



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Efecto del tiempo de secado y el tipo de músculo sobre las características físico-químicas y sensoriales de carne seca (Charqui)**

**Doménica Cordovez Campuzano  
Juan Fernando Jaramillo Dávila**

**Lucía Ramírez, DSc., Directora de Tesis  
Javier Garrido, MSc., Co-director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos

Quito, abril de 2015

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Efecto del tiempo de secado y el tipo de músculo sobre las características físico-químicas y sensoriales de carne seca (Charqui)**

**Doménica Cordovez Campuzano**

**Juan Fernando Jaramillo Dávila**

Lucía Ramírez Cárdena, DSc.  
Directora de la tesis

---

Javier Garrido, MSc.  
Coordinador de Ing. de Alimentos

---

Gabriela Vernaza, Ph.D.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Francisco Carvajal, Ph.D.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Ximena Córdova, Ph.D.  
Decana de la Escuela de  
Ingeniería

---

Quito, abril de 2015

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Doménica Cordovez Campuzano

C. I.: 020152655-5

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Juan Fernando Jaramillo Dávila

C. I.: 171300995-7

Fecha: Quito, abril de 2015

## **DEDICATORIA**

Se lo dedicamos a todos aquellos que nos apoyaron a llegar hasta aquí, en especial a nuestros padres respectivamente, que han sido incondicionales a nuestras decisiones. A nuestros amigos que permitieron que este trabajo sea posible. Y por último, a quién este estudio le sea de ayuda.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a todos los que nos apoyaron en la realización de este proyecto. A nuestra tutora Lucia Ramírez por la paciencia y dedicación brindadas durante todo el trayecto. A Javier Garrido por sus ideas y conocimiento, y a Carolina por toda la ayuda en el laboratorio. A Mario, y a todos aquellos que nos ayudaron ajustándose a nuestros complicados horarios, en especial a “doña” Luisa.

## RESUMEN

Pese al gran posicionamiento que tienen los productos cárnicos en el Ecuador, el Charqui (carne seca) es poco conocido y no existen productos conservados usando deshidratación osmótica (DO). La DO mejora las características organolépticas de la carne por lo que permite utilizar cortes de menor coste económico. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes tiempos de secado en tres tipos de músculo de res sobre las características fisicoquímicas (contenido de humedad, Relación Humedad:Proteína MPR, y Actividad de Agua  $A_a$ ) y organolépticas en la preparación de Charqui, previamente deshidratado mediante DO utilizando una solución hipertónica 60°Brix. La DO se consideró terminada para los tratamientos al alcanzar un contenido de humedad de 55g/100g de producto. Para la etapa de secado se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial  $3^2$ , correspondiente a 2 factores (Tiempo: 4h, 5h, y 6h y tipo de músculo: *Infraspinatus*, *Rectus femoris*, *Pectoralis profundus*) a temperatura constante (68.5°C). Los tratamientos de 5 horas de secado para todos los músculos (T2, T5 y T8) presentaron los mejores resultados en la caracterización físico-química y al ser evaluados sensorialmente por 65 consumidores a través de una prueba de preferencia no presentaron diferencia significativa. *Pectoralis profundus* es un músculo con un valor en el mercado considerablemente menor a los dos anteriores, por lo que su utilización puede ser altamente recomendada en este tipo de productos.

**Palabras Clave:** Charqui, *Infraspinatus*, *Rectus femoris*, *Pectoralis profundus*, Relación Humedad Proteína, Deshidratación osmótica.

## ABSTRACT

Meat products have a broad market in Ecuador; however, jerky (dry meat) is not known and there are no products preserved using osmotic dehydration (OD). OD improves organoleptic characteristics of meat, thus allows using less economically valued meat cuts. The objective of this work was to evaluate the effect of drying time in three beef cuts, regarding the physicochemical characteristics (moisture content, Moisture:Protein Relation MPR, and Water Activity  $A_a$ ) and sensorial properties in the elaboration of jerky that was previously dehydrated by OD employing a 60°Brix hypertonic solution. OD procedure was considered finished when a moisture content of 55g/100g of product was achieved for all treatments. During air drying stage, a Completely Randomized Design (CRD) with factorial arrangement  $3^2$  was used, corresponding to 2 factors (Time: 4h, 5h, y 6h and muscle cut: *Infraspinatus*, *Rectus femoris*, *Pectoralis profundus*) at constant temperature (68.5°C). Five hours drying time treatments (T2, T5 and T8) presented better results for all three muscles types in physicochemical characterization and were evaluated by 65 consumer panelists through a preference test in which no significant difference among treatments was observed. *Pectoralis profundus* is considered to have lesser market value compared to the other two muscles, hence its use for this type of products is highly recommended.

**Key Words:** Jerky, *Infraspinatus*, *Rectus femoris*, *Pectoralis profundus*, Moisture Protein Ratio, Osmotic Dehydration.

## Tabla de Contenido

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. METODOLOGÍA .....	14
2.1. Materia Prima .....	14
2.2. Elaboración de Charqui .....	15
2.2.1. Deshidratación Osmótica.....	15
2.2.2. Marinado y Secado Térmico.....	16
2.3. Diseño experimental.....	16
2.3.1. Variables de respuesta .....	17
2.4. Tabla de Ponderación .....	17
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	18
3.1. Deshidratación Osmótica .....	18
3.2. Secado Térmico.....	21
3.2.1. Actividad de Agua (Aa).....	22
3.2.2. Relación Humedad:Proteína (MPR).....	23
3.2.3. Humedad.....	23
3.3. Ponderación de Variables.....	25
4. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	25
4.1. Resultados .....	26
5. CONCLUSIONES.....	27
6. RECOMENDACIONES .....	28
7. LITERATURA CITADA.....	29
8. ANEXOS.....	33

## Índice De Gráficos

Gráfico No. 1 Deshidratación osmótica a distintas combinaciones de NaCl- C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub> .....	19
Gráfico No. 2 Deshidratación osmótica de distintos músculos (PEP, REF, INF) .....	20
Gráfico No. 3 Secado térmico de los 3 distintos tipos de músculo a las 4, 5 y 6 horas.....	24

## Índice De Tablas

Tabla 1. Tratamientos y combinaciones .....	17
Tabla 2. Variables de respuesta, métodos y especificaciones.....	17
Tabla 3. Humedad inicial .....	19
Tabla 4. Porcentaje de agua exprimible y humedad final de cada músculo .....	21
Tabla 5. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de Aa, MPR y Humedad de los tratamientos.	21
Tabla 6. Aa de los tratamientos.....	22
Tabla 7. Relación de Humedad:Proteína (MPR) de los tratamientos .....	23
Tabla 8. Contenido de humedad de los tratamientos. ....	24
Tabla 9. Ponderación de variables .....	25
Tabla 10. Códigos para prueba de ordenamiento.....	25
Tabla 11. Sumatoria de los ordenamientos para cada tratamiento.....	27

