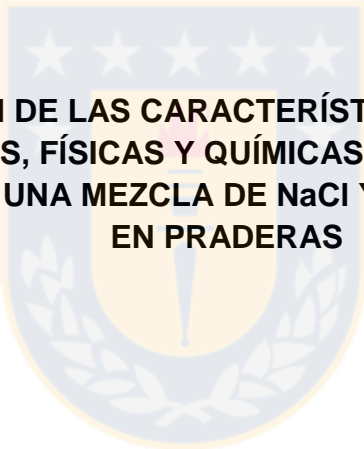




Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ciencias Veterinarias – Programa de Magíster en Ciencias  
Veterinarias, mención Calidad e Inocuidad de Alimentos de Origen Animal



**COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES,  
MICROBIOLÓGICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE JAMONES CRUDOS,  
SALADOS CON NaCl Y UNA MEZCLA DE NaCl Y KCl, DE CERDOS CRIADOS  
EN PRADERAS**

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Veterinarias  
mención Calidad e Inocuidad de Alimentos de Origen Animal

**REINALDO EUGENIO LETELIER CONTRERAS**  
**CHILLÁN-CHILE**  
**2015**

Profesor Guía Dr. Fernando González Schnake  
Depto. Ciencias Pecuarias, Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad de Concepción

**COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES,  
MICROBIOLÓGICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE JAMONES CRUDOS,  
SALADOS CON NaCl Y UNA MEZCLA DE NaCl Y KCl, DE CERDOS CRIADOS  
EN PRADERAS**

**Aprobado por:**

Fernando González Schnake  
Médico Veterinario  
Mg. Cs. Vet., Dr.med.vet.

---

Profesor Guía

Pedro Melín Marín  
Ing. Agrónomo  
Mg.Sc.,

---

Profesor Co-Tutor

Leslie Vidal Jiménez  
Profesor de Estado en Química  
Mg. Cs., Dr. Cs.

---

Evaluadora Externa

Oscar Skewes Ramm  
Médico Veterinario  
Dr. Forest

---

Evaluador Interno

Juana López Martín  
Médico Veterinario.  
Mg. Cs.

---

Directora de Programa

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>I. RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>II. SUMMARY.....</b>	<b>7</b>
<b>III. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODO.....</b>	<b>15</b>
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>DECLARACIÓN.....</b>	<b>56</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### EN EL TEXTO

FIGURA		PÁGINA
1.	Contenido de Na y K de jamones artesanales del tratamiento A y B, jamón comercial y carne de cerdo.	27
2.	Promedio y DE de pH de jamones tratamiento A y B, jamón comercial y carne de cerdo.	30
3.	Pérdidas de peso y porcentaje de merma de los jamones crudos artesanales de cerdos en cada una de las etapas de elaboración.	33
4.	Porcentaje de reflectancia y longitud de onda (nm) de jamones de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo.	38
5.	Frecuencia relativa de los juicios para el sabor de los jamones del tratamiento A, tratamiento B y jamón comercial.	44
6.	Lonchas de jamón tratamiento A (A) y tratamiento B (B) elaborado artesanalmente y jamón comercial de elaboración industrial (C).	45

## ÍNDICE DE TABLAS

### EN EL TEXTO

TABLA		PÁGINA
1.	Microorganismos incluidos para el muestreo de cecinas crudas maduradas en el RSA de Chile (Modificado de Ministerio de Salud, 2010).	23
2.	Pesos promedio y DE inicial y final de los jamones tratamientos A y B por etapa de elaboración.	31
3.	Pendiente promedio y DE de jamones artesanales, jamón comercial y carne de cerdo.	35
4.	Punto máximo de ruptura promedio y DE de jamones de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y control (carne de cerdo).	36
5.	Color promedio y DE de jamones de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo. (CIELAB)	37
6.	Contenido Humedad (H°) de jamones terminados, de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo.	39
7.	Actividad de agua promedio y DE de jamones terminados, tratamiento A y B, jamón comercial y carne de cerdo.	40
8.	Test Afectivo de Aceptabilidad, resumen de las preferencias de los catadores semi entrenados de acuerdo a escala de aceptabilidad según atributo sensorial de jamones terminados, tratamiento A y B.	41

## ÍNDICE DE TABLAS

### EN EL TEXTO

TABLA		PÁGINA
9.	Resultados de evaluación sensorial de mínima, mediana y máxima de puntajes otorgados por el panel de catadores.	47

### EN EL APENDICE

TABLA		PÁGINA
10.	Planilla de respuestas entregada a los catadores participantes en los ensayos sensoriales.	57
11.	Resumen de los resultados y microorganismos incluidos para el muestreo microbiológico de un jamón crudo adquirido en un supermercado (Modificado Ministerio de Salud, 2010).	55

## I. RESUMEN

### COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES, MICROBIOLÓGICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE JAMONES CRUDOS, SALADOS CON NACL Y UNA MEZCLA DE NACL Y KCL, DE CERDOS CRIADOS EN PRADERAS

### COMPARISON OF SENSORY CHARACTERISTICS, MICROBIOLOGIC, PHYSICAL AND CHEMICAL RAW HAMS, NACL AND SALTED WITH A MIXTURE OF NACL AND KCL, BRED FROM PIGS IN PASTURES

En Chile, la demanda por jamón crudo ha ido en alza durante los últimos años. Por ello, ha crecido el interés en aprovechar las características de cerdos criados de forma natural, y elaborar de forma artesanal jamón crudo, para otorgar mayor valor agregado a la producción. El objetivo de este trabajo, fue elaborar este producto y evaluar su calidad microbiológica, sensorial, física y química. La materia prima, se obtuvo de cerdos criados a pradera. Se utilizaron 5 piernas izquierdas saladas con cloruro de sodio (Tratamiento A) y 5 derechas con una mezcla de cloruro de sodio y cloruro de potasio (Tratamiento B). Las piernas se sometieron a etapas de salado, post salado, secado y maduración, y semanalmente se evaluaron sus pérdidas de peso. Una vez finalizado el proceso, se analizó químicamente los jamones determinando Na y K. En el Tratamiento A se observó  $11,11 \pm 1,467\%$  de Na y  $1,59 \pm 0,161\%$  de K, en el Tratamiento B  $8,74 \pm 1,156\%$  de Na y  $3,89 \pm 0,542\%$  de K, en ambos casos la diferencia estadística es significativa. En relación al pH, los valores para el tratamiento A fueron  $5,36 \pm 0,064$  y para el tratamiento B  $5,48 \pm 0,101$ . También se evaluaron los criterios microbiológicos según el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile, que para los jamones del tratamiento A y B, fue un crecimiento negativo de acuerdo a documento ya mencionado; su calidad sensorial, mediante un test de aceptabilidad, comparando la aceptabilidad entre los jamones. En cuanto a los aspectos químicos y físicos se evaluaron en el producto terminado y en la materia prima.

**Palabras clave:** artesanal, calidad, jamón, maduración, materia prima, pH, pierna, potasio, sodio.

## II. SUMMARY

### COMPARISON OF SENSORY CHARACTERISTICS, MICROBIOLOGIC, PHYSICAL AND CHEMICAL RAW HAMS, NACL AND SALTED WITH A MIXTURE OF NACL AND KCL, BRED FROM PIGS IN PASTURES

In Chile, the demand for raw ham has been rising in recent years. For this reason, interest has grown in taking advantage of the features of pigs reared in a natural way, and develop of artisan form raw ham, to give greater added value to the production. The objective of this work was to develop this product and to evaluate its quality microbiological, sensory, physical and chemical. The raw material, was obtained from pigs reared to meadow. We used 5 legs left salted with sodium chloride (Treatment A) and 5 right with a mixture of sodium chloride and potassium chloride (Treatment B). The legs were subjected to stages of Salado, post salting, drying and curing, and weekly evaluated their weight loss. Once the process is completed, it will chemically analyzed the hams determining Na and K. In the treatment was observed to  $11.11\pm 1.467\%$  of Na and  $1.59\pm 0.161\%$  of K, in the treatment B  $8.74\pm 1.156\%$  of Na and  $3.89\pm 0.542\%$  of K, in both cases the statistical difference is significant. In relation to the pH, the values for the treatment to were  $5.36\pm 0.064$  and for treatment B  $5.48\pm 0.101$ . Also evaluated the microbiological criteria according to the Regulation of the Health Food of Chile, which for the hams of the treatment A and B, was a negative growth according to previously mentioned document; its sensory quality, using a test of acceptability, comparing the acceptability of the hams. In regard to the chemical and physical aspects were evaluated in the finished product and raw material.

**Keywords:** Craft, quality, ham, maturation, raw material, pH, leg, potassium, sodium.



### III. INTRODUCCIÓN

Actualmente, a nivel mundial se observa un cambio de los hábitos alimenticios, por lo que se está fomentando producir carnes más saludables y con menos productos químicos. A raíz de esto, la industria cárnica ha desarrollado diversas estrategias con el fin de reducir el contenido de sal en sus productos que en algunos de ellos como es el caso del jamón curado está entre el 5 y el 8 % lo que lo convierte en un producto desaconsejado para aquellas personas que sufren problemas de hipertensión (Toldrá, 2002; Gúardia *et al.*, 2006).

En el mundo, el aumento sostenido de la presión arterial es la mayor causa de muerte y la segunda causa de discapacidad, sólo comparable a la malnutrición infantil. La ingesta exagerada de sodio (Na), especialmente en la forma de NaCl, y el reducido aporte de potasio (K), característicos de la alimentación del mundo occidental, son determinantes, junto a la obesidad y al sedentarismo, de un aumento progresivo de la incidencia y prevalencia de hipertensión arterial. Al respecto, la Encuesta Nacional de Salud del Ministerio de Salud de Chile del año 2003, reporta una prevalencia de valores iguales o mayores de 140/90 mmHg en un 33,7% de una muestra representativa de la población mayor de 17 años (Zehnder, 2010).

Existe evidencia que el consumo de alimentos está fuertemente relacionado con la salud, y que una alta ingesta de Na puede ser crucial para el desarrollo de la hipertensión que se observa en la sociedad moderna. El consumo diario de Na excede las recomendaciones nutricionales en varios países industrializados, siendo su principal fuente en la dieta el NaCl. Se ha establecido que un consumo mayor a 6 g de NaCl/día por persona, está asociado con un aumento de la presión arterial. Por lo tanto, la limitación de la ingesta de Na en la dieta, debe lograrse disminuyendo diariamente la sal común o NaCl a menos de 5 g al día según OMS/FAO (Aliño *et al.*, 2009; Ministerio de Salud, 2000).

Debido a la problemática nacional del aumento en enfermedades cardiovasculares asociados a los altos niveles de consumo de Na, se ha estimado de interés buscar

nuevas formas de elaborar productos cárnicos bajos en sodio sin alterar otros parámetros característicos de los jamones.

#### Propiedades de la Sal común (NaCl)

La costumbre de adicionar sal a la comida se remonta a tiempos de la prehistoria. Hay quienes la sitúan en el período del Neolítico (7.000 A.C.), otros en la edad de Bronce. Durante esta época se produjo el mayor consumo de vegetales lo que dio inicio del desarrollo de la agricultura y de la vida sedentaria, convirtiendo a la sal en un elemento de primera necesidad. Ésta se incorpora a su modo de vida, primero como conservante de alimentos y luego como condimento a la dieta, permitiendo de este modo el desarrollo y asentamiento de las comunidades; transformándose en una de las sustancias más comercializadas y apreciadas (Armenteros, 2010).

El cloruro de sodio, “sal común”, ha tenido una especial importancia a lo largo de la evolución del hombre, representando el aditivo más usado después del azúcar. La sal ejerce diversas funciones en los alimentos y, de hecho, se utiliza durante el proceso de elaboración de una gran variedad de estos (Reddy y Marth, 1991), siendo en los productos cárnicos donde quizás tenga mayor relevancia, utilizándose para el control del crecimiento microbiano, y además contribuye a la capacidad de retención de agua del producto, facilita la solubilización de ciertas proteínas miofibrilares y confiere el típico sabor salado. Además, afecta a reacciones enzimáticas como la proteólisis, la lipólisis y la oxidación que influyen directamente en el desarrollo de las características organolépticas del producto (Toldrá, 2006).

La sal, como ingrediente básico en la dieta y como materia prima de multitud de procesos industriales, tiene un campo de aplicaciones muy amplio cuyos beneficios revierten de forma directa en el bienestar y en la calidad de vida de las personas. Sus tres grandes aplicaciones pueden dividirse entre uso alimentario, uso industrial y uso en control de hielo en carreteras (Instituto de la sal, 2009).

