectos "tecnológicos" de la calidad de carne ya que afectan al punto de fusión de la grasa, así como a su textura, color y valor nutritivo. Esto último debido principalmente a la mayor o menor presencia de ácidos grasos poliinsaturados o esenciales. Por otra parte, los ácidos grasos insaturados sobre todo aquellos con más de dos dobles enlaces, son propensos a oxidarse rápidamente, lo que puede ser limitante sobre la vida útil de la carne (Wood *et al.*, 2003).

Tabla III.8. Contenido de ácidos grasos de la grasa intramuscular y perirrenal de alpaca, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso).

	Grasa intramuscular (n=20)		Grasa perirrenal (n=20)	
	Promedio ± SD	Rango	Promedio ± SD	Rango
C8:0	0,06 ^a ± 0,04	0,00 - 0,11	0,02 ^b ± 0,01	0,00 - 0,03
C10:0	0,20 ^a ± 0,08	0,09 - 0,31	0,07 ^b ± 0,03	0,04 - 0,12
C12:0	0,18 ^a ± 0,05	0,07 - 0,25	0,17 ^b ± 0,05	0,05 - 0,22
C13 metil-ram (2,2)	0,06 ^b ± 0,03	0,00 - 0,11	0,08 ^a ± 0,03	0,00 - 0,12
C13:0	0,06 ^b ± 0,03	0,00 - 0,09	0,09 ^a ± 0,03	0,02 - 0,11
C14:0 metil- ram	0,17 ^b ± 0,05	0,05 - 0,24	0,27 ^a ± 0,05	0,17 - 0,37
C14:0	2,67 ^a ± 0,42	1,86 - 3,26	2,24 ^b ± 0,40	1,49 - 2,80
C16:0 trimetil- ram	0,05 ^a ± 0,05	0,00 - 0,18	0,05 ^a ± 0,02	0,02 - 0,12
C14:1 ind	0,04 ^a ± 0,02	0,00 - 0,07	0,01 ^b ± 0,01	0,00 - 0,03
C14:1 n-5	0,07 ^a ± 0,04	0,00 - 0,15	0,04 ^b ± 0,02	0,02 - 0,06
C15:0 metil- ram (2,2) [#]	1,19 ^b ± 0,35	0,38 - 1,70	1,84 ^a ± 0,38	1,03 - 2,12
C15:0	1,03 ^b ± 0,22	0,51 - 1,44	1,33 ^a ± 0,25	0,78 - 1,68
C15:1 n-5	0,07 ^b ± 0,04	0,00 - 0,14	0,10 ^a ± 0,04	0,05 - 0,16
C16:0 metil- ram	0,41 ^b ± 0,10	0,18 - 0,64	0,59 ^a ± 0,13	0,42 - 0,78
C19:0 tetrametil-ram [#]	0,02 ^b ± 0,02	0,00 - 0,07	0,06 ^a ± 0,03	0,00 - 0,10
C16:0	22,01 ^a ± 1,05	19,32 - 24,30	19,06 ^b ± 2,29	15,67 - 23,35
C16:1 n-7	3,15 ^a ± 1,13	0,43 - 4,85	1,64 ^b ± 0,57	0,67 - 2,51
C16:1 ind (3,5)	0,75 ^b ± 0,88	0,24 - 4,44	1,36 ^a ± 0,19	0,95 - 1,65
C17:0 metil- ram (2,2)	1,23 ^a ± 0,16	0,95 - 1,53	0,91 ^b ± 0,12	0,69 - 1,07
C20 tetrametil- ram [#]	0,29 ^a ± 0,11	0,00 - 0,48	0,31 ^a ± 0,12	0,10 - 0,55
C17:0	0,86 ^b ± 0,18	0,69 - 1,41	1,22 ^a ± 0,22	0,98 - 1,82
C17:1 ind	0,25 ^a ± 0,21	0,08 - 0,71	0,09 ^b ± 0,04	0,00 - 0,15
C17:1 n-7	0,41 ^a ± 0,21	0,00 - 0,59	0,37 ^a ± 0,09	0,24 - 0,60
C18:0 metil- ram [#]	0,14 ^b ± 0,04	0,09 - 0,23	0,19 ^a ± 0,04	0,12 - 0,23
C18:0	19,82 ^b ± 1,78	16,99 - 23,88	33,44 ^a ± 4,14	25,71 - 40,37
C18:1 n-9	24,24 ^a ± 5,04	18,05 - 33,50	14,12 ^b ± 2,77	10,65 - 20,26
C18:1 ind (5,8)	7,63 ^b ± 1,41	4,47 - 9,58	11,99 ^a ± 1,23	10,51 - 14,94
C18:2 n-6	6,02 ^a ± 2,52	2,48 - 10,70	2,58 ^b ± 0,65	1,82 - 3,43
C18:2 ind (2,3)	0,71 ^a ± 0,13	0,49 - 1,02	0,74 ^a ± 0,12	0,49 - 0,90
C19:0	0,29 ^a ± 0,04	0,23 - 0,37	0,54 ^b ± 0,08	0,34 - 0,71
C19:1 n-9	0,19 ^b ± 0,06	0,10 - 0,29	0,25 ^a ± 0,08	0,12 - 0,42
C18:3 n-3	1,75 ^a ± 0,61	1,06 - 2,80	1,10 ^b ± 0,37	0,65 - 1,55
C9 ^t 11-CLA	0,79 ^a ± 0,11	0,62 - 1,05	0,41 ^b ± 0,14	0,27 - 0,78
CLA ind (3,3)	0,41 ^b ± 0,10	0,23 - 0,60	0,59 ^a ± 0,07	0,49 - 0,74
C20:0	0,36 ^b ± 0,10	0,14 - 0,49	0,96 ^a ± 0,23	0,65 - 1,37
C20:1 n-9	0,26 ^a ± 0,15	0,00 - 0,50	0,26 ^a ± 0,14	0,08 - 0,56
C20:2 n-6	0,16 ^a ± 0,06	0,00 - 0,26	0,07 ^b ± 0,03	0,00 - 0,10
C20:3 n-6	0,22 ± 0,13	0,08 - 0,48	0,00	-
C20:3 n-3	0,30 ^a ± 0,16	0,00 - 0,58	0,08 ^b ± 0,04	0,00 - 0,13

C20:3 ind	0,07 ^a ± 0,06	0,00 - 0,23	0,06 ^b ± 0,05	0,00 - 0,09
C20:4 <i>n</i> -6	1,28 ^a ± 0,51	0,48 - 2,18	0,13 ^b ± 0,05	0,06 - 0,31
C21:0	0,00	- -	0,16 ± 0,03	0,11 - 0,23
C22:0	0,10 ^b ± 0,08	0,00 - 0,25	0,33 ^a ± 0,10	0,20 - 0,57

CLA: ácido linoleico conjugado. ram: ramificado.

Ind (n,n'): isómeros indiferenciados (numero de isómeros detectados indiferenciados en grasa intramuscular y grasa perirrenal, respectivamente).

#C16:0 trimetil-r: ácido 4,8,12-trimetiltridecanoico; C19:0 tetrametil-r: ácido 2,6,10,14-tetrametil-pentadecanoico (ácido pristanico); C20:0 tetrametil-r: ácido 3,7,11,15-tetrametil-hexadecanoico (ácido fitánico).

^{a,b}: valores promedio en la misma fila con diferente letra presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) por el análisis *post hoc* de Tukey.

No hay datos sobre la composición de ácidos grasos de la carne de alpaca en la literatura científica, tal como señalan Saadoun y Cabrera (2008), aunque existen estudios en carne de otros camélidos sudamericanos, tales como llamas criadas en condiciones extensivas (Coates y Ayerza, 2004; Polidori *et al.* 2007b) y guanacos criados libremente (González *et al.*, 2004). En contraste al presente estudio, donde han sido cuantificados más de 30 ácidos grasos, en esos estudios solo se han determinado los 8-10 ácidos grasos mayoritarios.

En el músculo *LT*, el ácido graso encontrado en mayor proporción fue el C18:1 *n*-9 (ácido oleico), con 24,24 % (la suma de los isómeros C18:1 fue de 31,9 %), seguido por el C16:0 (ácido palmítico) con 22,01% y el C18:0 (ácido esteárico) con 19,82 %. Dichos valores presentaron poca variabilidad (menor al 20%). Estos resultados fueron concordantes con los hallados por Polidori *et al.* (2007b) en grasa intramuscular de llamas peruanas (35,75 % de C18:1, 24,78% de C16:0 y 21,47 % de C18:0).

Con respecto a la grasa perirrenal, el ácido graso mayoritario fue el C18:0, con 33,44 % del total, seguido por el C16:0 con 19,06% y por el C18:1 *n*-9 con 14.12 % (la suma de isómeros C18:1 fue del 26%). Al respecto, Coates y Ayerza (2004) hallaron mayores cantidades de C18:1 (29,7 – 34,1 %), inferiores de C18:0 (21,03-27,57%) y similares de C16:0 (19,78 – 23,70%) en grasa renal de llamas argentinas.

En relación a los ácidos grasos esenciales, el músculo *LT* y la grasa perirrenal de alpaca presentaron un 6,02 y un 2,58 % de C18:2 *n*-6 (ácido linoleico), respectivamente, y un 1,75% y un 1,10% de C18:3 *n*-3 (ácido linolénico), respectivamente, con una variabilidad cercana al 35%. En cuanto al contenido de C18:2 *n*-6, la grasa intramuscular de alpaca tuvo el doble de la grasa intramuscular de llamas peruanas (3,13%) según lo hallado por Polidori *et al.* (2007b). Con respecto al contenido de C18:3 *n*-3, la grasa intramuscular de alpaca presentó aproximadamente al doble del valor encontrado en la grasa intramuscular de llamas peruanas (0,82%) por Polidori *et al.* (2007b). Diversos factores ligados a la especie, la alimentación o el grado de engrasamiento podrían ser responsables de las diferencias entre alpaca y llama. Wood *et al.* (2003) señalan que la concentración de *n*-3 en la carne de rumiantes está significativamente influenciada por la dieta, de forma que una dieta rica en hierba y forraje se relaciona con mayores cantidades de ese ácido graso en la carne. Por otra parte, Coates y Ayerza (2004) observaron en llamas argentinas que la castración también tiene una influencia significativa en el incremento del ácido linolénico en la grasa intramuscular. Finalmente, el camello parece tener una grasa más insaturada que los camélidos sudamericanos debido a su elevado contenido en C18:2 *n*-6. Rawdah *et al.* (1994) han encontrado mayores valores de C18:2 *n*-6 (12,07%) y valores similares de C18:3 *n*-3 (1,42%).

La cantidad total de ácido linoléico conjugado (CLA) en alpaca fue 1,2% en el músculo *LTL* y 1,0% en la grasa perirrenal. Estos valores están entre los rangos reportados para vacuno (0,12-1,0%) y cordero (0,43-1,9%) por Schmid *et al.* (2006). La elevada cantidad de CLA en la carne de animales criados extensivamente, es atribuida a la elevada cantidad de C18:3 *n*-3 contenida en la hierba de los pastos (Schmid *et al.*, 2006). La alimentación de las alpacas es exclusivamente el pasto y su cantidad de CLA fue relativamente elevada. Se sabe que el CLA en la dieta tiene implicaciones positivas para la salud. Por ejemplo, la suplementación de la dieta con CLA (en cantidades tan bajas como el 0,25-1%% de la grasa total de la dieta) parece ejercer un efecto antimutagénico en animales de experimentación (Higgs, 2000; Eynard y López, 2003). Además, el CLA parece comportarse como un factor de protección en la

aterosclerosis, aparición de la diabetes y en la modificación de la masa muscular.

Otros ácidos grasos que superaron el 1% en la grasa intramuscular fueron el C16:1, C14:0, C20:4, C17:0 ramificado, C15:0 ramificado y el C15:0 con un contenido del 3,15%, 2,67%, 1,28%, 1,23%, 1,19% y 1,03%, respectivamente. Además, se pusieron en evidencia aproximadamente otros 28 ácidos grasos que no llegaron a superar el 1%. También han sido detectados en el músculo *LT* y grasa perirrenal de alpaca, ácidos grasos polimetilramificados típicos de animales de pastoreo: ácido 4,8,12-trimetiltridecanoico (4,8,12-TMTD; 0,05% y 0,05%), ácido 2,6,10,14-tetrametilpentadecanoico (ácido pristánico; 0,02 y 0,06%) y ácido 3,7,11,15-tetrametilhexadecanoico (ácido fitánico; 0,29 y 0,31%) respectivamente. Se sugiere que estos ácidos grasos resultan de la ingestión de fitol en los animales que pastan y que el 4,8,12-TMTD- es derivado de la β -oxidación del ácido pristánico, el cual es un producto de la α -oxidación del ácido fitánico (Hansen, 1968). Estos autores detectaron 4,8,12-TMTD (0,1%) en grasa de oveja.

Se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$) en la mayoría de los valores de cada ácido graso entre la grasa intramuscular y perirrenal de alpaca, siendo las excepciones el ácido fitánico, el pristánico, el C17:1, la sumatoria de C18:2 indiferenciados y el C20:1. La grasa intramuscular fue en general, salvo excepciones, más rica en aquellos ácidos grasos con una o más insaturaciones y la perirrenal en aquellos saturados.

La Tabla III.9 recoge las sumatorias de los ácidos grasos saturados (AGS), que en la grasa intramuscular y perirrenal representaron, respectivamente, el 51,23% y 63,92% del total de ácidos grasos, los monoinsaturados (AGMI), 37,06% y 30,33%, y los poliinsaturados (AGPI), 11,71% y 5,75%. Como se puede apreciar la grasa perirrenal es significativamente menos insaturada que la grasa intramuscular, debido a que en el músculo y tejido adiposo, los poliinsaturados son mucho más abundantes en la fracción de fosfolípidos que en la de lípidos neutros (Wood *et al.*, 2003).

Asimismo, se observa que la carne de alpaca estudiada contuvo una relación de AGPI/AGS de 0,26 y 0,09, mientras que la relación $n-6/n-3$ tuvo una media de 3,74 y 2,44, respectivamente. Se observaron diferencias significativas en todos las sumatorias y cocientes recogidos en la Tabla ($P < 0,05$).

Tabla III.9. Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular y perirrenal de alpaca, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso).

	Grasa intramuscular (n=20)		Grasa perirrenal (n=20)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
AGS	51,23 ^b \pm 1,60	48,02 - 55,50	63,92 ^a \pm 2,49	57,78 - 68,31
AGMI	37,06 ^a \pm 3,63	32,54 - 43,00	30,33 ^b \pm 2,29	26,44 - 36,21
AGPI	11,71 ^a \pm 3,68	6,43 - 18,60	5,75 ^b \pm 1,11	4,23 - 7,17
AGR	3,57 ^b \pm 0,70	1,96 - 4,82	4,29 ^a \pm 0,71	2,96 - 5,05
AGCI	5,67 ^b \pm 0,75	4,31 - 7,15	7,09 ^a \pm 0,72	5,92 - 8,14
AGPI/AGS	0,26 ^a \pm 0,08	0,13 - 0,39	0,09 ^b \pm 0,04	0,06 - 0,11
$n-3$	2,05 ^a \pm 0,69	1,22 - 3,37	1,18 ^b \pm 0,38	0,70 - 1,64
$n-6$	7,69 ^a \pm 3,02	3,19 - 13,28	2,78 ^b \pm 0,68	2,03 - 3,68
$n-6/n-3$	3,74 ^a \pm 1,01	2,58 - 7,05	2,44 ^b \pm 0,33	1,94 - 3,16

AGS: ácidos grasos saturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados; AGR: ácidos grasos ramificados; AGCI: ácidos grasos de cadena impar.

^{a,b}: valores promedio en la misma fila con diferente letra presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) por el análisis *post hoc* de Tukey.

En la Tabla III.10, se pueden observar comparativamente las sumatorias de los AGS, AGMI y AGPI, los contenidos de $n-6$ y $n-3$ y algunos cocientes importantes desde el punto de vista nutritivo de la grasa intramuscular de camellos, llama y alpaca. El porcentaje de AGS en la grasa intramuscular de alpacas fue similar al encontrado por Rawdah *et al.* (1994) en carne de camello (51,54%) y al encontrado por Polidori *et al.* (2007b) en llamas (50,34%), mientras que el contenido en AGMI en alpacas fue menor que el encontrado en llamas (42,48%), pero mayor que el encontrado en camellos (29,9%). En cuanto a los AGPI en carne de alpaca fueron mayores que el 7,18% hallado en carne de llama y menores que el 18,55% encontrado para carne de camello.

Se ha observado que algunas carnes, como la de vacuno, tienen una relación promedio de AGPI/AGS alrededor de 0,10, por lo que han sido implicadas en el desbalance de ácidos grasos en la dieta, siendo considerado como valores apropiados el de 0,45 o mayores (Wood *et al.*, 2003). La carne de

alpaca tiene una relación de AGPI/AGS de 0,26, valor intermedio entre el 0,14 y 0,36, reportados para carne de llama y camello, respectivamente.

Los valores del cociente $n-6/n-3$ son particularmente relevantes, ya que el desbalance de estos ácidos grasos en la dieta es un factor de riesgo para el cáncer y enfermedades coronarias (Enser, 2001). El cociente $n-6/n-3$ máximo de la grasa ingerida recomendado es de 4 (British Department of Health, 1994). El cociente $n-6/n-3$ hallado en la grasa intramuscular de alpaca (3,74) se encuentra bajo el índice sugerido, mientras que los encontrados para la grasa intramuscular de llama (5,92) y camello (10,86), reportados por Polidori *et al.* (2007b) y Rawdah *et al.* (1994), se encuentran fuera de ese máximo recomendado. Un menor cociente $n-6/n-3$ (2,54) se ha reportado en *Longissimus dorsi* de guanacos silvestres (González *et al.*, 2004). Al respecto, se ha encontrado en estudios realizados en rumiantes como el vacuno y ovino (Wood *et al.*, 2003; Alfaia *et al.*, 2006; USDA, 2008) que el cociente $n-6/n-3$ es comparativamente bajo (2-3), siendo el valor menor en la carne de animales que consumen exclusivamente pastos o forrajes, con altos niveles de 18:3.

Tabla III.10. Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular de camello, llama y alpaca, expresados como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso).

	Camello (Rawdah <i>et al.</i> , 1994)	Llama (Polidori <i>et al.</i> , 2007b)	Alpaca (Tabla III.7)
AGS	51,54	50,34	51,23
AGMI	29,90	42,48	37,06
AGPI	18,55	7,18	11,71
AGPI/AGS	0,36	0,14	0,26
$n-3$	1,42	0,82	2,05
$n-6$	15,42	4,91	7,69
$n-6/n-3$	10,86	5,99	3,74

III.1.2.5. Contenido de retinol y tocoferoles

En la Tabla III.11 se recogen los resultados de las determinaciones de retinol y tocoferoles realizadas en la grasa extraída del músculo *LT* de alpaca.

El contenido medio de retinol fue de $0,17 \pm 0,16$ $\mu\text{g/g}$ de músculo *LT*, mientras que el valor medio de *alfa*-tocoferol fue $0,31 \pm 0,21$ $\mu\text{g/g}$. El *delta*- y *gamma*-tocoferol estuvieron en cantidades inferiores a los límites de detección ($< 0,02$ $\mu\text{g/g}$). Los valores de *alfa*-tocoferol y retinol presentaron grandes porcentajes de variabilidad, con coeficientes de variación de 68 y 94% respectivamente.

Tabla III.11. Concentración de retinol y tocoferoles en el músculo *L. thoracis* de alpaca, expresadas en $\mu\text{g/g}$ de músculo.

	Promedio \pm SD (n=20)	Rango
Retinol	0,17 \pm 0,16	0,01 - 0,64
<i>Alfa</i> -tocoferol	0,31 \pm 0,21	0,13 - 0,99
<i>Delta</i> -tocoferol	<0,02	- -
<i>Gamma</i> -tocoferol	<0,02	- -

El contenido de *alfa*-tocoferol de la carne es un parámetro relevante de su calidad, debido a que tiene un efecto inhibitor de la oxidación de los ácidos grasos y la pérdida del color durante el almacenamiento en refrigeración y congelación (Wood *et al.*, 2008). Las diferencias en las concentraciones de *alfa*-tocoferol en el músculo son en gran parte atribuidas a las variaciones de dicha sustancia en los alimentos usados durante la dieta (Lopez-Bote *et al.*, 2001), aunque también podría haber factores genéticos relacionados con la especie animal.

El contenido de *alfa*-tocoferol hallado en alpacas está muy por debajo del valor sugerido de 3,5 $\mu\text{g/g}$ para la estabilidad lipídica en carne de vacuno (Arnold *et al.*, 1993), el cual es usualmente alcanzado en vacunos alimentados en pastoreo (Descalzo y Sancho, 2008). En *Longissimus dorsi* de camellos se han encontrado también valores elevados, de aproximadamente 7 $\mu\text{g/g}$ de *alfa*-tocoferol (Herrmann y Fisher, 2004). Sin embargo, los contenidos de tocoferol hallados en carne de ovino son usualmente menores al límite descrito, con independencia del tipo de alimentación (Demirel *et al.*, 2004, Kasapidou *et al.*, 2001). Estos valores fueron más parecidos a los de carne de alpaca. Los bajos valores de tocoferol en carne de alpaca se pueden deber a la dieta, plantas de altitud del altiplano que podrían contener poco tocoferol y/o por factores asociados a la especie. Por otra parte, el contenido de retinol en alpacas, se

encuentra en el rango de 0,12 y 0,22 $\mu\text{g/g}$, reportado para carne de vacuno por Walshe *et al.* (2006) y Ollilainen *et al.* (1988), respectivamente.