## 1. INTRODUCCIÓN

La carne y los productos cárnicos tienen un amplio mercado en el Ecuador, tanto de consumidores como productores. Según datos reportados por el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censo (INEC, 2011) en el país se cría alrededor de 5.3 millones de cabezas de ganado vacuno por año, y los ecuatorianos consumen en promedio 13.8 kg de carne anualmente, utilizada como fuente de proteína en un 42,5%, 32,0% y 31,7% en clase alta, media y baja, respectivamente. Para satisfacer la demanda, se emplean diversas técnicas que permitan alargar su vida útil. Actualmente, los productos cárnicos en el mercado ecuatoriano son embutidos, curados, enlatados o congelados; sin embargo, no existen productos conservados por deshidratación osmótica.

La deshidratación osmótica (DO) es un método de conservación alimentaria mediante la eliminación del agua contenida en el interior de sólidos celulares. Consiste en sumergir el alimento en una solución hipertónica, generando un gradiente de presión osmótica por la diferencia de concentraciones entre ambos. Esto da como resultado tres transferencias de masa principales: (1) transferencia de agua desde el alimento a la solución, (2) paso de solutos desde la solución al alimento, y (3) una pérdida de solutos propios del alimento hacia la solución (Pezo et al., 2013). El ahorro de energía y la disminución de desperdicio son las principales ventajas de la DO en comparación con otras técnicas de secado.

Filipovic et al. (2014) resaltaron la importancia de usar soluciones ternarias (dos solutos y un solvente) durante los procesos de DO en productos cárnicos para una deshidratación más rápida. La combinación de una sal junto a un compuesto de mayor tamaño molecular, como sacarosa u otro azúcar, incrementa el gradiente de presión osmótica ejercido (Colato et al., 2008). Esto también tiene una implicación de calidad, pues disminuye la

impregnación de sal en el producto, mejorando las características organolépticas y nutricionales (Tortoe, 2010).

Las diferentes proteínas de la carne mantienen un papel importante en la retención de agua en el tejido muscular. El componente mayoritario de la carne es el agua, con alrededor del 75% del peso total, y se encuentra en tres formas dentro de las fibras musculares: (1) una primera capa de *agua ligada* que interacciona con los grupos cargados de las proteínas y es resistente a la evaporación; (2) una capa de *agua inmóvil* que se mantiene atraída por efectos estéricos al agua ligada y que se convierte paulatinamente en una (3) capa de *agua libre* (Awis et al., 2011; Kerth, 2013). Las regiones (1) y (2) mantienen del 20 al 27% del agua total presente en la carne (Price y Schweigert, 1987; Lawrie, 2004).

La carne seca es uno de los alimentos preservados más antiguos conocidos por el hombre. Es relativamente fácil de procesar y no necesita refrigeración durante su distribución comercial debido a su baja actividad de agua ( $A_a$ ) (Bowser et al., 2009). El charqui es carne marinada y secada, que puede ser hecha con carne molida o de músculo entero. La USDA (*United States Department of Agriculture*) define al charqui como “un producto cárnico listo para comer, tratado térmicamente y con vida útil prolongada” (Nummer et al., 2004).

La elaboración de charqui consta normalmente de una etapa de marinado seguida por un tratamiento de secado por circulación de aire caliente sobre el producto colocado en bandejas para eliminar agua por convección (Clemente, 2003). El secado es necesario para reducir la actividad de agua, inactivar enzimas y disminuir la carga microbiana (Clemente, 2003; Chirinos y Ortiz, 2010). Se debe asegurar la ausencia de *Escherichia coli* O158:H7, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* a través de un tratamiento térmico que alcance una temperatura de 71.1°C en el punto medio del producto (Boles et al., 2004; Nummer et al.,

2004). La USDA (2012) estableció una  $A_a$  máxima de 0.85 y una relación humedad:proteína p/p (MPR, *Moisture Protein Ratio*) menor o igual a 0.75:1 para garantizar la estabilidad en percha del charqui.

Las condiciones de procesamiento, así como las propiedades intrínsecas de la carne utilizada, afectan las características del producto final y la eficiencia de elaboración. Miller et al. (2007) demostraron que en la producción de charqui el músculo del corazón presentaba mayor porcentaje de proteína en comparación al de lengua y pulpa redonda del animal; pero no se especifica resultados de actividad de agua, ni se reporta variaciones durante la deshidratación según el músculo evaluado. Rahman et al. (2005) condujeron un estudio sobre las características fisicoquímicas de charqui utilizando carne de cabra y concluyeron que los diferentes métodos de secado tenían efecto en los atributos de calidad. Mamani-Linares y Cayo (2011) determinaron ciertas propiedades de charqui elaborado con carne de llama, bovino y equino. Las muestras de carne de res presentaron una menor humedad, actividad de agua y grasa; por lo que se recomienda utilizar este tipo de carne.

Dada la importancia y aceptación a nivel mundial de la deshidratación osmótica como técnica de conservación, varias investigaciones se han realizado para la optimización en el procesamiento de productos cárnicos. Trabajos anteriores (Agustinelli et al., 2013; Filipovic et al., 2013; Pezo et al., 2013) se han enfocado en diferentes condiciones durante la deshidratación de la carne, como la concentración de la solución hipertónica, temperaturas, tiempos de tratamiento y humedad final alcanzada. Por otro lado, también se ha considerado el almacenamiento de carne osmóticamente deshidratada en atmósferas modificadas (Suput et al. 2012). Sin embargo, existe poca información acerca de los tipos de corte y su influencia en la deshidratación osmótica y el efecto sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final.

