



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Desarrollo de un producto cárnico crudo curado a partir de piernas de ovinos de pelo

Adriana Isabel Rada Bula

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Bogotá, Colombia

2015

Desarrollo de un producto cárnico crudo curado a partir de piernas de ovinos de pelo

Adriana Isabel Rada Bula

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director:

Ph.D. Manuel Fernando Ariza Botero

Codirector:

Ph.D. William Albarracín Hernández

Línea de Investigación:

Diseño y desarrollo de productos

Grupos de Investigación:

Aseguramiento de la calidad de alimentos y desarrollo de nuevos productos

Genética Molecular Animal

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Bogotá, Colombia

2015

Dedicado a mis padres y hermanas, a quienes les agradezco su apoyo en todo momento y amor incondicional.

*En memoria de Cesar Ricardo
Gutiérrez Arias, querido colega y
amigo.*

Agradecimientos

Expreso mis más sinceros agradecimientos a la Finca “La Primavera”, por el suministro de la materia prima empleada en el presente trabajo de investigación.

Al Ph.D. William Albarracín Hernández y Ph.D. Manuel Fernando Ariza por sus invaluable contribuciones y orientaciones en el proyecto.

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, por su apoyo en la convocatoria 566 de Jóvenes Investigadores e Innovadores 2012.

Al personal del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA, Carlos Julio Rodríguez, Nell Edwin Malagón, Paola Hernández, Adolfo y Miguel por su colaboración durante la ejecución del proyecto.

A Jonathan Páez por su paciencia y colaboración en el laboratorio.

A mis compañeros Angela Amaya, Edicson Rincón (Paco), Clara Peña, Carlos Arturo Céspedes (Charlie), George, Diana Cristina Moncayo, Andrea Carolina Castro, Guillermo Balseiro, y Johana Albarracín por prestarme su amistad incondicional y levantarme el ánimo cada vez que fue necesario.

A Sergio Gutiérrez (Checho) por las risas y las traspachadas continuas.

A Sandra Arévalo Niño y Pablo Caína, quienes me prestaron su colaboración incondicional en todo momento, para ellos mis más grandes afectos.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue desarrollar un producto cárnico crudo curado con piezas enteras de ovino de pelo. Para este fin se evaluaron parámetros fisicoquímicos y sensoriales para la determinación de las etapas que comprende la elaboración del producto cárnico: salado, post-salado, secado y maduración. Cada uno de los análisis fueron realizados en diferentes zonas de la pieza cárnica para estudiar los cambios ocurridos en el producto durante el proceso. Se ensayaron los tiempos 0,7; 1,0 y 1,2 días/Kg en la etapa de salado, 0; 15 y 30 días en la etapa de post-salado y 3 y 6 meses en la etapa de secado y maduración. Los resultados sugieren que el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en las zonas de evaluación durante el tiempo de salado fueron similares y no presentaron diferencias significativas en los tiempos evaluados; el tiempo de 0,7 días/Kg mostró concentraciones de sal cercanas a lo reportado para productos similares. En la etapa de post-salado se presentaron diferencias significativas entre los tiempos evaluados, hallándose una tendencia al equilibrio químico a partir del día 15, en el cual se obtuvo una homogenización principalmente de la concentración de sal en la pieza cárnica. Finalmente en la etapa de secado y maduración no se evidenciaron diferencias significativas en los valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos evaluados entre estos dos tiempos finales de elaboración del producto cárnico, pero si se evidenciaron diferencias con respecto al tiempo inicial de cada tiempo de evaluación. Los resultados obtenidos sugieren que dependiendo de las características deseadas en el producto, así será la elección de este periodo para el procesamiento, se podría concluir para efectos prácticos, aun teniendo un tiempo corto de secado y maduración se logra desarrollar un producto con buenas características sensoriales, el cual tiene gran aceptación por parte del consumidor.

Palabras clave: Productos de la carne, curado, ovinos, salado, post-salado, maduración.

Abstract

The aim of this study was to develop a dry cured product with entire pieces of sheep meat, for this purpose physicochemical and sensory parameters were evaluated in order to determinate the adequate times for the develop of the dry cured product: salting, post-salting, drying-ripening stages . Each analysis were carry out in different zones in the meat piece for analyze the changes that occur in the meat pieces during the process. It was tested 0,7; 1,0;1,2 days/Kg in the salting stage, 0; 15; 30 days in post-salting stage and 3; 6 months in drying-ripening stage. The different salting time had a similar behavior on physiochemical parameters in each zones, 0,7 days/Kg time got the most nearly value that is reported in this kind of products. In the post-salting stage there was significance differences between times tested. It was found a chemical balance since day 15 that indicates homogenous values for salt concentration between each zone. Finally, drying-ripening results showed that there were not significant differences for each physiochemical parameters between evaluated times, but there were significant differences with respect of the beginning of process. Results suggest that election of an adequate time of drying-ripening will be depend of desirable characteristics on the final product, although, from this study, a short period in this stage, could be considered as an adequate time for product development because it showed qualified sensory characteristics and acceptance by consumers.

Keywords: Dry, cured product, ovine, salting, post-salting, drying, ripening.

2.3.2	Seccionamiento y preparación de las muestras	18
2.3.3	Análisis fisicoquímicos	19
2.4	Análisis estadístico	19
2.5	Resultados y discusión	19
2.5.1	Contenido de sal	19
2.5.2	Contenido de agua.....	21
2.5.3	Actividad de agua.....	22
2.5.4	Variación de masa	23
2.6	Conclusiones	24
3.	Capítulo 3 Evaluación de la etapa de secado y maduración.....	27
3.1	Resumen.....	27
3.2	Introducción	27
3.3	Materiales y métodos.....	28
3.3.1	Proceso de secado y maduración.....	28
3.3.2	Seccionamiento y preparación de las muestras	29
3.4	Análisis fisicoquímicos	29
3.4.1	Determinación de proteína.....	29
3.4.2	Determinación de cenizas.....	30
3.4.3	Determinación de nitrito residual.....	30
3.4.4	Determinación de color instrumental.....	30
3.4.5	Determinación de textura	30
3.5	Análisis sensorial	30
3.6	Análisis estadístico	31
3.7	Resultados y discusión	32
3.7.1	Parámetros físico-químicos.....	32
3.7.2	Análisis sensorial	38
3.8	Conclusiones	41
3.9	Recomendaciones	42
A.	Anexo: Análisis microbiológico del producto terminado.....	43
B.	Anexo: Participación en Eventos.....	434
	Bibliografía	51