III.1.3. Características de interés tecnológico de la carne de alpaca

Los resultados de los parámetros de calidad tecnológica del músculo *Longissimus lumborum* (LL) de alpaca, se muestran en la Tabla III.12. Los estudios sobre la aptitud tecnológica y características cualitativas de la carne obtenida de animales nativos sudamericanos son incipientes. Sin embargo, se ha encontrado algo de información disponible en la literatura científica (Saadoun y Cabrera, 2008).

Tabla III.12. Propiedades de interés tecnológico de la carne de alpaca.

	Promedio \pm SD (n=20)	Rango
pH	5,63 \pm 0,22	5,47 - 6,53
Capacidad de retención de agua		
Pérdidas por presión (%)	26,41 \pm 4,22	17,76 - 35,95
Pérdidas por cocción (%)	23,72 \pm 3,98	17,04 - 30,23
Textura (kg/cm^2)	4,67 \pm 0,84	3,21 - 5,84
Color		
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

La carne de alpaca mostró un pH promedio de $5,63 \pm 0,22$, con una variabilidad con respecto a la media del 4%. Dicho pH fue similar al pH de $5,56 \pm 0,01$ hallado por Cristofanelli *et al.* (2004) en músculo LL de alpaca y llama con 48 h *post-mortem*. Los valores de pH encontrados son considerados como normales para la carne luego de este tiempo.

En cuanto a la capacidad de retención de agua, se obtuvieron porcentajes de 26,41 % (pérdidas por presión) y 23,73 % (pérdidas por cocción), con una variabilidad aproximada del 16 %. La capacidad de retención de agua (CRA) ha sido relacionada con el valor nutricional (pérdidas de nutrientes con el jugo), apariencia y jugosidad de la carne. En estudios previos, Cristofanelli *et al.* (2004) determinaron la CRA de carne de alpaca y llama,

encontrando que esta fue comparable a la de otras especies. Estos autores utilizaron una técnica diferente (método de imbibición) a la utilizada en el presente estudio por lo que dichos valores no pueden ser comparados con los presentados en esta memoria. En relación a las pérdidas por cocción de la carne de alpaca (Tabla III.9), los valores obtenidos fueron comparables a los encontrados para camélidos árabes con 2 años (Kadim *et al.*, 2006) o toros jóvenes (Rhee *et al.*, 2004; Serra *et al.*, 2008).

La terneza de la carne es uno de los atributos más importantes de calidad para el consumo. El valor promedio de fuerza máxima de corte o cizalla observado para los prismas obtenidos de los músculos *LL* de alpaca cocidos fue de $4,67 \pm 0,84$ kg/cm² y no hubo correlación significativa de la dureza (fuerza máxima de cizalla) con el contenido de colágeno de la carne ($r = 0,32$; datos no mostrados en tablas). Al respecto, Lepetit (2007) señala que aunque el contenido de colágeno ha sido altamente correlacionado con el valor de la fuerza máxima de corte en carne cruda, en carnes cocidas normalmente se han encontrado bajas correlaciones, como es este el caso. El valor promedio de fuerza máxima en carne de alpaca obtenido en el presente estudio fue aproximadamente un 20% menor que el reportado por Polidori *et al.* (2007a) en muestras cocinadas al horno de *LL* de alpacas peruanas con 25 meses de edad. Esta variación puede ser atribuida a las diferencias en la metodología (tamaño de muestra, proceso de calentamiento, etc.). Comparando con la carne de otros camélidos, el valor promedio de fuerza máxima en carne de alpaca fue similar al $4,84$ kg/cm² reportado para *Longissimus lumborum* de camellos (Babiker y Yousif, 1990).

En lo referente al color, el músculo *LL* de alpaca mostró una luminosidad (L^*) de $36,17 \pm 2,12$, un valor a^* de $15,05 \pm 1,44$ y uno de b^* de $1,16 \pm 2,30$. Aunque no se hallaron valores en la literatura para el color de la carne de alpaca, los valores de L^* y a^* estuvieron en el rango de los reportados para carne de camellos ($32,23$ - $37,74$ para L^* y $13,37$ - $17,13$ para a^*) por Babiker y Yousif (1990) y Kadim *et al.* (2006) y se situaron en una posición intermedia dentro de los rangos observados para carne de cordero (Tschirhart-Hoelscher

et al., 2006) y vacuno (Muchenje *et al.*, 2009). Sin embargo, se ha encontrado un considerable y llamativamente menor valor de b^* en carne de alpaca con respecto a los estudios mencionados anteriormente (con valores entre 4 y 11). Esto quizá pueda tener como consecuencia el que la carne de alpaca tenga un color característico, diferente a los otros camélidos y rumiantes; habría que hacer pruebas sensoriales al respecto.

III.2. CARACTERIZACION Y COMPARACIÓN DEL CHARQUI DE ALPACA PROCEDENTE DE PUNO Y DEL DE CUSCO

III.2.1. Encuesta a productores de charqui de alpaca

La encuesta realizada a los 52 productores de charqui de los cuales se obtuvieron las muestras utilizadas en la presente investigación (30 del departamento de Puno y 22 del departamento de Cusco), permitió obtener datos sobre el procesamiento de elaboración de charqui en los dichos departamentos.

En las Figuras III.2 y III.3 se observan los diagramas de flujo de procesamiento utilizados para la obtención de charqui deshilachado y charqui de pieza de pierna entera (charqui con hueso), respectivamente, elaborados en función a la información referida por la Asociación de Productores “Azangarinita” de Azángaro (Puno) y productores de Sicuani (Cusco).

Para la elaboración del charqui deshilachado en Puno (Fig. III.2), primero se pesan las piernas de carne de alpaca para hallar rendimientos, luego se elimina la grasa subcutánea, se deshuesan y filetean (el grosor será discutido posteriormente). Luego se realiza una salazón en húmedo (en pozas con salmuera saturada con una capacidad para 600-2500 kg de carne). Dicho proceso se realiza a temperatura ambiente (en Puno la temperatura media anual es 8 °C). Si en las pozas se tiene más de 80 kg de carne se realizan interdiariamente volteos de la carne y se cambia la solución salina de 2 a 3

veces. A continuación, se realiza un lavado de la carne para eliminar restos de sangre y sal y se resala con un 6% de sal fina y se realiza un prensado apilando una pieza encima de otra (24-48 horas), luego del cual se vuelve a resalar con un 4% de sal fina y se seca al sol. En Puno la humedad relativa es muy baja (30-40%) lo que favorece el secado de la carne de alpaca.

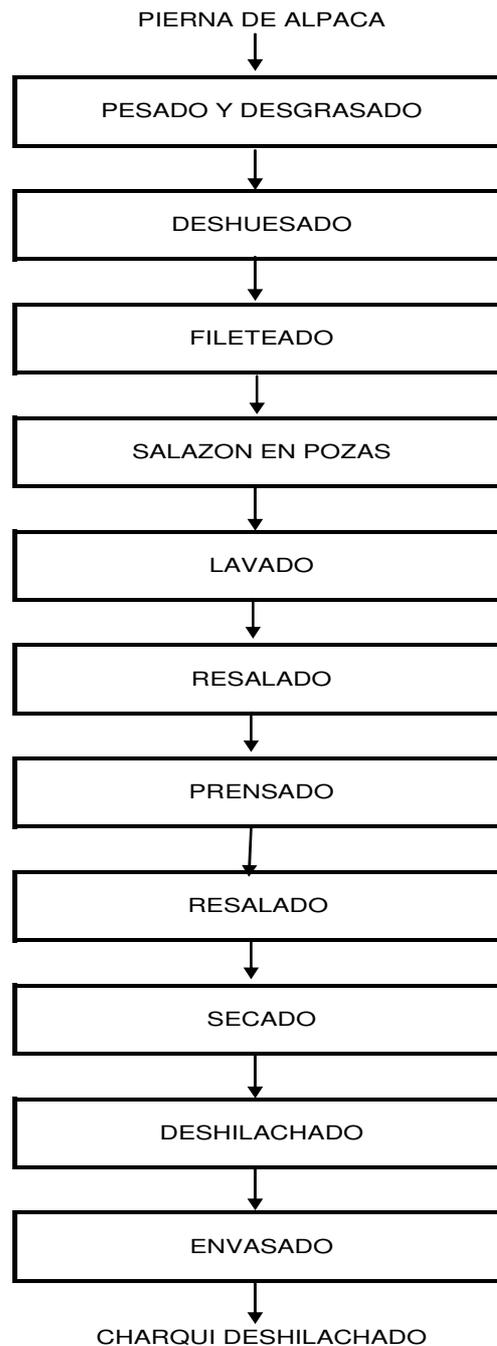


Figura III.2. Flujo de procesamiento de charqui deshilachado en Puno.

Para la elaboración del charqui en Cusco (Fig. III.3), primero se pesan las piernas de carne de alpaca para hallar rendimientos, luego se elimina la grasa subcutánea y se filetean (el grosor será discutido posteriormente). Luego, se realiza una salazón en seco (10 % de sal con respecto al peso de la carne a salar) a temperatura ambiente (en Cusco la temperatura media anual es 11 °C), para posteriormente realizar un prensado de las piezas saladas, que consiste en apilarlas unas encima de otras. Después, la carne apilada se recubre con totora (un tipo de junco o paja que crece en los lagos de la zona) limpia y sobre ésta se coloca bastante peso, para lo cual se utilizan piedras de buen tamaño. La duración del prensado es de ocho días, realizando diariamente volteos que permiten uniformizar el proceso de salado y controlar posibles descomposiciones por acción bacteriana. Luego se vuelve a resalar con un 4% de sal fina y se seca bajo sombra. En Cusco, la humedad relativa es baja (50-60%) lo que favorece el secado de la carne de alpaca.

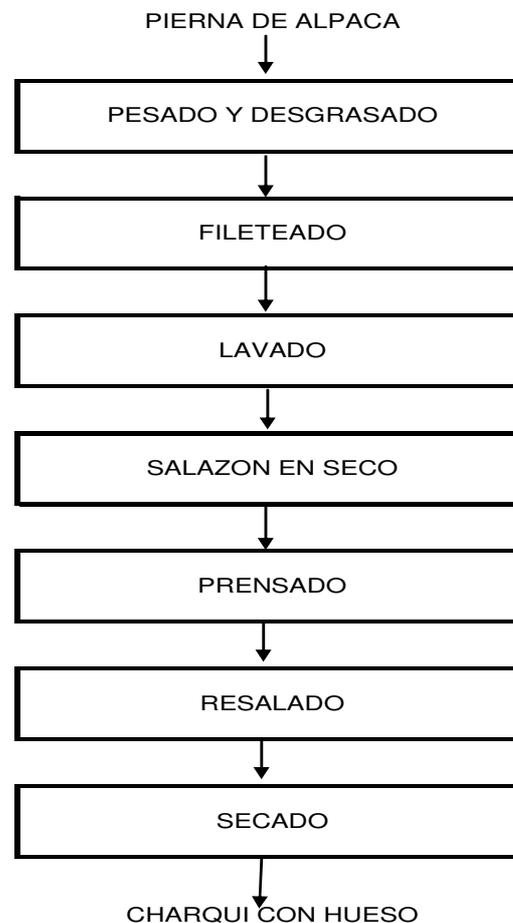


Figura III.3. Flujo de procesamiento de charqui con hueso en Cusco.

La Tabla III.13 recoge un resumen de los resultados de las encuestas realizadas a los 52 productores de charqui, sobre algunos detalles sobre la tecnología de elaboración de charqui, tales como: grosor del fileteado y tiempo de salado y secado.

Tabla III.13. Datos de grosor del fileteado de piernas de alpaca y días de salado y secado obtenidos en las encuestas realizadas a productores de charqui de Puno y Cusco.

Zona de encuesta	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio ± SD	Rango	Promedio ± SD	Rango
Grosor del fileteado	0,60 ± 0,56	0,50 - 1,75	2,00 ± 0,18	2,00 - 2,50
Días de salado	7,80 ± 1,65	3,00 - 8,00	10,00 ± 1,03	7,00 - 12,00
Días de secado	3,90 ± 1,53	3,50 - 7,00	8,00 ± 1,81	8,00 - 15,00

El grosor realizado en el fileteado de las piernas de alpaca (luego de su recepción y lavado en pozas) es en promedio de 0,6 cm, con un rango de 0,5 a 1,8 cm para la elaboración del charqui deshilachado en Puno, mientras que para la elaboración del charqui de pieza entera elaborado en Cusco, el grosor promedio del fileteado es de $2,0 \pm 0,2$ cm.

En lo referente al tipo de sal empleada, el 63,3% de los productores encuestados de Puno utilizan sal sin iodo, mientras que el 100% de los encuestados de Cusco usaban sal iodada. Al respecto, la Norma Técnica Peruana 201.059 (INDECOPI, 2006) no exige sal iodada para la elaboración de charqui, solo fija un contenido mínimo de 97% de cloruro de sodio y límites máximos de arsénico, cobre, plomo, cadmio y mercurio. El Codex Alimentarius (2006) establece que en zonas afectadas por la carencia de yodo, la sal de calidad alimentaria se yodará para prevenir los trastornos yodocarenciales por motivos de salud pública. Por otra parte, el utilizar sal iodada puede tener un efecto tecnológico en la producción de charqui porque ésta se produce exclusivamente por fabricantes de confianza que poseen los conocimientos y el

equipo necesario para la producción adecuada de sal iodada y en concreto para dosificarla correctamente e incluso entremezclarla (Codex Alimentarius, 2006), mientras que la sal sin yodo se vende mayormente sin un registro sanitario y con una mayor cantidad de impurezas. Torres *et al.* (1989) comprobaron que la sal de roca (sal sin procesar, procedente de los sedimentos que resultan de la evaporación de lagos, ríos o mares), similar a la empleada en el charqui de alpaca, tiene trazas de metales (Fe, Cu) que incrementan la oxidación del charqui de vacuno e influyen significativamente en la mayor formación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, niveles de hexanal y óxidos de colesterol.

El 100% de los productores encuestados en Puno refirió que realizaban un salado húmedo en pozas con un tiempo promedio de $7,8 \pm 1,65$ días y un tiempo de secado al sol de $3,9 \pm 1,53$ días. De acuerdo a la comunicación personal de la asesora técnica Tania Maldonado de la Asociación de Productores “Aswanqari” (Puno, Perú) el tiempo de salado depende del volumen de carne a salar. La capacidad de las pozas que se utilizan para la salazón está entre 600 y 2500 kg de carne. Cuando se sala poca carne (menos de 80 kg) el tiempo de salado es menor (6 días) debido a una mayor proporción salmuera: carne y a una menor presión sobre las piezas (ya que las piezas son apiladas unas encima de otras en la poza), sin embargo cuando la poza está llena de carne hay mayor presión sobre las piezas, que se tienen que voltear diariamente y es necesario cambiar la salmuera de la poza por salmuera recién preparada 2 o 3 veces durante el proceso. Flores *et al.* (1993) describen el proceso de elaboración de charqui a partir de filetes de carne de un grosor similar al usado por los encuestados mediante salado en húmedo, pero señalan un tiempo promedio menor (3-4 días) de permanencia de la carne en salmuera con un 20-25% de sal y un tiempo de secado mayor de 7 días, bajo sombra. El salado en salmuera de la carne de alpaca permite que esta pierda agua e incremente sólidos (cloruro de sodio) por un proceso de osmosis (Cruz y Cayro, 2006) por lo que un mayor tiempo de salado podría influir en un menor tiempo de secado. Por otra parte, el tiempo mayor de salazón empleado por los productores de Puno se debe a que ellos han experimentado que una alta

concentración de sal en la carne evita su oscurecimiento durante al secado al sol (comunicación personal, Tania Maldonado, Asociación de Productores “Aswanqari”, Puno, Perú).

Por el contrario, el 100% de los productores de Cusco realizaban una salazón en seco durante $10,0 \pm 1,0$ días y un tiempo de secado bajo sombra de $8,0 \pm 1,8$ días. El método de salado en seco para elaborar charqui a partir de regiones anatómicas con hueso se describe en el trabajo de Ampuero (2006) pero no especifica un tiempo de salado y se establece un tiempo de secado mayor (6 semanas) pero para canales de alpaca enteras, no para piezas.

En términos generales, podemos decir que el tiempo de secado estuvo en relación directa con el grosor del fileteado, por lo que el tiempo promedio de secado para el charqui elaborado en Puno fue aproximadamente la mitad del tiempo que se necesita para secar el charqui elaborado en Cusco. No obstante, también podría influir que los productores de Puno realizan el secado al sol y los de Cusco bajo sombra.

III.2.2. Peso y dimensiones

En la Tabla III.14 se pueden apreciar algunas características físicas tales como el peso y dimensiones, del charqui de alpaca procedente de Puno. Este charqui se presenta en el comercio deshilachado. Se observa que el peso promedio de las hilachas del charqui (Figura III.4) fue de 0,64 g, asimismo la longitud y grosor de las mismas fueron de 46,47 y de 3,71 mm, respectivamente. Dichas características permiten que el charqui esté listo para ser desalado y cocido, sin tener que partirlo o trocearlo en los hogares o restaurantes.

Tabla III.14. Peso y dimensiones promedio de la hilacha del charqui de alpaca de Puno.

	Promedio	±	SD (n=30)	Rango	
Peso (g)	0,64	±	0,27	0,24	- 1,20
Longitud (mm)	46,47	±	3,98	37,50	- 55,60
Grosor (mm)	3,71	±	1,10	1,75	- 6,00



Fig. III.4. Hilachas de charqui procedente de Puno.

En la Tabla III.15 se pueden apreciar algunas características físicas, tales como el peso y grosor, de las piezas de charqui de alpaca procedente de Cusco. El charqui de Cusco se presenta en grandes piezas; una de ellas la pierna, que fue de donde se tomaron las muestras para este estudio. El peso promedio de las piezas de charqui de pierna de alpaca, tanto entera como deshuesada (Figura III.5) fue de 2,03 y 1,25 kg, respectivamente. El grosor de dichas piezas se encuentran en el rango de 0,51 a 1,31 cm. Dichos valores muestran un coeficiente de variabilidad con respecto a la media que oscila entre 24 y 39%. Debido a las dimensiones de la pieza, el charqui de Cusco tiene que ser cortado y/o deshilachado previamente antes de proceder al desalado y cocido.

Tabla III.15. Peso y grosor promedio de las piezas de charqui de pierna de alpaca procedente de Cusco.

	Promedio \pm SD (n=22)	Rango
Peso (kg)	2,03 \pm 0,70	1,14 - 4,16
Peso deshuesado (kg)	1,25 \pm 0,49	0,52 - 2,54
Grosor (cm)	0,93 \pm 0,23	0,51 - 1,31



Fig. III.5. Charqui deshuesado procedente de Cusco

III.2.3. Composición química

III.2.3.1. Componentes mayoritarios

Las Tablas III.16 y III.17 muestran los valores de los componentes mayoritarios (humedad, grasa, proteína bruta, cenizas) obtenidos en las diferentes muestras de charqui de alpaca procedentes de Puno y de Cusco, expresados tanto en peso fresco como en extracto seco.

Tabla III.16. Componentes mayoritarios del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco, expresados en porcentaje sobre base húmeda.

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Humedad	12,87 ^b \pm 5,49	3,12 - 20,72	17,25 ^a \pm 7,52	6,39 - 27,91
Grasa	3,33 ^b \pm 1,64	1,22 - 7,50	4,68 ^a \pm 2,66	0,72 - 11,37
Proteína	49,99 ^a \pm 3,64	42,88 - 56,47	49,04 ^a \pm 6,92	35,36 - 62,31
Cenizas	36,41 ^a \pm 4,83	29,83 - 45,53	29,99 ^b \pm 8,08	21,97 - 57,54

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

Tabla III.17. Componentes mayoritarios del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco, expresados en porcentaje sobre base seca.

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Grasa	3,92 ^b \pm 2,13	1,27 - 9,39	5,74 ^a \pm 3,36	0,77 - 14,84
Proteína	57,42 ^a \pm 3,28	50,89 - 63,60	59,45 ^a \pm 7,80	37,81 - 71,93
Cenizas	41,69 ^a \pm 3,89	35,56 - 48,46	35,89 ^b \pm 6,89	28,12 - 61,53

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

El contenido promedio de humedad fue de 12,87% en el charqui procedente de Puno y de 17,25% en el de Cusco. Ambos porcentajes de humedad están de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 201.059 (INDECOPI, 2006) que establece un máximo de 20% para el charqui de alpaca. No obstante, existe un porcentaje de muestras de charqui procedentes de Cusco (37%) que excede dicho límite. Al respecto, Collazos *et al.* (1996) encontraron que el charqui de alpaca peruano contuvo en promedio 26% de humedad, que es mayor al límite máximo establecido en la norma, por lo que se recomienda colocar un límite de tolerancia en la norma (que podría ser de 5%) por la variabilidad encontrada en las muestras analizadas. Cruz y Cayro (2006) elaboraron charqui de alpaca a partir de pierna y determinaron un porcentaje de humedad de 16,79%, que se encuentra dentro del rango hallado en el presente estudio.