Se conoce que la deshidratación osmótica mejora el color y sabor en productos cárnicos (Filipovic et al., 2013), por lo que se puede potenciar los atributos sensoriales de cortes menos valorados en otros mercados. Es necesario encontrar un tipo de músculo que permita obtener un procesamiento óptimo así como la aceptabilidad del consumidor. El valor de los distintos cortes en el mercado depende, en gran parte, de su terneza. Calkins y Sullivan (2007) clasificaron los músculos de la res de acuerdo a la dureza (alta, intermedia, baja) considerando la resistencia al corte por cizallamiento. La variación de esta resistencia entre cada músculo se debe principalmente a la concentración y características del tejido conectivo (Lawrie, 1998). En el presente estudio se escogió tres músculos con diferente índice de dureza: *Infraspinatus* (bajo), *Rectus femoris* (medio), y *Pectoralis profundus* (alto). La percepción sensorial del consumidor y su capacidad de diferenciación entre los distintos índices de dureza en productos procesados, puede tener varias aplicaciones prácticas.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de los diferentes tiempos de tratamiento en tres tipos distintos de músculo de res sobre las características fisicoquímicas y organolépticas en la preparación de carne seca (charqui); mediante la determinación del contenido de humedad, MPR,  $A_a$  y evaluación sensorial.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Materia Prima

Se emplearon tres tipos de músculos de res (NAMF, 2007):

- Pulpa de Brazo-IMPS\* 114D: *Infraspinatus* (INF)
- Pulpa redonda-IMPS\* 167E: *Rectus femoris* (REF)
- Pecho-IMPS\* 120: *Pectoralis profundus* (PEP)

IMPS\*: Institutional Meat Purchase Specifications.

## 2.2. Elaboración de Charqui

### 2.2.1. Deshidratación Osmótica

#### 2.2.1.1. Pruebas Preliminares

La concentración óptima de solutos requeridos en la solución hipertónica para la DO de la carne se decidió utilizando cuatro soluciones de 60°Brix disueltas en agua con diferentes proporciones p/p de cloruro de sodio (NaCl) y sacarosa ( $C_{12}H_{22}O_{12}$ ). Colato et al. (2008) recomendaron soluciones con concentraciones de 40 a 70% de  $C_{12}H_{22}O_{12}$  y de 5 al 20% de NaCl, pues fuera de estos rangos el sabor del producto se ve afectado negativamente. Las distintas combinaciones fueron:

- 9%NaCl-51% $C_{12}H_{22}O_{12}$
- 11%NaCl-49% $C_{12}H_{22}O_{12}$
- 13%NaCl-47% $C_{12}H_{22}O_{12}$
- 15%NaCl-45% $C_{12}H_{22}O_{12}$

Se colocó cada solución dentro de bolsas ZipLock® junto con 300g de cubos de carne de 1.5cm por lado del músculo PEP en una relación solución:carne de 5:1 p/p (Filipovic et al., 2013; Pezo et al., 2013; Suput et al., 2013). La DO se llevó a cabo a 4°C (Boles et al., 2004; Nummer et al., 2004; García, 2009) por 12 horas con el fin de encontrar el tiempo necesario para alcanzar el contenido de humedad (55g/100g de producto) establecido por Pezo et al. (2013). Las muestras fueron evaluadas por duplicado de acuerdo al método AOAC 934.01 (AOAC, 2004) cada 2 horas. La combinación óptima fue elegida en base a: (1) la humedad final alcanzada y (2) un *focus group* de seis personas que degustaron las muestras para definir la cantidad de sal apropiada.

#### 2.2.1.2. Caracterización de la Curva de Deshidratación Osmótica

La solución escogida se preparó disolviendo 110g de NaCl y 490g de  $C_{12}H_{22}O_{12}$  en 400g de agua. La preparación de los tres músculos para la DO se realizó de la misma manera que en las pruebas preliminares y a la misma temperatura. El contenido de humedad de las muestras fue determinado por triplicado cada hora durante 12 horas (AOAC, 2004). Con los resultados obtenidos se graficó una curva de deshidratación (contenido de humedad vs. tiempo) para cada músculo. El tiempo de DO requerido para conseguir 55g de agua por 100g de producto fue calculado por interpolación de los datos encontrados en las curvas de deshidratación.

#### 2.2.2. Marinado y Secado Térmico

Los cubos deshidratados fueron marinados en una salsa de 30°Brix (ajo en polvo, salsa de soya, salsa teriyaki, mostaza, pimienta en polvo, orégano, aceite de ajonjolí) de relación carne:salsa 1:0.5 p/p (Espitia, 2006; Chabbouh et al., 2011) en un Tumbler (Rühle M130) a  $-2^{\circ}C$  por 40 minutos en vacío y el tanque en la posición número dos. Después, las muestras fueron secadas en una estufa Precision (Economy Oven 45EG) a  $68.5^{\circ}C$  (HR: 35%) según los tiempos establecidos en el diseño experimental para cada músculo. Por último, se realizó un tratamiento térmico a  $135^{\circ}C$  por 10 minutos descrito por Nummer et al. (2004).

#### 2.3. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial  $3^2$ , que corresponde a la combinación de 2 factores con 3 niveles cada uno. Los factores fueron el tipo de músculo utilizado (INF, REF, PEP) y tiempo de secado (4, 5 y 6 horas). Los tipos de músculo fueron escogidos de acuerdo al índice de dureza descrito por Calkins y Sullivan (2007), y el tiempo de secado según Nummer et al. (2004). Se realizaron 3

repeticiones, obteniendo 27 unidades experimentales. Los tratamientos y sus combinaciones se muestran en la Tabla 1. Para la separación de medias se empleó la prueba de Tukey.

Tabla 1. Tratamientos y combinaciones

Factor A Tipo de Músculo	Factor B Tiempo de Secado (h)	Tratamiento
<i>Infraspinatus</i> (INF)	4	T1
	5	T2
	6	T3
<i>Pectoralis profundus</i> (PEP)	4	T4
	5	T5
	6	T6
<i>Rectus femoris</i> (REF)	4	T7
	5	T8
	6	T9

### 2.3.1. Variables de respuesta

Las variables de respuesta con sus respectivos métodos y especificaciones se encuentran descritas en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables de respuesta, métodos y especificaciones

Variable	Siglas	Método	Especificación	Referencias
Actividad de Agua	A <sub>a</sub>	Aparato de medición Rotronic Hygrolab C1©	<0.85	Boles et al., 2004; Nummer et al., 2004; García, 2009; USDA, 2012
Relación Humedad:Proteína	MPR	Método oficial AOAC 2001.11 y Método oficial AOAC 960.39	<0.75	Nummer et al., 2004; García, 2009
Contenido de Humedad	Hum	Método oficial AOAC 960.39	<21g/100g	Lim et al. 2013