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1. Toma de muestra en la unidad experimental.....	8
Figura 1-2. Toma de muestra en la unidad experimental. Corte transversal (Loncha).....	8
Figura 1-3. Fracción másica de sal (X^{NaCl} b.s.) en los diferentes tiempos de salado.....	11
Figura 1-4. Valores promedios de X^{NaCl} b.h. para cada tiempo de evaluación en la etapa del salado.....	12
Figura 1-5. Fracción másica de agua (X^{w} b.s.) en los diferentes tiempos de salado.....	12
Figura 1-6. Valores de actividad de agua en los diferentes tiempos de salado.....	13
Figura 1-7. Comportamiento de la fracción másica de grasa (X^{G} b.s.) en los distintos tiempos evaluados de salado.....	14
Figura 2-1. Comportamiento de la concentración en fase líquida (Z^{NaCl}) en cada una de las zonas de la pieza cárnica en cada tiempo de evaluación.....	21
Figura 2-2. Contenido de agua (X^{w} b.s. exenta de grasa y sal) presente en cada una de las zonas de la pieza cárnica en cada tiempo de evaluación.....	22
Figura 2-3. Valores de actividad de agua (a_{w}) para cada tiempo de evaluación en la etapa de post-salado.....	23
Figura 2-4. Variación de Masa Acumulada durante la etapa de post-salado (ΔM_{AP}).....	24
Figura 3-1 Correlación de las variables Z^{NaCl} y a_{w} desde el inicio hasta el final del proceso en el producto. (a) 3 meses y (b) 6 meses.....	35
Figura 3-2. Valores promedios de los parámetros de textura en el inicio y finalización de la etapa de secado y maduración para los dos grupos evaluados.....	37
Figura 3-3. Valores promedios de los parámetros L^* , a^* , b^* durante los tiempos iniciales y finales de la etapa de secado y maduración del producto cárnico.....	38
Figura 3-4. Producto cárnico en proceso de secado y maduración. a) tiempo inicial (06M). b) tiempo final (6M).....	38
Figura 3-5. Representación en porcentaje del agrado de los consumidores frente a los productos desarrollados con 3 y 6 meses de secado y maduración para cada uno de los parámetros evaluados.....	41

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Variación de peso en porcentaje (ΔM_T) de las unidades experimentales durante cada tiempo.	16
Tabla 3-1. Valores promedios y desviación estándar de los parámetros físico-químicos durante los tiempos de secado y maduración ensayados y Composición proximal del producto desarrollado.	33
Tabla 3-2. Significancia de cada uno de los descriptores sensoriales evaluados.	40

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Término	Equivalencia
X b.h.	Fracción másica en base húmeda	$\frac{\text{Kg de analito}}{\text{Kg muestra}}$
X b.s.	Fracción másica en base seca, exenta de grasa y sal	$\frac{\text{Kg muestra exenta de grasa y sal}}{\text{Kg de analito}}$
Z	Concentración del analito en fase líquida	$\frac{\text{Kg (analito + agua)}}{\text{Kg de analito}}$
ΔM	Variación de la masa en cada uno de los tiempos evaluados durante la elaboración del producto.	$\frac{\text{Kg de masa perdida}}{\text{Kg pieza cárnica}}$

Superíndices

Superíndice	Término
NaCl	Cloruro de Sodio
W	Agua
G	Grasa

Subíndices

Subíndice	Término
AS	Acumulado -- Etapa de Salado
AP	Acumulado – Etapa de Post-salado
ASM	Acumulado – Etapa de Secado y Maduración
NaCl	Cloruro de sodio
T	Total

Abreviaturas

Abreviatura	Término
HR	Humedad Relativa
a_w	Actividad de agua
SS	Piernas Sin proceso de Salado

Introducción

La producción ovina y caprina ha existido a lo largo de la historia del país como una economía de subsistencia para familias campesinas pertenecientes a poblaciones rurales, comunidades indígenas y como economía complementaria para algunos productores (Sánchez, 2011; MADR, 2010). Esta cadena productiva se encuentra constituida por los productores quienes llevan este sistema a diversos fines comerciales: como animales de abasto, animales para pié de cría, lana y leche; y transformadores y comercializadores de productos y subproductos a los que den origen. Por otro lado, en la cadena también se ubican los proveedores de insumos y los prestadores de servicios para el desarrollo de estas actividades (SIOC/Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organización de Cadenas, 2012).

En el renglón de producción cárnica, prima la comercialización de carne ovina en canal, en cortes y un porcentaje de ésta como producto procesado el cual comprende embutidos y la elaboración de otros tipos de productos cárnicos cocidos (MADR, 2010). Así mismo, el consumo de ésta corresponde primordialmente a la carne fresca en diversos procesos de cocción y a embutidos, el cual para ambos casos, su consumo va ligado a aspectos culturales de cada región del país donde esta especie menor es producida (Espinal, C., Martínez, H. y Amézquita, 2006; MADR, 2010).

De acuerdo con la Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena Ovino-Caprina en Colombia del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y los Planes Estratégicos para el Desarrollo Gremial de diferentes asociaciones nacionales de ovinos y caprinos, indican que el producto con mayor demanda comercial e importante para potencializar la cadena con exportaciones y ventas en el mercado nacional es la carne, por encima de otros productos como la leche, la lana y los subproductos.

Instituciones del sector público y privado han llevado a cabo diversas investigaciones asociadas a este sistema productivo con la finalidad de generar conocimiento;

particularmente estos aportes han venido siendo con respecto al mejoramiento genético, rendimientos de canal, sistemas de la información, calidad de la carne, entre otros.

Para el caso particular del presente estudio el propósito es generar conocimiento desde el campo de procesamiento de la carne ovina, mediante el desarrollo de un producto cárnico crudo curado elaborado con piezas enteras. Si bien, el consumo de este tipo de producto cárnico corresponde a un pequeño segmento del mercado nacional, el desarrollo de éste puede generar un valor agregado a la carne ovina y por consiguiente aportar a la potencialización de la cadena cárnica, así mismo, generar conocimiento con respecto al desarrollo de productos cárnicos crudo curado, dejando establecido condiciones propias del proceso de acuerdo a los resultados fisicoquímico y sensoriales obtenidos de este estudio, los cuales, incluso, pueden ser un punto de partida para el procesamiento con otras matrices y/o piezas cárnicas.

La elaboración de productos cárnicos crudo curado ha sido empleado desde tiempos inmemoriales como una forma de conservación de la carne mediante el salado y posterior secado (Arnau, 1998). Tradicionalmente este tipo de producto ha sido desarrollado a lo largo de milenios principalmente empleando cerdo, sin embargo, en la actualidad se aprecia la adopción de este método para la preparación de diversos productos a partir de diferentes especies animales como, bovina, bufalina y porcina para la elaboración de bresaola, tasajo y jamón curado respectivamente (Albarracín, 2009; Sinha, 2007). Básicamente su elaboración consiste en tres etapas o fases. La primera de ellas corresponde al salado cuyo objetivo es que la pieza cárnica adquiera suficiente cantidad de sal para proporcionar al producto la estabilidad necesaria en las subsiguientes etapas del proceso (Arnau *et al.* 2007). La segunda etapa corresponde al post-salado, en el cual se pretende la distribución homogénea de la sal adquirida en la etapa anterior en la pieza cárnica (Arnau, 1998) y finalmente la etapa de secado y maduración, en donde se logra características de *flavor* y textura específicos del producto debido a los procesos proteolíticos y lipolíticos que tienen lugar, bien sea obtenida por procesos endógenos o por acción exógena de microorganismos.

Originalmente este proceso se realizaba sin este tipo de tecnología, desarrollando cada etapa de acuerdo a las estaciones del año, así por ejemplo, en países del hemisferio norte la manipulación y elaboración del salado y post-salado del producto se llevan a

cabo en los meses de noviembre a mayo (invierno) y el secado y maduración entre los meses de junio a septiembre (verano) (J. Arnau, 1998).

Debido a que la elaboración de productos crudo curado ha sido poco desarrollado en nuestro país el objetivo de este proyecto de investigación fue desarrollar un producto con estas características que permita generar un valor agregado a la carne ovina y potencializar la cadena cárnica mediante su elaboración, comercialización e incentivo para adquirir el hábito de consumo de esta especie.