En cuanto al uso alimentario, relacionada con el consumo humano, la sal es fundamental para resaltar y potenciar de forma natural el sabor de los alimentos. Además de esta cualidad organoléptica que la ha hecho universalmente popular,

la sal tiene otras muchas propiedades (Instituto de la sal, 2013; INTERSALT, 1988):

- La capacidad conservante y preservante ha sido fundamental para el desarrollo humano a lo largo de la historia, al permitir aumentar la vida útil de los alimentos.
- Actúa como aglutinante de otros ingredientes en los procesos alimentarios.
- Controla los procesos de fermentación de determinados alimentos.
- Da textura a los alimentos y así hacerlos más agradables al tacto y visualmente más atractivos y apetitosos.
- Desarrolla el color de múltiples alimentos, convertirlos más agradables a la vista.
- Actúa como agente deshidratador y ablandador de muchas materias primas alimentarias.

#### Reducción de sodio y otras sales

Para la reducción del contenido de NaCl en su reemplazo se pueden emplear otras sales como el cloruro de potasio (KCl), cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ); siendo una técnica que ya se ha utilizado en la elaboración de salsas, salchichas, quesos, pan, embutidos curados, jamón cocido y lomo curado (Armenteros, 2010). De todas ellas, la sustitución parcial de NaCl por KCl parece ser la mejor alternativa para reducir el contenido de sodio en productos cárnicos puesto que ambas sales tienen propiedades químicas similares y la ingesta de K no está relacionada con el aumento de la presión arterial. No obstante, hay que tener en cuenta que la adición de KCl a los productos alimenticios está limitada debido a que el empleo de elevadas cantidades de KCl origina sabores amargos en el producto (Albarracín, 2009).

Una de las estrategias que se ha empleado consiste en la sustitución total o parcial del NaCl por sales de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (Ruusunen y Puolanne, 2005). Así, se ha conseguido con éxito sustituir parte del NaCl por KCl sin que se vieran afectadas las propiedades organolépticas de productos como los embutidos y el lomo curado (Gou *et al.*, 1996; Gúardia *et al.*, 2010). Los porcentajes de

sustitución son muy reducidos cuando se emplean sales divalentes debido a los defectos que pueden llegar a causar en la calidad del producto final (Frye *et al.*, 1986; Gimeno *et al.*, 1998, 1999).

De todas ellas, parece que la sustitución parcial de NaCl por KCl es la mejor alternativa para reducir el contenido de sodio en productos cárnicos puesto que ambas sales tienen propiedades químicas similares y la ingesta de potasio no está relacionada con el aumento de la presión arterial (Kimura *et al.*, 2004; Geleijnse *et al.*, 2007). No obstante, hay que tener en cuenta que la adición de KCl a los productos alimenticios está limitada debido a que el empleo de elevadas cantidades de KCl origina sabores amargos en el producto (Reddy & Marth, 1991).

#### Características del jamón crudo

El jamón crudo encarna una antigua preparación culinaria, que constituye desde tiempos inmemoriales una forma de conservación de la carne mediante el salado y posterior secado (Arnau, 1998a). Actualmente, existen distintos tipos de jamón crudo como los prosciutti italianos, entre los que destaca el jamón de Parma; en Francia el jamón de Bayona y en España los jamones elaborados con dos tipos de cerdo claramente diferenciados: el jamón de cerdo ibérico y jamones de cerdo blanco (Zumalacárregui, 1997). Todos estos ostentan un escaño privilegiado dentro de la gastronomía de los países de los cuales son originarios y representan un interesante producto debido a su alto valor agregado, inocuidad y tradición (Echenique *et al.*, 2009). En Chile, el consumo de jamón crudo ha tendido al alza durante la última década, reflejándose en el aumento de la demanda interna de este producto (Manríquez, 2013).

El proceso tradicional de elaboración del jamón curado incluye varias etapas: salado, lavado-prensado, post-salado, maduración, secado y la etapa final de bodega (Toldrá 2002). La salazón es una de las etapas críticas, ya que constituye la fase del proceso en la que se adicionan a la superficie del jamón las sales de curado necesarias para que una vez distribuidas por la pieza pueda darse el proceso de maduración que generará las características de aspecto, textura, sabor y aroma deseadas y propias del producto (Arnau, 2003). La sal, los nitratos y los

nitritos constituyen los principales ingredientes de las sales de curado empleados en su elaboración. Estos desempeñan un papel importante en el desarrollo del color rojizo característico de los productos curados, en la prevención del crecimiento de microorganismos patógenos y en la estabilidad y desarrollo del sabor del producto (Toldrá, 2002; Arnau 2003).

El jamón, es una cecina cruda entera y una pieza anatómica del cerdo, que corresponde a las partes osteomusculares provenientes de las extremidades posteriores, seccionada por la sínfisis isquio-pubiana, constando de los huesos coxales, fémur, rótula, tibia, peroné y, opcionalmente el metatarso y falanges así como la masa muscular que lo envuelve (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011). En Chile, el corte de carne porcina para elaborar jamón crudo se denomina pierna, este es un corte individual que comprende la región de la pelvis, muslo y pierna; limita hacia delante con el corte que los separa de las chuletas y con el costillar y hacia abajo con la pata (Instituto Nacional de Normalización, 2000).

El pH y actividad de agua en jamones

Los microorganismos, pueden encontrar verdaderos ecosistemas en los alimentos, compuesto por factores intrínsecos inherentes de los alimentos como por ejemplo, pH,  $a_w$ , y nutrientes, y los extrínsecos externos a éste, por ejemplo, temperatura, gases ambientales, y la presencia de otras bacterias (Montville y Matthevs, 2001). En la carne fresca, la  $a_w$  es de 0,99 en la parte magra del músculo, con un contenido de agua de 74 a 80% (Jackson *et al.*, 2001). En tanto, en los jamones ibéricos, el producto final posee valores de  $a_w$  de hasta 0,85 o incluso menores, valores de pH típicamente en el rango de 5.6 a 6.5, y un contenido de sal que alcanza valores de alrededor de 6 a 10% de NaCl (Martín *et al.*, 2008; Andrade *et al.*, 2012). En los tradicionales jamones españoles, y según lo señalado por Arnau *et al* (2003), estos poseen al final del proceso valores de pH de entre 5,9 a 6,4; el contenido de sal es alrededor del 3% y la actividad de agua alcanza valores de 0,7 a 0,72.

### Propiedades sensoriales del jamón

La percepción de calidad puede ser percibida por los atributos intrínsecos y extrínsecos del producto. Los atributos intrínsecos incluyen las características físicas del producto. En el caso del jamón crudo puede ser el color, la grasa visible, el contenido de sal o la textura. En contraste los atributos extrínsecos cubren el resto de las características, por ejemplo precio, nombre de la marca, origen, envase o la indicación del periodo de maduración (Resano *et al.*, 2011). Si bien los resultados del panel demuestran la buena aceptación del jamón artesanal, se deben considerar otros factores que proyecten de forma integral la penetración de este producto en el mercado chileno. Por ejemplo otros aspectos pueden perturbar las propiedades sensoriales, como los hábitos de consumo, las características socio culturales relacionadas a la región geográfica y estilo de vida (Guàrdia *et al.*, 2010), además de la interacción entre calidad sensorial y las herramientas de marketing (Armenteros, 2010). Ya que el nivel de familiaridad con un tipo de producto, afecta las expectativas y percepciones de los consumidores (Resano *et al.*, 2011).

**Hipótesis**

El reemplazo de cloruro de sodio (NaCl) por cloruro de potasio (KCl) en un 25 % en la elaboración de jamón crudo de cerdo no presenta diferencia en sus características físicas, químicas, microbiológicas o sensoriales.

**Objetivo general**

Comparar las características sensoriales, microbiológicas, físicas y químicas de jamones salados con 100% NaCl y con una mezcla de 75% NaCl y 25% KCl.

**Objetivos específicos**

- I. Evaluar características físico-químicas de la materia prima.
- II. Comparar características físico-químicas de la carne de cerdo con jamones crudos elaborados.
- III. Evaluar las características sensoriales, microbiológicas, físicas y químicas de jamones crudos elaborados con 100% de NaCl y con una mezcla de 75% NaCl y 25% KCl.
- IV. Comparar entre los jamones crudos elaborados con 100% de NaCl y una mezcla de 75% NaCl y 25% KCl las características sensoriales, microbiológicas, físicas y químicas

## **IV. MATERIALES Y MÉTODO**

### **1. Diseño Experimental**

Jamón crudo comercial, adquirido en un supermercado (3 repeticiones)

Carne cruda de cerdo (5 repeticiones)

Tratamiento A: Pierna con 100% de NaCl (5 repeticiones)

Tratamiento B: Pierna con NaCl (75%) y KCl (25%) (5 repeticiones)

Las piernas mencionadas provienen de 5 animales, en donde la pierna izquierda se elaboró con el tratamiento A y la pierna derecha del mismo cerdo con el tratamiento B.

### **2. Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza de muestras emparejadas y no emparejadas, para comparar las variables. Las pruebas no paramétrica empleadas fueron de Wilcoxon y Kruskal Wallis. Para este procedimiento se utilizó el programa computacional INFOSTAT versión 2014 para Windows.

### **3. Elaboración artesanal de jamón crudo**

Obtención de la materia prima. Se seleccionaron 10 piernas de cerdos con piel y con pezuña pertenecientes al proyecto financiado por la Fundación de Innovación Agraria (FIA), denominado "Diseño de un modelo de producción de carne natural de aves y cerdos, aplicable para productores de la agricultura familiar campesina de la provincia de Linares", realizado a través de la empresa Carnes Andes Sur S.A., de la comuna de Parral.

Los cerdos híbridos (macho terminal Duroc y hembras terminales), se criaron bajo el siguiente sistema de crianza: dos meses de crianza y destete, cinco meses y medio de pastoreo en praderas sembradas y un período final de terminación en corral siendo alimentados sólo con granos. Los animales se faenaron a los 9 meses de edad, con un peso vivo promedio de  $109,2 \pm 4,1$  Kg. El beneficio se realizó en una planta faenadora de carnes de Chillán, luego del desposte se enviaron las piernas refrigeradas a la planta piloto de la Facultad de Ingeniería



Agrícola de la Universidad de Concepción en el Campus Chillán, donde se conservaron en cámaras de frío a 3°C, durante 5 días, hasta el inicio del proceso de elaboración.

Los procesos que se desarrollaron se basan en una técnica española de elaboración de Jamón Serrano (Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

**Operaciones preliminares.** Se efectuaron los siguientes procedimientos para el acondicionamiento previo de las piernas para la salazón:

- a) Identificación de las piernas: fue realizado de acuerdo al número correlativo de canal entregado por la planta faenadora. Cada pierna siendo identificada mediante números individualmente.
- b) Inspección visual de las piernas: fue orientada a buscar alteraciones como textura friable de la carne, notorias separaciones entre piezas musculares y/o a la inserción en los huesos, grasas de aspecto aceitoso, textura blanda y heridas de gran tamaño que atravesen más de un tejido, ya que estos defectos son incompatibles con el inicio de la salazón.
- c) Pesaje y registro de los pesos de las piernas.
- d) Perfilado del jamón: se recortó carne, grasa y piel de las piernas, de modo de otorgar la forma redondeada típica del jamón español. En la planta faenadora se extrajo el hueso coxal de las piernas por lo que la cabeza y cuello femoral quedaron expuestos.
- e) Masaje y sangrado de las piernas: se hizo mediante compresiones manuales desde la extremidad distal hacia la zona de la herida (zona de carne expuesta), extrayendo la sangre residual desde los vasos sanguíneos mediante toallas absorbentes. La sangre eliminada se removió de manera que esta no tomará nuevamente contacto con la carne. El masaje y sangrado permite evitar alteraciones microbiológicas internas como la cala del jamón (Martín *et al.*, 2008).

**Salazón.** Este proceso duró 15 días. El período de las piernas en sal, fue calculada en base al peso promedio de las piernas refrigeradas, utilizando un tiempo de 1,5 días por cada Kg de peso (Belmonte *et al*, 200?; Arnau, 1998a).

Las piernas se ubicaron en contenedores plásticos individuales, cubriendo totalmente la zona expuesta con sal de mar LOBOS® para el tratamiento A y para el tratamiento B con una mezcla de sal de mar LOBOS® y una sal reducida en sodio (Na) BIOSAL®. Una vez aplicada la sal, las piernas se mantuvieron refrigeradas a 3°C durante todo el proceso de salado.

**Post salado.** Terminado el proceso de salazón, se retiró totalmente la capa de sal, para posteriormente lavar y cepillar con agua tibia las piernas, de manera de no dejar residuos de sal sobre la carne. Inmediatamente se efectuó un secado total de la superficie de las piernas con papel absorbente (Arnau, 1998a). Posterior a esto, se pesaron y registraron los pesos de cada pierna. Por último, fueron colgadas por su parte distal permaneciendo de esa forma hasta el final del proceso de elaboración. Una vez colgadas se mantuvieron de 3 a 4°C por un período de 95 días.