### 2.4. Tabla de Ponderación

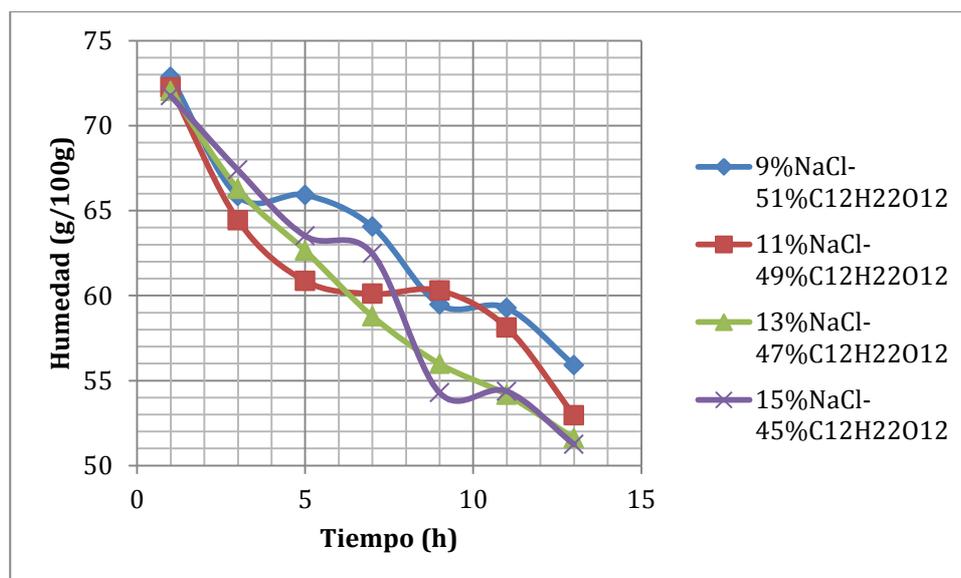
La actividad de agua en este producto ha sido descrita por varios autores (Boles et al., 2004; Nummer et al., 2004; Espitia, 2006; García, 2009) como el principal método de control microbiológico (valoración 3); seguido por el MPR (<0.75) (valoración 2), necesario para catalogar a un producto como charqui. El contenido de humedad según la USDA (2012) no asegura la inocuidad del producto por lo que es la variable de menor

peso. No obstante, Allen et al. (2007) recomendaron su análisis para tener un mejor entendimiento de la vida útil del producto (valoración 1) y Lim et al. (2013) explicaron la importancia del contenido de agua en la textura de charqui.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1. Deshidratación Osmótica

El Gráfico No. 1 muestra las curvas de deshidratación osmótica de las cuatro diferentes proporciones de NaCl:C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub> para los cubos de carne (PEP) de 1.5cm por lado. La combinación que contenía mayor concentración de NaCl deshidrató ligeramente mejor que las demás llegando a una humedad final de 51.24g/100g a las 12 horas, mientras que la muestra que sólo contenía 9% de NaCl no logró reducir la humedad de la carne más allá 55.91g/100g. Las muestras de 11%NaCl-49%C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub> y 13%NaCl-47%C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub> se asemejaron notoriamente a la de 15%NaCl-45%C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub>. El empleo de C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub> incrementa la viscosidad de la solución, lo que inhibe la transferencia de masa por la formación de una barrera de azúcar en la superficie del producto (Mastrantonio et al., 2005; Tortoe, 2010). La diferencia de la muestra de 9%NaCl-51%C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub> con las demás guarda relación con este principio. El NaCl reduce de mejor manera la A<sub>a</sub>, pero su concentración se limita por impartir un sabor excesivamente salado en el producto (Tortoe, 2010). Debido a que las últimas tres combinaciones deshidrataron de manera semejante, la solución con 11%NaCl- 49%C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub> fue elegida por motivos organolépticos.

Gráfico No. 1 Deshidratación osmótica a distintas combinaciones de NaCl- C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub>

Las curvas de deshidratación para cada tipo de músculo se presentan en el Gráfico No. 2. El tiempo 0 de la curva muestra el contenido inicial de humedad de los músculos, siendo en todas las muestras superior al reportado por Von Seggern et al. (2005). No obstante, mostraron una tendencia similar, en donde INF tuvo una menor humedad inicial que los otros dos músculos. Los valores de esta comparación se pueden observar en la Tabla 3. Las variaciones de humedad pueden deberse a varios factores, tales como edad, sexo y alimentación del animal (Lawrie, 2004).

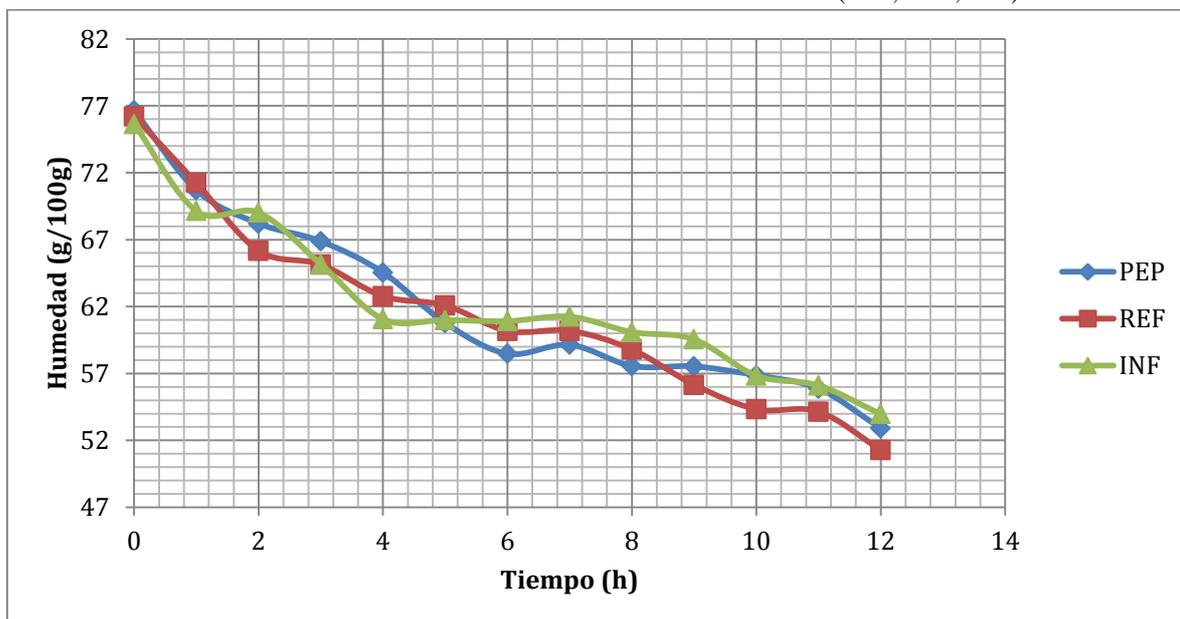
Tabla 3. Humedad inicial

Músculo	Humedad (g/100g)	Humedad inicial muestras (g/100g)
REF	72.55*-73.33**	76.22
PEP	72.05*-73.32**	76.65
INF	70.50*-70.81**	75.64

\*Fuente: Brackenbusch et al., 1991

\*\*Fuente: Von Seggern et al., 2005

Gráfico No. 2 Deshidratación osmótica de distintos músculos (PEP, REF, INF)



En cuanto empezó la deshidratación osmótica, existieron ciertas similitudes entre los tres tipos de músculo: en las cinco primeras horas de deshidratación ocurrió un descenso de la humedad más acelerado que en las siguientes, debido a un mayor gradiente de presión osmótica (Colato et al., 2008; Tortoe, 2010). Luego, los cubos experimentaron una disminución considerable de la velocidad de deshidratación, manteniendo una humedad aproximada de 60g/100g hasta la octava hora. Parecería ser que el NaCl fue el responsable del primer momento de deshidratación por su mayor facilidad para penetrar las membranas celulares. Colato et al. (2008) presentaron resultados similares para un contenido de NaCl del 10% en otros productos.