El porcentaje promedio de humedad del charqui está en el rango de los porcentajes descritos para los productos cárnicos de humedad intermedia con baja a_w (menor a 0,75) elaborados con piezas enteras de rumiantes, como lo son la chalona (20,2%), la machaca (12,5%), el biltong (11,5%) y el kaddid (10,5%) (Collazos *et al.*, 1993; Ibarra y Valdez, 2001; Lewis *et al.*, 1957; Benanni *et al.*, 1995). Sin embargo, el charqui de alpaca tiene un contenido de humedad significativamente menor al charqui de vacuno de Brasil (45%), "Cecina de León" (50-60%), cecina mexicana (60-65%) y bresaola (60%) (Reyes-Cano *et al.*, 1994; Paleari *et al.*, 2000; Correia y Biscontini, 2003; Molinero *et al.*, 2008).

En las Tablas III.16 y III.17 puede observarse que el componente que se encontró en mayor abundancia en el charqui de alpaca fue la proteína que representó aproximadamente un 50% expresado en base húmeda o 60% sobre extracto seco. El nivel proteico del charqui de alpaca fue concordante con la Norma Técnica Peruana 201.059 (INDECOPI, 2006) que establece un contenido mínimo de 45% para el charqui. No obstante, al igual que en el caso de la humedad, un porcentaje de muestras de charqui de alpaca de Cusco (21%) tienen un menor porcentaje de proteína que la establecida en la norma. Mayores porcentajes de proteína a los encontrados en el presente estudio fueron determinados por Collazos *et al.* (1996) en charqui de alpaca peruano (58%) y por Cruz y Cayro (2006) en charqui de alpaca a partir de pierna (57%). Sin embargo, dicho contenido fue similar al de los productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes que presentaron niveles de humedad semejantes y que fueron mencionados en el párrafo anterior.

El contenido de grasa fue de 3,33 y 3,92%, expresado en base húmeda y base seca, respectivamente en el charqui procedente de Puno y de 4,68 y 5,74% expresado en base húmeda y base seca, respectivamente en el charqui de Cusco. Estos resultados muestran una gran variabilidad entre muestras, debido a que el porcentaje más variable en la composición del músculo es la grasa y a que ha podido haber variabilidad en el recorte de la grasa de los filetes o piezas de carne. En cualquier caso, este contenido fue inferior al mínimo de 12% de grasa establecido en la Norma Técnica Peruana de charqui de alpaca en todos los casos, sin embargo, sería recomendable modificar dicha norma estableciendo un máximo de grasa, puesto que, para secar la carne normalmente se elimina gran parte de la grasa visible ya que ésta se puede enranciar durante el proceso (Bender, 1992). El contenido de grasa hallado en el presente estudio fue similar al 4% reportado por Collazos *et al.* (1996) en charqui de alpaca y mayor al 1,88% hallado por Cruz y Cayro (2006) en charqui de pierna de alpaca.

El contenido de grasa del charqui de alpaca expresado sobre extracto seco es similar al 4,83% hallado por Andújar (1999) en tasajo cubano y ligeramente mayor al 1,53% hallado en biltong por Nortjé *et al.* (2005). Sin embargo, los niveles de grasa del charqui de alpaca expresado en base seca son significativamente menores a otros productos cárnicos de humedad intermedia elaborados a partir de carne de rumiantes, a los cuales se le elimina la mayor parte de la grasa visible antes de proceder al salado, tales como el charqui de vacuno (10,76%), la bresaola (10,98%) y la “Cecina de León” (10,08%) (Gutiérrez *et al.*, 1988; Paleari *et al.*, 2000; Correia y Biscontini, 2003). Dicha diferencia es debido a que la carne de alpaca contiene un menor nivel de grasa que otras especies de rumiantes, como se comprobó en la primera parte del presente estudio.

El contenido de cenizas fue 36,41 y 41,69% expresado en base húmeda y base seca, respectivamente en el charqui procedente de Puno y de 29,99 y 35,89% expresado en base húmeda y base seca, respectivamente en el charqui de Cusco. Dichos porcentajes de cenizas son elevados debido a la adición de cloruro de sodio durante el proceso de elaboración del charqui de alpaca, como se detallará más adelante. Los niveles de ceniza del charqui de alpaca expresados en base seca son similares al 31,86% hallado por Correia y Biscontini (2003) en charqui de vacuno de Brasil y cercanos al 37,3% hallado en jerked beef por los mismos autores.

Finalmente comparando los componentes mayoritarios del charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco, se pudo apreciar que se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de ceniza, humedad y grasa y que no existieron diferencias significativas respecto al porcentaje de proteína. Son diversos los factores que pueden explicar dichas diferencias puesto que el charqui de alpaca ha sido muestreado de distintos productores (con diferencias en los procesos de elaboración) y elaborados en distintas zonas geográficas (con diferencias en las condiciones climáticas). No obstante se puede relacionar el menor grosor de las piezas utilizadas por los productores de Puno con la mayor deshidratación de la carne de alpaca, a pesar de emplear un

menor tiempo de secado con respecto al empleado en el charqui de Cusco. También el empleo de piezas de menor tamaño podría haber permitido la eliminación de mayor parte de la grasa subcutánea e intermuscular.

III.2.3.2. Nitrógeno no proteico, nitrógeno de la hidroxiprolina (colágeno) y nitritos

En la Tabla III.18 se muestran los valores obtenidos para las fracciones nitrogenadas estudiadas en el charqui de alpaca: porcentajes de nitrógeno no proteico (NNP) y nitrógeno de la hidroxiprolina (NHpro) sobre nitrógeno total (NT), así como los contenidos de NNP y colágeno por 100 g de charqui.

Tabla III.18. Contenido de nitrógeno no proteico (NNP) y nitrógeno de la hidroxiprolina (NHpro) y colágeno del charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco.

	Puno (n=30)			Cusco (n=22)		
	Promedio	± SD	Rango	Promedio	± SD	Rango
NNP y NHpro (% sobre NT)						
NNP	5,50 ^b	± 1,13	3,80 - 9,34	7,59 ^a	± 1,32	5,15 - 9,91
NHpro	0,52 ^b	± 0,21	0,21 - 0,88	0,67 ^a	± 0,26	0,17 - 1,36
NNP y Colágeno (g/100g)						
NNP	0,44 ^b	± 0,10	0,29 - 0,77	0,59 ^a	± 0,09	0,44 - 0,72
Colágeno	3,07 ^b	± 1,22	1,21 - 5,52	3,83 ^a	± 1,33	1,21 - 6,32

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

El NNP fue de 0,44 y 0,59 g/100g en el charqui procedente de Puno y Cusco, respectivamente. El NNP representó un 5,5% del NT, con aproximadamente una variabilidad del 20%, para el charqui procedente de Puno, mientras que el NNP representó un 7,6% del NT, con aproximadamente una variabilidad del 17%, para el charqui procedente de Cusco. No se han encontrado en la bibliografía consultada estudios que determinen los niveles de sustancias derivadas de la proteólisis en el charqui peruano.

El aumento de NNP en productos cárnicos de humedad intermedia está asociado con la proteólisis (García *et al.*, 1998). El charqui tiene un corto

tiempo de procesamiento comparado con otros productos cárnicos de humedad intermedia, donde un mayor tiempo permite una mayor actividad de las proteasas musculares y una mayor proteólisis, lo que incrementa la cantidad de nitrógeno no proteico (Larrea *et al.*, 2006). En la carne de cordero los niveles de NNP expresados sobre NT están en el rango de 8,9 – 9,5 (Sylvestre *et al.*, 2001) y en carne de vacunos entre 5,0 y 9,0 (García *et al.*, 1998; Bruas-Reignier y Brun-Bellut, 1996). Considerando que el % NNP/NT de dichos rumiantes fueran similares a los de la alpaca, el charqui tendría similares o incluso menores niveles a los hallados en la carne cruda. Durante el proceso de elaboración del charqui parte del NNP de la carne se podría perder durante el salado junto con el jugo perdido por la carne, puesto que la fracción de NNP corresponde principalmente a componentes solubles no proteicos del músculo, tales como creatina, nucleótidos, urea, creatinina, péptidos de cadena corta, aminoácidos, etc. (Bruas-Reignier y Brun-Bellut, 1996). Por otra parte, se podría formar NNP por proteólisis durante la salazón y el secado hasta que las enzimas proteolíticas se vieran inhibidas por la baja a_w y la alta concentración de sal que se alcanza en el producto (Bennani *et al.*, 2000). En el caso del charqui de alpaca se detectó una baja cantidad de NNP (escaso desarrollo proteolítico encontrado) que podría deberse a la rapidez con la que se alcanzan bajos valores de a_w y altas concentraciones de sal.

Los valores encontrados en el presente estudio fueron comparables a los reportados para otros productos cárnicos de humedad intermedia de baja a_w (0,50-0,65), elaborados a partir de piezas de carne con escaso grosor y secadas a velocidades relativamente altas (bajas humedades relativas y/o altas temperaturas), con bajo desarrollo proteolítico, como es el caso del kaddid (7-8 g NNP en 100 g de NT; Bennani *et al.*, 2000). Sin embargo, fueron significativamente menores a los hallados en otros productos cárnicos de humedad intermedia de mayor tiempo de maduración, mayor a_w (0,75-0,90) y menor cantidad de sal, tales como tasajo cubano (Chenoll *et al.*, 2007), cecina de León (García *et al.*, 1998; Molinero *et al.*, 2008) y la pastirma (Kaban, 2008) en los que el porcentaje de NNP sobre NT experimentó un incremento de 2 o 3 veces durante el proceso de elaboración.

Comparando el charqui de alpaca procedente las dos zonas estudiadas se encontraron diferencias significativas en el contenido de NNP ($P<0,05$) que fue más elevado en las muestras de Cusco. Esta diferencia se puede relacionar con la menor velocidad e intensidad en el salado y secado en la elaboración de charqui de esa procedencia.

El nitrógeno de la hidroxiprolina representó un 0,52% del NT en el charqui procedente de Puno, mientras que el nitrógeno de la hidroxiprolina representó un 0,67% del NT en el charqui procedente de Cusco. El colágeno del charqui fue de 3,07% y 3,52% expresado en base húmeda y base seca, respectivamente en el charqui procedente de Puno y de 3,83% y 4,63% expresado en base húmeda y base seca, respectivamente en el charqui procedente Cusco. El contenido de colágeno del charqui de alpaca expresado en base seca fue aproximadamente el doble al encontrado en otros productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes tales como bresaola (1,8%) y cecina de León (2%) (Palaia *et al.*, 2000; Molinero *et al.*, 2008). Esta diferencia probablemente sea debida a que en estos productos se parte de piezas cárnicas con uno o unos pocos músculos de la pierna y en el charqui se utiliza la pierna entera.

El contenido de colágeno en las muestras de charqui de Puno fue menor al de las muestras de Cusco ($P<0,05$), lo que puede explicarse por el hecho de que en Puno la pierna de alpaca se deshuesó y se obtuvieron varios filetes de la misma y en Cusco se utilizaron piernas enteras (en el primer caso se facilita más la eliminación de tejido conectivo).

Finalmente, no se detectaron nitritos en ninguna de las muestras de charqui estudiadas lo que es lógico debido a que los productores no lo utilizan en su elaboración. En cualquier caso, se ha visto que en otros productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne, el nitrito desaparece de forma rápida durante el proceso de elaboración (Arnao *et al.*, 1995; Aksu *et al.*, 2005b).

III.2.3.3. Contenido de aminas biógenas en charqui de Puno y de Cusco

En las Tablas III.19 y III.20 se recoge el contenido de aminas biógenas, tanto en peso fresco como en extracto seco, respectivamente, determinados en el charqui de alpaca de Puno y de Cusco. Por otra parte, en la Tabla III.21 se muestra un listado de los patrones de las aminas biógenas utilizados y sus respectivos tiempos de retención, que permitieron su identificación en las muestras de charqui. En la Figura III.6 se muestra uno de los cromatogramas obtenidos en la identificación y cuantificación de aminas biógenas en el charqui de alpaca procedente de Puno.

En las muestras de charqui de Puno y Cusco se encontraron, respectivamente, un promedio total de 131,60 y 92,30 mg de aminas biógenas por kg de producto. Las aminas biógenas mayoritarias encontradas en el charqui de Puno fueron espermina (52,06 mg/kg), triptamina+ 2-feniletilamina (28,75 mg/kg), tiramina (16,61 mg/kg) y putrescina (12,49 mg/kg), mientras que en el charqui procedente de Cusco las aminas biógenas mayoritarias fueron espermina (39,72 mg/kg), cadaverina (14,75 mg/kg), tiramina (14,71 mg/kg) y triptamina+feniletilamina (12,18 mg/kg).

Tabla III.19. Contenido de aminas biógenas del charqui de alpaca de Puno y de Cusco (expresado en mg/kg).

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Triptamina + Feniletilamina	28,75 ^a \pm 6,08	17,22 - 40,07	12,18 ^b \pm 6,75	1,23 - 42,34
Putrescina	12,49 ^a \pm 18,08	1,90 - 85,47	5,21 ^a \pm 5,67	0,48 - 22,60
Cadaverina	6,64 ^b \pm 8,11	0,00 - 40,64	14,75 ^a \pm 18,62	2,19 - 86,73
Histamina	<0,05	- -	<0,05	- -
Serotonina	9,30 \pm 4,20	0,00 - 24,80	<0,05	- -
Tiramina	16,61 ^a \pm 16,02	0,00 - 85,51	14,71 ^a \pm 14,31	1,79 - 47,16
Espermidina	5,37 ^a \pm 1,54	2,60 - 9,75	5,73 ^a \pm 3,62	2,48 - 18,97
Espermina	52,06 ^a \pm 11,22	35,11 - 78,12	39,72 ^b \pm 11,07	21,94 - 59,97
Total Aminas	131,60 ^a \pm 37,11	92,87 - 247,55	92,30 ^b \pm 34,15	50,96 - 187,23

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

Tabla III.20. Contenido de aminas biógenas del charqui de alpaca de Puno y de Cusco (expresado en mg/kg de extracto seco).

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Triptamina				
+Feniletilamina	33,08 ^a \pm 5,98	19,12 - 43,69	15,47 ^b \pm 10,10	1,31 - 44,60
Putrescina	14,41 ^a \pm 20,18	2,24 - 88,22	6,01 ^a \pm 6,10	0,65 - 24,38
Cadaverina	7,61 ^b \pm 9,15	0,00 - 47,09	16,92 ^a \pm 19,92	2,99 - 93,58
Histamina	<0,05	- -	<0,05	- -
Serotonina	10,76 \pm 5,02	0,00 - 28,74	<0,05	- -
Tiramina	19,14 ^a \pm 18,19	0,00 - 99,07	17,09 ^a \pm 15,72	2,32 - 53,73
Espermidina	6,17 ^a \pm 1,73	2,84 - 11,30	6,92 ^a \pm 4,42	3,17 - 23,90
Espermina	59,80 ^a \pm 12,17	37,05 - 85,49	48,21 ^b \pm 13,81	27,68 - 76,15
Total Aminas	151,27 ^a \pm 41,39	98,02 - 286,82	110,62 ^b \pm 34,92	63,34 - 202,03

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

Tabla III.21. Contenido de aminas biógenas del charqui de alpaca de Puno y de Cusco (expresado en mg/kg de extracto seco).

Patrón de aminas Biógenas	Tiempo de retención (min)
Triptamina	6,2
Feniletilamina	7,3
Putrescina	8,1
Cadaverina	8,8
Histamina	9,5
1,7 diaminoheptano	10,7
Serotonina	11,1
Tiramina	12,6
Espermidina	13,5
Espermina	17,7

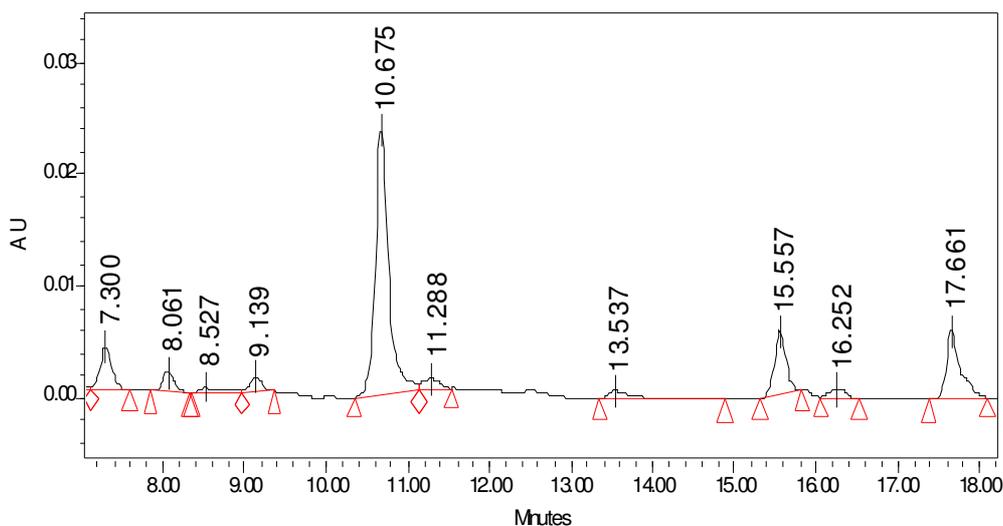


Figura III.6. Cromatograma de las aminas biógenas en una muestra de charqui.

El contenido total de aminas biógenas expresada en extracto seco en las muestras de charqui de Puno y Cusco (151,3 y 110,6 mg/kg, respectivamente) fueron menores al rango encontrado en carne de vacuno con menos de 5 días de maduración en refrigeración (173 -250 mg/kg extracto seco) por Vinci y Antonelli (2002), Min *et al.* (2007) y Galgano *et al.* (2009). Además, la suma de los valores de la putrescina, cadaverina, histamina y tiramina, aminas biógenas consideradas como indicadores de calidad higiénica (Hernández-Jover *et al.*, 1996), fueron similares a los valores de carne fresca con aceptable calidad higiénica. Debido a estos hechos es probable que no haya habido formación de aminas biógenas durante el salado y el secado de la carne de alpaca, lo que podría explicarse por el efecto inhibidor del cloruro de sodio y la baja a_w sobre la formación de aminoácidos libres y aminas biógenas, por proteólisis y descarboxilación microbiana de aminoácidos, respectivamente (Suzzi y Gardini, 2003; Virgili *et al.*, 2007).

Ninguna de las muestras de charqui analizadas tuvieron un contenido de aminas biógenas vasoactivas (tiramina, histamina, triptamina y 2-feniletilamina) potencialmente perjudicial para la salud del consumidor, ya que no sobrepasaron los límites considerados como tóxicos en los alimentos (Halász

et al., 1994). Es importante no sobrepasar dichos niveles porque esas aminas ejercen una acción vasoactiva y psicoactiva en las personas que las consumen y pueden representar un peligro de enfermedad alimentaria, tales como intoxicación, migrañas, crisis de hipertensión, entre otros (Brink *et al.*, 1990).

De otra parte, comparando el charqui de alpaca de Puno y el de Cusco, se observa que el primero tuvo mayor cantidad de triptamina+feniletilamina y de espermina que el segundo; mientras que la cadaverina fue más abundante en el charqui de Cusco que en el de Puno. Para el resto de aminas biógenas no se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre procedencias. No obstante a esas diferencias, la presencia de aminas biógenas en ambos tipos de charqui estuvieron por debajo de los valores considerados como indicativos de actividad microbiana indeseable (Vidal-Carou *et al.*, 1990).

III.2.3.4. Contenido de minerales en charqui seco

En las Tablas III.22 y III.23 se muestra el contenido de minerales –Na, K, P, Fe, Zn, Cu, Mg, Ca y Mn– obtenidos en el charqui de alpaca de Puno y Cusco, tanto en peso fresco como en extracto seco, respectivamente. En dichas tablas se puede apreciar que el elemento mayoritario en el charqui de alpaca fue el sodio, debido a la adición de cantidades importantes de cloruro de sodio durante su proceso, con una media aproximada de 15 g/100 g y 10 g/100 g de charqui procedente de Puno y Cusco, respectivamente, existiendo diferencias significativas para ambas procedencias ($P < 0,05$). Esas cantidades se corresponden con niveles calculados de cloruro sódico en el charqui de Puno de 37% y 42%, expresados en base húmeda y seca, respectivamente, y en el de Cusco de 24 y 28%, expresados en base húmeda y seca, respectivamente. Las diferencias en el contenido de sodio y sal entre ambos charquis se pueden atribuir a una mayor facilidad para la entrada de sal durante la etapa de salado en el charqui de Puno, lo que podría estar relacionado con factores relacionados con la carne: una mayor relación superficie/volumen de las piezas y el menor grosor de las mismas, la menor cantidad de grasa y de tejido conectivo en el proceso de Puno, no obstante

también podrían deberse a variables relacionadas a la concentración de la salmuera o la temperatura ambiente, de las que no tenemos suficiente información como para evaluar su influencia.