1. Capítulo 1 Análisis de la etapa de salado

1.1 Resumen

El objetivo de esta primera etapa de estudio fue determinar la etapa de salado a partir del análisis de los cambios fisicoquímicos que tiene lugar durante este proceso. Se evaluaron los valores de actividad de agua (a_w), concentración de sal (X^{NaCl}), contenido de agua (X^{W}), contenido de grasa (X^{G}) y variación de masa (ΔM_{AS}) aplicando tres tiempos diferentes de salado: 0,7, 1,0 y 1,2 días/Kg de peso promedio en cuatro zonas de la pieza: zona A, B, C y R (cercana al magro, cercana al hueso, cercana a la grasa de cobertura y un valor promedio del resto de la pieza respectivamente). Se encontraron diferencias significativas entre los tiempos evaluados para los parámetros de ΔM_{AS} y X^{G} pero no en cuanto a los parámetros a_w , X^{NaCl} , X^{W} ($p < 0,05$), sin embargo, los resultados sugieren que el menor tiempo de evaluación fue el que obtuvo un valor cercano a la concentración de sal sugerida para la elaboración de este tipo de producto, el cual se explica en conjunto con los demás parámetros evaluados, razón por la cual fue seleccionada como el tiempo adecuado de salado para el proceso posterior de post-salado.

Palabras claves: Salado, ovinos, productos de la carne, curado.

1.2 Introducción

En los procesos de elaboración de productos crudo curado, se considera la sal como su principal ingrediente. El proceso tradicional de salado ha sido desarrollado mediante el cubrimiento o el frotado de la materia prima con sal sólida, la cual es parcialmente disuelta y drenada por el efluente líquido que sale del alimento, como consecuencia de mecanismos osmóticos y difusionales (Albarracín, Sánchez, Grau, & Barat, 2011; J.M. Barat, Grau, Pagán-Moreno, & Fito, 2004). El objetivo de la etapa de salado es que el producto adquiera la suficiente cantidad de ingredientes curantes (principalmente sal) para proporcionar al producto la estabilidad necesaria como agente bacteriostático y

reductor de actividad de agua en las subsiguientes etapas del proceso (Aliño, Grau, Baigts, & Barat, 2009; J.M. Barat et al., 2006, 2004; Sinha, 2007), las cuales son llevadas a cabo a temperaturas por encima de la refrigeración como el secado, ahumado y curado (todos estos procesos o algunos de ellos de acuerdo al tipo de producto que se esté elaborando), y finalmente para garantizar la conservación del producto a temperatura atmosférica (J. Arnau, 1998; Blesa et al., 2008).

Dentro de las etapas de elaboración del producto crudo curado, la duración el salado es uno de los factores más importantes a estudiar pues dependiendo de esta condición se obtiene una calidad y características sensoriales y texturales específicas en el producto final (J Arnau & Monfort, 1998; Garrido, Domínguez, Lorenzo, Franco, & Carballo, 2012; Paredi et al., 2013). Cada una de estas características son propias de cada producto desarrollado y especie empleada para el proceso, por ejemplo jamones de cerdo de pieza entera (Jamón Ibérico, Jamón Español, Jamón Serrano, Jamón Francés, Jamón Parma, Jamón San Danielle), cada uno con características propias que le otorgan un sello específico, o aquellos elaborados con otras piezas cárnicas y especies como Kastradina, Pastrma, Stelja, Fenalår.

En el caso particular de productos elaborados con piezas cárnicas ovinas son pocas las publicaciones reportadas (Ganić, Čaušević, Karahmet, Stojković, & Ratković, 2013; K. Troeger, Vesković-Moračanin, Turubatović, & Ristić, 2009; Krvavica, Friganović, Đugum, & Kegalj, 2009; Operta, Smajić, Tahmaz, & Ganić, 2010; Stamenković & Dević, 2006; Stojkovića et al., 2015; Villalobos et al., 2014) y por consiguiente, información con respecto a los cambios fisicoquímicos que tiene lugar durante la elaboración de este tipo de productos cárnico (Operta et al., 2010). El objetivo del presente estudio fue analizar los cambios fisicoquímicos en la etapa del salado, empleando varios tiempos de ensayo y así determinar el tiempo adecuado para el proceso.

1.3 Materiales y métodos

1.3.1 Selección y preparación de la materia prima

La materia prima empleada para el presente estudio correspondió a 12 piernas de ovino de pelo de raza Dorper x Camuro, machos, de edad promedio de 4 meses provenientes

de una misma finca ubicada en el municipio de Facatativá, Cundinamarca. Las piernas, cada una extraídas de las canales ovinas y constituidas anatómicamente por los huesos de la pelvis, fémur, rotula, tibia y peroné, sin los huesos del pie fueron objeto de estudio.

Para la selección de estas piernas se midió el pH en cada una de ellas y se seleccionaron aquellas que presentaban un pH entre 5,6 y 6,2 24 horas posterior al sacrificio, para ello se empleó un pH metro portátil marca HANNA® modelo HI 99161. Posterior a la selección de la materia prima, éstas fueron almacenadas a temperatura de $-18,0^{\circ}\text{C}$ a $-23,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ hasta el momento del procesado.

1.3.2 Proceso de elaboración del producto

Se sometieron las piernas (unidades experimentales) a temperatura de $4,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en cuarto frío hasta que la temperatura interna de las piezas alcanzara $5,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ para iniciar el proceso de elaboración del producto. Para ello se empleó un cuarto frío ubicado en la Planta Piloto de Carnes del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, lugar donde se desarrolló toda la fase de experimentación. Una vez obtenidas estas condiciones se realizó la limpieza de las piernas, principalmente con la remoción de tejido conectivo, glandular y exceso de grasa en la cara interna de la pieza.

1.3.3 Masajeado

Se realizó un masajeado con una mezcla de sales curantes: nitrito de sodio (NaNO_2), nitrato de potasio (KNO_3) en proporciones de 150 ppm y 300ppm respectivamente de acuerdo a lo sugerido por (Jesús Ventanas, 2001) y la adición de cloruro de sodio de grano fino en relación 10:1 con respecto al nitrito de sodio.

1.3.4 Salado

El salado de las unidades experimentales se realizó con cloruro de sodio de grano grueso para consumo humano, de una concentración del 97%. Para el procedimiento se emplearon contenedores plásticos con una capa de cloruro de sodio (aproximadamente 10 cm de profundidad) y sobre éste fueron dispuestas las unidades experimentales para ser posteriormente cubiertas con otra capa de sal. Los tiempos empleados para la evaluación del salado fueron de 0 (SS ó tiempo sin proceso de salado); 0,7; 1,0 y 1,2

días/Kg promedio, empleando tres unidades experimentales para cada tratamiento. Las condiciones del salado fueron de temperaturas de 3,0°C -5,0°C con una humedad relativa de 95%. Una vez finalizado el salado, se retiraron las unidades experimentales de los contenedores, se lavaron y se dejaron escurrir a temperaturas de 3,0°C a 5,0°C en un tiempo no superior a 24 horas.

1.3.5 Seccionamiento y preparación de las muestras

Las muestras fueron tomadas debajo de la articulación coxofemoral hasta 4 cm por debajo de este, realizando un corte transversal en el área señalada (Figura 1-1), obteniéndose de ese modo una loncha. Cada loncha a su vez fue seccionada en regiones (Figura 1-2.), la zona A cercana al magro, la zona B cercana al hueso, la zona C cercana a la grasa de cobertura y la zona R como el conjunto restante de la pierna luego de la extracción de la loncha.