**Secado y maduración.** Posteriormente para lograr mayor deshidratación, las piernas o los jamones fueron expuestos a una temperatura ambiente, siguiendo una secuencia de aumento paulatino y progresivo de temperatura y tiempo de exposición. Por lo tanto, la temperatura ambiente a finales de invierno e inicio de primavera fue la encargada de otorgar los 20 a 30°C finales requeridos para llevar a cabo el secado y la maduración (García-Rey *et al.*, 2004).

Se usó un Estante de Secado y Maduración (ESM), que tuvo como objetivo contener a los jamones colgados y protegidos de los insectos, para que estos pudieran alcanzar temperatura ambiente. Se hizo una etapa de aclimatación a la temperatura ambiental, previa al inicio del secado y maduración:

Se expuso durante 3 horas la primera semana, comenzando en la mañana cuando la temperatura ambiente no sobrepasaba los 20° C.

En la segunda semana, se aumentó el tiempo de permanencia en el ESM a 4 horas no excediendo los 25°C.

Durante la tercera semana el período se extendió a 6 horas diarias, cuando la temperatura ambiente no sobrepase los 25°C.

Durante la cuarta semana finalizó el periodo de aclimatación, y se dio paso al almacenamiento continuo en el ESM, alcanzando los 30°C temperatura ambiente que permite al jamón lograr sus características.

El proceso de elaboración, consideró las épocas del año para alcanzar las temperaturas apropiadas. Iniciándose la elaboración a inicios de septiembre y finalizando al cabo de 13 meses, coincidiendo ambas con la primavera de Chile.

**Acondicionamiento final.** Al final del proceso, una vez alcanzada la merma de peso por deshidratación de 33 a 39% (Arnau *et al.*, 2003; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011), los jamones se cubrieron con una fina capa de manteca en la zona expuesta (Cilla *et al.*, 2005b). Terminado el proceso de elaboración, las piernas se mantuvieron a temperatura ambiente en el ESM hasta la obtención de muestras para los análisis microbiológico, sensorial, químico y físico.

#### **4. Análisis microbiológico del producto terminado**

Se evaluó la calidad sanitaria bajo criterios microbiológicos de todos los jamones, de acuerdo a lo dispuesto en el título V del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA). Se analizó los microorganismos pertinentes en el “grupo alimenticio 10.5” cecinas crudas maduradas: *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.* Además, se pesquisó la presencia de *Listeria monocytogenes*, aplicando el criterio de alimento listo para el consumo (LPC) que no favorece el desarrollo de este microorganismo. En adición, se incluyó la busca de *Escherichia coli* en todas las muestras.

Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de Microbiología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Salud y de los Alimentos de la Universidad del Bío - Bío, Campus Fernando May, Chillán.

## **5. Evaluaciones físicas de la materia prima y del producto terminado**

### **I.- Evaluación de las pérdidas de peso durante las etapas de elaboración**

Se registró el comportamiento de las pérdidas de agua durante todas las etapas de elaboración y cuantificó la contribución de cada una de éstas a la merma de peso de los jamones.

En el salado, se realizó un pesaje y registro inicial y otro al final luego de haber retirado la sal. En tanto, en el post salado y secado y maduración, se efectuaron pesajes semanalmente.

### **II.- Evaluación de la Textura**

Mediante prensa Kramer® en la máquina universal de pruebas INSTRON® con especímenes de prueba controlados en área y espesor. Se hicieron dos repeticiones por cada determinación para la carne de cerdo, tratamiento A y B.

### **III.- Evaluación del Color**

Se realizó con lonchas de jamón de 3 mm de espesor analizadas en un Colorímetro espectrofotómetro de reflejo marca Hunter Lab modelo Color QUEST®. Se usó iluminante B en ángulo de 45° y sobre un visor de 2,54 centímetro de diámetro. Se hizo tres repeticiones por cada determinación para la carne de cerdo, tratamiento A y B.

### **IV.- Evaluación de la Humedad**

Según Standard AOAC, se hizo una repetición por cada determinación para la carne de cerdo, tratamiento A y B.

## **V.- Evaluación de la Actividad de agua (aW)**

Se realizó con muestras de jamón trozadas de 3mm de espesor en un depósito con un medidor de aW Novasina a 20°C. Se hizo una repetición por cada determinación para la carne de cerdo, tratamiento A y B.

## **6. Evaluaciones químicas del producto terminado**

### **I.- Evaluación del pH**

Se realizó con un pHmetro de electrodo, marca HANNA INSTRUMENTS®, modelo HI 9025 en cada una de las muestras descrita en el diseño del proyecto. Se hizo dos repeticiones por cada determinación para la carne de cerdo, tratamiento A y B.

### **II.- Evaluación del Sodio (Na) y Potasio (K)**

Se realizó de acuerdo al Procedimiento para determinación de sodio, potasio y calcio en alimentos. Método Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama. Método AOAC 985.35. PRT-711.02.012. Se hizo una repetición por cada determinación para la carne de cerdo, tratamiento A y B.

## **7. Evaluaciones sensoriales del producto terminado**

Para evaluar la calidad sensorial del jamón artesanal, se planificó un panel sensorial cuyo objetivo fue categorizar la aceptabilidad de los atributos intrínsecos del producto, que determinan la preferencia de un producto una vez consumido (Resano *et al.*, 2011). Se incluyeron en éste, el aroma, color, sabor, textura y la aceptabilidad global de las muestras.

### **Obtención de muestras**

A partir de cada jamón se cortaron trozos de <2 mm de espesor y de aproximadamente 4 cm de largo por 3 cm de ancho, extraídas desde la parte trasera del jamón (parte caudal de la pierna), para ser presentadas a un panel de catadores semi-entrenados. Una vez obtenidos los set de muestras se

almacenaron individualmente en bolsas herméticas, cubiertas con papel de aluminio y fueron refrigeradas a 4°C hasta el momento del análisis sensorial.

Antes de exhibir las muestras a los catadores, se dejaron que las lonchas de jamón tomen temperatura ambiente (Flores *et al.*, 1997) para que tengan la misma temperatura al momento de la degustación.

**Selección de catadores.** El panel de catadores estuvo constituido por 50 alumnos de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad del Bío-Bío, quienes poseen conocimientos básicos de evaluación sensorial, por lo que reciben la categoría de catadores semi-entrenados.

Al momento de la degustación se verificó que los participantes no tengan problemas de salud incompatible con la evaluación, por ejemplo, disfunciones olfatorias (Verhagen y Engelen, 2006) y/o estén ingiriendo algún tipo de medicamento, que se han asociado con alteraciones como pérdida del gusto, alteración del sabor y sabor metálico (Schiffman, 2007).

**Evaluaciones sensoriales de las muestras.** Los paneles sensoriales se efectuaron en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Ciencias de la Salud y de los Alimentos de la Universidad del Bío - Bío, Campus Fernando May, Chillán. El laboratorio se encontraba temperado entre 20 a 22°C (Cilla *et al.*, 2005; Armenteros, 2010; Guàrdia *et al.*, 2010) al momento de las evaluaciones.

**Test de Aceptabilidad en jamón crudo.** Cada catador recibió tres muestras, una proveniente del jamón con NaCl 100% (A), otra proveniente del jamón con 75% NaCl y 25% KCl (B) y la última de un jamón comercial (C), no informándole del origen de éstas. En consecuencia, para el desarrollo del panel las muestras fueron identificadas por un código individual, seleccionado de forma aleatoria. La degustación se hizo por separado, dejando un intervalo de 1 a 3 minutos entre cada muestra para evitar adaptación sensorial, y bebiendo agua entre cada muestra (Armenteros, 2010; Cilla *et al.*, 2005). Una vez probada la muestra, cada catador respondió de acuerdo al grado de aceptación, mediante una escala de 1 a

5, la cual se incluye en la planilla de respuestas entregada a los catadores participantes en los ensayos sensoriales del test de aceptabilidad, evaluando independientemente los atributos sensoriales, Tabla A del apéndice .



## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Análisis microbiológico

La Tabla 1 indica los resultados entregados por el Laboratorio de Microbiología de los Alimentos de la Universidad del Bío-Bío, los cuales indicaron que las muestras del jamón artesanal analizadas tuvieron un crecimiento negativo en los medios de cultivos empleados para todos los microorganismos señalados, determinando el cumplimiento de los parámetros microbiológicos del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA), de acuerdo al grupo alimenticio y al plan de muestreo considerado para cada microorganismo examinado en todas las muestras analizadas a partir del jamón artesanal.

**Tabla 1. Microorganismos incluidos para el muestreo de cecinas crudas maduradas en el RSA de Chile (Modificado de Ministerio de Salud, 2010).**

Parámetro	Plan de Muestreo		Límite por gramo				Resultados**
	Categoría de Riesgo	Clases de Muestreo	n	c	m	M	
<i>S. aureus</i> ufc/g	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>	<10
<i>Salmonella</i> en 25 g	10	2	5	0	0	---	0
<i>L. monocytogenes</i> ufc/g*	10	2	5	0	100	---	0

\*Criterio microbiológico para *Listeria monocytogenes* en alimentos listos para consumo (LPC) que no favorecen desarrollo.

\*\*Resultados derivados del análisis de las muestras de jamón artesanal.

n: número de unidades a ser examinadas.



c: número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que el alimento sea aceptable.

m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no presenta un riesgo para la salud.

M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico del jamón comercial se muestran en la Tabla A del apéndice.

Además, se incluyó la evaluación de *Escherichia coli* como representante de la familia Enterobacteriaceae a fin de que se incluyera un microorganismo indicador (Ministerio de Salud, 2010), mostrando también crecimiento negativo. La inclusión del análisis de *Escherichia coli* tuvo como objetivo evaluar en primera instancia la capacidad del método de elaboración de inhibir el crecimiento de enterobacterias, ya que microorganismos de este tipo pueden ser inoculados a la superficie de la carne durante el proceso de eviscerado (Manríquez, 2013). La contaminación microbiana puede ocurrir durante las operaciones preliminares de las piernas, debido a la inadecuada sanitización de las superficies de almacenamiento, transporte, equipos y el proceso de corte de las canales (Hormazabal, 2015).

Los deterioros tecnológicos asociados al crecimiento microbiano, por ejemplo: manchas oscuras, provocan importantes pérdidas económicas para las industrias de elaboración de jamón Ibérico (Andrade *et al.*, 2012). Por ello, durante la elaboración, se inspeccionó cuidadosamente las piezas en busca de fenómenos asociados con el deterioro microbiano como defectos de color o cambios de textura, desarrollo de sabores y olores u otras características que hacen desagradables para el consumo (Hormazabal, 2015), no encontrando en ninguna etapa dichas alteraciones.

El jamón crudo, se considera como un alimento LPC que no favorece el desarrollo de *L. monocytogenes*, ya que posee valores de  $a_w$  menores a 0,92 (Ministerio de Salud, 2010). Además la adición de sal, nitratos y nitritos evitan la proliferación de este microorganismo, de hecho, inactivan el patógeno durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Sin embargo, *L. monocytogenes* es capaz de iniciar su crecimiento en un rango de temperatura de 0 a 45°C, posee un amplio rango pH para su crecimiento de 4,3 a 9,6 (Roberts y Wiedmann, 2003) y puede crecer a valores de  $a_w$  tan bajos como 0.90 y a altas concentraciones de NaCl, incluso sobre el 10% (Marriguez, 2013). En consecuencia, es importantísima la inclusión de *L. monocytogenes* en el análisis microbiológico en los alimentos LPC, debido al alto riesgo que posee la población susceptible (inmunodeprimidos, embarazadas, fetos o niños recién nacidos y personas mayores) de contraer listeriosis (Hormazabal, 2015). En contraste, en un trabajo realizado por Fulladosa *et al* (2010), se determinó que *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* (no fue detectada) no representaron ningún problema de seguridad en los jamones estudiados, al igual que en este trabajo. Sin embargo, y pese a las características del producto, no se debe descuidar la recontaminación en el lugar de empaque y venta del productos, la manipulación y condiciones de almacenamiento, las cuales pueden incrementar el riesgo de contaminación (Bover-Cid *et al.*, 2011) y aumentar la dosis del microorganismo previo al consumo.