Tabla III.22. Contenido de minerales (expresado en mg/100 g) y NaCl (expresado en porcentaje) en charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco.

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Na	14543,3 ^a \pm 1847,5	11055,5 - 18895,5	9398,3 ^b \pm 2433,7	6091,5 - 14900,8
K	964,6 ^a \pm 181,4	634,9 - 1458,4	1031,9 ^a \pm 292,1	646,5 - 1666,1
P	302,7 ^b \pm 42,6	230,0 - 378,8	381,0 ^a \pm 98,3	229,1 - 612,9
Mg	368,5 ^a \pm 78,6	227,9 - 608,1	179,0 ^b \pm 93,4	70,7 - 381,5
Ca	79,26 ^a \pm 26,07	36,48 - 146,49	78,85 ^a \pm 56,76	24,13 - 259,93
Zn	11,05 ^a \pm 2,14	7,24 - 16,74	8,13 ^b \pm 1,91	5,63 - 11,91
Fe	5,75 ^a \pm 1,70	3,86 - 11,21	6,71 ^a \pm 2,82	3,60 - 15,65
Mn	0,035 \pm 0,020	<0,025 - 0,95	<0,025	- - -
Cu	<0,2	- -	<0,2	- -
NaCl [*]	36,67 ^a \pm 4,66	27,88 - 47,65	23,70 ^b \pm 6,14	15,36 - 37,58

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P<0,05$).

^{*}: valores calculados a partir del contenido en sodio.

Tabla III.23. Contenido de minerales en charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco (expresado en mg/100 g de extracto seco)

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Na	16708,1 ^a \pm 1982,0	13828,5 - 20506,2	11256,4 ^b \pm 2200,8	7881,6 - 15933,4
K	1106,28 ^a \pm 182,71	674,70 - 1520,44	1246,62 ^a \pm 330,45	735,38 - 2072,03
P	347,26 ^b \pm 42,11	271,65 - 436,40	466,67 ^a \pm 133,47	248,77 - 762,24
Mg	426,23 ^a \pm 101,59	242,23 - 728,42	215,41 ^b \pm 109,22	75,63 - 483,02
Ca	91,79 ^a \pm 30,27	39,29 - 154,57	93,37 ^a \pm 62,50	32,91 - 282,30
Zn	12,69 ^a \pm 2,27	7,47 - 18,43	9,86 ^b \pm 2,28	6,87 - 15,01
Fe	6,58 ^b \pm 1,74	4,25 - 12,35	8,09 ^a \pm 3,18	4,45 - 17,98
Mn	0,040 \pm 0,022	0,025 - 1,00	<0,025	- - -
Cu	<0,2	- -	<0,2	- -
NaCl [*]	42,13 ^a \pm 5,00	34,87 - 51,71	28,39 ^b \pm 5,55	19,88 - 40,18

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P<0,05$).

^{*}: valores calculados a partir del contenido en sodio.

Dentro de los productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes descritos en la bibliografía, el charqui de alpaca estudiado en el presente trabajo fue uno de los que mostró mayor contenido de sal, junto con el charqui y el jerked beef brasileños, con valores entre el 20 y 40% de sal sobre extracto seco. Debido a su alto contenido de sal, estos tres productos deben desalarse antes de someterlo a cocción para su consumo. En el resto de productos cárnicos de humedad intermedia de carne de rumiantes que son consumidos sin necesidad de un desalado previo el contenido de sal es considerablemente menor. Por ejemplo, los valores de sal expresados en extracto seco encontrados en el kaddid fue de 12% (Benanni *et al.*, 1995), en la cecina de León de 15% (Molinero *et al.*, 2008) y en el biltong de 8% (Nortjé *et al.*, 2005).

El charqui de alpaca también tiene un contenido importante de potasio que estuvo alrededor de los 1100 mg/100 g de extracto seco, no existiendo diferencias significativas para las muestras procedentes de Puno y Cusco. Dicho valor fue inferior al encontrado en la primera parte del presente estudio en carne de alpaca (1600 mg/100 g extracto seco), debido probablemente a que se ha perdido potasio durante el proceso de elaboración del charqui por lixiviación. Asimismo, se debe considerar que el contenido de minerales en el músculo es variable, debido a distintos factores tales como la raza, edad, peso y alimentación, así como también probablemente por la variabilidad en la toma de muestras (Elgasim y Alkanhal, 1992).

El nivel de fósforo expresado en base seca en el charqui procedente de Cusco fue de 467 mg/100g y en el de Puno de 347 mg/100 g, existiendo diferencias significativas entre ambos ($P < 0,05$). Dichos valores fueron inferiores a los detectados en carne de alpaca (1200 mg/g de extracto seco), lo que indica una fuerte pérdida de fósforo en el proceso de elaboración de charqui. En la chalona (elaborada con carne de ovino) que se puede considerar un producto similar al charqui por el proceso de elaboración se han encontrado valores similares (530 mg/100g extracto seco; Collazos *et al.*, 1996). Dicha pérdida de fósforo se traduce en una disminución del valor nutritivo del charqui

con respecto a la carne fresca, ya que se considera que la carne y los productos cárnicos son una fuente importante de fósforo.

El contenido de magnesio expresado en base seca fue 426 mg/100g en el charqui procedente de Puno y de 215 mg/100g en el charqui procedente de Cusco, presentando diferencias significativas entre lugar geográfico ($P<0,05$). Esta diferencia puede deberse a que los productores de Puno usan sal con mayor contenido en magnesio, que es agregado a la sal como en forma de carbonato de magnesio, óxido de magnesio y/o silicato de magnesio, aditivos antiaglutinantes legalmente permitidos (Codex Alimentarius, 2006). En cualquier caso, el contenido en magnesio encontrado en la carne de alpaca (130 mg/100 g de extracto seco) fue menor que el encontrado en el charqui de una u otra procedencia.

Se muestran también en las tablas otros minerales minoritarios entre los que destacan el calcio, zinc y hierro. El calcio tuvo un valor aproximado de 90 mg/100 g de extracto seco, similar al valor encontrado en carne fresca de alpaca. En la chalona el contenido en calcio (66 mg/100g de extracto seco; Collazos *et al.*, 1996) fue ligeramente inferior, aunque estuvo comprendido dentro del rango de valores hallados en el charqui de alpaca. El zinc presentó valores de 9,9 y 12,7 mg/100 g de extracto seco en charqui de Puno y Cusco, respectivamente (la diferencia fue significativa, $P<0,05$). Los niveles de zinc en el charqui fueron considerablemente menores a los encontrados por carne de alpaca (40 mg/100 g de extracto seco). El contenido en hierro mostró valores de 6,6 y 8,1 mg/100 g de extracto seco en charqui de Puno y Cusco, respectivamente, estos valores son ligeramente inferiores a los encontrados en carne fresca de alpaca (11 mg/100 g de extracto seco); diferencia justificada al menos parcialmente por la pérdida de mioglobina con el jugo exudado por la carne durante el salado. Sin embargo, fue mayor al valor de 5 mg/100g de extracto seco reportado por Collazos *et al.* (1996) para chalona.

III.2.3.5. Contenido de minerales en charqui rehidratado de Puno y Cusco

En las Tablas III.24 y III.25, queda recogido el contenido en algunos elementos minerales –Na, K, P, Fe, Zn, Mg y Ca – tanto en peso fresco como en extracto seco, respectivamente, determinados en el charqui de alpaca de Puno y de Cusco, después de haber sido rehidratado. Estos resultados se muestran con objeto de estimar el contenido mineral del charqui tal cómo se usa para su preparación culinaria, así como las pérdidas que pueden darse durante el proceso de desalado en agua previo al consumo.

Con la rehidratación (18 horas, temperatura ambiente, relación carne:agua de 1:10) se consiguió disminuir el contenido en sodio hasta valores de 843,36 mg/100g en el charqui rehidratado de Puno y 706,74 mg/100g en el de Cusco, presentando diferencias significativas ($P<0,05$). A partir de estos valores se han calculado contenidos de NaCl aproximados de 2,1 y 1,8%, respectivamente. La diferencia en sodio y sal entre ambos tipos de charqui una vez rehidratado, aunque significativas, son menores respecto a la comentada anteriormente para el charqui seco.

Tabla III.24. Contenido de minerales en charqui de alpaca rehidratado procedente de Puno y Cusco (expresado en mg/100 g).

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
Na	843,35 ^a \pm 126,25	612,08 - 1158,93	706,74 ^b \pm 162,66	412,25 - 1145,52
P	75,42 ^a \pm 6,68	58,27 - 84,94	83,63 ^a \pm 21,61	32,00 - 125,40
K	51,30 ^b \pm 12,32	25,85 - 85,68	61,94 ^a \pm 23,32	22,67 - 116,30
Mg	44,18 ^a \pm 15,18	23,06 - 96,21	17,63 ^b \pm 10,18	5,52 - 41,02
Ca	14,02 ^a \pm 5,68	4,92 - 30,12	10,85 ^a \pm 5,66	5,00 - 24,34
Zn	5,09 ^a \pm 0,92	3,33 - 6,68	4,86 ^a \pm 2,43	2,26 - 12,88
Fe	2,54 ^a \pm 0,91	0,98 - 5,32	2,20 ^a \pm 1,06	0,83 - 4,56
Cu	< 0,2	-	<0,2	-
Mn	< 0,025	-	<0,025	-
NaCl [*]	2,13 ^a \pm 0,32	1,54 - 2,92	1,78 ^b \pm 0,41	1,04 - 2,89

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P<0,05$). ^{*}: valores calculados a partir del contenido en sodio.

Tabla III.25. Contenido de minerales en charqui rehidratado de alpaca procedente de Puno y Cusco (expresados en mg/100 g de extracto seco).

	Puno (n=30)			Cusco (n=22)		
	Promedio ± SD	Rango	Promedio ± SD	Rango		
Na	3511,88 ^a ± 1163,34	2291,02 - 8583,27	3214,61 ^a ± 1000,24	1813,11 - 6088,40		
P	309,76 ^b ± 66,32	225,92 - 612,73	380,93 ^a ± 119,49	118,34 - 612,41		
K	213,85 ^b ± 81,63	102,12 - 510,21	280,03 ^a ± 125,14	120,49 - 634,89		
Mg	182,79 ^b ± 76,70	89,08 - 421,01	79,10 ^a ± 46,65	22,58 - 197,43		
Ca	56,30 ^a ± 21,65	24,82 - 112,81	48,42 ^a ± 24,63	20,02 - 110,25		
Zn	20,58 ^a ± 3,40	14,69 - 27,25	22,18 ^a ± 12,86	9,37 - 69,12		
Fe	10,42 ^a ± 4,66	4,32 - 27,66	9,97 ^a ± 5,04	2,93 - 21,95		
Cu	<0,2	- -	<0,2	- -		
Mn	<0,025	- - -	<0,025	- -		
NaCl [*]	8,86 ^a ± 2,93	5,78 - 21,64	8,11 ^a ± 2,52	4,57 - 15,35		

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P<0,05$). ^{*}: valores calculados a partir del contenido en sodio.

Al rehidratar el charqui para su desalado y posterior cocción, además del Na, disminuye el contenido de otros elementos minerales. Los porcentajes de pérdida son similares, para las distintas muestras de charqui procedentes de Puno y Cusco, siendo el potasio el que reporta mayor pérdida (80% aproximadamente), seguido del sodio y cloruro de sodio (con un porcentaje de pérdida de alrededor del 75%), magnesio (60%), calcio (36%) y fósforo (13%). Estas pérdidas durante la rehidratación junto con las pérdidas mencionadas para el salado (al comparar la carne fresca con el charqui seco) disminuyen el valor nutritivo del producto con respecto a la carne fresca.

III.2.3.6. Contenido de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico y de ácidos grasos libres

En la Tabla III.26 se pueden observar los contenidos en sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB) en las diferentes muestras de charqui. Estos valores estuvieron entre 2,5 y 3 mg de malonaldehído por kg de charqui y no se observaron diferencias significativas entre procedencias. Dichos valores

estuvieron en el límite de la cantidad necesaria para la detección sensorial de rancidez en carne fresca (3 mg/kg, reportada por Fernández *et al.*, 1997).

Tabla III.26. Cantidad de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB) y cantidad total de ácidos grasos libres (AGL) del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco.

Procedencia	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio ± SD	Rango	Promedio ± SD	Rango
SRATB				
(mg malonaldehído/kg)	2,93 ^a ± 0,97	0,99 - 4,98	2,54 ^a ± 1,21	1,04 - 5,11
AGL totales				
g/100 g charqui	0,19 ^b ± 0,10	0,06 - 0,41	0,32 ^a ± 0,19	0,03 - 0,73
g/100 g grasa	5,63 ^b ± 1,10	4,09 - 8,25	7,61 ^a ± 3,49	2,93 - 13,02

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

En otros productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes (pastirma, carne de reno seco, charqui y jerked beef brasileños o kilishi) se ha visto que las SRATB se incrementan durante su procesado, alcanzándose normalmente valores entre 1 y 2 mg/kg (Torres *et al.*, 1989; Igene *et al.* 1990; Sampels *et al.*, 2004; Gök *et al.*, 2008), que son ligeramente más bajos que los encontrados en charqui de alpaca. Las diferencias en el contenido de estas sustancias puede depender de las propiedades de la carne con efecto sobre su estabilidad frente a la oxidación lipídica (poliinsaturación de las grasas, contenido de tocoferoles, enzimas antioxidantes, hierro, etc.; Chan y Decker, 1994), así como de diversos factores tecnológicos del proceso (tipo de sal, temperatura, materiales empleados, etc.). En relación a estos últimos, en el estudio de Torres *et al.* (1994) se observó que dependiendo del tipo de sal el contenido en SRATB del charqui brasileño mostró valores entre 1,53 mg/kg (utilizando sal refinada) a 7,04 (utilizando sal gruesa con bajo grado de pureza).

La cantidad de ácidos grasos libres en las muestras de charqui procedentes de Cusco fue de 0,32g/100g charqui o 7,61g/100g grasa, mientras que en las de Puno fue de 0,19g/100g charqui o 5,63g/100g grasa, existiendo

diferencias entre ambos tipos ($P < 0,05$). En la carne cruda de vacuno la cantidad de AGL, que entre otros factores está en función de las condiciones de almacenamiento, varía entre el 0,3 hasta el 4% de la grasa total (Azís *et al.*, 2002; Bell y Garout, 1994, Prior, 1984, Molinero, 2009), aunque los valores aceptables (normales) con respecto a la alteración del sabor no deben de ser superiores al 1,2% (Pearson, 1968). Suponiendo que la carne de alpaca tenga valores de AGL dentro de ese rango se puede decir que durante el procesado del charqui ha habido una lipólisis considerable.

En otros estudios se destaca la importancia de la lipólisis en los productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes tanto desde el punto de vista cuantitativo como desde el posible efecto sobre las características sensoriales. Prior (1984) encontró que el contenido de AGL fue más de tres veces mayor en el biltong (observándose valores entre 12 y 17 g/100g grasa), con respecto a la carne fresca de partida. También en la cecina de León se han detectado cantidades de AGL entre 11 y 17 g/100 g de grasa (Molinero, 2009). Así mismo, se han encontrado cantidades elevadas de AGL (8g/100g de grasa) en el kaddid (Bennani *et al.*, 1995), cantidad que se ha relacionado con las características sensoriales típicas de dicho producto (sabor fuerte). En el kilishi de vacuno se han encontrado cantidades importantes de AGL (4,34 g/100g grasa), aunque algo menores de las anteriormente mencionadas (Chukwu y Imodiboh, 2009).

La diferencia del contenido AGL entre el charqui de alpaca de Puno y Cusco indica que hubo una mayor actividad lipolítica durante el procesado del charqui de Cusco, este hecho se puede relacionar con las observaciones anteriores de un mayor contenido en NNP, una mayor actividad de agua y un menor contenido en sal en el charqui de Cusco. De forma que se puede deducir que en el proceso de elaboración del charqui de Cusco las condiciones para el desarrollo de las actividades enzimáticas de la lipólisis y proteólisis fueron más favorables.

En la Tabla III.27 se recogen los porcentajes de ácidos grasos libres individuales expresados sobre ácidos libres grasos totales encontrados en la grasa de charqui de alpaca. Se observa que los tres ácidos grasos libres mayoritarios en el charqui, que constituyen más del 75% del total de ácidos grasos libres, fueron los ácidos oleico (C18:1 *n*-9), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0). Estos ácidos grasos fueron también los más abundantes (presentando porcentajes similares) dentro del total de los ácidos grasos de la grasa del músculo *LTL* de alpaca analizada en el presente estudio. Por otra parte, los tres ácidos grasos libres mencionados anteriormente fueron también los más abundantes en el biltong (Prior, 1984).

Los ácidos grasos libres saturados (AGLS) representaron el 55,49% y 60,59% del total de los ácidos grasos libres, para las muestras de charqui procedentes de Puno y Cusco, respectivamente, los monoinsaturados (AGLMI) el 35,75% y 32,71% y los poliinsaturados (AGLPI) el 8,77% y 8,60%; encontrándose diferencias significativas ($P < 0,05$) en los porcentajes de AGLS y AGLMI – diferencias que podrían deberse a las diferencias en la composición de ácidos grasos de la carne de partida.

El grado de saturación/insaturación del total de ácidos grasos libres fue comparable al observado para la grasa total de la carne de alpaca. Este hecho aparentemente contrasta con lo sugerido por diversos autores, que señalan que los procesos lipolíticos actúan de manera preferente en los fosfolípidos con respecto a las grasas neutras (Buscailhon *et al.*, 1994), de manera que a medida que avanza la lipólisis aumenta el porcentaje de AGLPI con respecto al total de AGL. No obstante esta discrepancia se podría atribuir a la oxidación de una parte de los AGLPI durante el procesado del charqui.

Tabla III.27. Porcentajes de los ácidos grasos libres (% en peso sobre el total de ácidos grasos libres) del charqui de alpaca procedente de Puno y de Cusco.

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)		
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango	
C10:0	0,16 \pm 0,13	0,00 - 0,37	0,00	-	-
C12:0	0,24 ^a \pm 0,11	0,00 - 0,42	0,21 ^a \pm 0,29	0,00	1,10
C13:0	0,24 ^a \pm 0,11	0,00 - 0,42	0,20 ^a \pm 0,02	0,18	0,22
C14:0	2,41 ^a \pm 0,48	1,83 - 3,71	1,22 ^b \pm 0,42	0,32	2,17
C15:0 metil-ram	1,76 ^a \pm 0,24	1,48 - 2,65	2,02 ^a \pm 0,83	0,69	4,19
C16:0 metil-ram	0,60 ^a \pm 0,08	0,47 - 0,80	0,69 ^a \pm 0,24	0,00	1,08
C16:0	24,02 ^b \pm 1,21	22,46 - 26,90	32,23 ^a \pm 7,77	16,87	44,03
C16:1	4,43 ^b \pm 0,95	3,64 - 7,84	5,83 ^a \pm 0,84	4,53	7,76
C17:0 metil-ram	1,68 ^a \pm 0,14	1,18 - 1,99	1,38 ^b \pm 0,60	0,00	2,26
C17:0	1,36 ^a \pm 0,24	0,82 - 2,02	0,93 ^b \pm 0,38	0,00	2,24
C17:1	0,70 ^b \pm 0,20	0,00 - 1,11	1,29 ^a \pm 0,52	0,00	2,17
C18:0 r	0,00	-	0,32 \pm 0,45	0,00	1,67
C18:0	22,98 ^a \pm 2,89	12,20 - 25,76	21,57 ^a \pm 2,75	16,30	29,13
C18:1	30,58 ^a \pm 2,33	26,71 - 39,18	25,58 ^b \pm 2,91	19,75	33,62
C18:2	5,96 ^a \pm 1,07	3,18 - 7,80	6,87 ^a \pm 4,96	0,23	16,27
C18:3	1,02 ^a \pm 0,30	0,00 - 1,58	0,40 ^b \pm 0,45	0,00	1,45
CLA	0,12 ^a \pm 0,25	0,00 - 0,67	0,12 ^a \pm 0,18	0,00	0,55
C20:0	0,02 ^a \pm 0,11	0,00 - 0,61	0,03 ^a \pm 0,10	0,00	0,47
C20:1	0,03 \pm 0,13	0,00 - 0,53	0,00	-	-
C20:3	0,13 ^a \pm 0,25	0,00 - 0,68	0,27 ^a \pm 0,57	0,00	1,62
C20:4	1,54 ^a \pm 0,40	0,73 - 2,19	0,94 ^b \pm 0,71	0,10	2,68
AGLS	55,49 ^b \pm 2,65	46,45 - 61,03	58,69 ^a \pm 6,99	45,46	71,17
AGLMI	35,75 ^a \pm 3,03	31,09 - 48,48	32,71 ^b \pm 3,37	26,61	42,63
AGLPI	8,77 ^a \pm 1,73	5,07 - 12,82	8,60 ^a \pm 5,14	0,99	19,97

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P<0,05$). ram: ramificado.