Cada análisis fisicoquímico fue realizado en cada una de las unidades experimentales en cada una de las zonas mencionadas, con tres repeticiones por cada análisis. Las muestras fueron conservadas en empaque al vacío a temperaturas de 5°C por un tiempo no superior a 24 H para las mediciones de a_w y humedad, y a temperaturas de -20°C para los análisis restantes.

Figura 1-1: Toma de muestra en la unidad experimental.

Zona R



Figura 1-2: Toma de muestra en la unidad experimental. Corte transversal (Loncha).



1.3.6 Análisis fisicoquímicos

1.3.6.1 Medición de actividad de agua

La medición de actividad de agua se realizó mediante el equipo medidor de actividad de agua marca Rotronic. modelo HygroLab C1. Las muestras previamente molidas fueron dispuestas en copas desechables propias del equipo y se realizaron las mediciones bajo condiciones de temperatura de 23,0°C a 25,0°C.

1.3.6.2 Variación de masa

Se realizó el pesaje de las piernas antes y después de cada tratamiento por medio de una balanza electrónica PLS – 2000 marca Tor Rev. Se calcularon la variaciones de masa acumulado para la etapa de salado (ΔM_{AS}) como el diferencial de peso antes y después de la etapa correspondiente de evaluación sobre el peso inicial de la pierna.

1.3.6.3 Concentración de cloruro de sodio

Se determinó el contenido de cloruro de sodio (NaCl) homogenizando de 3,0 a 5,0 g de carne previamente molida empleando un ULTRATURRAX T25 por 10 minutos a 2000 rpm. Posteriormente, la solución fue filtrada y llevada a un volumen conocido con agua destilada y se tomó exactamente una alícuota de 20 μ l para ser titulada en un Analizador de Cloruros SAT-500 marca TDA-DK. Se expresó la fracción másica de sal ($X^{NaCl}_{b.s.}$) como Kg de NaCl/Kg de muestra en base seca exenta de grasa y sal.

1.3.6.4 Contenido de humedad

Se empleó el método de secado en estufa por convección (ISO, 1973). Para esta determinación se dispuso de 3,0 a 5,0 g de muestra en un vaso metálico previamente

tarado con arena de mar lavada; el uso de esta arena se empleó con la finalidad de disgregar correctamente la muestra y evitar el encostramiento que impidiera el movimiento del contenido de agua de la muestra al exterior. Para esta determinación se empleó una estufa de convección de aire forzado marca Memmert por un tiempo de 24 horas para garantizar el completo secado de la muestra y temperatura de $105,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$. La fracción másica de agua (X^w b.s.) fue expresada como el diferencial de pesos (en Kg) de la muestra antes y después de la prueba/Kg de muestra en base seca exenta de grasa y sal.

1.3.6.5 Contenido de grasa

Se determinó grasa total (o extracto etéreo) por medio del método de extracción Goldfish (AOAC, 1999a) en el cual se sometieron las muestras con previo proceso de secado (2,0 a 3,0 g) dispuestas en papel filtro cuantitativo de 65g/m^2 a la extracción continua mediante un solvente orgánico, en este caso, Bencina de Petróleo ($40 - 60^{\circ}\text{C}$) manteniendo una temperatura de la placa calefactora de 210°C durante 4 horas. Se expresó la fracción másica de grasa (X^G b.s.) como el peso (en Kg) de la grasa extraída/Kg de muestra en base seca libre de grasa y sal.

1.4 Análisis Estadístico

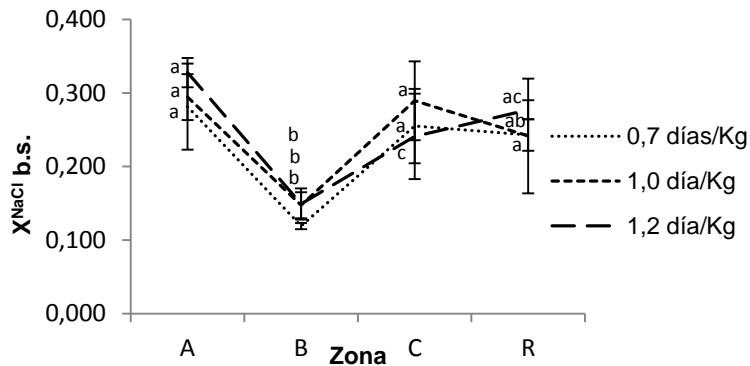
Se empleó un modelo completamente al azar, evaluando por medio de un análisis de varianza (ANOVA) cada zona de evaluación y cada tiempo de salado con la finalidad de determinar si existían o no diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Para el caso en los que se evidenció diferencias, se corrió una prueba de rangos múltiples mediante el procedimiento de Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los análisis fueron realizados empleando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV. Versión 15.2.06.

1.5 Resultados y discusión

1.5.1 Concentración de sal

De acuerdo con los resultados obtenidos en esa primera etapa, se observan los valores promedios de la fracción másica de cloruro de sodio en base seca por zonas y por tiempos de evaluación (Figura 1-3). De estos resultados, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) comparando cada una de las zonas en cada uno de los tiempos ensayados, pero si hubo diferencias significativas comparando el comportamiento de la concentración de sal en cada una de las zonas.

Figura 1-3: Fracción másica de sal (X^{NaCl} b.s.) en los diferentes tiempos de salado



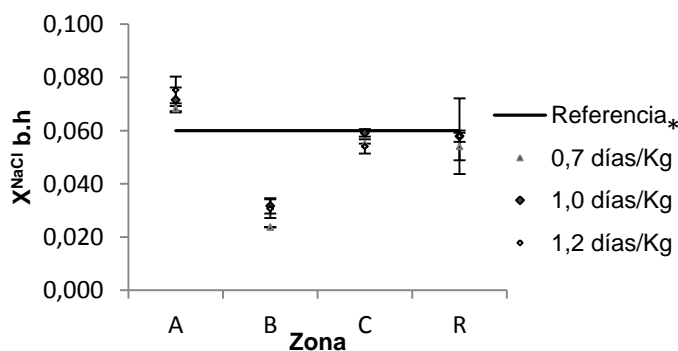
Valores con letras diferentes de forma vertical en cada zona indican que son diferentes ($p < 0,05$) (prueba LSD).

La Figura 1-3 evidencia que las zonas A y C (zonas más externas) presentaron un mayor contenido de sal en comparación con la zona B (zona más interna evaluada), siendo la zona la A la que adquirió mayor contenido de sal. Este comportamiento se debe a que la migración de sal depende en este caso, principalmente al tiempo que las piezas estuvieron expuesta a la sal, en el cual solo las zonas externas lograron absorber el soluto (Bello Gutierrez, 2012; Fulladosa, Muñoz, Serra, Arnau, & Gou, 2015), además la zona A adquirió un mayor contenido por ser la región más magra de la pierna y no presentaba barreras como alto contenido de tejido conectivo o grasa que impidiera el fenómeno de absorción y posterior difusión la sal (Bello Gutierrez, 2012).

Por otro lado, la zona C, fue la segunda zona con mayor contenido de sal ya que en este caso, las características intrínsecas de la especie y del cruce racial empleado, correspondían a piezas con una grasa de cobertura no superior a 5 - 7 mm de espesor, en promedio. En el caso de productos desarrollados con porcinos, la deposición de sal en la pieza en el proceso de salado es diferente, debido a que en el desarrollo de productos con esta especie emplean piernas con una gruesa capa de grasa de cobertura para obtener características sensoriales específicas en el producto final, lo que retarda el proceso de absorción de sal en esa zona y difiere en la velocidad de difusión de la sal en la pieza (Boadas, Gu, Valero, & Arnau, 2001).