En otro aspecto, es interesante analizar la presencia de microorganismos pertenecientes a la familia micrococcaceae, ya que se ha reportado la presencia de esta familia en la sal utilizada para la salazón de las piernas, especialmente del género *Staphylococcus*, debido a la alta resistencia al Cloruro de Sodio (NaCl) y a la particularmente baja demanda de oxígeno de este género (Zumalacárregui, 1997). Las Intoxicaciones alimenticias por *Staphylococcus*, son una causa común de gastroenteritis en personas de todo el mundo, de las cuales el microorganismo predominantemente es *Staphylococcus aureus*. Los seres humanos son el principal reservorio de *Staphylococcus aureus*, pudiendo contaminar los alimentos

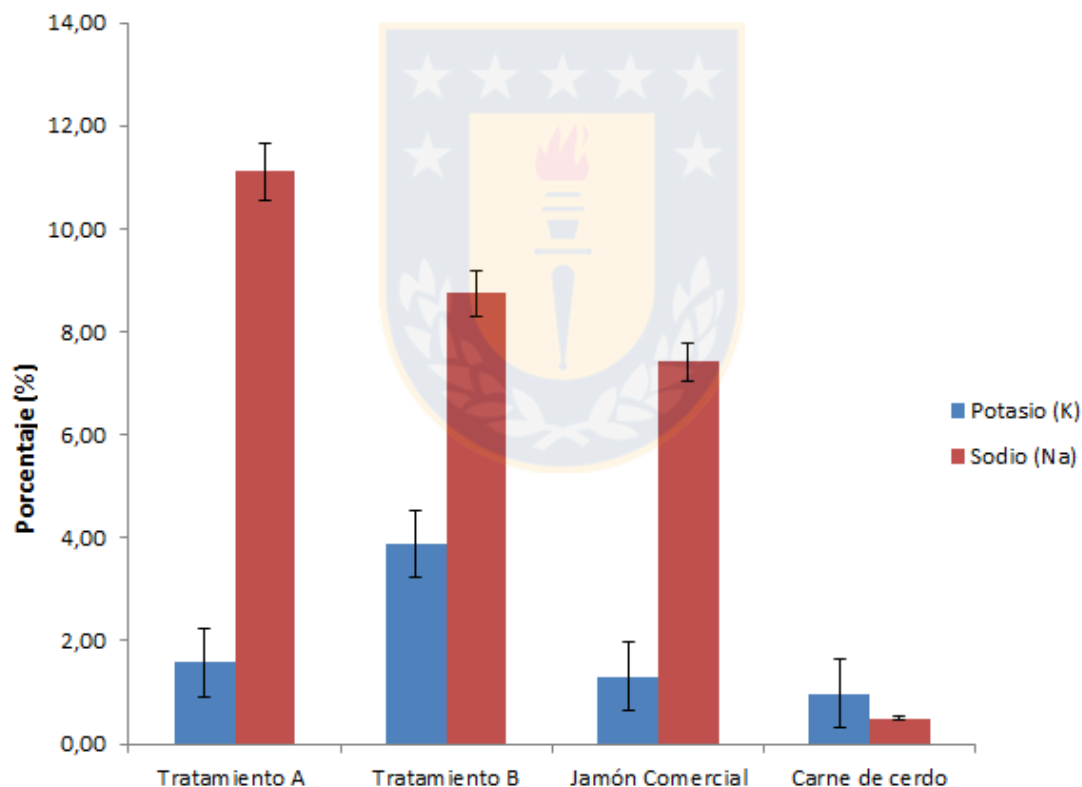
por contacto directo, indirecto por fragmentos de piel o a través de aerosoles del tracto respiratorio (Resano, 2009). Por ello, en el jamón crudo, la determinación de este microorganismo es un indicador de las BMP (buenas prácticas de manufactura) durante todo el proceso y la efectividad del muestreo. Si bien, *Staphylococcus aureus* crece a un bajo pH y a una  $a_w$  de 0,86 o menor en condiciones aeróbicas (Montville y Matthevs, 2001), con frecuencia es aislado en bajas cantidades o no es detectado (Manriquez, 2013), lo cual es consistente con los análisis realizados en este estudio.

El jamón crudo curado, aparece exitoso como método de conservación, ya que no es frecuente encontrar microorganismos patógenos que sobrevivan al proceso madurativo. Martín, *et al* (2008) en su estudio, determino la nula presencia de enterobacterias a los 12 meses de elaboración en jamones Ibéricos.

Al concluir el proceso madurativo, el jamón crudo estabiliza sus características físicas y se transforma en un producto seguro para los consumidores, utilizando NaCl o KCl. Se debe considerar que, el análisis microbiológico siempre es parte del proceso de elaboración de jamón crudo artesanal, de manera que su resultado retroalimente a la industria y le permita controlar de mejor forma los puntos críticos de contaminación microbiana y los procedimientos que permiten la inhibición de la flora indeseable y patógena.

## 2. Análisis químico

En la Figura 1, se muestra el contenido final de Na y K el reemplazo de NaCl por KCl en el jamón elaborado con el tratamiento B. Se observa un menor contenido del Na en el tratamiento B ( $8,74 \pm 1,156$  % de Na) y una mayor cantidad en el K para el mismo grupo en relación al tratamiento A ( $11,11 \pm 1,467$  % de Na) que fue salado con 100 % de cloruro de sodio. Según Armenteros (2010) y Toldrá (2006), el tratamiento B con los valores de Na queda dentro del rango esperado para jamones crudos. En cuanto, a los valores de la carne de cerdo la relación Na/K es inversa a lo encontrado en los Tratamientos A y B, pues el Na es menor ( $0,50 \pm 0,068$ ) y el K es mayor ( $0,98 \pm 0,146$ ).



**Figura 1. Contenido de Na y K de jamones artesanales del tratamiento A y B, jamón comercial y carne de cerdo.**

Según Armenteros (2010), el cloruro de sodio o sal común, ejerce diversas funciones en los alimentos y de hecho, se utiliza durante el proceso de elaboración

de una gran variedad de éstos, siendo en los productos cárnicos donde tiene mayor relevancia, utilizándose para el control del crecimiento microbiano, y contribuye a la capacidad de retención de agua del producto, facilita la solubilización de ciertas proteínas miofibrilares y confiere el típico sabor salado. Además, afecta a reacciones enzimáticas como la proteólisis, lipólisis y oxidación, las que influyen directamente en el desarrollo de las características organolépticas del producto. Por lo expuesto anteriormente, es determinante la cantidad y tipo de sal empleada en la elaboración de jamones artesanales.

La mayor cantidad de Na en los jamones artesanales, tratamiento A y B, se debe al máximo tiempo de salado utilizado en este trabajo en la elaboración de jamones crudos (1,5 días por cada Kg. de peso). Los valores recomendados para el salado van desde 1 a 1,5 días por cada Kg. de peso (Armenteros, 2010; Arnau, 1998a).

El porcentaje de Na resultó mayor ( $p < 0,05$ ) en el tratamiento A que en un jamón comercial, y no existe diferencia ( $p > 0,05$ ) para el porcentaje de K. En el caso del tratamiento B el porcentaje de K fue mayor ( $p < 0,05$ ) que en un jamón comercial y en el porcentaje de Na no hubo diferencia ( $p > 0,05$ ). La prueba de Kruskal Wallis se utilizó para relacionar el tratamiento A y B donde el porcentaje de Na y K son diferentes ( $p < 0,05$ ), siendo mayor el sodio en el tratamiento A y el potasio en el tratamiento B. En los tratamientos A y B los valores de Na ( $p = 0,032$ ) se alejan bastante de la carne de cerdo y lo mismo ocurre con el K ( $p = 0,008$ ).

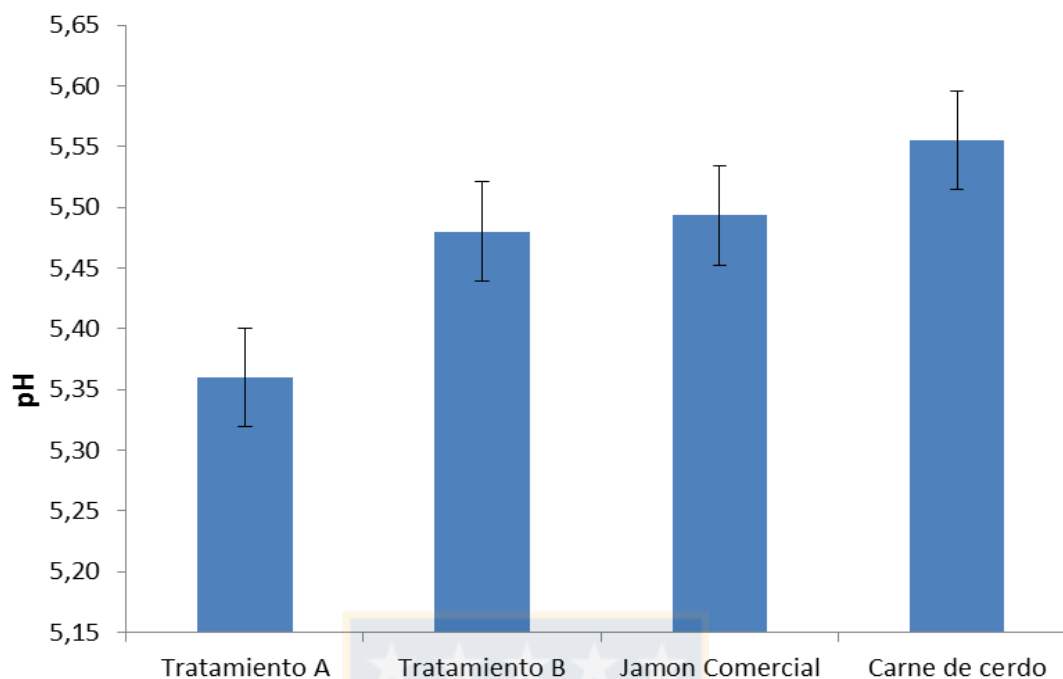
Como era de esperar, los jamones salados con una mezcla de NaCl y KCl, tratamiento B, mostraron un aumento en el contenido residual del ión  $K^+$ , el cuál aumentó de manera sustancial respecto a la concentración de KCl que se añadió a la mezcla de sales.

El potasio es uno de los cationes más abundantes en el organismo. En la naturaleza está presente en forma de sal orgánica e inorgánica en gran cantidad de frutas, verduras, legumbres y oleaginosas. De hecho, el consumo diario de  $K^+$  se sitúa entre 25-90 mmol/día (Luft y Weinberger, 1987). La ingesta de K juega un papel importante en la regulación de la presión arterial. Un incremento en la

ingesta diaria de potasio, alrededor de 30-45 mmol K al día, es capaz de provocar una disminución de la presión arterial en torno a 2-3 mm de Hg (INTERSALT 1988; He y MacGregor, 2007). Varios mecanismos parecen estar involucrados en la disminución de la presión arterial provocada por el potasio; ya que es capaz de mejorar la natriuresis, así como de reducir la actividad nerviosa simpática y de disminuir la respuesta presora a la noradrenalina y a la angiotensina II (He y MacGregor, 2007). Lo descrito anteriormente, se debe tener en cuenta pues si bien deseamos reducir el Na por los efectos nocivos que genera a la salud de las personas, el aumento del K en los alimentos también causa alteraciones de negativas.

En la Figura 2, se indican los valores de pH de los diferentes grupos. Si bien los valores de pH del tratamiento A ( $5,36 \pm 0,064$ ) y el tratamiento B ( $5,48 \pm 0,101$ ) son diferentes, no existe diferencia estadística ( $p > 0,05$ ). Al comparar los tratamientos A y B, con un jamón comercial, es mayor ( $p < 0,05$ ) el pH del jamón comercial respecto del tratamiento A, no existiendo diferencia ( $p > 0,05$ ) entre el tratamiento B y un jamón comercial. Los valores de pH en relación a la carne de cerdo no existe diferencia significativa.

El pH brinda información sobre las propiedades cualitativas de la carne, siendo una técnica rápida y relativamente fácil de aplicar. Además, tiene una influencia directa o indirecta sobre el color, la ternura, el sabor, la capacidad de retención de agua y la conservabilidad de la carne por lo que de alguna manera, influye también en las características sensoriales y en la aptitud para la transformación de la carne (Álvarez, 2002). El valor de pH de la materia prima (carne de cerdo) de donde se obtuvieron los jamones del tratamiento A y B, fue de  $5,56 \pm 0,131$ . Es por esta razón, que materias primas con pH elevado, superior a 6,2, no debieran ser seleccionadas para la elaboración de jamón artesanal crudo (Arnau, 1998a).



**Figura 2. Promedio y DE de pH de jamones tratamiento A y B, jamón comercial y carne de cerdo.**

La velocidad y grado de descenso del pH tras el beneficio de los animales, está determinado por la formación de ácido láctico en el músculo, el que es condicionado por la naturaleza y estado del músculo en el momento en que se detiene el flujo de sangre, si bien, los cambios que acontecen en el músculo después del beneficio, tienen su origen durante los procesos de insensibilización de los animales. Este descenso del pH tiene influencia sobre las propiedades organolépticas e higiénicas de la carne, así como en su aptitud tecnológica para la transformación, y están condicionados por los factores genéticos y por el estrés producido en los animales antes y durante la faena (Albarracín, 2009; Armenteros, 2010).