Los tiempos necesarios para alcanzar la humedad establecida de 55g/100g, fueron 11.52h, 10.28h y 11.30h para INF, REF y PEP, respectivamente. REF fue el músculo que perdió agua con mayor rapidez y puede explicarse por su contenido de *agua libre* (Simal et al., 2003). Utilizando métodos de centrifugación, es posible calcular el porcentaje de agua exudada y retenida en las proteínas de la carne (Kerth, 2013). El agua exudada es

denominada *agua exprimible* y proporciona una idea aproximada de la cantidad de agua libre que existe en las muestras. Von Seggern et al. (2005) reportaron valores de *agua exprimible* para varios músculos y demostraron que REF obtuvo un mayor valor que INF y PEP. La Tabla 4 muestra la cantidad de *agua exprimible* y la humedad final alcanzada a las 12 horas de DO para cada músculo. Awis et al. (2011) investigaron la capacidad de retención de agua de 9 distintos músculos, teniendo INF menor pérdida de agua que REF, aunque en este estudio no se analizó PEP.

Tabla 4. Porcentaje de agua exprimible y humedad final de cada músculo

Músculo	% Agua Exprimible*	Humedad final alcanzada en 12h (g/100g)
REF	40.33	51.28
PEP	39.02	52.90
INF	38.48	53.97

\*Fuente: Von Seggern et al., 2005

### 3.2. Secado Térmico

La Tabla 5 presenta el resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la caracterización físico-química de los distintos tratamientos. Existieron diferencias significativas entre los tratamientos en relación a MPR y contenido de humedad, pero no a la  $A_a$ . El tipo de músculo no influyó en ninguna de las variables analizadas, mientras que el tiempo de secado resultó determinante. La interacción entre los factores influyó en MPR y en el contenido de humedad, pero no en la  $A_a$ .

Tabla 5. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de  $A_a$ , MPR y Humedad de los tratamientos.

Fuente de Variación		GL	Cuadrados Medios		
			$A_a$	MPR	Hum (g/100g)
Tratamientos		8	$2.03 \times 10^{-3}$ n.s.	$1.12 \times 10^{-2}$ *	14.8*
	Factor A (Músculo)	2	$9.92 \times 10^{-4}$ n.s.	$6.44 \times 10^{-4}$ n.s.	2.26 <sup>n.s.</sup>
	Factor B (Tiempo)	2	$6.18 \times 10^{-3}$ *	$3.20 \times 10^{-4}$ *	43.7*
	Interacción AxB	4	$4.83 \times 10^{-4}$ n.s.	$6.16 \times 10^{-3}$ *	6.60*
Error Experimental		18	$8.48 \times 10^{-4}$	$1.72 \times 10^{-3}$	1.14
Total		26	$1.21 \times 10^{-3}$	$4.64 \times 10^{-3}$	5.34

\*: significativo al 5% de probabilidad por la prueba F.

<sup>n.s.</sup>: no significativo al 5% de probabilidad por la prueba F.

### 3.2.1. Actividad de Agua ( $A_a$ )

No existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (Tabla 5). Todos los tratamientos cumplieron con el parámetro establecido de  $A_a$  (Tabla 6) para la comercialización de charqui  $<0.85$  (García, 2009), e inclusive tuvieron una  $A_a$  menor a 0.70 que, según Nummer et al. (2004) y Rodríguez Soto (2011), es un método de control para charqui cuando no se ha utilizado inhibidores de mohos y levaduras. La baja  $A_a$  de los tratamientos reveló la influencia de la DO sobre el tiempo de secado; Bowser et al. (2009) reportaron la necesidad de tiempos mayores a 6 horas de secado por métodos tradicionales a la misma temperatura, mientras que Lim et al. (2014) requirieron de 8 horas a 70°C.

Por costos energéticos, podría ser lógico considerar tiempos menores de secado. No obstante, varios investigadores (Nummer et al., 2004; Espitia, 2006; Jay et al., 2005) han concluido que el tiempo mínimo necesario de un tratamiento térmico a 68.5°C para asegurar la inocuidad y ausencia de *E. coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes* y *S. aureus* es de 4 horas.

Tabla 6.  $A_a$  de los tratamientos

Tratamiento	$A_a^*$
T7	0.628 ± 0.019
T1	0.613 ± 0.045
T4	0.608 ± 0.012
T6	0.588 ± 0.033
T5	0.583 ± 0.009
T8	0.582 ± 0.007
T9	0.565 ± 0.027
T2	0.556 ± 0.042
T3	0.553 ± 0.038

\*Media obtenida a partir de 3 repeticiones

### 3.2.2. Relación Humedad:Proteína (MPR)

Los nueve tratamientos cumplieron con el MPR establecido para charqui ( $<0.75$ ) (García, 2009). En la Tabla 7 se puede observar que REF fue el único músculo que muestra diferencia significativa entre el tratamiento de 4 horas en comparación al de 6. Por otra parte, el coeficiente de variación para el MPR ( $CV= 8.48\%$ ) fue notoriamente superior en comparación con la  $A_a$  ( $CV= 4.97\%$ ) y el contenido de humedad ( $CV=6.00\%$ ). Esto puede atribuirse al cálculo teórico (relación matemática entre la humedad y proteína). Allen et al. (2007) y Rodríguez Soto (2011) reportaron valores de CV muy similares para estas variables en otros estudios sobre charqui.