III.2.4. Recuentos microbiológicos en charqui de Puno y Cusco

En la Tabla III.28 se recogen los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos realizados en las muestras de charqui procedentes de Puno y Cusco. Los recuentos medios de FAMV no superaron las 4 unidades logarítmicas y los grupos microbianos más abundantes fueron las *Micrococcaceae*, mohos y levaduras y bacterias ácido lácticas. Estos

resultados coinciden en términos generales con otros estudios de productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes, con bajos niveles de a_w (menor de 0,75) como el biltong, kilishi, kaddid o charqui brasileño (Prior, 1984; Chukwu y Imodiboh, 2009; Bennani *et al.* 1995; Torres *et al.*, 1994), en los que la carga microbiana es baja en comparación con la carne fresca. En el estudio de Torres *et al.* (1994) se describe como la carga microbiana desciende considerablemente durante la elaboración del charqui brasileño. Por el contrario, en los productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes con mayor a_w , como la cecina de León, cecina mexicana, bresaola o pastirma, los recuentos microbianos suelen ser más elevados (normalmente entre 4 y 8 unidades logarítmicas), aunque la flora predominante siga siendo la misma (Reyes Cano *et al.*, 1994; Paleari *et al.*, 2002; Rubio *et al.*, 2007; Kilic, 2009).

Tabla III.28. Recuentos microbiológicos (Log_{10} ufc/g) del charqui procedente de Puno y Cusco.

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
FAMV	3,24 ^a \pm 0,79	2,14 - 5,23	2,54 ^b \pm 0,29	1,95 - 2,95
<i>Micrococcaceae</i>	2,99 ^a \pm 0,53	2,23 - 4,15	1,50 ^b \pm 0,46	<1 - 2,36
BAL	2,46 \pm 1,31	<1 - 4,79	< 1	- -
Mohos y levaduras	1,83 ^a \pm 0,69	< 1 - 2,56	1,82 ^a \pm 0,46	<1 - 2,56
Coliformes totales	< 1	- -	< 1	- -
<i>S. aureus</i>	< 1	- -	< 1	- -

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P<0,05$). FAMV: flora aerobia mesófila viable. BAL: bacterias ácido lácticas.

Los recuentos de flora aerobia mesófila viable (FAMV) fueron de 3,24 Log_{10} ufc/g y 2,54 Log_{10} ufc/g para el charqui procedente de Puno y Cusco, respectivamente, existiendo diferencias significativas ($P<0,05$) entre ambas procedencias. Dichos valores están fuera del máximo permitido por la Norma Técnica Peruana 201.059 (INDECOPI, 2006) que establece un recuento máximo de 2 Log_{10} ufc/g. Ante esta situación sugerimos una revisión de la norma, pues no consideramos que el charqui muestreado en este estudio haya

sido elaborado con condiciones higiénicas deficientes con respecto a las prácticas normales de elaboración del charqui en Perú.

Con respecto a la importancia de los microorganismos sobre la calidad sensorial, aunque se ha demostrado que las *Micrococcaceae* están envueltas en el desarrollo de las características de sabor y color de algunos productos cárnicos deshidratados como la cecina de vacuno (García *et al.*, 1995), en aquellos productos con a_w bajas (menor de 0,75) donde los recuentos microbianos son menores, el papel de las *Micrococcaceae* y otros grupos microbianos en el desarrollo de las características sensoriales no parece ser relevante (Prior, 1984).

El resultado de los recuentos de coliformes totales y *Staphylococcus aureus* fueron menores a $1 \text{ Log}_{10} \text{ ufc/g}$ para el charqui de ambas procedencias. Al respecto, Paleari *et al.* (2002) señalan que la desaparición de coliformes y *Staphylococcus* patógenos, en productos cárnicos deshidratados es favorecido por los bajos valores de a_w . En este sentido, no se han detectado ni enterobacterias ni coliformes en productos como la cecina de León (Molinero *et al.*, 2008), pastirma (Kaban, 2008), cecina mexicana (Reyes-Cano *et al.*, 1995), biltong (Nortjé *et al.*, 2005). De otra parte, Lara *et al.* (2003) comprobaron que valores de a_w entre 0,70 y 0,75 en charqui de vacuno de Brasil, inhibieron el crecimiento de *Staphylococcus aureus* enteropatógenos.

Finalmente, de las diferencias en la carga microbiana entre el charqui procedente de Puno y el de Cusco, se puede destacar el que el primero presentó mayores recuentos microbiológicos que el segundo, lo que puede explicarse, al menos parcialmente, por que el primero tuvo una mayor superficie/volumen de las piezas y una mayor manipulación (deshuesado, fileteado, deshilachado) durante su proceso de elaboración.

III.2.5. Propiedades tecnológicas

En la Tabla III.29 se pueden observar las propiedades determinantes de la calidad tecnológica del charqui de alpaca: a_w , color de las hebras del charqui de Puno y color en superficie de la pieza de la carne de pierna intacta y molida para el charqui de Cusco.

Tabla III.29. Propiedades tecnológicas del charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco.

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
a_w	0,65 ^a \pm 0,08	0,46 - 0,72	0,65 ^a \pm 0,07	0,52 - 0,73
Color superficial de pieza entera				
L^*	ND	- -	67,16 \pm 3,51	60,07 - 76,83
a^*	ND	- -	3,10 \pm 1,25	1,01 - 5,32
b^*	ND	- -	14,66 \pm 2,25	10,46 - 18,81
Color del charqui deshebrado / molido				
L^*	71,62 ^a \pm 2,70	67,44 - 76,03	68,17 ^b \pm 3,19	60,31 - 72,98
a^*	3,16 ^a \pm 0,63	2,39 - 4,67	3,12 ^a \pm 0,44	2,38 - 4,06
b^*	14,73 ^b \pm 1,32	12,17 - 16,56	18,89 ^a \pm 1,79	15,01 - 21,98

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$). ND: No determinado.

El charqui de alpaca analizado en el presente estudio tiene un valor promedio de a_w en torno a 0,65, con rangos aproximados entre 0,45 y 0,75, no existiendo diferencias significativas para las muestras procedentes de Puno y Cusco. Así pues en el charqui de alpaca el crecimiento microbiano está muy limitado, ya que a valores de menos de 0,75 se inhibe el crecimiento de todos los microorganismos patógenos, la mayoría de las bacterias, mohos y levaduras alterantes, incluso la mayoría de los halotolerantes (Beuchat, 1981; Bender, 1992). Con valores de a_w inferiores a 0,65 prácticamente la inhibición del crecimiento microbiano es total (Cheftel y Cheftel, 1992), por lo que se puede considerar que el charqui tiene una extraordinaria estabilidad a temperatura ambiente desde el punto de vista microbiano.

El valor medio de a_w del charqui de alpaca estuvo dentro de los rangos reportados para diversos productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes, tales el charqui de vacuno (0,70-0,75), el biltong tradicional (0,62-0,86), la machaca mexicana (0,59-0,63) y el kilishi de vacuno (0,59-0,65) (Kalilou *et al.*, 1998; Wolter *et al.*, 2000; García *et al.*, 2001; Ibarra y Valdez, 2001; Chukwu y Imodiboh, 2009). Sin embargo, dicho valor fue claramente menor a los niveles de a_w encontrados en otros de los productos cárnicos anteriormente mencionados, tales como: jerky beef, jerked beef, bresaola, pastirma o cecina de León (0,90) poner rangos en todos (García *et al.*, 2001; Chenoll *et al.*, 2007; Molinero *et al.*, 2008).

Como se ha comentado, se observó un valor similar de a_w para los charquis de Puno y Cusco. Esto parece contradictorio si se tiene en cuenta que el primero tuvo menor contenido en humedad y mayor contenido en sal que el segundo. Esta aparente contradicción se puede explicar, al menos parcialmente, por el fenómeno de cristalización del NaCl que comienza a producirse de forma masiva en el rango de a_w entre 0,65 y 0,7 (Muñoz *et al.*, 2009). Por este motivo, en ese rango al descender la humedad del charqui apenas se modifica su a_w , pues la sal al cristalizar libera su agua de hidratación (Lioutas *et al.*, 1984).

En las determinaciones colorimétricas realizadas en el charqui deshilachado o molido se encontraron valores de L^* (71,62 y 68,17), a^* (3,16 y 3,12) y b^* (14,73 y 18,89) en el charqui procedente de Puno y Cusco, respectivamente, encontrándose diferencias significativas entre procedencias ($P < 0,05$) en los componentes L^* y b^* . No se encuentran argumentos para explicar estas diferencias. En los resultados de las determinaciones colorimétricas realizadas en la superficie de las piernas de charqui procedente de Cusco puede observarse que la luminosidad (L^*) mostró una media de 67,16, el componente rojo-verde (a^*) tuvo una media de 3,10 y el componente azul-amarillo (b^*) fue de 14,66. Como se puede apreciar el molido de charqui de Cusco provocó una disminución en el componente b^* , con respecto al valor

de la pierna entera. Los parámetros de color a^* y b^* para el charqui de Puno deshilachado y de Cusco para pieza entera fueron muy similares. En cualquier caso, durante el proceso de elaboración del charqui el valor de L^* y b^* parecen aumentar y el de a^* disminuir con respecto a los valores encontrados en la carne fresca de alpaca ($L^*= 36,2$; $a^*= 15,1$; $b^*= 1,2$). Estos resultados contrastan parcialmente con los cambios observados por Youssef *et al.* (2003) en la elaboración de charqui brasileño donde el valor de L^* se mantiene constante y los valores de a^* y b^* disminuyen. El elevado valor de L^* y b^* puede ser debido a que en la elaboración del charqui se produce una considerable oxidación del ión hierro de la mioglobina (desde Fe^{+2} a Fe^{+3}) tal como sugiere Youssef *et al.* (2003) para charqui brasileño.

Al comparar los valores obtenidos en el charqui de alpaca con los encontrados por Youssef *et al.* (2003) en productos cárnicos con cierta similitud como el charqui brasileño ($L^*= 40,0$; $a^*=3,5$; $b^*=3,7$) y jerked beef brasileño ($L^*= 40,3$; $a^*=13,56$; $b^*=5,0$), podemos decir que el charqui de alpaca presenta un mayor valor de luminosidad (L^*) y componente azul-amarillo (b^*) que los del charqui y jerked beef brasileño, lo que podría explicarse parcialmente por un mayor grado de oxidación en el charqui de alpaca. Sin embargo, debido a la adición de nitritos en la elaboración del jerked beef el valor de a^* de este producto fue mayor al del charqui peruano y brasileño (elaborados sin nitritos), que presentaron valores similares de a^* .

En la Tabla III.30 se muestran datos de interés tecnológico del charqui de alpaca hidratado (pH, capacidad de retención de agua, pérdida de sólidos en la salmuera durante la rehidratación y color).

Después de su rehidratación, las muestras de charqui procedentes de Puno y Cusco tuvieron un pH promedio de 5,75 y 5,97, respectivamente, existiendo diferencias significativas entre dichos valores. El pH del charqui fue unas pocas décimas superior al valor medio encontrado en carne de alpaca (5,63), lo que puede deberse a la formación de sustancias nitrogenadas básicas durante el procesado o a la pérdida de acidez durante el desalado.

Tabla III.30. Propiedades tecnológicas del charqui de alpaca procedente de Puno y Cusco posteriores a la rehidratación.

	Puno (n=30)		Cusco (n=22)	
	Promedio \pm SD	Rango	Promedio \pm SD	Rango
pH	5,75 ^b \pm 0,12	5,46 - 6,09	5,97 ^a \pm 0,32	5,60 - 6,83
<i>Capacidad de retención de agua</i>				
Ganancia de peso (%) [*]	47,95 ^a \pm 6,41	37,54 - 60,21	50,79 ^a \pm 3,09	44,22 - 56,42
Pérdidas por presión (%)	13,73 ^a \pm 3,43	7,19 - 19,38	13,41 ^a \pm 3,21	8,85 - 20,11
Pérdidas por cocción (%)	29,40 ^a \pm 3,77	18,76 - 35,83	31,11 ^a \pm 2,87	25,00 - 36,20
<i>Pérdida de sólidos del charqui durante su hidratación (% con respecto al peso inicial)</i>				
Base húmeda	38,98 ^a \pm 5,28	32,79 - 46,06	36,64 ^a \pm 4,48	30,08 - 51,83
Base seca	44,79 ^a \pm 5,56	37,01 - 67,66	44,46 ^a \pm 5,26	32,76 - 59,55
<i>Color</i>				
<i>L</i> [*]	44,06 ^a \pm 2,94	38,54 - 48,84	44,61 ^a \pm 4,06	36,07 - 57,04
<i>a</i> [*]	3,38 ^a \pm 1,19	1,64 - 6,30	3,50 ^a \pm 1,17	1,78 - 6,27
<i>b</i> [*]	10,25 ^b \pm 2,67	,21 - 17,02	13,12 ^a \pm 2,41	9,08 - 17,61

^{a,b}: valores promedio de cada parámetro con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

^{*}: ganancia de peso tras la rehidratación.

El pH del charqui rehidratado estuvo en el rango de valores de pH (5,3-5,9) descritos para la mayor parte de los productos cárnicos de humedad intermedia elaborados a partir de piezas enteras de carne de rumiantes, tales como el biltong, charqui brasileño, cecina de León y kilishi (Wolter *et al.*, 2000; García *et al.*, 2001; Molinero *et al.*, 2008; Chukwu y Imodiboh, 2009). En estos productos la principal barrera para permitir su estabilidad a temperatura ambiente es el bajo valor de a_w , aunque en algunos de ellos, también se pueden considerar como barreras adicionales el bajo pH superficial, el envasado al vacío, la presencia de nitritos u otros conservantes (Leistner, 1994) que en el caso del charqui no son normalmente utilizados.

En cuanto a las determinaciones de CRA, se encontraron porcentajes de ganancia de peso durante la rehidratación y pérdidas por presión y por cocción del charqui rehidratado de aproximadamente 50, 13 y 30%, respectivamente. Dichos valores mostraron una variabilidad menor al 25%, no existiendo diferencias significativas para las muestras procedentes de Puno y Cusco. La importancia de haber determinado estos parámetros se basa en que el charqui

de alpaca antes de su consumo, debe ser rehidratado y debe someterse a cocción, por lo que es interesante evaluar el comportamiento del charqui durante estos procesos. No se han encontrado datos disponibles en la literatura científica para comparar estos resultados relativos a la CRA en el charqui de alpaca o algún producto similar como el charqui brasileño, jerked beef o chalonga que tienen que ser rehidratados y cocinados antes de su consumo.

Comparando la humedad de la carne (74%) con la del charqui rehidratado de alpaca, podemos decir que el contenido de humedad calculado de las muestras de charqui rehidratado procedentes de Puno y Cusco (75 y 77%) fueron similares, aunque un poco mayores a los encontrados en el presente estudio para carne de alpaca. El charqui de alpaca se elabora con un proceso de deshidratación osmótica, puesto que se somete a la acción de una salmuera antes de su secado. Al respecto, Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado (2000) señalan que los productos secados osmóticamente tienden a ganar más agua que la que originariamente contenían.

Si comparamos las pérdidas por cocción y por presión del charqui rehidratado con los obtenidos en carne de alpaca, podemos apreciar que el charqui rehidratado presentó pérdidas por cocción 6-7% mayores y pérdidas por presión 12-13% menores que la carne. Dichos resultados podrían estar relacionados con procesos de desnaturalización proteica y ruptura de estructuras celulares (como las membranas) durante el procesado de charqui de alpaca (salado y secado), que se traduce en una menor capacidad de las proteínas para ligar agua, y/o de las membranas para retenerla, durante la cocción del producto con respecto a la carne fresca.

El charqui de alpaca se elabora en Perú en una época enmarcada en los meses de mayo a julio (3 meses), cuando el clima es fresco y seco y hay fuertes corrientes de aireación que facilitan el secado de carne; además, las bajas temperaturas en las noches con presencia de heladas pueden llegar a producir la liofilización parcial en la carne de forma natural (Ampuero, 2006). Los productos liofilizados pueden volver a su forma y estructura original por

adición de agua, asimismo, las características del producto rehidratado son análogas a las que poseía el producto fresco (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000), por lo que se podría esperar que el charqui de alpaca al ser rehidratado conserve en mayor medida sus propiedades iniciales relativas a la CRA, con respecto las esperadas con un secado sin liofilización.

Las pérdidas de sólidos durante la rehidratación fueron para el charqui de Puno y Cusco, respectivamente, de 39,0% y 36,6% expresadas sobre el peso inicial del charqui sin rehidratar y de un 44,8% y 44,5%, expresadas sobre la cantidad de sólidos totales iniciales (extracto seco del charqui sin rehidratar), siendo mayores en el charqui de Puno pero no existiendo diferencias significativas entre procedencias. Dichos sólidos han de corresponder principalmente al NaCl, que es soluble en agua y se pierde en el agua de rehidratación.

Finalmente, en los resultados de las determinaciones colorimétricas puede observarse que los valores de L^* , a^* y b^* tuvieron una media de 44,0 y 44,6, 3,4 y 3,5 y 10,2 y 13,1 para charqui rehidratado de Puno y Cusco, respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre procedencias, excepto para el valor de b^* . Por lo tanto, durante la rehidratación hubo un acusado descenso del valor L^* y más moderado en el valor b^* . Los valores de L^* y b^* fueron mayores y los de a^* menores a los encontrados en carne fresca de alpaca, lo que se justifica por los procesos de oxidación del pigmento, anteriormente comentados.

Comparando los parámetros de color del charqui de alpaca rehidratado con los del charqui de vacuno brasileño ($L^*= 39,97$; $a^*=3,54$; $b^*=3,69$), determinados por Youssef *et al.* (2003), el charqui de alpaca presenta mayor valor del componente b^* , es decir es más amarilla. Esto contrasta con el hecho de que la carne fresca de alpaca mostró un componente b^* inferior al observado en carne de vacuno y otras carnes de rumiantes. La explicación al aumento del valor de b^* podría buscarse en una intensa oxidación de la mioglobina (Jeremiah, 2001), acompañada de la reducción en el valor de a^* .

Los valores observados en charqui rehidratado son similares a los encontrados en carne de vacuno alterada en su color (con la mioglobina oxidada, color marrón) que fueron de $L^* = 48,7$, $a^* = 7,5$ y $b^* = 14,5$ (Pearson y Dutson, 1994).

III.3. EVOLUCION DE LOS PARAMETROS DE INTERÉS TECNOLÓGICO DEL CHARQUI DE ALPACA PROCEDENTE DE PUNO DURANTE EL ALMACENAMIENTO CON Y SIN ENVASADO A VACÍO

III.3.1. Valor de pH y CRA del charqui rehidratado y ganancia de agua y pérdida de sólidos durante su rehidratación

En la Tabla III.31 se muestra el efecto del tiempo de almacenamiento y del tipo de envasado sobre los parámetros tecnológicos, tales como: pH y CRA del charqui rehidratado y ganancia de agua y pérdida de sólidos durante su rehidratación.

En lo referente al valor del pH del charqui después de su rehidratación, se pueden observar ciertos cambios significativos durante el almacenamiento, tendentes hacia el aumento del mismo. Desconocemos cual puede ser la causa de dicho aumento, que no fue mayor a una décima. Tal vez se pueda atribuir a factores inherentes al método de medición (muestreo, rehidratación, etc.), más que ha fenómenos proteolíticos que ocasionan la formación de componentes básicos (Toldrá *et al.*, 1992), ya que difícilmente pueden tener lugar a las bajas a_w del charqui de alpaca. No se han encontrado diferencias significativas entre los valores de pH para cada tipo de envasado a un mismo tiempo de almacenamiento.

El porcentaje de ganancia de peso del charqui después de su rehidratación disminuyó con el tiempo en el charqui envasado al vacío ($P < 0,05$), mientras que en el envasado sin vacío, esta disminución no fue significativa. Como una justificación intuitiva al hecho de la disminución (con el tiempo de almacenamiento) en la ganancia de peso durante la rehidratación del charqui envasado al vacío, se podría pensar que el vacío produce un efecto

físico de apelmazamiento del charqui, cerrando su estructura y perjudicando de alguna manera su capacidad para rehidratarse a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. No obstante a esa disminución en la ganancia de peso observada en el charqui envasado al vacío, no se llegaron a apreciar diferencias significativas en la ganancia de peso entre tipos de envasado.

Se puede observar una disminución del porcentaje de pérdidas de humedad por presión del charqui rehidratado a lo largo del almacenamiento, especialmente en los seis primeros meses de almacenamiento. Esta observación está en contraste con el aumento en las pérdidas por cocción observado durante el almacenamiento de las muestras envasadas al vacío para ambos tipos de envasado. Las pérdidas por cocción estuvieron inversamente relacionadas con la ganancia de peso. No se han encontrado causas para explicar ni el aumento de la CRA frente a la presión, ni la disminución de la CRA frente a la cocción durante el almacenamiento. Probablemente estos cambios se deban a fenómenos de desnaturalización proteica asociados con la alta concentración de sal y/o a la oxidación de proteínas. Estos dos fenómenos han sido estudiados en jamón madurado (de cerdo) por Gil *et al.* (1999), que describieron los cambios de la solubilidad de las proteínas musculares en función de la sal y Cava *et al.* (2009) que estudiaron la oxidación proteica durante el almacenamiento del jamón.