### 3. Evaluaciones físicas de la materia prima y del producto terminado

#### I.- Evaluación de las pérdidas de peso durante las etapas de elaboración

En la Tabla 2, se muestra la pérdida de peso en cada etapa de elaboración de los jamones crudos. El peso inicial promedio de las piernas del tratamiento A fue de  $10,28 \pm 0,46$  Kg y de  $10,28 \pm 0,69$  Kg del tratamiento B. Al final de la salazón, las piernas del tratamiento A perdieron 0,85 Kg y 0,89 Kg en el tratamiento B, lo que representó un 8,3% y 8,7% de merma de peso respectivamente, atribuyendo esto al agua retirada por la sal. Durante los 95 días de post salado, la disminución de peso alcanzó 1,47 Kg en el tratamiento A y 1,22 Kg en el tratamiento B, con una merma de peso de 22,5% y 20,5% en cada tratamiento, esto representó la mayor pérdida de peso de las tres etapas de elaboración, siendo mayor que la etapa de secado, en donde se alcanzan temperaturas más altas y la humedad disminuye. La merma de peso alcanzada al final del secado y maduración llegó a 33,7% para el tratamiento A y para el tratamiento B un 32,9%, otorgando a los jamones un peso promedio de 6,81 Kg y 6,89 Kg respectivamente.

**Tabla 2. Pesos promedio y DE inicial y final de los jamones tratamiento A y B por etapa de elaboración.**

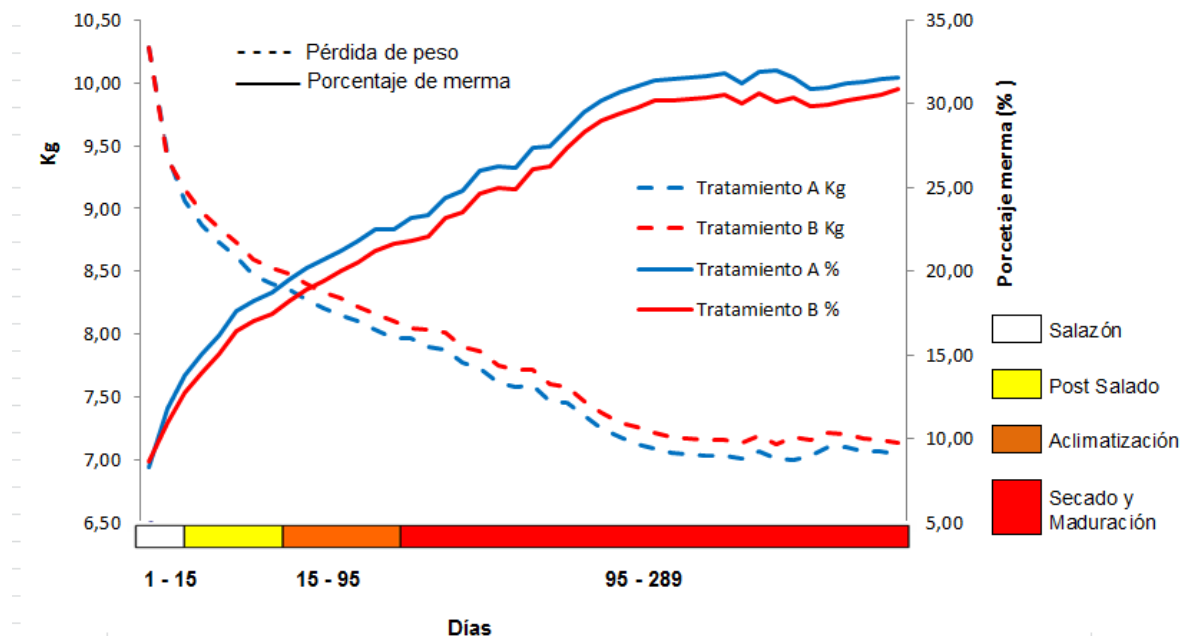
	Salazón		Post salado		Secado y maduración	
	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento A	Tratamiento B
Peso (Kg) inicial*	$10,28 \pm 0,46$	$10,28 \pm 0,69$	$9,43 \pm 0,64$	$9,39 \pm 0,46$	$7,96 \pm 0,41$	$8,17 \pm 0,55$
Peso (Kg) final*	$9,43 \pm 0,64$	$9,39 \pm 0,46$	$7,96 \pm 0,41$	$8,17 \pm 0,55$	$6,81 \pm 0,35$	$6,89 \pm 0,35$
Diferencia de peso (Kg)	0,85	0,89	1,47	1,22	1,15	1,28
Merma de peso acumulada por etapa (%)	8,3	8,7	22,5	20,5	33,7	32,9

\*peso promedio de las 5 piernas y desviación estándar por etapa.



La mayor diferencia de las pérdidas de peso entre los jamones del tratamiento A y B, se encuentra en la etapa de post salado, siendo un 2,5% mayor en el tratamiento A. Estadísticamente no existe diferencia significativa de las pérdidas de peso de los tratamiento A y B, con un  $p=0,05$ .

En la Figura 3, se muestra el comportamiento promedio de las pérdidas de peso durante el proceso de elaboración. Al comparan las etapas de elaboración, en la salazón existió un descenso brusco de peso, si se contrasta con el post salado y el secado y maduración, ya que en un periodo de tiempo inferior se generó un 8% de merma de peso. En las etapas subsecuentes al salado, el descenso en el peso se hizo más paulatino y la pendiente de la curva en el gráfico no se hizo tan pronunciada. En la fase de aclimatación, perteneciente al post salado (naranja en el gráfico, Figura 3), los jamones comienzan a dejar progresivamente las temperaturas de refrigeración en las que estuvieron durante el post salado. Sin embargo, en esta fase la curva de pérdida peso mantuvo su tendencia, con una leve alza de los pesos asociado a la captación de humedad ambiental, debido a que en la elaboración artesanal la temperatura, velocidad y humedad del aire no son controladas, por lo que la variación de peso se hace dependiente de las condiciones de almacenamiento de los jamones. Los resultados de disminución de peso del presente estudio coinciden con los que define el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España para la elaboración de jamón serrano, siendo el periodo de elaboración superior al mínimo establecido de 210 días, y la pérdida de peso similar a la establecida de 33%.



**Figura 3. Pérdidas de peso y porcentaje de merma de los jamones crudos artesanales de cerdos en cada una de las etapas de elaboración.**

En el salado, el peso promedio final de los jamones fue de  $9,43 \pm 0,64$  para el tratamiento A y de  $9,39 \pm 0,46$  Kg para B, con una pérdida de peso acumulada de un 8,3 y 8,7 % por deshidratación provocada por la sal respectivamente. Esto debido a un mecanismo de transferencia de materia durante el proceso de salado, básicamente por dos flujos principales; a- Flujo de agua, que se asocia en primer lugar a la pérdida de agua del alimento por efecto del fenómeno osmótico y en segundo lugar al flujo del agua desde las zonas de baja concentración de sal (interior del alimento) hacia las zonas con alta concentración de sal (exterior del alimento). b- Flujo de sal, la que una vez disuelta penetra en el alimento, debido a la baja concentración existente en su interior. La velocidad con que la sal penetra en el alimento disminuye a medida que el equilibrio salino, entre el medio exterior (sal) y el producto, es alcanzado (Albarracín, 2009).

Durante el post salado se obtuvo un peso promedio de las piernas de  $7,96 \pm 0,41$  para el tratamiento A y  $8,17 \pm 0,55$  Kg para el B, con una pérdida acumulada de peso de 22,5 y 20,5% respectivamente. En esta etapa se busca conseguir la estabilización de la pieza de jamón. Ello se consigue mediante la distribución

homogénea de la sal absorbida por la pieza durante la etapa de salado (Arnau, 1998) por mecanismos de osmosis y difusión, y a la progresiva pérdida de agua por parte de la pieza, la cual es debida fundamentalmente a un secado convectivo (Boadas *et al.*, 2001). De esta manera se reduce el valor de  $a_w$ , inhibiendo el desarrollo de microorganismos alterantes y controlando la actividad enzimática endógena, con lo que en etapas posteriores se podrá aumentar la temperatura ambiental (Albarracín, 2009).

En el secado y maduración, el peso promedio de las piernas fue de  $6,81 \pm 0,35$  Kg para el tratamiento A y  $6,89 \pm 0,35$  Kg para el B, con una merma acumulada de peso de 33,7 y 32,9% respectivamente. En esta etapa existió una tendencia a estabilizar las pérdidas de peso hacia la mitad de esta etapa. Dicha tendencia se mantuvo hasta el final del proceso, en donde las mediciones del peso reflejan pequeños cambios y la pendiente en el gráfico tendió a cero. La curva de merma porcentual de peso, tiene igual comportamiento a la curva de peso promedio, debido a que son dependientes entre sí. También, se generó una leve formación de corteza, que es uno de los problemas más importantes en los productos cárnicos curados, este fenómeno puede ser definido como una capa superficial excesivamente más dura que el resto del producto (Ruiz-Ramírez *et al.*, 2005). Se debe a que las condiciones medio ambientales (temperatura y humedad) no fueron reguladas artificialmente. Generalmente, el acortezamiento surge cuando los jamones son expuestos a altas tasas de secado en la parte exterior, mientras se mantiene un contenido de humedad muy elevada en la parte interior. Como resultado, se tiene una gradiente de humedad muy fuerte entre el interior y las zonas exteriores. Conjuntamente, la velocidad de difusión del agua desde la zona interna no compensa la tasa de deshidratación alta en la superficie, y en consecuencia se endurece la superficie y se puede formar una costra (Arnau, 1998b).

## II.- Evaluación de la Textura

La textura es una prueba física que se relaciona directamente con la terneza de la posee la carne, al momento de ser consumida. Esta última se trata de una característica directamente relacionada con la estructura muscular, es decir, con las proteínas miofibrilares, que forman parte integral de la estructura de la fibra muscular y el colágeno (Toldra, 1998).

Se denomina módulo de elasticidad a la razón entre el incremento de esfuerzo y el cambio correspondiente a la deformación unitaria. Si el esfuerzo es una tensión o una compresión, el módulo se denomina módulo de Young y tiene el mismo valor para una tensión que para una compresión (Martínez y Azuaga, 1997).

La tabla 3 muestra los valores de pendiente para los jamones del tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo. Al comparar la interacción entre los jamones del tratamiento A y B, y el jamón comercial, no fue estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ). En cambio al relacionar los jamones artesanales e industrial con la carne de cerdo existe una marcada diferencia estadística, donde  $p < 0,007$ , para los 3 jamones.

**Tabla 3. Pendiente promedio y DE de jamones artesanales tratamiento A y B, jamón comercial y carne de cerdo.**

	Pendiente ( $\text{N mm}^{-1}$ )
Tratamiento A	311,011± 111,78
Tratamiento B	304,841± 74,202
Jamón comercial	412,03± 178,163
Carne de cerdo	152,161±49,135

No hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos. Esto significa que tanto el NaCl y KCl producen la misma textura en el producto terminado. La tendencia a la diferencia de los jamones del tratamiento A y B, se debe a la menor cantidad de NaCl, empleado en la elaboración (Armenteros, 2010). La sal mejora

la aptitud tecnológica de los productos cárnicos. Además afecta a la textura al aumentar la capacidad de retención de agua, facilita la incorporación de la grasa a la masa cárnica y es también esencial para el desarrollo del aroma y sabor. Asimismo, es necesaria para la conservación de los productos cárnicos por su efecto bacterioestático (Terrell, 1983).

En la tabla 4 se observa, que la tendencia a la diferencia más alta en relación al punto máximo es para el jamón comercial y el más bajo para la carne de cerdo. Entre los jamones del tratamiento A y B, no existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,65$ ). Lo mismo ocurre al comparar los jamones, tratamiento A y B, con el jamón comercial ( $p=0,1$ ). En cambio, al analizar conjuntamente el jamón comercial y la carne de cerdo arroja una diferencia que es significativa ( $p=0,028$ ).

**Tabla 4. Punto máximo\* de ruptura promedio y DE de jamones de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo.**

	Punto máximo de ruptura (N)
Tratamiento A	841,107± 206,073
Tratamiento B	757,213± 208,928
Jamón comercial	1512,53± 352,129
Carne de cerdo	667,87 ± 191,486

\* = Corresponde al momento exacto donde se produce la ruptura del objeto o película, sometida a una determinada fuerza.

### III.- Evaluación del Color

El color de la carne puede variar del rojo–púrpura intenso de la carne de res recién cortada a un ligero color gris de la carne descolorida de cerdo. Afortunadamente el color de la carne puede controlarse si se han entendido los factores que lo influyen. El color de la carne fresca y curada depende de la mioglobina, pero son considerablemente diferentes entre sí en términos de cómo se forman y su estabilidad general (Boles y Pegg, 2011).