Analizando los resultados por los tiempos de evaluación, durante este estudio, los valores de X^{NaCl} b.s. registrados para la zona R (como valor promedio de las piezas cárnicas) fueron de $0,242 \pm 0,021$; $0,243 \pm 0,078$; $0,277 \pm 0,013$ respectivamente para los tiempos 0,7; 1,0 y 1,2 días/Kg. Estos valores representados en X^{NaCl} b.h. son cercanos a $0,054 \pm 0,005$; $0,055 \pm 0,014$ y $0,058 \pm 0,002$. De acuerdo a los valores de X^{NaCl} b.h. reportados por Villalobos et al., (2014) en productos cárnicos crudo curado elaborados con ovinos, encontramos que son cercanos a los hallados en la presente investigación, con concentraciones de sal entre 0,059 y 0,069 obtenidos para los primeros tiempos del proceso. En ambos casos, los valores registrados se encuentran en coherencia con la concentración de sal sugerida por algunos autores en la elaboración de productos crudo curados con otras especies (porcinos) (alrededor del 6-7%) (Jacint Arnau, Guerrero, Casademont, & Gou, 1995; Toldrá, 2002; Ventanas, 2001) (Figura 1-4).

Figura 1-4. Valores promedios de X^{NaCl} b.h. para cada tiempo de evaluación en la etapa del salado.

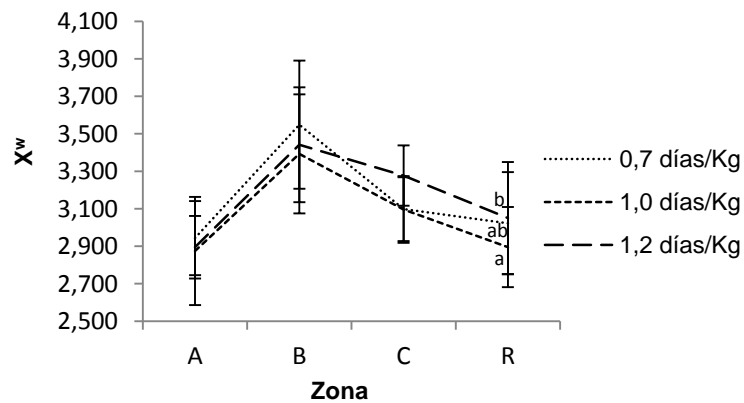


*Línea de referencia de 6% de contenido de NaCl. de acuerdo Jacint Arnau, Guerrero, Casademont, & Gou, (1995); Ventanas, (2001).

1.5.2 Contenido de agua

En la Figura 1-5 se muestran los valores promedios de la fracción másica de agua en base seca exenta de grasa y sal (X^w b.s.) para cada tiempo y zona de evaluación. De los resultados obtenidos, sólo hubo diferencias significativas para las comparaciones entre los tiempos de evaluación en la zona R ($p < 0,05$). Sin embargo, los valores obtenidos para cada caso fueron muy cercanos entre sí ($3,023 \pm 0,092$, $2,896 \pm 0,233$ y $3,307 \pm 0,070$ respectivamente para los tiempos 0,7; 1,0 y 1,2 días/Kg).

Figura 1-5: Fracción másica de agua (X^w b.s.) en los diferentes tiempos de salado.



Valores con letras diferentes de forma vertical en cada zona indican que son diferentes ($p < 0,05$) (prueba LSD).

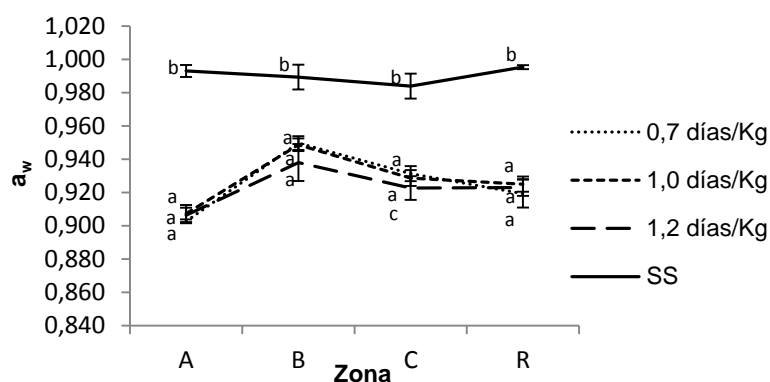
Las demás zonas mostraron un comportamiento similar una con otra, sin embargo, se evidenció un mayor contenido de agua en la zona B (interna) con relación a las otras zonas. Este hecho es complementario con la Figura 1-3 en donde para esta región se encontró un menor contenido de cloruro de sodio y por consiguiente una menor deshidratación.

1.5.3 Actividad de agua

En cuanto a los valores reportados para actividad de agua (a_w) encontramos diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tiempos evaluados con respecto a las unidades experimentales sin proceso de salado (SS) e incluso, diferencias entre regiones. Específicamente la región B para cada tiempo de salado (0,7; 1,0; 1,2 días/Kg) presenta

un mayor valor de a_w con respecto a las otras regiones. Esto se debe a que la actividad de agua se encuentra estrechamente relacionada con el contenido de sal que la zona evaluada presente. Así, para zonas con mayores contenidos de cloruro de sodio (en este caso, las zonas A y C) presentan menores valores de a_w y viceversa, ya que al penetrar el cloruro de sodio a la pieza, las moléculas de sal retienen moléculas de agua, dejando estas superficies sin agua disponible, lo que por consiguiente se ve reflejado en la disminución de este valor (Albarracín, 2009) (Figura 1-6).

Figura 1-6: Valores de actividad de agua en los diferentes tiempos de salado.



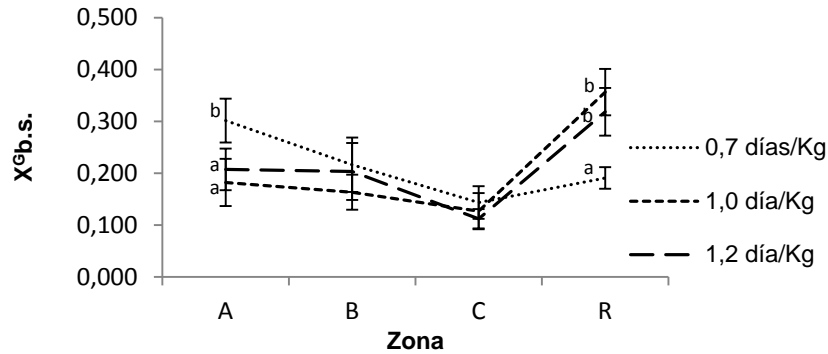
Valores con letras diferentes de forma vertical en cada zona indican que son diferentes ($P < 0,05$) (prueba LSD).

1.5.4 Contenido de grasa

El contenido de grasa en la pieza cárnica puede variar de acuerdo a la constitución de ésta. Encontramos grasa de cobertura, intermuscular e intramuscular, cada una de ellas depositada en la pieza cárnica de acuerdo a características intrínsecas del animal (Bello Gutierrez, 2012). De los resultados obtenidos, el contenido de grasa en las zonas A y R en los tiempos de evaluación del salado presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Sin embargo, se observa un comportamiento en el cual los valores reportados para la zona A (zona magra) son ligeramente menores en comparación con las otras zonas. Este hecho explica por qué durante la experimentación el mayor contenido de sal se ubica en esta zona y el contenido de humedad y a_w son más bajos para la zona en

mención, debido a que hay muy poca barrera (en este caso, grasa) que impida el proceso de absorción de sal por parte de la pieza.