Al rehidratar el charqui de alpaca en diez veces su peso en agua, ocurrió una migración de sólidos al agua, principalmente de sal, que fue mayor cuanto mayor fue el tiempo de almacenamiento ($P < 0,05$), independiente de que se envasara con o sin vacío. Estas pérdidas se podrían atribuir a los cambios en la solubilidad de las proteínas.

Tabla III.31. Efecto del tiempo de almacenamiento y del tipo de envasado sobre los valores de pH y CRA del charqui rehidratado de Puno y ganancia de agua y pérdida de sólidos durante su rehidratación.

Parámetro	Mes	Promedio \pm SD ($n = 30$)	
		Envasado al vacío	Envasado sin vacío
pH #	1	5,75 ^{a,2} \pm 0,12	5,75 ^{a,2} \pm 0,12
	6	5,75 ^{a,2} \pm 0,12	5,82 ^{a,1} \pm 0,18
	12	5,83 ^{a,1} \pm 0,13	5,78 ^{a,12} \pm 0,18
<u>Capacidad de retención de agua</u>			
Ganancia de peso tras la rehidratación (%) #	1	47,95 ^{a,1} \pm 6,41	47,95 ^{a,1} \pm 6,41
	6	46,14 ^{a,2} \pm 6,41	47,51 ^{a,1} \pm 3,23
	12	44,52 ^{a,2} \pm 6,39	47,23 ^{a,1} \pm 3,43
Pérdidas por presión (%)	1	13,73 ^{a,1} \pm 3,43	13,73 ^{a,1} \pm 3,43
	6	11,23 ^{a,2} \pm 1,74	11,67 ^{a,1} \pm 2,51
	12	11,77 ^{a,12} \pm 2,71	11,58 ^{a,2} \pm 3,68
Pérdidas por cocción (%) #	1	29,40 ^{a,1} \pm 3,77	29,40 ^{a,1} \pm 3,77
	6	29,54 ^{a,1} \pm 4,05	29,51 ^{a,1} \pm 4,53
	12	33,96 ^{b,2} \pm 3,95	29,11 ^{a,1} \pm 3,99
<u>% Pérdida de sólidos del charqui en el agua de rehidratación respecto al peso inicial</u>			
Base húmeda #	1	38,98 ^{a,2} \pm 5,28	38,98 ^{a,2} \pm 5,28
	6	37,79 ^{b,2} \pm 2,99	42,34 ^{a,1} \pm 2,40
	12	44,97 ^{a,1} \pm 9,44	42,48 ^{a,1} \pm 3,83
Base seca #	1	44,79 ^{a,2} \pm 5,56	44,79 ^{a,2} \pm 5,56
	6	43,44 ^{a,2} \pm 3,28	48,80 ^{a,1} \pm 4,32
	12	51,62 ^{a,1} \pm 10,16	49,11 ^{a,1} \pm 6,91

^{a,b}: valores promedio de cada tipo de envasado en la misma fila con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

^{1,2,3}: valores promedio de cada tiempo de almacenamiento en la misma columna con número diferente presentaron diferencias significativas con respecto al tiempo de envasado en la Prueba de Tukey ($P < 0,05$).

#: indica interacción tiempo x envasado estadísticamente significativa ($P < 0,05$) en el análisis de varianza.

III.3.2. Color

En la Tabla III.32 se muestra el efecto del tiempo de almacenamiento y del tipo de envasado sobre los parámetros de color: L^* (luminosidad), a^* (componente rojo-verde) y b^* (componente azul-amarillo) del charqui procedente de Puno, antes y después de ser rehidratado. En los resultados obtenidos tanto con el charqui seco como con el rehidratado pudieron observarse incrementos significativos en los valores de L^* y b^* a partir del sexto mes de almacenamiento, en los dos tipos de envasado. Dicho incremento fue mayor para el charqui envasado sin vacío. De esta forma, al final del almacenamiento, se encontraron diferencias significativas en el valor L^* para ambos tipos de envasado, aunque las diferencias en el valor b^* no fueron significativas. El comportamiento de la evolución de estos parámetros se puede atribuir a la oxidación de la mioglobina, que podría haber sido ligeramente mayor en el charqui envasado sin vacío, con mayor accesibilidad al oxígeno. En este sentido García-Estebán *et al.* (2004) y Cilla (2005) observaron incrementos en el tono amarillo debido a la rancidez en lonchas de jamón curado empacadas al vacío o en atmósferas modificadas.

En relación al componente a^* se observó un incremento a partir de los 6 meses de almacenamiento. Este incremento fue significativo ($P < 0,05$) en el charqui seco y rehidratado cuando el envasado se llevo a cabo sin vacío y solo en el charqui rehidratado cuando se envasó al vacío. Esta observación se contradice en cierta manera con los incrementos de L^* y b^* , ya que la oxidación de la mioglobina se asocia a una disminución del componente a^* , además del L^* y b^* .

Tabla III.32. Efecto del tiempo de almacenamiento y del tipo de envasado en los parámetros de color de charqui crudo y rehidratado procedente de Puno.

	Mes	Envasado al vacío			Envasado sin vacío		
		Promedio	±	SD	Promedio	±	SD
<i>Charqui seco</i>							
L^* #	1	71,62 ^{a,2}	±	2,70	71,62 ^{a,3}	±	2,70
	6	73,11 ^{a,1}	±	2,63	74,81 ^{a,2}	±	2,69
	12	73,08 ^{b,1}	±	2,97	76,73 ^{a,1}	±	3,12
a^*	1	3,16 ^{a,1}	±	0,63	3,16 ^{a,2}	±	0,63
	6	3,05 ^{a,1}	±	0,61	3,14 ^{a,2}	±	0,62
	12	3,30 ^{a,1}	±	0,48	3,46 ^{a,1}	±	0,51
b^* #	1	14,73 ^{a,2}	±	1,32	14,73 ^{a,2}	±	1,32
	6	16,93 ^{a,1}	±	1,34	16,82 ^{a,1}	±	1,33
	12	15,46 ^{a,12}	±	1,66	16,23 ^{a,1}	±	1,74
<i>Charqui rehidratado</i>							
L^*	1	44,06 ^{a,2}	±	2,94	44,06 ^{a,2}	±	2,94
	6	46,63 ^{a,1}	±	2,66	48,19 ^{a,1}	±	2,46
	12	45,11 ^{a,12}	±	3,28	45,59 ^{a,2}	±	3,44
a^*	1	3,38 ^{a,2}	±	1,19	3,38 ^{a,2}	±	1,19
	6	3,41 ^{a,2}	±	1,11	3,56 ^{a,12}	±	0,76
	12	4,87 ^{a,1}	±	1,03	4,21 ^{a,1}	±	1,06
$b^{*#}$	1	10,25 ^{a,2}	±	2,67	10,25 ^{a,2}	±	2,67
	6	12,26 ^{a,1}	±	2,40	10,63 ^{a,2}	±	2,55
	12	12,69 ^{a,1}	±	2,78	14,63 ^{a,1}	±	2,12

^{a,b}: valores promedio de cada tipo de envasado en la misma fila con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

^{1,2,3}: valores promedio de cada tiempo de almacenamiento en la misma columna con número diferente presentaron diferencias significativas con respecto al tiempo de envasado en la Prueba de Tukey ($P < 0,05$).

[#]: indica interacción tiempo x envasado estadísticamente significativa ($P < 0,05$) en el análisis de varianza.

III.3.3. Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (SRATB)

En la Tabla III.33 se muestra el efecto del tipo de envasado y del tiempo de almacenamiento en el contenido de SRATB. El tiempo de almacenamiento afectó al contenido de SRATB del charqui de alpaca. Presumiblemente durante el almacenamiento se hayan dado procesos de oxidación lipídica, que pueden tener lugar a bajos niveles de a_w (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000), como los que tienen las muestras de charqui de alpaca. El incremento en el contenido de SRATB no fue muy acusado ya que no fue mayor a 1,4 mg/kg después de un año de almacenamiento. No obstante, para interpretar estos resultados hay que tener en cuenta que i) la relación entre sustancias reactivas de SRATB y oxidación de la grasa es apropiada solamente para las fases de iniciación y propagación de la oxidación lipídica (Melton, 1983) y ii) que debido a la largo del almacenamiento del charqui el estado de la oxidación podría haber alcanzado fases más avanzadas.

En concordancia con lo observado para el charqui de alpaca, también se han encontrado moderados incrementos en los niveles de SRATB durante el almacenamiento de otros alimentos de humedad intermedia obtenidos a partir de piezas enteras de carne de rumiantes con baja actividad de agua, tales como el charqui de vacuno elaborado con sal refinada, en el que las SRATB subieron aproximadamente 1 mg/kg luego de 2 meses de almacenamiento, o el kilishi, en el que se encontraron incrementos en las SRATB de 0, 5 mg/kg después de 15 meses de almacenamiento (Igene, 1988; Torres *et al.*, 1989).

El aumento en el contenido de SRATB durante el almacenamiento del charqui fue más rápido y acusado cuando se utilizó envasado sin vacío que cuando se envasó al vacío, aunque las diferencias para cada tipo de envasado a un mismo tiempo de almacenamiento no fueron significativas. Aunque no hubo diferencias significativas, el envasado al vacío protegió al charqui de la oxidación lipídica. De igual manera, Gök *et al.* (2008) observaron un mayor incremento de SRATB durante 120 días de almacenamiento en pastirmas

envasadas sin vacío (de 0,9 a 2,8 mg/kg) que en aquellas envasadas al vacío (de 0,9 a 1,7 mg/kg).

Tabla III.33. Efecto del tipo de envasado y del tiempo de almacenamiento en SRATB del charqui procedente de Puno (expresado en mg malonaldehído/kg).

Mes	Envasado al vacío	Envasado sin vacío
	Promedio \pm SD	Promedio \pm SD
1	2,93 ^{a,2} \pm 0,97	2,93 ^{a,3} \pm 0,97
6	3,36 ^{a,12} \pm 0,91	3,76 ^{a,2} \pm 1,09
12	3,77 ^{a,1} \pm 0,90	4,28 ^{a,1} \pm 0,86

^{a,b}: valores promedio de cada tipo de envasado en la misma fila con letra diferente presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza ($P < 0,05$).

^{1,2,3}: valores promedio de cada tiempo de almacenamiento en la misma columna con número diferente presentaron diferencias significativas con respecto al tiempo de envasado en la Prueba de Tukey ($P < 0,05$).

IV. CONCLUSIONES

a) El presente estudio permitió obtener datos sobre la composición y propiedades tecnológicas de la carne (músculo *Longissimus dorsi*) de alpacas jóvenes (18-24 meses) criadas en régimen extensivo en el altiplano peruano. Debido a que hay poca literatura científica sobre este tema, los datos obtenidos podrían ser útiles para el desarrollo de estándares de calidad con el fin de promover la comercialización de carne de alpaca en diferentes mercados.

A grandes rasgos, se puede decir que la composición y propiedades tecnológicas de la carne de alpaca estudiada es en su mayor parte comparable a la de la carne de otros rumiantes de similar edad, siendo los puntos más característicos los siguientes:

i) la composición proximal de la carne de alpaca se caracterizó por un nivel de grasa intramuscular relativamente bajo (2%) y un alto ratio proteína/grasa.

ii) la grasa de alpaca tuvo a) un cociente ácidos grasos poliinsaturados/ácidos grasos saturados y nivel de CLA similares a los de la carne de ovino y vacuno, criados en régimen de pastoreo b) un cociente ácidos grasos n-6/n-3 de 3,7, inferior al encontrado en otras carnes de rumiantes, lo que otorga una ventaja nutritiva.

iv) el contenido de vitamina E en la carne de alpaca fue relativamente bajo. En este sentido, existe la necesidad de realizar futuros estudios sobre oxidación lipídica y estabilidad del color en carne de alpaca.

v) los valores de pH, dureza y CRA fueron coincidentes con los encontrados por otros autores en carne de alpaca, y en su defecto en carne de otros camélidos u ovinos, de similar tamaño y/o edad de sacrificio.

vi) el valor de b^* (índice de amarillos-azules) fue más bajo que el encontrado en carne de otros rumiantes de una edad semejante.

- b) Con este estudio se obtuvieron datos sobre composición físico-química y microbiológica del charqui de pierna de alpaca procedente de asociaciones de productores de los departamentos peruanos de Puno (provincia de Azángaro) y Cusco (provincia de Sicuani). Al igual que lo mencionado en la conclusión a, debido a la escasez de literatura científica, estos datos pueden ser el punto de partida para desarrollo de estándares de calidad o de mejoras de la calidad del charqui de alpaca. Se han detectado algunas diferencias en la composición de los charquis de alpaca de una u otra procedencia, que como es lógico se pueden atribuir a las diferencias en el proceso de elaboración (tamaño de las piezas, condiciones climáticas, tipo y tiempos de salado y secado, etc.). No obstante ambos charquis tienen propiedades esenciales que los caracterizan y definen como producto. El charqui de alpaca estudiado se puede clasificar dentro de los productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con piezas enteras de carne de rumiantes con baja actividad de agua ($<0,75$) como el charqui brasileño, biltong, kilishi y kaddid. Además presenta un alto contenido en sal, cercano probablemente a la máxima cantidad de sal que la carne pueda admitir mediante salado en seco o salmuera. Esta característica también la presentan la chalonga de ovino peruana y el charqui de vacuno y el jerked beef brasileños, que al igual que el charqui de alpaca tienen que desalarse antes de su consumo. Sin embargo, a diferencia de los productos brasileños, el charqui de alpaca se seca a ambientes más fríos, más secos y de mayor altitud y por tanto más rápidamente.
- La baja a_w del charqui de alpaca tiene como consecuencia un bajo desarrollo de la proteólisis (bajos niveles de NNP), escaso contenido en aminas biógenas, un decremento de la flora microbiana con respecto a la carne fresca. Sin embargo, el desarrollo de la lipólisis durante el procesado es importante alcanzándose valores de AGL (aproximadamente de 6% sobre la grasa total). Por otra parte, el grado de oxidación de la grasa no se considera excesivo, encontrándose los valores de SRATB en la parte superior de los rangos descritos para otros productos cárnicos de humedad intermedia elaborados con pieza entera

de carne de rumiantes. Sin embargo, en lo referente a la oxidación del color, los parámetros de color indican un elevado grado de formación de metamioglobina.

- c) Las propiedades tecnológicas del charqui de alpaca se mantuvieron muy estables a lo largo de un año de almacenamiento a temperatura ambiente. No obstante, el tiempo de almacenamiento mostró un moderado efecto, a veces significativo, sobre algunos parámetros de interés tecnológico del charqui rehidratado de alpaca, tales como pH, CRA, porcentaje de ganancia de agua y pérdida de sólidos del charqui durante la rehidratación y en el color. En relación al tipo de envasado con o sin vacío no se encontraron diferencias significativas, aunque los valores medios de los parámetros relacionados con la oxidación fueron ligeramente menores al usar envasado al vacío.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2001). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (4^a ed.). Washington, DC: Autor.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. (1991). Guidelines for meat colour evaluation. Originally published in the *Proceedings of the 44th Reciprocal Meat Conference*, (Volume 44). Published by American Meat Science Association, Savoy, IL 61874 USA.

AKSU, M. I. & KAYA, M. (2001). The effect of starter culture use in pastirma production on the properties of end product. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 25, 319-326.

AKSU, M. I., KAYA, M. & OCKERMAN, H. W. (2005a). Effect of modified atmosphere packaging and temperature on the shelf life of sliced pastirma produced from frozen/thawed meat. *Journal of Muscle Foods*, 16, 192-206.

AKSU, M. I., KAYA, M. & OCKERMAN, H. W. (2005b). Effect of modified atmosphere packaging, storage period, and storage temperature on the residual nitrate of sliced-pastirma, dry meat product, produced from fresh meat and frozen/thawed meat. *Food Chemistry*, 93, 237-242.

AKTAŞ, N. & GÜRSES, A. (2005). Moisture adsorption properties and adsorption isosteric heat of dehydrated slices of Pastirma (Turkish dry meat product). *Meat Science*, 71, 571-576.

AKTAŞ, N., AKSU, M., & KAYA, M. (2005). Changes in myofibrillar proteins during processing of pastirma (Turkish dry meat product) produced with commercial starter cultures. *Food Chemistry*, 90, 649-654.

ALBRIGHT, S. N., KENDALL, P. A., & SOFOS, J. N. (2000). Sensory properties of beef Jerky processed under various conditions. En Proceedings of IFT annual meeting, Session 11, June 10–14, Dallas, TX, USA.

ALFAIA, C. M., RIBEIRO, V. S., LOURENCO, M. R., QUARESMA, M. A., MARTINS, S. I., PORTUGAL, A. P. *et al.* (2006). Fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and cholesterol in beef from crossbred bullocks intensively produced and from Alentejana bullocks reared according to Carnalentejana-PDO specifications. *Meat Science*, 72, 425-436.

ALLEN, K. D., CORNFORTH, D., WHITTIER, D., VASAVADA, M. & NUMMER, B. (2007). Evaluation of high humidity and wet marinade methods for pasteurization of jerky. *Journal of Food Science*, 72, 351-355.

AMPUERO, E. (2006, noviembre). *Beneficio técnico y elaboración de charqui de alpaca*. Ponencia presentada en el Seminario Internacional: Sistemas de producción e industrialización de camélidos americanos, Lima, Perú.

ANDUJAR, G. (1999). *Mejoramiento de la tecnología tradicional de elaboración del tasajo*. Tesis Doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

ANSALONI, F., PYSZNY, F., MARQUINA, R., CLAROS, A., QUISPE H., LAMAS, H. & ZAPANA, J. (2006). Análisis económico de la cadena de la carne de camélidos sudamericanos domésticos en Perú, Bolivia y Argentina. En DESCO (Ed.), *III Simposium Internacional de Investigaciones sobre Camélidos Sudamericanos*, Arequipa, Perú.

AOAC. (1999a). Official Method 960.39 Fat (Crude) or Ether Extract in Meat. Chapter 39: Meat and Meat Products. Vol. II. Official Methods of Analysis of AOAC international. 16th Edition, 5th Revision (Ed. P. Cunniff). Gaithersburg, Maryland.

AOAC. (1999b). Official Method 992.15 Crude protein in meat and meat products. Chapter 39: Meat and Meat Products. Vol. II. Official Methods of Analysis of AOAC international. 16th Edition, 5th Revision (Ed. P. Cunniff). Gaithersburg, Maryland.

AOAC. (1999c). Official Method 986.09 Nutrients (Minor) in Fertilizers. Atomic Absorption Spectrophotometric Method. Chapter 2: Fertilizers. Vol. I. Official Methods of Analysis of AOAC international. 16th Edition, 5th Revision (Ed. P. Cunniff). Gaithersburg, Maryland.

AOAC. (1999d). Official Method 973.31 Nitrites in Cured Meat. Official Methods of Analysis of AOAC international. 16th Edition, 5th Revision (Ed. P. Cunniff). Gaithersburg, Maryland.

ARÉSTEGUI, D. (2005). Alpaca and vicuña: General perspectives. En Proceedings of the ICAR/FAO seminar, ICAR technical series no. 11 (pp. 31–36), Sousse, Túnez.

ARNAU, J., GUERRERO, L., CASADEMONT, G. & GOU, P. 1995. Physical and chemical changes in different zones of normal and PSE dry cured ham during processing. *Food Chemistry*, 52, 63-69.

ARNOLD, R. N., SCHELLER, K. K., ARP, S. C., WILLIAMS, S. N. & SCHAEFER, D. M. (1993). Dietary α -tocopheryl acetate enhances beef quality in Holstein and beef breed steers. *Journal of Food Science*, 58, 28-33.

ARSLAN, A., GONULALAN, Z., KOK, F., DINCONGLU, A. H., SERVI, K., KARA, H. *et al.* (1999). Investigation of the survival of *L. monocytogenes* 4 B SLCC 4013 strain in pastrami. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 23, 309-315.

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CECINA DE CHIVO DE VEGACERVERA. (2009). Productos Agroalimentarios de Castilla y León: Cecina de Chivo de Vegacervera. Disponible en <http://canales.nortecastilla.es/agroalimentos/marcas/cecinavegacervera.php>.

AVILA M. & ROJAS, V. (1979). *Relación peso vivo, peso vellón en diferentes edades de alpacas var. Huacaya*. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Programa Académico de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú.

AWORH, C. (2008). The role of traditional food processing technologies in national development: the West African experience. En G.L. Robertson & J.R. Lupien (Eds.), *Food Science and Technology to improve Nutrition and Promote National Development* (pp. 30-47). Oakville, Canadá: International Union of Food Science & Technology.

AZIZ, N. H., MAHROUS, S. R. & YOUSSEF, B. M. (2002). Effect of gamma-ray and microwave treatment on the shelf-life of beef products stored at 5°C. *Food Control*, 13, 437-444.