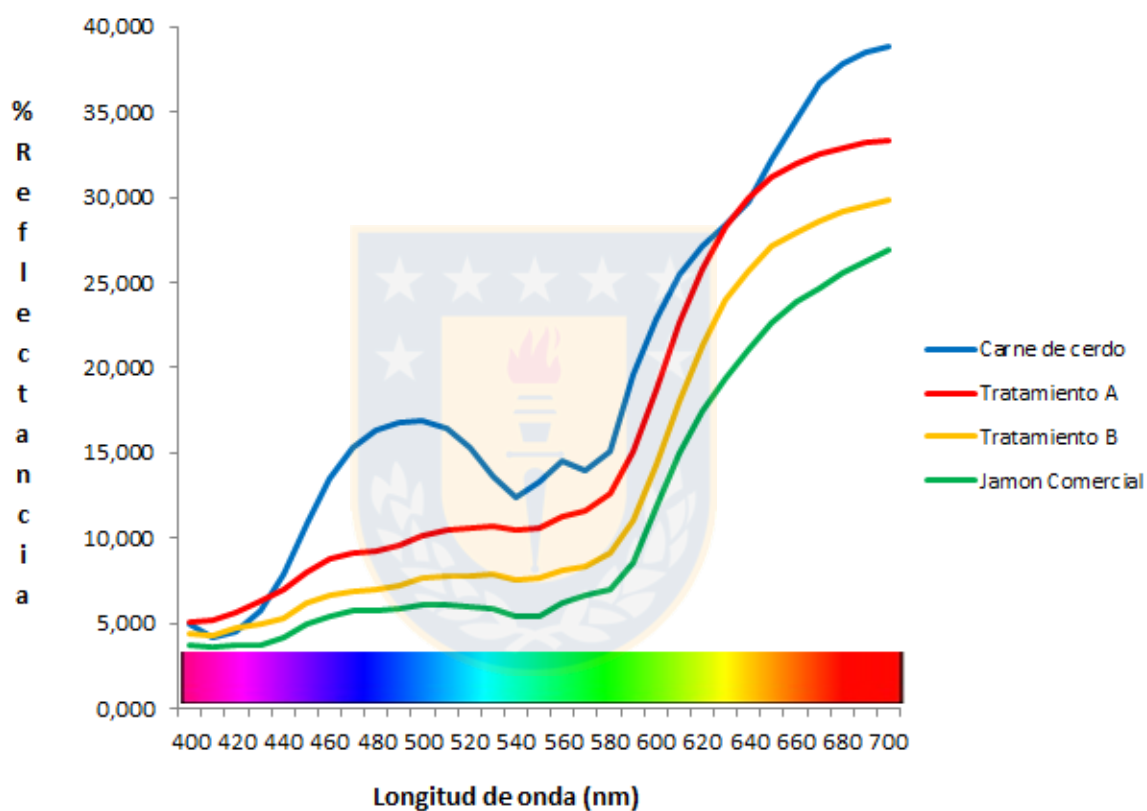
En la tabla 5, muestra los valores de L\*, a\* y b\* de los jamones de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo. Al observar la tendencia a la diferencia entre los jamones y carne de cerdo, los datos entregados por el estadístico no existe diferencia significativa ( $p>0,05$ ).

**Tabla 5. Color promedio y DE de jamones de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo. (CIELAB)**

	L*	a*	b*
Tratamiento A	37,64±4,118	17,53±1,419	14,26±2,344
Tratamiento B	43,02±1,956	16,2±1,579	16,1±1,307
Jamón comercial	33,57±3,057	17,86±2,619	12,62±3,587
Carne de cerdo	47,71±4,086	9,51±0,827	14,7±0,517

El CIE L a b (CIELAB) es el modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Fue desarrollado específicamente con este propósito por la Commission Internationale d'Eclairage (Comisión Internacional de la Iluminación), razón por la cual se abrevia CIE. Los tres parámetros en el modelo representan la luminosidad de color (L, L=0 rendimientos negro y L=100 indica blanca), su posición entre rojo y verde (valores negativos de a indican verde mientras valores positivos de a indican rojo) y su posición entre amarillo y azul (valores negativos de b indican azul y valores positivos de b indican amarillo).

En la figura 4 se muestra el comportamiento que tienen los diferentes jamones analizados en este estudio, una vez finalizado el proceso de elaboración. Se observa claramente en el gráfico que los jamones del tratamiento A, Tratamiento B y jamón comercial poseen la misma tendencia, a diferencia del grupo carne de cerdo, donde su trayectoria se modifica en la línea de los azules. Este cambio de color en la carne de cerdo se asocia a que aún hay inestabilidad de los pigmentos que posee el músculo.



**Figura 4. Porcentaje de reflectancia y longitud de onda (nm) de jamones de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo.**

#### **IV.- Evaluación de la humedad**

En la Tabla 6, se puede apreciar la humedad expresada en porcentaje de los tres jamones analizados y carne de cerdo. El valor promedio de jamones del tratamiento A fue de  $42,65 \pm 4,31\%$ , de  $40,35 \pm 4,02\%$  del tratamiento B, de  $38,21 \pm 0,43\%$  del jamón comercial y de  $68,08 \pm 1,61\%$  para carne de cerdo.

Estadísticamente, no existe diferencia ( $p=0,5$ ) entre los valores de humedad para los jamones. Referente a carne de cerdo, se observa que es mayor entre un 18 y 20% al compararse con los jamones.

Según Armenteros (2010), los valores de humedad de los jamones se encuentran dentro de lo esperado, producto de la pérdidas de agua por deshidratación durante las diferentes etapas del proceso de elaboración.

**Tabla 6. Contenido de Humedad ( $H^{\circ}$ ) de jamones terminados, de tratamiento A, tratamiento B, jamón comercial y carne de cerdo.**

	$H^{\circ}$ (%)
Tratamiento A	42,65±4,31
Tratamiento B	40,35±4,02
Jamón comercial	38,21±0,43
Carne de cerdo	68,08±1,61

La disminución del contenido en humedad durante la etapa de salado se debe al efecto osmótico producido por la sal que cubre la superficie del pernil (Boadas *et al.*, 2001). Las mermas que se producen en esta etapa del proceso son del 3 al 7 %, si se tiene en cuenta la sal absorbida se obtiene una cantidad total de agua perdida entre el 6 y el 10 % (Arnau, 1993). Los jamones del tratamiento A perdieron un 8,3 % y los del tratamiento B 8,7%.

#### **V.- Evaluación de la Actividad de agua ( $a_w$ )**

El parámetro actividad de agua ( $a_w$ ) se define como la relación entre la presión de vapor de agua que tiene un alimento respecto a la presión de vapor del agua pura. Los valores alcanzados por este parámetro, pueden oscilar entre 0 y 1, siendo su valor el indicativo de la fuerza con la que el agua está retenida en el alimento. Cuanto más pequeño es el valor de  $a_w$ , menor es la cantidad de agua libre disponible en ese alimento y con más fuerza estará retenida el agua que contiene éste (Arnau., 1998b).



En la tabla 7, se muestran los valores de  $a_w$  de los 3 jamones analizados y del grupo carne de cerdo. Para el tratamiento A la  $a_w$  fue  $0,723\pm 0,0379$ , tratamiento B de  $0,6866\pm 0,0357$ , jamón comercial de  $0,725\pm 0,0095$  y carne de cerdo de  $0,9206\pm 0,0117$ . Además podemos apreciar que el jamón del tratamiento B, es levemente menor la  $a_w$ , en relación a los jamones del tratamiento A y jamón comercial. La carne de cerdo tiene el valor mayor al compararse con los jamones analizados.

No hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

**Tabla 7. Actividad de agua promedio y DE de jamones terminados, tratamiento A y B, jamón comercial y carne de cerdo.**

	$a_w$
Tratamiento A	$0,723\pm 0,0379$
Tratamiento B	$0,6866\pm 0,0357$
Jamón Comercial	$0,725\pm 0,0095$
Carne de cerdo	$0,9206\pm 0,0117$

La sal es uno de los aditivos alimenticios más empleados, como conservante a través de los siglos. También por sus propiedades en el realce del sabor de los alimentos (Hormazabal, 2015). La sal también ha sido empleada, especialmente en la industria cárnica, para mejorar la adsorción de agua. Aunque la sal no presenta una acción antimicrobiana directa, su capacidad como agente reductor de la actividad de agua ( $a_w$ ) en los alimentos, reduce o incluso interrumpe los procesos microbianos vitales. Una alta concentración de sal genera cambios en el metabolismo celular, debido al efecto osmótico, generando un efecto en diferentes concentraciones a diferentes clases de microorganismos (Albarracín, 2009). Uno de los objetivos principales del proceso de obtención del jamón curado es la estabilización microbiológica de la carne, la que se consigue fundamentalmente disminuyendo la actividad del agua (Arnau, 1993).

#### 4. Análisis sensorial

En la Tabla 8, resume las frecuencias relativas de los juicios otorgados por los 48 catadores para las muestras de jamón artesanal (tratamiento A y B) y comercial. El análisis estadístico, estableció que los atributos aroma, color, sabor, textura y aceptabilidad global son igualmente aceptados, no resaltando uno por sobre otro.

**Tabla 8. Test Afectivo de Aceptabilidad, resumen de las preferencias de los catadores semi entrenados de acuerdo a escala de aceptabilidad según atributo sensorial de jamones terminados, tratamiento A y B.**

	Atributo Sensorial				
	Aroma N°(%)	Color N°(%)	Sabor N°(%)	Textura N°(%)	Aceptabilidad Global N°(%)
<b>Jamón Tratamiento A</b>					
Muy Malo	0 (0)	0 (0)	1 (2)	1 (2)	0 (0)
Malo	9 (19)	2 (4)	3 (6)	1 (2)	2 (4)
Regular	18 (37)	16 (34)	16 (34)	16 (34)	19 (40)
Bueno	19 (40)	26 (54)	20 (42)	23 (48)	22 (46)
Muy Bueno	2 (4)	4 (8)	8 (16)	7 (14)	5 (10)
<b>Jamón Tratamiento B</b>					
Muy Malo	1 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Malo	8 (17)	1 (2)	5 (10)	2 (4)	4 (8)
Regular	15 (31)	16 (34)	13 (27)	13 (27)	12 (25)
Bueno	18 (38)	25 (52)	20 (42)	26 (54)	28 (59)
Muy Bueno	6 (12)	6 (12)	10 (21)	7 (15)	4 (8)
<b>Jamón Crudo Comercial</b>					
Muy Malo	2 (4)	0 (0)	0 (0)	1 (2)	0 (0)
Malo	8 (17)	5 (10)	12 (24)	3 (6)	7 (14)
Regular	15 (31)	9 (19)	13 (27)	17 (36)	17 (32)
Bueno	17 (36)	25 (52)	16 (33)	22 (46)	18 (42)
Muy Bueno	6 (12)	9 (19)	7 (16)	5 (12)	6 (12)

De acuerdo a las frecuencias de los juicios de todos los atributos, la escala afectiva de aceptabilidad de Bueno, fue la elección más frecuente para las tres muestras en estudio. El análisis utilizado para contrastar los resultados de aceptabilidad global de las muestras, mostraron que no existen diferencias significativas ( $p=0,05$ ) entre la aceptabilidad de los tres productos. Este atributo se seleccionó para determinar la calidad sensorial de los jamones, ya que la respuesta otorgada para aceptabilidad global refleja la interacción de todas las características sensoriales del producto en el consumidor.

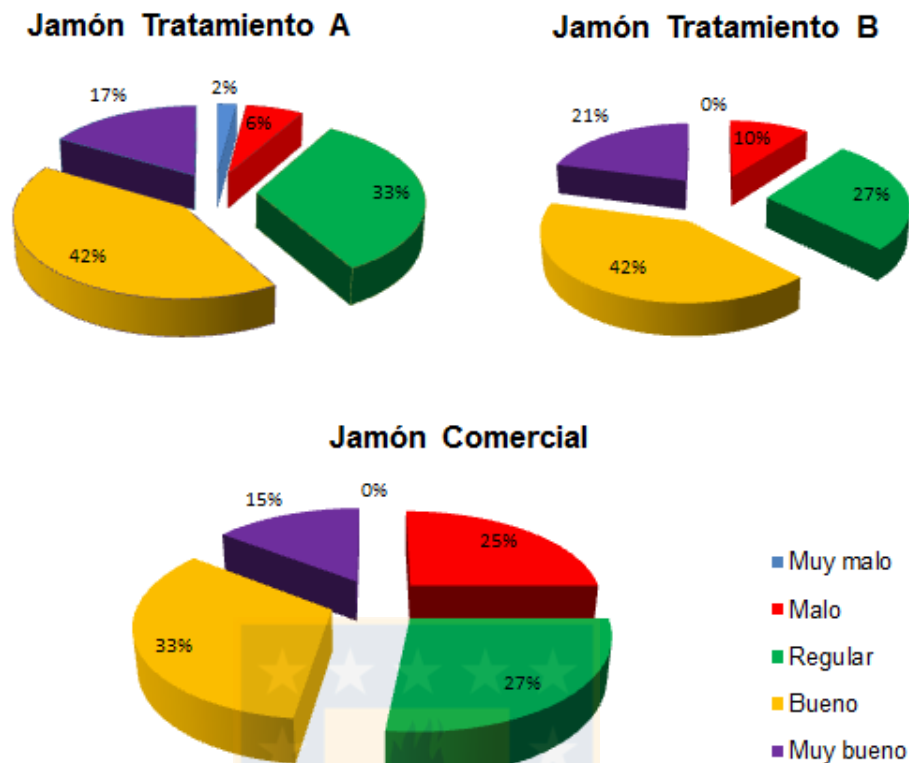
La utilización de 48 catadores para evaluación de aceptabilidad de las muestras, es concordante con lo expresado por Cilla *et al* (2005a), señalando que a pesar del acuerdo general entre los científicos sensoriales, en que datos efectivos deberían ser obtenidos desde sujetos seleccionados para representar la población de consumidores, en la práctica el uso de un pequeño grupo de personas entrenadas o un panel con experiencia hacen un efectivo juicio. En consecuencia, en este trabajo se optó por utilizar catadores con conocimientos específicos en ensayos sensoriales. A menudo, las personas muestran variadas respuestas para el mismo estímulo, estas diferencias pueden radicar en la diferente sensibilidad de sus órganos de los sentidos, o por una diferencia en el tratamiento mental de la sensación, por ejemplo, por la falta de conocimiento de un olor o un sabor en particular, o por la falta de entrenamiento en expresar sus expresiones en palabras o números. Por ello, a través del entrenamiento y el uso de referencias, se puede moldear el proceso mental para que los degustadores expresen la misma respuesta a un estímulo dado (Resano *et al*, 2009).