Figura 1-7: Fracción másica de grasa (X^G b.s.) en los diferentes tiempos de salado.



Valores con letras diferentes de forma vertical en cada zona indican que son diferentes ($p < 0,05$) (prueba LSD).

1.5.5 Variación de masa

En cuanto a la variación de peso obtenido de este proceso, encontramos que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores obtenidos para cada tiempos de evaluación, siendo el tiempo de 0,7 días/Kg el que presenta menor porcentaje de variación de peso con respecto a los otros tiempos, por ser éste el menor tiempo en el cual las piezas cárnicas estuvieron expuestas al proceso. De acuerdo a los sugerido por J Arnau & Monfort (1998) durante la elaboración de un producto cárnico crudo curado, tiene lugar a la variación de peso, o pérdida de peso el cual no necesariamente corresponde únicamente a la pérdida de agua, sino a un balance de materia en el cual ocurre una ganancia de peso por la sal absorbida por parte de la pieza (Aliño et al., 2009), además de algunos componentes solubles y proteínas presentes en ella (Corzo, Brachoe, & Rodriguez, 2014; Thorarinsdottir, Arason, Bogason, & Kristbergsson, 2004).

Se estima que las mayores variaciones de peso ocurren en la etapa de secado y maduración, aun así, en la etapa de salado y post-salado tiene lugar variaciones que pueden ser consideradas entre un -7 al -10% (J Arnau & Monfort, 1998). Este valor va en correspondencia con los resultados obtenidos en la experimentación, donde el valor promedio mínimo y máximo de variación de peso fue de $-6,51 \pm 0,19$ y $-7,59 \pm 0,08$ para los tiempos de 0,7 y 1,2 días por Kg (valores expresados en porcentajes de la Tabla 1-1),

lo que indica que a medida que dura el producto cárnico en el proceso de salado, hay mayor ganancia de sal a medida que hay pérdidas de peso en agua (tabla 1-1). Este comportamiento va en coherencia con los resultados de X^w , X^G y a_w expuestos con anterioridad.

Tabla 1-1: Variación de peso (ΔM_{AS}) de las unidades experimentales durante cada tiempo.

Tiempos	Valor promedio
0,7 días/Kg	-0,0651 ^a
1,0 días/Kg	-0,0690 ^b
1,2 días/Kg	-0,0759 ^c
P-Valor	0,0000

Valores con letras diferentes indican que son diferentes ($p < 0,05$) (prueba LSD).

1.6 Conclusiones

La determinación la concentración de cloruro de sodio permitió verificar los valores presentes en la pieza durante cada tiempo de salado, siendo satisfactorio el hecho de que la concentración de sal en todos los casos reflejaron valores cercanos por la literatura para la elaboración de productos cárnicos crudo curado. El proceso de salado durante cada tiempo evaluado mostró un comportamiento de ganancia de sal en las zonas más externas de la pieza y menor en la interna, explicando los comportamientos obtenidos con los otros parámetros de a_w , X^w y X^G en el cual los valores fueron más elevados en la zona interna de la pieza con relación a las externas. De manera general se puede concluir que el comportamiento entre cada uno de los tiempos de evaluación fueron similares entre sí, pero fue el tiempo de, 0,7 días/Kg el que mostró un valor más cercano al sugerido por referencias bibliográficas razón por la cual se definió como el tiempo adecuado para esta etapa del proceso.

2. Capítulo 2 Análisis de la etapa de post-salado en la elaboración del producto cárnico

2.1 Resumen

El proceso de post-salado es una de las etapas que comprende la elaboración de productos curados. El siguiente estudio tuvo como propósito determinar el tiempo de post-salado para el proceso de elaboración del producto cárnico a través de la evaluación de los cambios fisicoquímicos ocurridos durante esta etapa. Para este fin, fueron sometidas a salado en seco las unidades experimentales bajo condiciones de 3,0°C y 95% de HR. Posteriormente, bajo estas mismas condiciones, fue llevado a cabo la etapa de post-salado y se realizaron análisis fisicoquímicos de contenido de humedad (X^w), actividad de agua (a_w) y de concentración de cloruro de sodio en fase líquida (Z^{NaCl}) durante 0, 15 y 30 días en diferentes regiones de la pieza: zona A cercana al magro, zona B cercana al hueso, zona C cercana a la grasa de cobertura y zona R como un promedio o comportamiento total de la pieza. Los resultados mostraron que a partir del día 15 tiene lugar un equilibrio químico entre las zonas evaluadas, específicamente en el contenido de cloruro de sodio, al mismo tiempo, indicó además el proceso de difusión del contenido de agua hacia el exterior de la pieza cárnica. Esta condición resulta ser adecuada para la siguiente etapa de secado y maduración del producto.

Palabras clave: Post-salado, productos de la carne, curado, ovinos.

2.2 Introducción

La etapa de post-salado o también denominada por algunos autores como reposo, es la etapa siguiente al salado. Es un periodo en el cual se busca un equilibrio químico y por consiguiente, una estabilización de la pieza cárnica para garantizar las etapas siguientes de elaboración del producto. Ello se consigue mediante la distribución homogénea de los iones de Na^+ y Cl^- que se encuentran en la superficie de la pierna y de la ganada en el proceso de salado (Aliño, Grau, Fuentes, & Barat, 2010) (Jacint Arnau et al., 1995).

Principalmente durante esta etapa se llevan a cabo dos procesos, el primero de ellos la transferencia de agua desde la superficie al medio (evaporación superficial) debido al secado convectivo (Boadas et al., 2001), y el segundo proceso de transferencia de sal de la superficie al interior de la pieza por procesos difusionales, de esta manera ambos procesos contribuyen a la disminución del valor de la actividad del agua en la pieza, inhibiendo el desarrollo de microorganismos alterantes y controlando, por consiguiente, la actividad enzimática endógena, brindando de esta manera, la estabilidad necesaria a la pieza (Albarracín, 2009; J M Barat, Grau, Ibáñez, & Fito, 2005).

Estos fenómenos ocurren bajo condiciones medio ambientales de aumento gradual de temperatura, de 3-5°C a 10-12°C y una disminución progresiva de la humedad relativa, el cual debe estar al alrededor del 80% (J. Ventanas, Ruíz, & Cava, 1998). El objetivo del presente estudio fue determinar el tiempo de post-salado requerido a partir de la evaluación de los cambios fisicoquímicos ocurridos durante esta etapa cuando se emplea un salado en seco de tiempo de 0,7 días/Kg.

2.3 Materiales y métodos

2.3.1 Proceso de post-salado

Para el desarrollo del post-salado, se repitió nuevamente el procedimiento de salado, empleando la mejor condición obtenida de la experimentación anterior, en este caso 0,7 días/Kg promedio, éstas fueron lavadas y posteriormente colgadas en un cuarto frío con condiciones de temperatura y humedad relativa controladas las cuales fueron adecuándose gradualmente: de temperaturas de 5°C a 10°C–12°C y de humedad de 90%-95% a 80%. Los tiempos evaluados para el post-salado fueron de 0, 15 y 30 días de evaluación empleando tres unidades experimentales para cada tratamiento.

2.3.2 Seccionamiento y preparación de las muestras

Se tomó de cada unidad experimental una loncha proveniente de la región coxofemoral hasta 4 cm por debajo de esta región. En la loncha se seccionaron las muestras para su

posterior análisis fisicoquímico en 4 zonas de la pieza (Figuras 1-1. y Figura 1-2.). Para cada análisis se realizaron tres repeticiones.