BABIKER, S. A. & YOUSIF, O. K. (1990). Chemical Composition and Quality of Camel meat. *Meat Science*, 27, 283-287.

BADAU, M. H., IGENE, J. O., COLLISON, E. K. & NKAMA, I. (1997). Studies on production, physicochemical and sensory properties of a standard kilishi ingredient mix powder. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 48, 165-168.

BADIANI, A., NANNI, N., GATTA, P.P., BITOSSI, F., TOLOMELLI, B. & MANFREDINI, M. (1998). Nutrient content and retention in selected roasted cuts from 3 month-old ram lambs. *Food Chemistry*, 61, 89, 100.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. & VEGA-MERCADO, H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

BELL, R. G. & GAROUT, A. M. (1994). The effective product life of vacuum-packaged beef imported into Saudi Arabia by sea, as assessed by chemical, microbiological and organoleptic criteria. *Meat Science*, 36, 381-396.

BENNANI, L., FAID, M. & BOUSETA, A. (2000). Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: control of the microorganisms. *European Food Research and Technology*, 211, 153-157

BENNANI, L., ZENATI, Y., FAID, M. & ETTAYEBI, M. (1995). Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. *Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 201, 528-532.

BENDER, A. (1992). Meat and meat products in human nutrition in developing countries. Food and Nutrition. Paper 53. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t0562e/t0562e00.HTM>

BEUCHAT, L. R. (1981). Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*, 26, 345-349.

BIDLINGMEYER, B., COHEN, S. & TARVIN, T. (1984). Rapid analysis of amino acids using pre-column derivatization. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 336, 93-104.

BISCONTINI, T. M., SHIMOKOMAKI, M., OLIVEIRA, S. F. & ZORN, T. M. (1996). An ultrastructural observation on charquis, salted and intermediate moisture meat products. *Meat Science*, 43, 351-358.

BLIGH, E. G. & DYER, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917.

BOLETÍN OFICIAL DE CASTILLA Y LEÓN. (1994). Orden de 27 de junio de 1994 por la que se ratifica el Reglamento de la Denominación Específica “Cecina de León” y su Consejo Regulador y Orden AYG/1290/2004 de 29 de julio, por la que se modifica el Reglamento de la Indicación Geográfica Protegida “Cecina de León”.

BONACIC, C. (1991). Características biológicas y productivas de los camélidos sudamericanos. *Avances de Medicina Veterinaria*, 6 (2). Extraído el 25 de setiembre, 2009, de <http://www.avancesveterinaria.uchile.cl>.

BORDA, A., OTTONE, G. & QUICAÑO, I. (2007). No solo de fibra viven los alpaqueros. En DESCO (Comp.), *Perú Hoy: Mercados globales y (des) articulaciones internas* (pp. 329-359). Lima: DESCO.

BRINK, B. T., DAMINK, C., JOOSTEN, H., HUIS IN'T VELD, J. (1990). Occurrence and formation of biologically active amines in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 11, 73-84.

BRITISH DEPARTMENT OF HEALTH (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease. *Report on health and social subjects No.46*. London: Her Majesty's Stationery Office.

BRUAS-REIGNIER, F. & BRUN-BELLUT, J. (1996). Changes affecting the *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii* caput logum and *Rectus femoris* muscles of young friesland bulls during meat ageing. *Meat Science*, 43, 335-344.

BUSCAILHON, S., MONIN, G., CORNET, M. & BOUSSET, J. (1994). Time-related changes in intramuscular lipids of French dry-cured ham. *Meat Science*, 37, 245-255.

BUSTINZA, V., GARNICA, J., MAQUERA, Z., LARICO, J., APAZA, E., FORAQUITA, S. *et al.* (1993). *Carne de alpaca*. Puno, Perú: Editorial Universidad Nacional del Altiplano.

CABRERA, L. (2003). *Utilización de carne de cordero y alpaca en productos tipo salchicha frankfurt y jamón ahumado*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

CALDERON, W. & FERNÁNDEZ-BACA, S. (1972). Peso vivo y rendimiento de canal en la alpaca. *Revista de Investigaciones Pecuarias*, 1, 5, 9.

CARRAPISO, A. I., TIMÓN, M. L., PETRÓN, M. J., TEJEDA, J. F. & GARCÍA, C. (2000). In situ transesterification of fatty acids from iberian pig subcutaneous adipose tissue. *Meat Science*, 56, 159-164.

CAVA, R., LADERO, L., GONZÁLEZ, S., CARRASCO, A. & RAMÍREZ, R. (2009). Effect of pressure and holding time on colour, protein and lipid oxidation of sliced dry-cured Iberian ham and loin during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 76-81.

CHAN, W. (2004). Macronutrients in Meat. En W.K. Jensen, C. Devine, & M. Dikeman (Eds.). *Encyclopedia of meat science* (pp. 614-618). Oxford: Elsevier Academic Press.

CHAN, K. M. & DECKER, E. A. (1994). Endogenous skeletal muscle antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34, 403-426.

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*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

CHEFTEL, J. C. & CHEFTEL, H. (1992). *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. Volumen I. Zaragoza: Editorial Acribia.

CHENOLL, C., HEREDIA, A., SEGUÍ, L. & FITO, P. (2007). Application of the systematic approach to food engineering systems (SAFES) methodology to the salting and drying of a meat product: Tasajo. *Journal of Food Engineering*, 83, 258-266.

CHIZZOLINI, R., ZANARDI, E., DORIGONI, V. & GHIDINI, S. (1999). Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 119, 128.

CHOI, J., JEONG, J., HAN, D., CHOI, Y., KIM, H., LEE, M. *et al.* (2008). Effects of pork/beef levels and various casings on quality properties of semi-dried jerky. *Meat Science*, 80, 278-286.

CHUKWU, O. & IMODIBOH, L. (2009). Influence of storage conditions on shelf-life of dried beef product (Kilishi). *World Journal of Agricultural Sciences*, 5, 34-39.

CILLA, I. (2005). *Calidad y vida útil del jamón curado. Denominación de Origen de Teruel: contenido en grasa, maduración y conservación; actitudes de los consumidores.* Tesis Doctoral, Especialidad en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.

COATES, W. & AYERZA, R. (2004). Fatty Acids composition of llama muscle and internal fat in two Argentinian herds. *Small Ruminant Research*, 52, 231-238.

CODEX ALIMENTARIUS. (2006). Norma del Codex para la sal de calidad alimentaria. CODEX STAN 150. FAO/OMS. Roma.

COLLAZOS, C., ALVISTUR, E., VASQUEZ, J., QUIROZ M., HERRERA N., ROBLES N. *et al.* (1996). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (7ma. Edición). Lima, Perú: Editora Gráfica Acuario.

CONSEJO NACIONAL DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS. (2005). Plan estratégico nacional de camélidos sudamericanos. Lima, Perú.

CORDERO, M. R. & ZUMALACÁRREGUI, J. M. (2000). Characterization of Micrococcaceae isolated from salt used for Spanish dry-cured ham. *Letters in Applied Microbiology*, 31, 303-306.

CORREIA, R. & BISCONTINI, T. (2003). Influência da dessalga e cozimento sobre a composição química e perfil de ácidos graxos de charque e jerked beef. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23, 38-42.

CRISTOFANELLI, S., ANTONINI, M., TORRES, D., POLIDORI, P. & RENIERI, C. (2004). Meat and Carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Science*, 66, 589-593.

CRISTOFANELLI, S., ANTONINI, M., TORRES, D., POLIDORI, P. & RENIERI, C. (2005). Meat and Carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Small Ruminant Research*, 58, 219-222.

CRUZ, G. & CAYRO, P. (2006). Determinación de los parámetros para la elaboración de charqui a partir de carne de llama y alpaca. En DESCO (Ed.), *III Simposium Internacional de Investigaciones sobre Camélidos Sudamericanos*, Arequipa, Perú.

DAWOOD, A. & ALKANHAL, M. (1995). Nutrient composition of Najdi-Camel Meat. *Meat Science*, 39, 71-78.

DEMIREL, G., WACHIRA, A. M., SINCLAIR, L. A., WILKINSON, R. G., WOOD, J. D. & ENSER, M. (2004). Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, breed and dietary vitamin E on the fatty acids of lamb muscle, liver and adipose tissue. *British Journal of Nutrition*, 91, 551-565.

DEMIREZEN, D. & URUÇ, K. 2006. Comparative study of trace elements in certain fish, meat and meat products. *Meat Science*, 74, 255-260.

DESCALZO, A. M. & SANCHO, A. M. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79, 423-436.

DOGRUER, Y., NIZAMLIOGLU, M., GURBUZ, U. & KAYAARDI, S. (1998). The effects of various cemen mixtures on the quality of pastrami II: microbiological quality. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 22, 221-229.

DZIMBA, F., FARIA, J. & WALTER, E. (2007). Testing the sensory acceptability of biltong formulated with different spices. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 574-577.

EEROLA, S., HINKKANEN, R., LINDFORS, E. & HIRVI, T. (1993). Liquid chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages. *Journal of AOAC International*, 76, 875-877.

EL-FAER, M. Z., RAWDAH, T. N., ATTAR, K. M. & DAWSON, M. V. (1991). Mineral and Proximate Composition of the Meat of the One-Humped Camel (*Camelus dromedarius*). *Food Chemistry*, 42, 139-143.

ELGASIM, E. A. & ALKANHAL, M. A. (1992). Proximate composition, amino acids and inorganic mineral content of Arabian Camel meat: comparative study. *Food Chemistry*, 45, 1-4.

ENSER, M. (2001). The role of fats in human nutrition. En B. Rossell (Ed.), *Oils and fats. Vol.2. Animal carcass fats* (pp. 77-122). Surrey, UK: Leatherhead Publishing.

ENSER, M., HALLETT, K. G., HEWETT, B., FURSEY, G. A., WOOD, J. D. & HARRINGTON, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 329, 341.

EYNARD, A. R. & LÓPEZ, C. B. (2003). Conjugated linoleic acid (CLA) versus saturated fats/cholesterol: their proportion in fatty and lean meats may affect the risk of developing colon cancer. *Lipids in Health and Disease*, 2, 6-10.

FACCO, E. M., LAGE, M. E & GODOY, H. T. (2009). Influence of vitamin E supplemented diet on charque quality and lipid stabilization. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52, 729-736.

FAGUNDES, S.G. (1982). *Avaliação de Nova Técnica na Produção de Charque*. Tesis para optar el Título de Doctor, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.

FAIRFIELD, T. (2006). The Politics of Livestock Sector Policy and the Rural Poor in Peru. En D.K. Leonard (Research director), Pro-Poor Livestock Policy Initiative (PPLPI), Working Paper No. 32 (70 pp.). Roma: Food and Agriculture Organization – Animal Production and Health Division.

FAROUK, M. M. & SWAN, J. E. (1999). Boning and storage temperature effects on the attributes of soft jerky and frozen cooked free-flow mince. *Journal of Food Science*, 64, 465–468.

FELICIO, P. E. de. (2002). Charque - Um produto típico nacional que deveria receber mais atenção. *Revista ABCZ*, Uberaba MG, p. 54, 07 fev.

FERNÁNDEZ-BACA, S. (2005). *Situación actual de los Camélidos Sudamericanos en Perú* (Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina

TCP/RLA/2914). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FERNÁNDEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. & FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59, 345-353.

FERNÁNDEZ-SALGUERO, J., GÓMEZ, R. & CARMONA, M. (1994). Water Activity of Spanish Intermediate-Moisture Meat Products. *Meat Science*, 38, 341-346.

FLORES, E., GUTIÉRREZ, G., TREJO, W., TÉLLEZ, J. & ZÁRATE, A. (1993). *Manual: Producción de alpacas y tecnología de sus productos*. Lima, Perú: Ediagraria.

GALGANO, F., FAVATI, F., BONADIO, M., LORUSSO, V. & ROMANO, P. (2009). Role of biogenic amines as index of freshness in beef meat packed with different biopolymeric materials. *Food Research International*, 42, 1147-1152.

GAMARRA, M. (1994). Problemática de la crianza y producción de la alpaca en el Perú: Situación actual y alternativas de solución. *Revista en Ciencias Veterinarias*, 10, 4.

GARCÍA, F., MIZUBUTI, I., KANASHIRO, M. & SHIMOKOMAKI, M. (2001). Intermediate moisture meat product: biological evaluation of charqui meat protein quality. *Food Chemistry*, 75, 405-409.

GARCÍA, I., DÍEZ, V. & ZUMALACÁRREGUI, J.M. (1997). Changes in Proteins During the Ripening of Spanish Dried Beef Cecina. *Meat Science*, 46, 379-385.

GARCÍA, I., DÍEZ, V. & ZUMALACÁRREGUI, J.M. (1998). Changes in nitrogen fractions and free amino acids during ripening of Spanish Dried Beef "Cecina". *Journal of Muscle Foods*, 9, 257 - 265.

GARCÍA, I., ZUMALACÁRREGUI, J.M. & DÍEZ, V. (1995). Microbial succession and identification of Micrococcaceae in dried beef cecina, an intermediate moisture meat product. *Food Microbiology*, 12, 309-315.

GARCIA-ESTEBAN, M., ANSORENA, D. & ASTIASARAN, I. (2004). Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on colour, texture and microbiological quality. *Meat Science*, 67, 57-63.

GIL, M., GUERRERO, L. & SÁRRAGA, C. (1999). The effect of meat quality, salt and ageing time on biochemical parameters of dry-cured *Longissimus dorsi* muscle. *Meat Science*, 51, 329-337.

GÖK, V., OBUZ, E. & AKKAYA, L. (2008). Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma - A dry cured beef product. *Meat Science*, 80, 335-344.

GÓMEZ, N. & GÓMEZ, J. (2005). Sistemas de producción de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos en el Perú. En J. Solís, V. Parraguez (Eds.), *Los sistemas de producción de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos en Iberoamerica* (pp. 210-224). México: CYTED.

GONZÁLEZ, F., SMULDERS, F., PAULSEN, J. M., SKEWES, O. & KONIG, H. E. (2004). Anatomical investigations on meat cuts of guanacos (*Lama guanicoe*, Muller, 1776) and chemical composition of selected muscles. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 91, 77-84.

GONZÁLEZ-MÉNDEZ, M. F., ZAMORANO-GARCÍA, L., CUMPLIDO-BARBEITIA, L. G. & GONZÁLEZ-RÍOS, H. (2007). Secado de carne para la elaboración de "Machaca". En J. A. Pérez-Álvarez, J. Fernández-López y E. Salas-Barberá (Eds), *Industrialización de productos de origen animal* (pp. 167-180). Alicante: Universidad Miguel Hernández de Elche.

GUERRERO, O., VILCA, M., RAMOS, D., LUCHO, E. & FALCON, N. (2004). Estimulación eléctrica de canales de alpacas para mejorar su calidad organoléptica. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 15, 151-156.

GUNER, A., GONULALAN, Z. & DOGRUER, Y. (2008). Effect of tumbling and multi-needle injection of curing agents on quality characteristics of pastirma. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 123-129.

GUTIÉRREZ, E., DOMÍNGUEZ, M.C. & ZUMALACÁRREGUI, J.M. 1988. Caracterización de la Cecina de Vacuno elaborada en la Provincia de León. *Anales de la Facultad de Veterinaria de León*, 34, 111-118.

HACK, W. (2001). The Peruvian alpaca meat and hide industries – A travel report, Publication No. 01/19 (11 pp). Barton, Australia: Rural Industries Research & Development Corporation (RIRDC).

HALÁSZ, A., BARÁTH, A., SIMON-SARKADI, L. & HOLZAPFEL, W. (1994). Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends in Food Science and Technology*, 51, 42-48.

HANSEN, P. (1968). 4,8,12-trimethyltridecanoic acid: its isolation and identification from sheep perinephric fat. *Biochimica et Biophysica Acta*, 164, 550-557.

HEGENBART, S. (1999). Snack meats. Disponible en <http://www.foodproductdesign.com/archive/1999/0199ap.html>.

HERNÁNDEZ-JOVER, T., IZQUIERDO-PULIDO, M., VECIANA-NOGUÉS, M. T., MARINÉ-FONT, A. & VIDAL-CAROU, M.C. (1997). Biogenic amine and polyamine contents in meat and meat products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2098-2102.

HERRMANN, K. & FISCHER, A. (2004). Dressing of the camel carcass. En Z. Farah, A. Fischer (Eds.), *Milk and meat from the camel* (pp. 109-135). Zürich: vdf Hochschulverlag AG - Wissenschaftliche Publikationen.

HIERRO, E., DE LA HOZ, L. & ORDÓÑEZ, J. A. (2004). Headspace volatile compounds from salted and occasionally smoked dried meats (cecinas) as affected by animal species. *Food Chemistry*, 85, 649-657.

HIGGS, J. D. (2000). The changing nature of red meat: 20 years of improving. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 85-95.

HOFFMAN, K. (1993). Quality concepts for meat and meat products. *Fleischwirtschaft*, 73, 1014-1019.

HONIKEL, K. O. (1997). Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chemistry*, 9, 573-582.

HORNSEY, H.C. (1956). The colour of cooked cured pork. 1- Estimation of the nitric-oxide haem pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7, 534-540.

IBARRA, A. & VALDEZ, D. (2001). *Estudio y mejora del proceso de secado de carne de bovino para carne seca y machaca estilo Sonora*. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico, Especialidad de Tecnología de los Alimentos, Universidad de Sonora, Sonora, México.

IBRAHIM, H. M. A. (2001a). Acceleration of curing period of pastrami manufactured from buffalo meat: chemical and microbiological properties. *Nahrung/Food*, 45, 293-297.

IBRAHIM, H. M. A. (2001b). Acceleration of curing period of pastrami manufactured from buffalo meat: II- fatty acids, amino acids, nutritional value and sensory evaluation. *Grasas y aceites*, 52, 115-122.

IGENE, J.O. (1988). Lipid, fatty acid composition and storage stability of kilishi, a sun-dried meat product. *Tropical Science*, 28, 153-161.

IGENE, J.O., FAROUK, M. M. & AKANBI, T. C. (1990). Preliminary studies on the traditional processing of kilishi. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 50, 89-98.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. (2005). Norma Técnica Peruana 201.043: 2005. Carne y productos cárnicos. Definiciones, requisitos y clasificación de las carcasas y carne de alpacas y llamas. Lima. Perú.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. (2006). Norma Técnica Peruana 201.059: 2006. Carne y productos cárnicos. Charqui. Requisitos. Lima. Perú.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. (2007). *Perú Compendio Estadístico 2007*. Lima; Perú: Autor.

IŞIKLI, N. & KARABABA, E. (2005). Rheological characterization of fenugreek paste (çemen). *Journal of Food Engineering*, 69, 185-190.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1973). Norma ISO 1442. Humedad: determinación del contenido en humedad de la carne y de los productos a base de carne.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1995). Norma ISO 13681. Meat and meat products - Enumeration of yeasts and moulds - Colony-count technique.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1998). Norma ISO 15214. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal

method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria - Colony-count technique at 30 degrees C.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2003a). Norma ISO 6887-2. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination - Part 2: Specific rules for the preparation of meat and meat products.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2003b). Norma ISO 4833. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Colony-count technique at 30 degrees C.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2003c). Norma ISO 6888-3. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) - Part 3: Detection and MPN technique for low numbers.

JEREMIAH, L.E. (2001). Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribution. *Food Research International*, 34, 749-772.

JERI, A. (1989). Algunas técnicas nativas en la crianza de los camélidos andinos. En Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas (PRATEC), *Crianza de llamas y alpacas en los Andes* (pp.53-64). Puno: PRATEC.

KABAN, G. (2009). Changes in the composition of volatile compounds and in microbiological and physicochemical parameters during pastirma processing. *Meat Science*, 82, 17-23.

KADIM, I.T., MAHGOUB, O., A., AL-MARZOOQI, W., AL-ZADJALI, S., ANNAMALAI, K. & MANSOUR, M. H. (2006). Effects of age on composition and quality of muscle *Longissimus thoracis* of the Omani Arabian Camel (*Camelus dromedaries*). *Meat Science*, 73, 619-625.

KADIM, I.T., MAHGOUB, O. & PURCHAS, R. W. (2008). A review of the growth, and of the carcass and meat quality characteristics of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*). *Meat Science*, 80, 555-569.

KALILOU, S., COLLIGNAN, A. & ZAKHIA, N. (1998). Optimizing the traditional Processing of Beef into kilishi. *Meat Science*, 50, 21-32.

KAMOUN, M. (1995). Evolution de la qualité de la carcasse et de la viande des dromadaires En fonction de la conduite zootechnique des animaux. Rapport final relatif à la Bourse de recherche FIS no. 1372-2.

KASAPIDOU, E., WOOD, J. D., SINCLAIR, L. D., WILKINSON, R. G., & ENSER, M. (2001, agosto). Diet and vitamin E metabolism in lambs: effects of dietary supplementation on meat quality. En *Proceedings of the 47th Congress of Meat Science and Technology* (Vol., 1) (pp. 42–43), Kraków, Poland.

KILIC, B. (2009). Current trends in traditional Turkish meat products and cuisine. *Food Science and Technology* 42, 1581-1589.