La calidad sensorial del jamón crudo expresada como aceptabilidad global, resulta de la interacción entre las características de la materia prima y de los cambios bioquímicos ocurridos durante el proceso. El grado de estos cambios, depende de la composición inicial de la materia prima, los procesos tecnológicos y la duración del proceso de maduración (Toldrá, 1998; Guàrdia *et al.*, 2010). En los productos cárnicos, incluidos los jamones crudos curados, se puede experimentar un alto nivel natural de variación, dependiendo, entre otros factores, de la alimentación

animal o el proceso de maduración, que pueden causar bajos niveles de consistencia en las características sensoriales (Resano *et al.*, 2011).

Resano *et al* (2009), indica que una característica importante para el éxito de este producto, es la reputación construida a base a la calidad del producto asociado a una región específica. La definición de los atributos sensoriales como Bueno y la similar calidad sensorial con jamones de elaboración industrial, abre para el jamón artesanal una oportunidad de posicionamiento en el mercado, aprovechando la denominación de jamón producido a partir de cerdos criados de forma natural.

En un estudio realizado por Resano *et al* (2011), en cinco países de Europa, se determinó que el sabor es el principal impulsor de la satisfacción total al preferir un jamón crudo. La diferencia en sabor, se evidencia al observar las frecuencias de los juicios de acuerdo a la escala de aceptabilidad (Figura 5). En donde, para el jamón tratamiento A y B, las preferencias que fueron menores a Regular, alcanzaron un 8% y 10% respectivamente. Contrastando con el jamón comercial, en donde los valores inferiores a Regular alcanzaron un 25%.

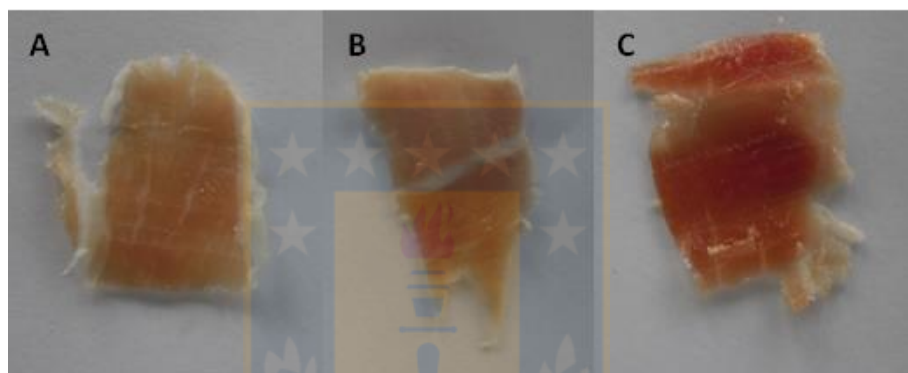


**Figura 5. Frecuencia relativa de los juicios para el sabor de los jamones del tratamiento A, tratamiento B y jamón comercial.**

El flavor y aroma son atributos claves que impactan el resultado de la aceptación de los jamones crudos curados (Arnau *et al.*, 1998a). El aroma de un producto es detectado cuando las partículas volátiles entran en la cavidad nasal y son percibidas como un estímulo olfativo (Gou *et al.*, 1998). La proteólisis y lipólisis asociadas al proceso de maduración ha demostrado ser una importante fuente de compuestos que determinan el aroma y flavor, entre ellos aminoácidos libres, péptidos, productos de las reacciones de Maillard y ácidos grasos libres (Cilla *et al.*, 2005a; Toldrá, 1998).

La calidad de un jamón crudo curado, no solo está definida en términos de aroma y flavor, sino que también en términos de propiedades de color y textura. El color es un importante propiedad de calidad que contribuye a la aceptabilidad sensorial

(Cilla *et al.*, 2005b). Al momento de comparar el color, entre los jamones de elaboración artesanal y comercial, la diferencia se hizo evidente, otorgando al jamón comercial colores rojos intensos con respecto a los jamones elaborados sólo con sal (Figura 6). Esta característica, puede ser determinante al momento de la preferencia del consumidor, de acuerdo a la sensación que el tono rojo le genere previo al consumo, ya que la apariencia es a menudo el único atributo en que se puede basar la decisión de compra (Gou *et al.*, 1998). El análisis de los juicios mostró, que no existen diferencias entre las preferencias para esta característica.



**Figura 6. Lonchas de jamón tratamiento A (A) y tratamiento B (B) elaborado artesanalmente y jamón comercial de elaboración industrial (C).**

Según lo expuesto por el análisis de los juicios, no existen diferencias entre la aceptabilidad entre el color de los jamones evaluados. Por lo que esta característica no influiría en la aceptabilidad del consumidor, avalando la idea de que es posible fabricar de manera artesanal jamón tipo español de alta calidad sanitaria y sensorial, que no requeriría la adición de nitritos y nitratos a la mezcla de salado. Nitratos y Nitritos que son añadidos principalmente para otorgar seguridad microbiológica al jamón (Toldrá *et al.*, 2009). Sin embargo, la presencia de nitrito en el producto puede generar de acuerdo a la cantidad añadida y condiciones de elaboración, un número importante de N-nitrosaminas, un agente potencialmente carcinogénico, que puede afectar la salud de los consumidores. Estos antecedentes, han llevado a la industria jamonera durante los últimos años,

a reducir las cantidades inicialmente añadidas de nitritos y/o a añadir ácido ascórbico mezcla para asegurar la conversión del nitrito a óxido nitroso reduciendo la posibilidad de la formación de nitrosaminas (Toldrá *et al.*, 2009). En este sentido, ha crecido ampliamente el interés en desarrollar el curado natural, por lo tanto, la fabricación de un jamón crudo sólo con la adición de sal y que alcance bajo condiciones estándares de elaboración, similares características sensoriales y sanitarias a los jamones de fabricación industrial. Esto representaría una relevante ventaja, debido a que el jamón crudo artesanal es capaz de desarrollar apreciadas características sensoriales y es exitoso como medio de conservación sin la presencia de compuestos potencialmente dañinos para los consumidores (Cilla *et al.*, 2005b; Gou *et al.*, 1998).

La Tabla 9 presenta las mínimas, medianas y máximas de las evaluaciones realizadas por el panel de catadores semi-entrenados de acuerdo a la escala de aceptabilidad según sus preferencias por atributo sensorial.

Al efectuar la degustación el panel de jueces no encontró diferencias significativas a la evaluación sensorial de los 5 atributos evaluados. Al observar la Tabla 9 se puede apreciar que los valores de mediana y máxima coinciden favorablemente para los jamones del tratamiento A y B. En cambio la mínima presentó diferencias entre ambos tratamientos, no siendo estadísticamente significativa.

Por lo anterior, es posible elaborar un jamón bajo en sodio de manufactura artesanal que compita con un jamón industrial de elaboración 100% NaCl, sin que éste presente sabores metálicos y/o amargos. Además, el análisis sensorial demostró claramente que el tratamiento de salado con mezcla de NaCl y KCl no presentó diferencias significativas con otros jamones e incluso fue preferido por el panel de catadores en relación al atributo aroma. Por lo tanto, este tratamiento podría ser utilizado con éxito para reducir el contenido de sodio en productos cárnicos sin que se vieran afectadas las propiedades bioquímicas y sensoriales del producto final.

**Tabla 9. Resultados de evaluación sensorial de mínima, mediana y máxima de puntajes otorgados por el panel de catadores.**

	Mínima	Mediana	Máxima
<b>Jamón Tratamiento A</b>			
Aroma	2	3	5
Color	2	4	5
Sabor	1	4	5
Textura	1	4	5
Aceptabilidad Global	2	4	5
<b>Jamón Tratamiento B</b>			
Aroma	1	3,5	5
Color	2	4	5
Sabor	2	4	5
Textura	2	4	5
Aceptabilidad Global	2	4	5
<b>Jamón Comercial</b>			
Aroma	1	3	5
Color	2	4	5
Sabor	2	3	5
Textura	1	4	4
Aceptabilidad Global	2	3,5	5

Valores de prueba: 1=muy malo, 2=malo, 3=regular, 4=bueno y 5=muy bueno.



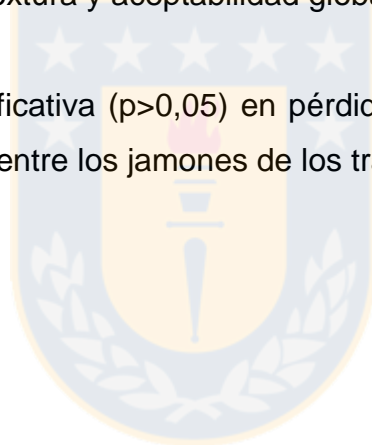
## VI. CONCLUSIONES

Los jamones al cabo de 290 días en ambos tratamientos cumplen con los criterios microbiológicos del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile.

El reemplazo de cloruro de sodio (NaCl) por cloruro de potasio (KCl) en un 25 %, en la elaboración de jamón artesanal, no presenta diferencia en las características sensoriales, que además son bien valorados por el panel de catadores.

No hubo diferencia de aceptabilidad entre los jamones de elaboración artesanal, tratamiento A y B, y el de elaboración comercial, al considerar las características de aroma, color, sabor, textura y aceptabilidad global de los productos evaluados.

No hubo diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en pérdida de peso, textura, color,  $a_w$  y porcentaje de humedad entre los jamones de los tratamientos A y B.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albarracín, D. 2009. Salado y descongelado simultáneo en salmuera para la obtención de jamón curado de cerdo de raza ibérica. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, España.
2. Álvarez, D. 2002. Influencia de las condiciones antemortem y la tecnología del sacrificio sobre la calidad de la carne porcina. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología. Murcia, España.
3. American Society of Agricultural Engineers. 1991. Standards 1991- standards, engineering practices, and data. 38da ed. St. Joseph. Miami, USA.
4. Andrade, M. J., E. Rodas, A. Durbán, A. Moya, J. Córdoba. 2012. Characterization and control of microbial black spot spoilage in dry-cured Iberian ham. *Meat Sci.* 23 (1): 128 – 136.
5. Armenteros, M. 2010. Reducción de sodio en lomo y jamón curados. Efecto sobre la proteólisis y las características sensoriales. Tesis doctoral. Universidad politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de los Alimentos. Valencia, España.
6. Arnau, J. 1993. Tecnología de elaboración de jamón curado. *Microbiol. Sem.* 9 (Número extraordinario): 3 – 9.
7. Arnau, J. 1998a. Tecnología del jamón curado en distintos países. En: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (I.R.TA) y EUROCARNE (Eds.). *El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo*, 44<sup>th</sup> Simposio especial International Congress of Meat Science and Technology. 1 de septiembre, 1998. Barcelona, España.
8. Arnau, J. 1998b. Principales problemas tecnológicos en la elaboración de jamón curado. En: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (I.R.TA) y EUROCARNE (Eds.). *El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo*, 44<sup>th</sup> Simposio especial International Congress of Meat Science and Technology. 1 de septiembre, 1998. Barcelona, España.