2.3.3 Análisis fisicoquímicos

Se determinó los parámetros de actividad de agua, variación de masa, cloruro de sodio y humedad de acuerdo con la metodología descrita en el capítulo 1 (numerales 1.3.6.1.; 1.3.6.2.; 1.3.6.3. y 1.3.6.4. respectivamente). Para el caso de la determinación de la concentración de sal, ésta se expresó como Z^{NaCl} (concentración de sal en fase líquida, que viene dada por:

$$Z^{\text{NaCl}} = \frac{X^{\text{NaCl}}}{X^{\text{NaCl}} + X^{\text{W}}} \quad \text{Ec(2.1)}$$

Donde

X^{NaCl} y X^{W} corresponden a la fracción másica de sal y de agua en la pieza, respectivamente.

2.4 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) en cada zona de evaluación y cada tiempo de post-salado con la finalidad de determinar si existían o no diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Para el caso en el que se evidenció diferencias estadísticamente significativas, se corrió un análisis de Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Todos estos análisis fueron realizados empleando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV. Versión 15.2.06.

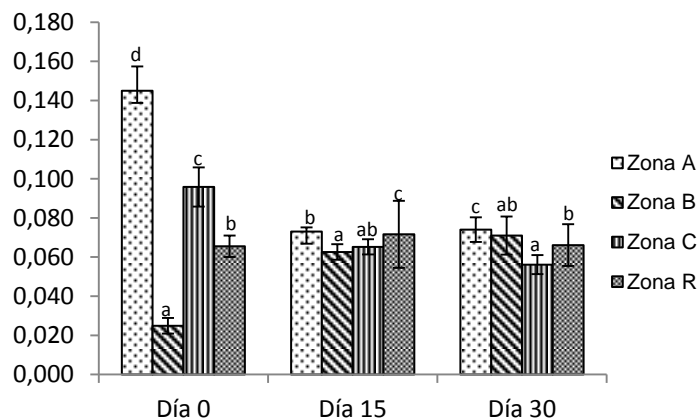
2.5 Resultados y discusión

2.5.1 Contenido de sal

Como se mencionó anteriormente, la finalidad de la etapa de post-salado es obtener valores de concentración de sal en las zonas internas de la pieza cárnica que permita posteriormente en la etapa de secado y maduración aumentar la temperatura en ésta sin representar un riesgo microbiológico durante el proceso. En la Figura 2-1 se observa el

comportamiento de la concentración de sal en cada una de las zonas evaluadas, de ésta se observa que las zonas A y C al inicio de la etapa de post-salado (día 0) presentaron una concentración de cloruro de sodio en fase líquida mayor a la registrada en la zona B, siendo la concentración en A mayor que en C existiendo diferencias significativas de este tiempo de evaluación con relación a los tiempos 15 y 30 días. Esto se debe a que las zonas A y C son las más externas de la pieza cárnica y se encuentran en directa exposición a los iones de Na^+ y Cl^- en comparación con la zona más profunda, en este caso, la zona B, sin embargo, con el paso del tiempo, (15 y 30 días) se reporta un incremento en la concentración de sal en ésta última y una ligera disminución en A y C, esto se debe posiblemente, desde el punto de vista termodinámico, que con el tiempo tiende a igualarse el potencial químico, determinado por la relación sal/agua en la pieza (Bello Gutierrez, 2012), a la vez que disminuye la velocidad de penetración de la sal en la pieza cárnica una vez alcanzado dicho equilibrio (Albarracín, 2009).

Figura 2-1. Comportamiento de la concentración de sal en fase líquida (Z^{NaCl}) en cada una de las zonas de la pieza cárnica en cada tiempo de evaluación.



También se observa que en todos los tiempos evaluados existen diferencias significativas entre las zonas evaluadas, pero si registran valores cercanos entre sí a partir del día 15. Este comportamiento va en coherencia con lo reportado en productos crudo curado elaborados con cerdo. Barat, Grau, Ibáñez, & Fito (2005), encontraron un comportamiento similar en ensayos realizados con piernas de cerdo para la elaboración de Jamón Español por medio del método de descongelación y salado, reportaron que pese a emplear el tiempo de post-salado sugerido a nivel industrial, los valores registrados de Z^{NaCl} no fueron del todo homogéneos en las zonas externas e internas de

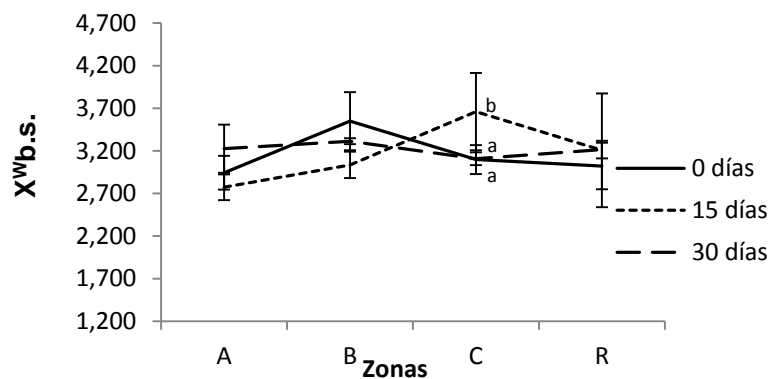
la pieza, contrario al concepto generalizado con relación al equilibrio químico que tiene lugar durante esta etapa en productos elaborados con piezas anatómicas enteras (mayormente en cerdo), citado por muchos autores (Bello Gutierrez, 2012; Blesa et al., 2008; Toldrá, 2014). Aun así, un valor exacto de Z^{NaCl} que haya sido reportado como valor de referencia en la culminación de la etapa de post-salado o como valor de seguridad ante las condiciones de procesamiento y Punto Crítico, no ha sido formalmente reportado, pues éste depende del tipo de materia prima, pieza cárnica, técnica de procesamiento empleada, por mencionar algunos factores, sin embargo, los mismos autores sugieren que un valor cercano a 0,02 en la zona B (zona interna de la pieza) o superior a este valor, es considerado aceptable en el procesamiento de este tipo de este producto. En el caso del presente estudio, los valores de Z^{NaCl} alcanzados en la zona B en el tiempo 15 y 30 días fueron cercanos a 0,07, razón por la cual se puede inferir que con un corto tiempo de post-salado se puede obtener una concentración de sal adecuada en toda la pieza cárnica, que permita en las etapas posteriores de secado y maduración disminuir el riesgo microbiológico a medida que se van cambiando las condiciones de las cámaras de maduración (incrementando la temperatura y disminuyendo la humedad relativa), al mismo tiempo que va ocurriendo una disminución en la a_w (Figura 2-3), que es otro parámetro importante para la disminución de este riesgo. Consideramos que el valor alcanzado a los 15 días podría ser el adecuado para este proceso.

2.5.2 Contenido de agua

En cuanto al contenido de agua en la pieza cárnica, se observa en la figura 2-2 que la fracción másica de agua tiende a igualarse con respecto al tiempo en cada zona de evaluación, esto se debe a los procesos de osmosis en el cual el contenido de agua migra hacia el exterior de la pieza al tiempo que el cloruro de sodio migra hacia el interior, se trata de un flujo contracorriente, en los que prima una tendencia hacia valores en equilibrio en las concentraciones de los solutos (Bello Gutierrez, 2012). Esta distribución de agua en función de la profundidad permite conocer la dinámica del movimiento del agua en el interior del producto. Ambos procesos se llevan a cabo de manera simultánea y su factor limitante corresponde al contenido de agua libre (no ligada), el cual depende de condiciones externas de temperatura, humedad y flujo de aire, superficie expuesta y presión (Mujumdar, 2006).