Tabla 7. Relación de Humedad:Proteína (MPR) de los tratamientos

Tratamiento	MPR*
T7	$0.597 \pm 0.049^a$
T4	$0.565 \pm 0.060^{ab}$
T1	$0.508 \pm 0.030^{abc}$
T3	$0.487 \pm 0.028^{abc}$
T5	$0.472 \pm 0.002^{bc}$
T8	$0.470 \pm 0.077^{bc}$
T6	$0.456 \pm 0.040^{bc}$
T2	$0.447 \pm 0.015^{bc}$
T9	$0.396 \pm 0.013^c$

\*medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

### 3.2.3. Humedad

Algunos autores (Awis et al, 2011; Kerth, 2013) concluyeron que la velocidad y grado de deshidratación obtenida en productos cárnicos dependen de la cantidad de agua ligada e inmóvil que existe en el músculo. Una vez eliminada el agua libre del alimento la velocidad de evaporación se reduce considerablemente. Esto se puede ver en el Gráfico No. 3, donde los tratamientos de INF y PEP mantuvieron su contenido de humedad cercano a 20g/100g desde la quinta hora en adelante, mientras que REF alcanzó 18g/100g

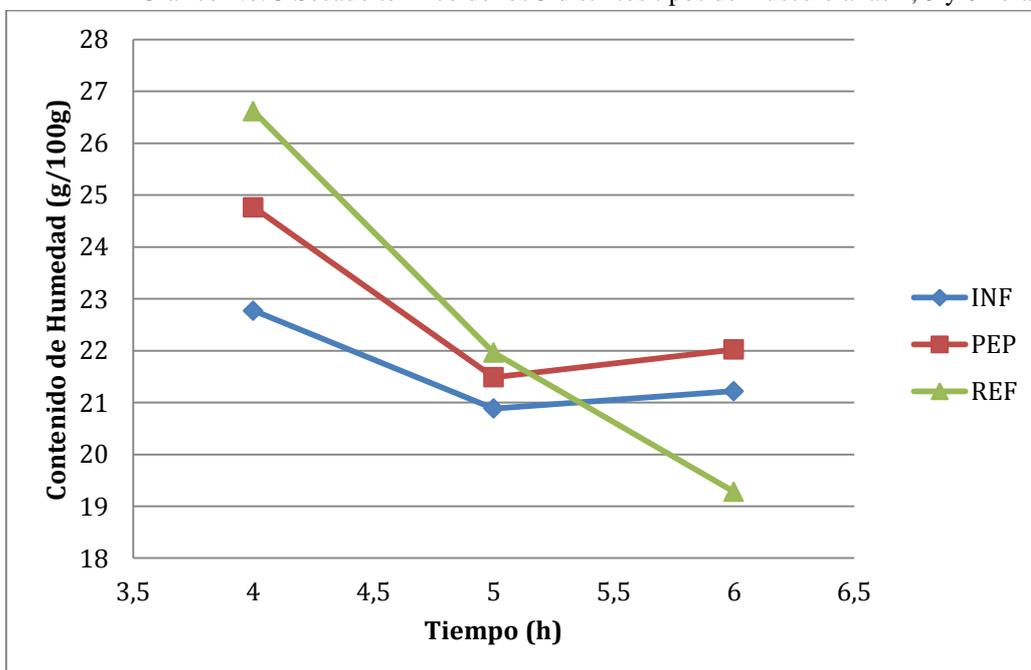
a las sexta hora. Price y Schweigert (1987) establecieron un 20% de agua ligada e inmóvil para la mayoría de cortes. La disminución continua de REF puede deberse a su contenido de *agua exprimible*. Los tratamientos de 4 horas de secado (T7, T4 y T1) no cumplieron con el parámetro máximo de humedad (<21g/100g) (Tabla 8).

Tabla 8. Contenido de humedad de los tratamientos.

Tratamiento	Hum(g/100g)*
T7	26.115 ± 0.660 <sup>a</sup>
T4	24.265 ± 0.912 <sup>ab</sup>
T1	22.272 ± 0.972 <sup>bc</sup>
T5	20.988 ± 0.828 <sup>cd</sup>
T8	20.933 ± 2.014 <sup>cd</sup>
T6	20.858 ± 0.783 <sup>cd</sup>
T3	20.720 ± 0.229 <sup>cd</sup>
T2	20.383 ± 0.276 <sup>cd</sup>
T9	18.779 ± 1.588 <sup>d</sup>

\*medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

Gráfico No. 3 Secado térmico de los 3 distintos tipos de músculo a las 4, 5 y 6 horas



### 3.3. Ponderación de Variables

Los tratamientos de 5 y 6 horas de secado fueron los de más alta puntuación (Tabla 9). Para la evaluación sensorial se escogió los tratamientos de 5 horas de secado de cada tipo de músculo (T2, T5 y T8) por menor costo energético.

Tabla 9. Ponderación de variables

Tratamiento	A <sub>a</sub>	MPR	Humedad (g/100g)	Total
T1	3	2	0	5
T2	3	2	1	6
T3	3	2	1	6
T4	3	2	0	5
T5	3	2	1	6
T6	3	2	1	6
T7	3	2	0	5
T8	3	2	1	6
T9	3	2	1	6

## 4. EVALUACIÓN SENSORIAL

Con el fin de conocer el mejor tratamiento entre los elegidos anteriormente (T2, T5 y T8), se realizó una prueba de preferencia por ordenamiento (Ramírez-Navas, 2012).

Kramer citado por Wittig de Penna (2001) recomienda paneles de 40 a 80 jueces para este tipo de pruebas. La prueba fue realizada por 65 jueces tipo consumidor, estudiantes de la Universidad San Francisco de Quito de 17 a 24 años, entre ellos 36 mujeres (55,39%) y 29 hombres (44,61%).

Se codificó los tratamientos con números de tres dígitos al azar, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Códigos para prueba de ordenamiento

Tratamiento	Código
-------------	--------

T2	504
T5	888
T8	276

Las muestras de charqui fueron presentadas simultáneamente en forma de cubos de 1.2cm por lado (3g cada uno). En el formulario entregado (Anexo 4) se pidió probar las muestras de izquierda a derecha y ordenar según su preferencia desde 1 “más preferida” a 3 “menos preferida” (Ramírez-Navas, 2012). Los consumidores debían beber sorbos de agua y esperar treinta segundos entre cada muestra (Wittig de Penna, 2001).

Se utilizó el método de Friedman con la ecuación de Chi-cuadrado para determinar si las sumas entre los ordenamientos eran estadísticamente diferentes. El valor  $X^2$  calculado se obtuvo con la Fórmula1 y se contrastó con el valor de la tabla de distribución Chi Cuadrado (G.L = 2 y 5% de probabilidad) (Ramírez-Navas, 2012).