KONIECZNY, P., STANGIERSKI, J. & KIJOWSKI, J. (2007). Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky. *Meat Science*, 76, 253-257.

KRZYWICKI, K. (1982). The determination of haem pigments in meat. *Meat Science*, 7, 29.

LARA, J. A., SENIGALIA, S. W., OLIVEIRA, T. C., DUTRA, I. S., PINTO, M. F. & SHIMOKOMAKI, M. (2003). Evaluation of survival of *Staphylococcus aureus* and *Clostridium botulinum* in charqui meats. *Meat Science*, 65, 609-613.

LARREA, V., HERNANDO, I., QUILES, A., LLUCH, M. A. & REPEZ-MUNUERA, I. (2006). Changes in proteins during Teruel dry-cured ham processing. *Meat Science*, 74, 586-593.

LAWLOR, J. B., SHEEHY, P. J. A., KERRY, J. P., BUCKLEY, D. J. & MORRISSEY, P. A. (2000). Measuring Oxidative Stability of Beef Muscles Obtained from Animals Supplemented with Vitamin E using Conventional and Derivative Spectrophotometry. *Journal of Food Science*, 65, 1138-1141.

LEISTNER, L. (1994). *Food Design by hurdle technology and HACCP*. Kulmbach, Alemania: Adalbert Raps Foundation.

LEISTNER, L. (1987). Shelf-Stable products and intermediate moisture foods based on meat. En L. B. Rockland, L.R. Beuchat (Eds), *Water Activity: Theory and applications to Food* (pp. 295-323). New York, NY: International Union of Food Science and Technology.

LEDWARD, D. & SHORTHOSE, W. (1971). A note on the haem pigment concentration of lamb as influenced by age and sex. *Animal Production*, 13, 193.

LEGUÍA, G. 1991. Enfermedades Parasitarias. En: Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos. FAO. Santiago, Chile. 429 p.

LEGUÍA, G., GUERRERO, C., SAM, R. & CHÁVEZ, A. (1989). Infección experimental de perros y gatos con micro y macroquistes de *Sarcocystis* de alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 5, 10-13.

LEISTNER, L. & RODEL, W. (1976). *Intermediate Moisture Foods*. London: Elsevier Applied Science Publishers.

LEMAGUER, M. Y JELEN, T. (1986). *Food Engineering and Process Applications*. London: Elsevier Applied Science Publishers.

LEPETIT, J. (2007). A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science*, 76, 147-159.

LEWIS, H. E, MASTERTON, J. P. & WARD, P. G. (1957). The food value of biltong (South African dried meat) and its use on expeditions. *British Journal of Nutrition*, 11, 5-12.

LOPEZ-BOTE, C. J., DAZA, A., SOARES, M., BERGES, E. (2001). Dose response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light-weight lamb. *Animal Science*, 73, 451-457.

LIOUTAS, T. S., BECHTEL, P. J., & STEINBERG, M. P. (1984). Desorption and adsorption isotherms of meat-salt mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32, 1382-1385.

MELTON, S. L. (1983). Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technology*, 37, 105-111.

MIGAUD, M. & FRENTZ, J.C. (1978). *La charcuterie crue et les produits saumurés*. Orly: Editorial Soussana S.A.

MIN, J., LEE, S., JANG. A., JO, C. & LEE, M. (2007). Irradiation and organic acid treatment for microbial control and the production of biogenic amines in beef and pork. *Food Chemistry*, 104, 791-799.

MOGROVEJO, D. (1982). *Análisis del conversatorio multisectorial sobre camélidos*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria.

MOLINERO, C. 2009. *Caracterización y optimización del proceso tecnológico de elaboración de la Cecina de León*. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Burgos, Burgos, España.

MOLINERO, C., MARTÍNEZ, B., RUBIO, B., ROVIRA, J. & JAIME, I. (2008). The effects of extended curing on the microbiological, physicochemical and sensorial characteristics of Cecina de León. *Meat Science*, 80, 370-379.

MOTHERSHAW, A., RAHMAN, M. S., MOHMED, Z., GUIZANI, N. (2003, setiembre). Current prospects of traditional dried meat products and their safety. En Proceedings of Asian-Oceania Drying Conference (ADC), Bangkok, Tailandia.

MUCHENJE, V., DZAMA, K., CHIMONYO, M., STRYDOM, P., HUGO, A. & RAATS, J. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry*, 112, 279-289.

MUÑOZ, I., ARNAU, J., COSTA-CORREDOR, A. & GOU, P. (2009). Desorption isotherms of salted minced pork using K-lactate. *Meat Science*, 83, 642-646.

MUSONGE, P. & NJOLAI, E. (1994). Drying and infusion during the traditional processing of kilishi. *Journal of Food Engineering*, 23, 159-168.

NAM, K. C., AHN, D. U. (2003). Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. *Meat Science*, 63, 1-8.

NEELY, K., TAYLOR, C., PROSSER, O. & HAMLIN, 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.

NIINIVAARA, F. P., & PETÄJÄ, E. (1984). Problems in the production and processing of reindeer meat. En: B. Krol, P.S. van Roon & J. H. Houben (Eds.). *Trends in modern meat technology* (pp. 115-120). Pudoc, Wageningen, The Netherlands.

NÓBREGA, D. M. (1982). *Contribuição ao estudo da Carne de Sol visando melhorar sua conservação*. Tesis para optar el título de Doctor. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

NORMAN, G. A. & CORTE, O. O. (1985). *Dried salted meats: charque and carne-de-sol*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

NORTJÉ, K., BUYS, E. M. & MINNAAR, A. (2005). Effect of γ -irradiation on the sensory quality of moist beef biltong. *Meat Science*, 71, 603-611.

NORTJÉ, K., BUYS, E. M. & MINNAAR, A. (2006). Use of γ -irradiation to reduce high levels of *Staphylococcus aureus* on casein-whey protein coated moist beef biltong. *Food Microbiology*, 23, 729-737.

OGUNSOLA, O. & OMOJOLA, A. (2008). Qualitative evaluation of kilishi prepared from beef and pork. *African Journal of Biotechnology*, 7, 1753-1758.

OLLILAINEN, V., HEINONEN, M., LINKOLA, E., VARO, P. & KOIVISTOINEN, P. (1988). Carotenoids and Retinoids in Finnish Foods: Meat and Meat Products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1, 178-188.

ORGANIZACION PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (1981). *Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas* (3ª reimpresión). Roma: Autor.

OSTERHOFF, D., & LEISTNER, L. (1984). Suid-Afrikaanse bees biltongweereens onder die soeklig. *Journal of the South African Veterinary Association*, 55, 201-202.

OJEDA, E. (1994). *El cabrito lechal*. León, España: Editorial Evergráficas.

PACHAO, N. (2006). Comercialización de charqui en el Perú. En C. Renieri, E. Frank, O. Toro (Eds.), *Camélidos sudamericanos domésticos: investigaciones recientes* (pp. 293-312). Lima: DESCO.

PALEARI, M. A., BERETTA, G., COLOMBO, F., FOSCHINI, S., BERTOLO, G. & CAMISASCA, S. (2000). Buffalo meat as salted and cured product. *Meat Science*, 54, 365-367.

PALEARI, M. A., BERSANI, A., MORETTI, M. & BERETTA, G. (2002). Effect of curing and fermentation on the microflora of meat of various animal species. *Food Control*, 13, 195-197.

PALEARI, M. A., MORETTI, M., BERETTA, G., MENTASTI, T. & BERSANI, C. (2003). Cured products from different animal species. *Meat Science*, 63, 485-489.

PANIANGVAIT, P., KING, A. J., JONES, A. D. & GERMAN, B. G. (1995). Cholesterol oxides in foods of animal origin. *Journal of Food Science*, 60, 1159-1174.

PARDI, M. C., SANTOS, I. F., SOUZA, E. R. & PARDI, H. S. (1996). Ciência, higiene e tecnologia da carne (v.2). Goiânia: Universidade Federal de Goiás.

PEARSON, D. (1968). Application of chemical methods for the assessment of beef quality. *Journal of Science and Food Agriculture*, 19, 553-556.

PEARSON, A. M. & TAUBER, F. W. (1984). *Processed meats* (2^a edition). Westport, Connecticut: Avi Publishing Company.

PEARSON, A. M. & DUTSON, T. R. (1994). *Advances in Meat Research: Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. London: Blackie Academic & Professional.

PÉREZ, J. & MARTÍN, S. (1992). Tasajo y Cecina. En S. Martín (Ed), *Manual práctico de la carne* (pp. 605-612). Madrid: Ediciones Martín & Macías.

PICCHI, V. (1991). Preparação do charque. *Revista Nacional da Carne*, 16 (178), 37-45.

PINTO, M. F., PONSANO, E. H., FRANCO, B. D. & SHIMOKOMAKI, M. (2002). Charqui meats as fermented meat products: role of bacteria for some sensorial properties development. *Meat Science*, 61, 187-191.

POLIDORI, P., ANTONINI, M., TORRES, D., BEGHELLI, D. & RENIERI, C. (2007a). Tenderness evaluation and mineral levels of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) meat. *Meat Science*, 77, 599-601.

POLIDORI, P., RENIERI, C., ANTONINI, M., PASSAMONTI, P. & PUCCIARELLI, F. (2007b). Meat fatty acid composition of llama (*Lama glama*) reared in the Andean highlands. *Meat Science*, 75, 356-358.

PRICE, J. & SCHWEIGERT, B. (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos* (2da. Edición). Zaragoza, España: Editorial Acribia.

PRIOR, B. A. (1984). Rol of micro-organisms in biltong flavour development. *Journal of Applied Bacteriology*, 56, 41-45.

RAWDAH, T., EL-FAER, M. & KOREISH, S. (1994). Fatty Acid Composition of the Meat and Fat of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*). *Meat Science*, 37, 149-155.

REYES-CANO, R., DORANTES-ALVAREZ, L., HERNANDEZ-SANCHEZ, H. & GUTIERREZ-LOPEZ, G. F. (1994). A Traditional Intermediate Moisture Meat: Beef Cecina. *Meat Science*, 36, 365-370.

REYES-CANO, R., DORANTES-ALVAREZ, L., HERNANDEZ-SANCHEZ, H. & GUTIERREZ-LOPEZ, G. F. (1995). Biochemical changes in an intermediate moisture cecina-like meat during storage. *Meat Science*, 40, 387-395.

RHEE, M. S., WHEELER, T. L., SHACKELFORD, S. D. & KOOHMARAIE, M. (2004). Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science*, 82, 534-550.

RICE, E.E. (1978). The nutritional content of meat and meat products. En J.F. Price, B. S. Schweigert, *The science of meat and meat products* (pp. 287-327). Westport, CT, USA: Food and Nutrition Press.

RODAS-MENDOZA, B., MORERA-PONS, S., CASTALLOTE, A. & LOPEZ-SABATER, M. C. (2003). Rapid determination by reversed-phase high-performance liquid chromatography of vitamins A and E in infant formulas. *Journal of chromatography*, 1018, 197-202.

RODRIGUES SOUZA, D. (2007). *Aspectos industriais na produção de charque*. Trabajo monográfico para la obtención del Título de Post-graduado en Higiene e Inspección de Productos de Origen Animal. Universidade Castelo Branco, Faculdade de Medicina Veterinária, São Paulo, Brasil.

ROMANOWSKI, P. (1996). Beef jerky. How Products are made. Disponible en http://findarticles.com/p/articles/mi_gx5205/is_1996/.

RUBIO, B., MARTÍNEZ, B., GARCÍA-CACHAN, M.D., ROVIRA, J. & JAIME, I. (2007a). Effect of high pressure preservation on the quality of dry cured beef "Cecina de Leon". *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8, 102-110.

RUBIO, B., MARTÍNEZ, B., GONZÁLEZ-FERNANDEZ, C., GARCÍA-CACHAN, M.D., ROVIRA, J. & JAIME, I. (2007b). Effect of modified atmosphere packaging on the microbiological and sensory quality on a dry cured beef product: "Cecina de León". *Meat Science*, 75, 515-522.

RUBIO, B., MARTÍNEZ, B., GONZÁLEZ-FERNANDEZ, C., GARCÍA-CACHAN, M.D., ROVIRA, J. & JAIME, I. (2006). Influence of storage period and packaging method on sliced dry cured beef "Cecina de León": Effects on microbiological, physicochemical and sensory quality. *Meat Science*, 74, 710-717.

RUIZ, J., GUTIÉRREZ, G. & VELARDE, R. (2004). Producción y comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos en el Perú. En V. Parraguez, J. Solís, J. Díaz (Eds.), *La comercialización de los productos de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos* (pp. 119-126). México: CYTED.

RUIZ DE CASTILLA, M. (1994). *Camelicultura: alpacas y llamas del sur del Perú*. Cusco, Perú: Editorial Mercantil.

RUST, R. E. (1994). *Ciencia de la carne y de los productos carnicos*. Westport, Connecticut: Editorial Food & Nutrition Press, Inc.

SAADOUN, A. & CABRERA, M. (2008). A review of the nutritional content and technological parameters of indigenous sources of meat in South America. *Meat Science*, 80, 570-581.

SAARNI, K., SETÄLÄ, J., AIKIO, L., KEMPPAINEN, J. & HONKANEN, A. (2007, marzo). *The market of reindeer meat in Finland. - Scarce Resource – High-valued products*. Poster presentado en la 14th Nordic Conference on reindeer and reindeer Husbandry Research, Helsinki, Finland.

SALVÁ, B. (2000). *Utilización de proteína de soya y carragenina en salchichas tipo Huacho con bajo tenor graso*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae, Escuela de Post-Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

SAMPELS, S., PICKOVA, J. & WIKLUND, E. (2004). Fatty acids, antioxidants and oxidation stability of processed reindeer meat. *Meat Science*, 67, 523-532.

SCHMID, A., COLLOMB, M., SIEBER, R. & BEE, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73, 29-41.

SEN, A. R. , SANTRA, A. & KARIM, S. A. (2004). Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Science*, 66, 757-763.

SERRA, X., GUERRERO, L., GUARDIA, M., GIL, M., SAÑUDO, C., PANEA, B., CAMPO, M. M., OLLETA, J. L., GARCÍA-CACHÁN, M. D., PIEDRAFITA, J. & OLIVER, M. A. (2008). Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Science*, 79, 98-104.

SHADNOUSH, G. H., GHORBANI, G. R. & EDRIS, M. A. (2004). Effect of different energy levels in feed and slaughter weights on carcass and chemical composition of Lori-Bakhtiari ram lamds. *Small Ruminant Research*, 51, 243-249.

SOTO, H. (1989). *Respuesta comparativa en el engorde estabulado del ovino, la alpaca y la llama*. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

STATSOFT, INC. (2001). *Statistica 6.0 software*. Tucksas, USA: StatSoft. Disponible en <http://www.statsoft.com>.

SYLVESTRE, M. N., FEIDT, C. & BRUN-BELLUT, J. (2001). Post-mortem evolution of non-protein nitrogen and its peptide composition in growing lamb muscles. *Meat Science*, 58, 363-369.

SUZZI, G. & GARDINI, F. (2003). Biogenic amines in dry fermented sausages: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 41-54.

SUKHIJA, P. S. & PALMQUIST, D. L. (1988). Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 36, 1202-1206.

TELLEZ, J. (1992). *Tecnología e Industrias Cárnicas*. Lima, Perú: Artes Gráficas Espino.

TENICELA, S. (1988). *Comercialización de la carne de camélidos*. Ponencia presentada en el Seminario taller sobre producción, procesamiento, transformación y consumo de la carne de camélidos sudamericanos, Puno, Perú.

TIKK, K., TIKK, M., AASLYNG, M., KARLSSON, A. H., LINDAHL, G., HENRIK J. A. (2007). Significance of fat supplemented diets on pork quality – Connections between specific fatty acids and sensory attributes of pork. *Meat Science*, 77, 275-286.

TOLDRA, F., ARISTOY, M. C., PART, C., CERVERO, C., RICO, E., MOTILVA, M. J. & FLORES, J. (1992). Muscle and adipose tissue aminopeptidase activities in raw and dry-cured ham. *Journal of Food Science*, 57, 816-818.

TOLDRÁ, F., RICO, E. & FLORES, J. (1993). Cathepsin B, D, H and L activities in the processing of dry-cured ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62, 157-161.

TORRES, D. (2007). Entre el pasado y la innovación. La fibra de alpaca en el sur peruano. En DESCO (Comp.), *Perú Hoy: Mercados globales y (des) articulaciones internas* (pp. 301-327). Lima: DESCO.

TORRES, E., PEARSON, A., GRAY, J. & KU, P. K. (1989). Lipid Oxidation in Charqui (Salted and Dried Beef). *Food Chemistry*, 32, 257-268.

TORRES, E. A., SHIMOKOMAKI, M., FRANCO, B. D., LANDGRAF, M., CARVALHO, B. C. & SANTOS, J. C. (1994). Parameters Determining the Quality of Charqui, an Intermediate Moisture Meat Product. *Meat Science*, 38, 229-234.

TORRESCANO, G., SÁNCHEZ-ESCALANTE, A., GIMÉNEZ, B., RONCALÉS, P., BELTRÁN, J. (2003). Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64, 85-91.

TSCHIRHART-HOELSCHER, T. E., BAIRD, B. E., KING, D. A., MCKENNA, D. R., SAVELL, J. W. (2006). Physical, chemical, and histological characteristics of 18 lamb muscles. *Meat Science*, 73, 48-54.

TURÍN, C. (1999). *Influencia de la alimentación con pastos naturales y cultivados en alpacas Tuis Huacaya de 6 y 18 meses de edad*. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE STANDARDS. (2008). Standard for Llama/Alpaca Meat Carcasses and Cuts. En *Working Party on Agricultural Quality Standards, Economic and Social Council, ECE/TRADE/368* (36 pp.). Geneva, Switzerland: United Nations Economic Commission for Europe Standards, Committee for Trade, Industry and Enterprise Development.

USDA (2008). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.

VILCA, M. 1991. Producción, Tecnología e Higiene de la Carne. En: *Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos*. FAO. Santiago, Chile. 429 p.

VIDAL-CAROU, M. C., IZQUIERDO-PULIDO, M. L., MARTIN-MORRO, M.C & FONT, M. (1990). Histamine and Tyramine in Meat Products: Relationship with Meat Spoilage. *Food Chemistry*, 37, 239-249

VINCI, G. & ANTONELLI, L. (2002). Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat. *Food Control*, 13, 519–524.

VIRGILI, R., SACCANI, G., GABBA, L., TANZI, E. & SORESI, C. (2007). Changes of free amino acids and biogenic amines during extended ageing of Italian dry-cured ham. *LWT*, 40, 871–878

WALSHE, B. E., SHEEHAN, E. M., DELAHUNTY, C. M., MORRISSEY, P. A. & KERRY, J. P. (2006). Composition, sensory and shelf life stability analyses of *Longissimus dorsi* muscle from steers reared under organic and conventional production systems. *Meat Science*, 73, 319-325.

WHITE, S. 1998. *Sarcocystosis: Disease Endemic to Andean Alpacas*. *The Alpaca Registry Journal*, 3, 51-64.

WOLTER, H., LAING, E. & VILJOEN, B. (2000). Isolation and Identification of yeast associated with intermediate moisture meats. *Food Technol. Biotechnol.*, 38, 69-75.

WOOD, J. D., ENSER, M., FISHER, A. V., NUTE, G. R., SHEARD, P. R., RICHARDSON, R. I., HUGHES, S. I. & WHITTINGTON, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343-358.

WOOD, J. D., RICHARDSON, R. J., NUTE, G. R., FISHER, A. V., CAMPO, M.M., KASAPIDOU, E., SHEARD, P. R. & ENSER, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66, 21-32.

YANG, A., LARSEN, T. W. & TUME, R. K. (1992). Carotenoid and retinol concentrations in serum, adipose tissue and liver carotenoid transport in sheep, goats and cattle. *Australian Journal of Agriculture Research*, 43, 1809-1817.

YETIM, H., SAGDIC, O., DOGAN, M. & OCKERMAN, H.W. (2006). Sensitivity of three pathogenic bacteria to Turkish cemen paste and its ingredients. *Meat Science*, 74, 354-358.

YOUSSEF, E., ROCHA, C.E. & SHIMOKOMAKI, M. (2003). Effect of Salt on Color and Warmed over Flavor in Charqui Meat Processing. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46, 595-600.

YOUSSEF, E., ROCHA, C.E., YAMASHITA, F. & SHIMOKOMAKI, M. (2007). Chemical Basis for Beef Charqui Meat Texture. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50, 719-724.

ZEUTHEN, P. (1995). Historical aspects of meat fermentation. En G. Campbel-Platt & P.E. Cook (Eds), *Fermented Meats* (pp 53-68). London: Blackie Academic and Professional.

ZOROSGASTÚA, J. (2004). *Aplicación del diseño de mezclas en la elaboración de chorizo ahumado utilizando carne de alpaca y carne de cordero*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

ZUMALACÁRREGUI, J.M. & DÍEZ, V.A. (2001). Cecina y Tasajo. En S. Martín (Ed.), *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos. Tomo II* (pp. 1163-1176). Madrid: Ediciones Martín & Macías.