9. Arnau, J., P. Gou and J. Comaposada. 2003. Effect of the relative humidity of drying air during the resting period on the composition and appearance of dry-cured ham surface. *Meat Sci.* 65(4): 1275-1280.
10. Belmonte, S., F. Fúster Lorán, J. Gómez, M. Hernández, M. Martín, C. Mendoza, S. Moreno, C. Quintana, M. Ribes y S. Sáez. 200?. El jamón ibérico: producción y consumo. Situación en la Comunidad de Madrid y promoción de su calidad. Documentos Técnicos de Salud Pública nº 105. Dirección General de Salud Pública y Alimentación. Madrid. España.
11. Boadas, C., P. Gou, A. Valero and J. Arnau. 2001. Changes in Different zones of dry-cured ham during drying. Moisture and sodium chloride content. *Fleischwirtschaft* 81(1): 91-93.
12. Boles, J.; Pegg, R. 2012. Color de la Carne. *Mundo Lácteo y Cárnico*. Vol Enero/Febrero 2012, (1), 11-16.
13. Cilla, I., J. Altarriba, L. Guerrero, M. Gispert, L. Martínez, C. Moreno, J. A. Beltrán, M. D. Guàrdia, A. Diestre, J. Arnau and P. Roncalés. 2005b. Effect of different Duroc line sires on carcass composition, meat quality and dry-cured ham acceptability. *Meat Sci.* 72 (2): 252 – 260.
14. Cilla, I., L. Martínez, J. A. Beltrán and P. Roncalés. 2005a. Factors affecting acceptability of dry-cured ham throughout extended maturation under “bodega” conditions. *Meat Sci.* 69 (4): 789 – 795.
15. Echenique, A., A. Repiso y G. Capra. 2009. Composición química y calidad sensorial de jamones curados provenientes de cerdos alimentados con una dieta rica en ácido oleico y pasturas. *INNOTECH* (4), 28 – 32.
16. Flores, M., D. Ingram, K. Bett, F. Toldrá and A. Spanier. 1996. Sensory characteristics of spanish “serrano” dry-cured ham. *J. of Sensory Studies.* 12 (3), 169-179.
17. Flores, M., D. Ingram, K. Bett, F. Toldrá and A. Spanier. 1997. Sensory characteristics of spanish “serrano” dry-cured ham. *J. of Sensory Studies.* 12 (3), 169-179.

18. Frye, C.B., Hand, L.W., Calkins, C.R., y Mandigo, R.W. (1986). Reduction or replacement of sodium chloride in a tumbled ham product. *Journal of Food Science*, 51, 836-837.
19. García-Rey, R. M., J. M. García-Garrido, R. Quiles-Zafra, J. Tapiador and M. D. Luque de Castro. 2004. Relationship between pH before salting and dry-cured ham quality. *Meat Sci.* 67(4), 625 – 632.
20. Geleijnse, J.M., Witteman, C.M., Stijnen, T., Kloos, M.W., Hofman, A. y Grobbee, D.E. (2007). Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: the Rotterdam study. *European Journal of Epidemiology*, 22, 763-770.
21. Gimeno, O., Astisaran, I. y Bello, J. (1998). A mixture of Potassium, Magnesium, and Calcium Chlorides as a partial replacement of sodium chloride in dry-fermented sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4372-4375.
22. Gimeno, O., Astisaran, I. y Bello, J. (1999). Influence of Partial Replacement of NaCl with KCl and CaCl<sub>2</sub> on Texture and Color of Dry Fermented Sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 873-877.
23. González, F. 2009. Cecinas. Unidad de tecnología de la carne. Universidad de Concepción, Fac. Cienc. Vet., Depto. Cienc. Pec. Chillán, Chile (Documentos de clases, fgonzal@udec.cl)
24. Gou, P. 1998. Dinámica del secado del jamón curado. En: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (I.R.TA) y EUROCARNE (Eds.). *El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo*, 44th Simposio especial International Congress of Meat Science and Technology. 1 de septiembre, 1998. Barcelona, España.
25. Gou, P., Guerrero, L., Gelabert, J. y Arnau, J. (1996). Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42, 37-48.
26. Guàrdia, M, D., A. Aguiar, A. Claret, J. Arnau and L. Guerrero. 2010. Sensory characterization of dry-cured ham using free-choice profiling. *Food Quality and Preference* 21 (1), 148 – 144.

27. Guàrdia, M, D., A. Aguiar, A. Claret, J. Arnau and L. Guerrero. 2010. Sensory characterization of dry-cured ham using free-choice profiling. *Food Quality and Preference* 21 (1), 148 – 144.
28. Guàrdia, M.D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P., y Arnau, J. (2006). Consumer attitude sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content. *Meat Science*, 73, 484-490.
29. He, F.J. y MacGregor, G.A. (2007). Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. En: *Reducing salt in foods, practical strategies*. Eds: Kilcast, D. y Angus, pp19-53F. CRC Press, Boca Raton, FL, E.E.U.U.
30. Hormazábal, R. 2015. Elaboración y evaluación sanitaria y sensorial de jamón crudo de cerdo con reemplazo de NaCl en 25% por KCl. Memoria de título, Méd. Vet. Universidad de Concepción. Fac. Med. Vet. Chillán, Chile.
31. Instituto de la sal. 2009. La industria salinera de la Península Ibérica crea el Instituto de la Sal. ClarFerri. Madrid, España.
32. Instituto de la sal. 2013. La sal y la industria alimentaria: un ingrediente esencial [en línea]. ClarFerri. <<http://www.institutodelasal.com/index.php?page=usos>>. [Consultada: 14 marzo 2013]
33. Instituto de Salud Pública. 2009. Procedimiento para determinación de sodio, potasio y calcio en alimentos. Método Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama. Método AOAC 985.35. MINSAL. Santiago, Chile.
34. Instituto Nacional de Normalización. 2000. Cortes de carne de porcino. INN NCh 1499. Of 2000. Santiago, Chile.
35. INTERSALT. (1988). Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion. "Intersalt Cooperative Research Group". *An International General Medical Journal*, 297, 6644, 319-328.
36. Jackson, T. C., D. Marshall, G. Acuff and J. Dickson. 2001. Meat, Poultry, and Seafood. pp: 91 – 105. In: ASM M. P. Doyle et al. (Eds.). *Food microbiology: fundamentals and frontiers* (2th. ed.). ASM press. Washington, D. C. USA.

37. Kimura, M., Lu, X., Skurnick, J., Awad, G., Bogden, J., Kemp, F., et al., (2004). Potassium chloride supplementation diminishes platelet reactivity in humans. *Hypertension*, 44, 969-973.
38. Luft, F.C. y Weinberger, M.H. (1987). Potassium and blood pressure regulation. *American Society for Clinical Nutrition*, 45, 1289-1294.
39. Manríquez, D. 2013. Elaboración y evaluación de calidad sanitaria y sensorial de jamón crudo tipo español, producidos a partir de cerdos de crianza extensiva en la zona de Parral, Chile. Memoria de título, Méd. Vet. Universidad de Concepción. Fac. Med. Vet. Chillán, Chile.
40. Martín, A., M. J. Benito, A. Hernández, F. Pérez-Nevado, J. Córdoba and M. Córdoba. 2008. Characterisation of microbial spoilage in Iberian dry-cured ham. *Meat Sci.* 78(4): 475 - 484.
41. Martínez, P. y Azuaga, M. 1997. Medición del módulo de elasticidad de Young. Laboratorio IV - Dpto. de Física. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
42. Ministerio de medio Ambiente y medio Rural y Marino. 2011. Jamón Serrano: Definición y método de producción o elaboración. MARM, España. [en línea]<<http://www.marm.es/es/alimentacion/temas/calidadagroalimentaria/calidaddiferenciada/especialidadestradicionalengarantizadas/JamonSerrano.aspx>>. [Consulta: 17 de agosto de 2011].
43. Ministerio de Salud. 2000. Normas Técnicas: Dislipidemias. División de salud de las personas. Programa salud del adulto. Santiago. Chile.
44. Ministerio de Salud. 2010. Reglamento sanitario de los alimentos. DTO. N° 977/96. D. OF. 13.05.97 (actualizado Junio de 2010). MINSAL. Santiago, Chile.
45. Montville, T. J., K. R. Matthews. 2001. Principles Which Influence Microbial Growth, Survival, and Death in Foods. pp:13 – 31. In: ASM M. P. Doyle et al. (Eds.). *Food microbiology: fundamentals and frontiers* (2th. ed.). ASM press. Washington, D. C. USA.
46. Reddy, K.A. y Marth, E.H. (1991). Reducing the Sodium Content in Foods: A review. *Journal of Food Protection*, 54, (2), 138-150.

47. Resano, H., A. I. Sanjuán, L.M. Albisu. 2009. Consumers' acceptability and actual choice. An exploratory research on cured ham in Spain. *Food Quality and Preference*. 20 (5), 391 – 398.
48. Resano, H., F. J. Pérez-Cueto, A. I. Sanjuán, M. D. Barcellos, K. G. Grunett and W. Verbeke. 2011. Consumer satisfaction with dry-cured ham in five European countries. *Meat Sci.* 87 (4), 336 – 343.
49. Resano, H., F. J. Pérez-Cueto, A. I. Sanjuán, M. D. Barcellos, K. G. Grunett and W. Verbeke. 2011. Consumer satisfaction with dry-cured ham in five European countries. *Meat Sci.* 87 (4), 336 – 343.
50. Ruiz-Ramírez, J., X. Serra, J. Arnau and P. Gou. 2005. Profiles of water content, water activity and texture in crusted dry-cured loin and in non-crusted dry-cured loin. *Meat Sci.* 69(3): 519-525.
51. Ruusunen, M. y Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70: 531-541.
52. Schiffman, S. 2007. Critical illness and changes in sensory perceptions. *Proc. Nutr. Soc.* 66 (3): 331 – 345.
53. Terrell, R.N. (1983). Reducing the Sodium Content of Processed Meats. *Food Technology*, 37, (7), 66-71.
54. Toldrá, F. (2002). *Dry-cured meat products*. Trumbull, CT 06611 USA; Food & Nutrition Press INC.
55. Toldrá, F. (2002). *Dry-cured meat products*. Trumbull, CT 06611 USA; Food & Nutrition Press INC.
56. Toldrá, F. (2006). Dry-cured ham. En: *Handbook of Food Science Technology and Engineering*, vol. 4, pp 164-1- 164-11. Ed: Y.H. Hui et al. CRC Press, Boca Raton, FL, E.E.U.U.
57. Toldrá, F. 1998. Desarrollo de las características de textura y flavor: contribución enzimática. En: *Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (I.R.TA) y EUROCARNE (Eds.). El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo*, 44th Simposio especial International Congress of Meat Science and Technology. 1 de septiembre, 1998. Barcelona, España.

58. Verhagen, J and L. Engelen. 2006. The neurocognitive bases of human multimodal food perception: Sensory integration. *Neuroscience and biobehavioral* 30 (5): 613 – 650.
59. Zumalacárregui, J, M. 1997. Tecnología del Jamón Crudo-Curado. *Cienc. Technol. aliment. (México)* 1 (5): 138 – 143.





## DECLARACIÓN

Declaro que el trabajo presentado es personal e inédito, que cada uno de las citas bibliográficas son correctas y están debidamente reconocidas, que no tienen copias totales ni parciales de otros investigadores excepto citas aceptadas como trabajos científicos, que no afectan los derechos de autor y que se mantiene dentro del marco ético de trabajos científicos de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción.

---

Reinaldo Eugenio Letelier Contreras



## APÉNDICE

**Tabla 10. Planilla de respuestas entregada a los catadores participantes en los ensayos sensoriales.**

### TEST DE ACEPTABILIDAD EN JAMÓN CRUDO

**Nombre** : .....

**Fecha** : .....

**Nº de Set** : .....

Usted recibirá 3 muestras para degustar. Por favor observe y evalúe las muestras, luego asigne el número que mejor represente como usted se siente frente a cada característica a evaluar, para ello utilice la siguiente escala:

**5- Muy Bueno 4- Buena 3- Regular 2- Malo 1- Muy malo**

Por favor beba agua entre las muestras.

<b>ATRIBUTO</b>	Muestra N°.....	Muestra N°.....	Muestra N°.....
Aroma			
Color			
Sabor			
Textura			
Aceptabilidad Global			

OBSERVACIONES:

## RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE JAMÓN COMERCIAL

**Tabla 11. Resumen de los resultados y microorganismos incluidos para el muestreo microbiológico de un jamón crudo adquirido en un supermercado (Modificado Ministerio de Salud, 2010).**

Parámetro	Plan de Muestreo		Límite por gramo				Resultados
	Categoría de Riesgo	Clases de Muestreo	n	c	m	M	
S. aureus ufc/g	5	3	5	2	10	$10^2$	<10
Salmonella en 25 g	10	2	5	0	0	---	0
L. monocytogenes ufc/g	10	2	5	0	100	---	0

n: número de unidades a ser examinadas.

c: número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos ente “m” y “M” para que el alimento sea aceptable.

m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no presenta un riesgo para la salud.

M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.