Fórmula1

$$X^2 = \frac{12}{N \cdot k(k+1)} \sum_{j=1}^k (R_j)^2 - 3N(k+1)$$

Donde,

N = número de jueces

K = número de muestras

R = sumatoria de cada ordenamiento

#### 4.1. Resultados

El valor de  $X^2$  calculado fue 0.369, significativamente inferior al valor crítico de 5.991, por lo que se concluye que no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Los consumidores no mostraron preferencia por alguna muestra en particular (Tabla 11), y

cualquiera de los músculos podría ser empleado para posteriores estudios de mercado. Se hubiese podido esperar que los consumidores rechacen las muestras de PEP por contener un mayor porcentaje de enlaces entrecruzados en el tejido conectivo, que incrementan la dureza de la carne (Guzek et al., 1998; Wheeler et al., 1998). Pero dado que es un corte poco valorado en los productos cárnicos y su costo por kilogramo es significativamente inferior, puede ser el músculo de mayor interés de comercialización.

Tabla 11. Sumatoria de los ordenamientos para cada tratamiento

<b>Tratamientos</b>	<b>Sumatoria</b>
T2	128
T5	134
T8	128

## 5. CONCLUSIONES

El tiempo de secado influyó significativamente en las variables determinadas ( $A_a$ , MPR y contenido de humedad), mientras que el tipo de músculo no interfirió estadísticamente en los resultados. Los tiempos de secado que cumplieron con las especificaciones de charqui fueron de 5 y 6 horas para los tres tipos de músculo. Se escogió los tratamientos de 5 para las pruebas de evaluación sensorial por menores costos energéticos.

La solución osmótica debe contener un máximo de 11% de cloruro de sodio y 49% de sacarosa para brindar características organolépticamente aceptables, colocada en una relación de 5:1 p/p solución:carne durante un período de 11.52h, 10.28h y 11.30h para INF, REF y PEP, respectivamente.

Los consumidores no prefirieron ningún tipo de corte específico, por lo que PEP fue el músculo de mayor interés para la comercialización al tener un menor costo por kilogramo.

## **6. RECOMENDACIONES**

Por tratarse de un producto nuevo se recomienda posteriores estudios de mercado y factibilidad para evaluar si resulta rentable.

Probar con distintos músculos de res y observar su comportamiento durante la deshidratación osmótica.

Probar distintos sabores en el marinado.

## 7. LITERATURA CITADA

- Agustinelli, S., Salvador, V., y Yeannes, M. (2013). Determination of the moisture sorption behavior of osmotically dehydrated mackerel fillets by means of binary and ternary solutions. *Food Science and Technology International*, 20(5), 353 -363.
- Allen, K., Cornforth, D., Whittier, D., Vasavada, M., y Nummer, B. (2007). Evaluation of High Humidity and Wet Marinade Methods for Pasteurization of Jerky. *Journal of Food Science*, 72(7), 351 – 355
- A.O.A.C. 2004. *Official methods of Analysis of A.O.A.C International: Food Composition, Additives, Natural Contaminants*. Gaithersburg, Maryland. EE.UU.
- Awis Qurni, S., Mohamad Abdullah, H., Taiwo Olusesan, A., y Jothi Malar, P., (2011). The effects of carcass conditioning on shear force values and wáter holding capacity of different skeletal muscles of Malaysian Indigeneous (MALIN) sheep and the changes in their pH and glycogen contents. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(23), 3100 – 3106.
- Bohuon, P., Collignan, A. Rios, G.M. y Raoult-Wack, A.L. (1998). Soaking process in ternary liquids: experimental study of mass transport under natural and forced convection. *Journal of Food Engineering* 37 (4): 451-469.
- Boles, J. A., Neary, K.I., y Clawson, K., (2014). New interventions and validation for the control of pathogens in the processing of jerky. *Food Safety and Inspection Service, USDA*. <http://www.fsis.usda.gov>. Recuperado el 26 septiembre de 2014.
- Bowser, T., Frazier, S., Weckler, P., y Kowalski, S. (2009). Optimizing Jerky Drying Time with Minimal Product Impact. *The Open Food Science Journal*, 3, 79-83.
- Calkins, C. y Sullivan, G., (2007). *Ranking of Beef Muscles for Tenderness*. Universidad de Nebraska. 1-5.
- Chabbouh, M., Hajji, W., Hadj Ahmed, S. B., Farhat, A., Bellagha, S., y Sahli, A., (2011). Combined Effects of Osmotic Dehydration and Convective Air Drying on Kaddid Meats: Kinetics and Quality. *Drying Technology: An International Journal*, 19, 1571-1579.
- Chirinos Michilo, V. M., y Ortiz Zevallos, N. (2010). *Secado de carne: Influencia del tiempo y temperatura de secado en la pérdida de agua*. Tesis de ingeniería, Universidad Wiener, Lima, Perú.
- Clemente, G. (2003). *Efecto de la contracción en la cinética de secado de músculos de jamón*. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica, Valencia, España.
- Colato Antonio, G., Moreira Azoubel, P., Xidieh Murr, F.E., y Jin Park, K. (2008) Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 28(3), 696 – 701.

- Espitia, F. (2006). *Validation of Texas beef jerky processing*. Tesis de masterado, Universidad Texas A&M, Texas, Estados Unidos.
- Filipović, V.S., Ćurčić, B.L., Nićetin, M.R., Plavšić, D.V., Koprivica, G.B., y Mišljenović, N.M. (2013). Mass transfer and microbiological profile of pork meat dehydrated in two different osmotic solutions. *Hemijaska Industrija*. 66 (5). 743-748.
- Filipović, V.S., Levic, L., Ćurčić, B.L., Nićetin, M.R., Pezo, L., y Mišljenović, N.M. (2014). Optimization of mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pork meat cubes in complex osmotic solution. *Chemical Engeneiers of Serbia*. 20 (3). 305-314.
- Garcia, L. (2009). *Functional properties and utilization of high pH beef*. Tesis de doctorado. Universidad Texas A&M, Texas, Estados Unidos.
- Guzek, D., Głąbska, D., Głąbski, K., Pogorzelski, G., Barszczewski, J., y Wierzbicka, A. (1998) Relationships between sarcomere length and basic composition of infraspinatus and longissimus dorsi muscle.
- INEC. (2011). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Censo Agropecuario. [www.inec.gov.ec](http://www.inec.gov.ec). Recuperado el 6 de mayo de 2014.
- Jay, J., Loessner, M.J., Golden, D.A. (2005). *Modern Food Microbiology*. Zurich, Suiza: Springer Science & Business Media.
- Kerth, C. (2013). *The Science of Meat Quality*. Estados Unidos. Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Lawrie, R. A. (1998). *Ciencia de la Carne*. Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Lim, H.J., Kim, G.D., Jung, E.Y., Seo, H.W., Joo, S.T., Jin, S.K., y Yang, H.S. (2014) Effect of curing time on the physicochemical and sensory properties of beef jerky replaced salt with soy sauce, red pepper paste and soybean paste. *Asian-Australas Journal Animal Science*. 27(8):1174-1180.
- Mamani-Linares, W. y Cayo, F. (2011). Características fisicoquímicas de charqui bovino, llama y equino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 22, 290 – 300.
- Mastrantonio, S. Di S., Pereira, L. M. y Hubinger, M. D., (2005). Osmotic dehydration kinetics of guavas in maltose solution with calcium salt. *Alimentos y nutrición Araraquara*. 16(4), 309- 314.
- Menéndez López, A., (2013). Validación y cálculo de incertidumbre para la determinación de microorganismos indicadores, mediante microbiología clásica y NMP automatizado, en matrices cárnicas. Universidad de Oviedo. España.
- Miller, M.; J. Keeton, H. Cross, R. Leu, F. Gomez y J. Wilson (2007). Evaluation of the physical and sensory properties of jerky processed from beef hear and tongue. *Journal of Food Quality*. Vol 11 (1), 63-70.

- NAMP (2007). *The Meat Buyers Guide*. North American Meat Processors Association, Reston, VA.
- Nummer, B.; J. Harrison, M. Harrison, P. Kendall, J. Sofos, y E. Andress (2004). Effects of Preparation Methods on the Microbiological Safety of Home-Dried Meat Jerky. *Journal of Food Protection*, 67(10), 2337 – 2341.
- Oyague, J. M. (Ed.) (2010). *Características de la carne de alpaca y procesamiento de charqui en los Departamentos de Puno y Cusco (Perú)*. Perú.
- Pezo, L. L., Čurčić, B., V., Filipović, S., Milica R., Nićetin, G., Koprivica, B., Nevena, M., Mišljenović, L., y Lević, B. (2013). Artificial neural network model of pork meat cubes osmotic dehydration. *Hemjska Industrija*.. 67, 465–475.
- Price, J., & Schweigert, B. (1987). *The science of meat and meat products*. Connecticut: Food and Nutrition Press.
- Rahman, M. S., Salman, Z., Isam T Kadim I., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M. H., Guizani, N., Mahgoub, O., y Ali, A., (2005). Microbial and physic-chemical characteristics of dried meat processed by different methods. *International Journal of Food Engineering*, 1, 8 – 16.
- Ramírez-Navas, J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revisiones de la ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos*, 12, 83 - 97.
- Rodríguez Soto, S. (2011). Evaluación de dos músculos de res y dos tratamientos térmicos en las características de un jerky. Tesis de licenciatura. Universidad Zamorano, Honduras.
- Sánchez, I. y Albarracín, W., (2010). Análisis sensorial en carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23, 227 – 239.
- Simal, S., Femenia, A., Garcia-Pascual, P., y Rossello, C., (2003). Simulation of the drying curves of a meat-based product: effect of the external resistance to mass transfer. *Journal of Food Engineering*, 58, 193 – 199.
- Suput, D., Lazić, L., Pezo, L., Lević, L., Gubić, J., Hromiš, N., Sojić, B. (2013). Modified atmosphere packaging and osmotic dehydration effect on pork quality and stability. *Romanian Biotechnological Letters*, 18(2), 8160 – 8169.
- Tortoe, C. (2010). A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*, 4(6), 303 – 324.
- Youssef, E.; García, Y., Rocha, C., Yamashita, F. y Shimokomaki, M. (2007). Chemical basis for beef charqui meat texture. *Brazilian archives of biology and technology*, 50, 719-724.
- Von Seggern, D. D., Calkins, C.R., Johnson, D. D., Brickler, J. E., y Gwartney, B. L., (2005). Muscle profiling: Characterizing the muscles of the beef chuck and round. *Meat Science*, 71, 39–51

Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., King, D.A., Miller, M.F., y Koohmaraie, M., (2008). Evaluation of Beef rectus femoris and vastus lateralis Steaks as Substitutions for Beef Top Sirloin Steaks in Foodservice Applications. *US Meat Animal Research Center, USDA*. <http://www.reeis.usda.gov>. Recuperado el 8 de diciembre de 2014.

Wittig de Penna, E. (2001). *Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos*. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de varianza (ANOVA) de actividad de agua de los tratamientos

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Tratamientos	8	0,01624	0,00203	2,39 <sup>n.s</sup>	2,51
Filas (Musculo)	2	0,00198	0,00099	1,17 <sup>n.s</sup>	3,55
Columna (Tiempo)	2	0,01235	0,00617	7,28 <sup>n.s</sup>	3,55
C x F	4	0,00193	0,00048	0,57 <sup>n.s</sup>	2,93
Error Experimental	18	0,01527	0,00085		
Total	26	0,03153	0,00121		

<sup>n.s</sup>No significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

### Anexo 2. Análisis de varianza (ANOVA) del MPR de los tratamientos

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Tratamientos	8	0,0960	0,0120	6,99*	2,51
Filas (Musculo)	2	0,0013	0,0006	0,38 <sup>n.s</sup>	3,55
Columna (Tiempo)	2	0,0638	0,0319	18,6*	3,55
C x F	4	0,0246	0,0062	3,59*	2,93
Error Experimental	18	0,0309	0,0017		
Total	26	0,1206	0,0046		

\*Significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

<sup>n.s</sup>No significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

### Anexo 3. Análisis de varianza (ANOVA) de humedad de los tratamientos

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Tratamientos	8	118,4	14,8	12,98*	2,51
Filas (Musculo)	2	6,878	2,26	1,98 <sup>n.s</sup>	3,55
Columna (Tiempo)	2	78,30	43,7	38,33*	3,55
C x F	4	28,99	6,60	5,79*	2,93
Error Experimental	18	30,94	1,140		
Total	26	145,1	5,581		

\*Significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

<sup>n.s</sup>No significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

## Anexo 4. Formulario de evaluación sensorial. Prueba de preferencia por ordenamiento

Género:

Nombre:

Edad:

Fecha:

Frente a usted se presenta tres muestras de charqui (carne seca). Por favor pruebe las muestras empezando en el orden presentado, de izquierda a derecha. Entre cada muestra enjuague la boca con agua y espere 30 segundos. Asigne un valor a cada muestra según su preferencia.

1 = Más preferida      3 = Menos preferida

504 \_\_\_\_\_

888 \_\_\_\_\_

276 \_\_\_\_\_

Comentario:

---

---

---

¡GRACIAS!