En este caso, la Figura 1-5 muestra cómo el valor inicial de agua en el interior de la pieza (zona B) disminuye en el tiempo e intenta igualarse en contenido con relación a las otras zonas (A y C), comparando con la distribución del contenido de agua presentado en el tiempo cero o de inicio de la etapa de post-salado.

Figura 2-2. Contenido de agua (X^w b.s. exenta de grasa y sal) presente en cada una de las zonas en cada tiempo de evaluación.



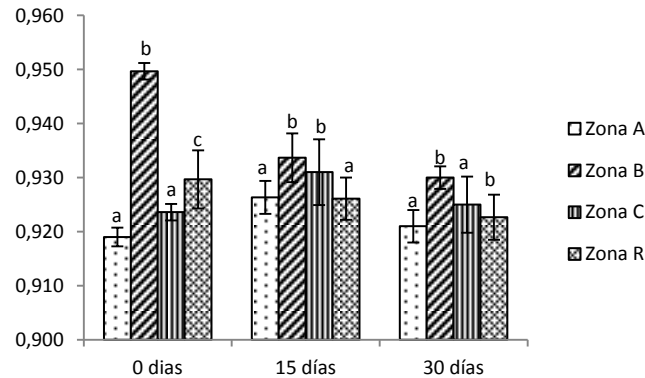
2.5.3 Actividad de agua

En cuanto al comportamiento de los valores obtenidos de a_w , se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las zonas A, B, C y R en los tiempos de evaluación para cada uno de los tiempos evaluados. Este comportamiento va en coherencia a lo reportado anteriormente en los valores registrados para Z^{NaCl} debido a que no hay una migración de sal totalmente uniforme en cada uno de los puntos de la pieza.

Durante este estudio, se observó además que el valor de a_w en la zona B disminuyó con respecto a los tiempos de post-salado ensayado. Este hecho se debe al efecto combinado de la difusión de la sal y la pérdida de agua. Comparando con productos crudo curado elaborados con otras especies, se presenta un comportamiento similar al expuesto en la elaboración de Jamón Parma y Jamón Ibérico, en el cual hay una disminución del valor de a_w en la zona interna de la pieza durante esta etapa (Albarracín, 2009; Blesa et al., 2008), así mismo, también se observa una disminución en los valores reportados para C durante los días 15 y 30, sin ser superior a la registrada en B, este hecho se debe que C corresponde a la zona cercana a la grasa de cobertura y actúa

como barrera en la dinámica de evaporación de agua y migración de sal al interior además de otras características intrínsecas de la especie como el tejido conectivo, grasa intra muscular, composición química de la grasa, entre otros factores, propios de la especie animal evaluada.

Figura 2-3. Valores de actividad de agua (a_w) para cada tiempo de evaluación en la etapa de post-salado



Existe además una relación entre el valor Z^{NaCl} y la actividad de agua, que suele ser tanto más estrecha cuanto mayor sea el nivel de humedad de las piezas en las fases de salado y post-salado. Por el contrario, dicho valor se distorsiona en las fases siguientes como consecuencia de la contribución de las interacciones entre las moléculas de agua y la matriz sólida de la pieza (Bello Gutierrez, 2012).

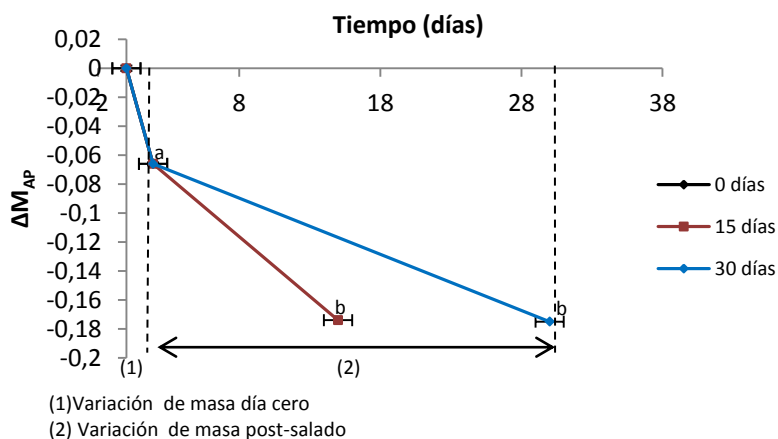
2.5.4 Variación de masa

En cuanto a la variación de masa para la etapa del post-salado (ΔM_{AP}) se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tiempo cero y los tiempos 15 y 30 días (Tabla 2-1) dado a como se había mencionado anteriormente, el tiempo cero equivale a 0,7 días/Kg en la etapa de salado, tiempo en el cual no solo hay pérdida de peso en agua, sino ganancia de sal. Los valores de ΔM_{AP} (Variación de masa acumulada en el post-salado) para los tiempos 15 y 30 no presentaron diferencias significativas entre sí, sin embargo, el valor registrado para 30 días fue mayor que todos los tiempos evaluados durante esta etapa, esto se debe a que la pieza tiene 15 días más de exposición a condiciones de temperaturas bajas y una menor humedad relativa que en la etapa de salado, en donde, sigue la continua migración de agua hacia el exterior de la pieza y la

migración hacia el interior de la sal, como lo indican los resultados obtenidos en el perfil de concentración de sal y contenido de agua (Figura 2-1).

Analizando la variación de masa general obtenida durante esta etapa, el valor medio obtenido, fue de $-0,169 \pm 0,009$, o lo que igual a 16,9% expresado en porcentaje. Este valor va en correspondencia a lo sugerido por varios autores, el cual puede oscilar entre 10% y 15% (J. Arnau, 1998). Se han reportado valores cercanos al 10% en productos elaborados con piernas descongeladas de cerdo Ibérico (Grau, Albarracín, Toldrá, Antequera, & Barat, 2008), e incluso, valores superiores del 22% empleando cerdos descongelados para la producción de Jamón Español (J M Barat et al., 2005). Con respecto a la variación de masa durante esta etapa en productos elaborados con ovinos o caprinos, hay pocas referencias.

Figura 2-4. Variación de Masa Acumulada durante la etapa de Post-salado (ΔM_{AP}).



2.6 Conclusiones

El proceso difusional de la sal al interior de la pieza se rige por varios factores, principalmente por el tiempo en el que las piezas cárnicas permanecen bajo condiciones de temperatura y humedad relativa controladas, en especial esta última, pues la pieza intenta mantener un equilibrio químico entre el contenido de sal y el contenido de humedad en cada una de las zonas de la pieza. De los resultados obtenidos, teniendo en

cuenta los valores de a_w , concentración de sal, contenido de humedad y pérdidas de peso, se puede concluir que a los 15 días, al obtenerse uniformidad y consistencia en los resultados obtenidos para los parámetros en mención, el post-salado puede considerarse como finalizado, quedando la pieza cárnica lista para la etapa posterior de secado y maduración donde principalmente la concentración de sal participa entre otros parámetros en la consecución de características sensoriales y texturales importantes en el producto final.

3. Capítulo 3 Evaluación de la etapa de secado y maduración.

3.1 Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar los cambios fisicoquímicos ocurridos en dos tiempos ensayados de secado y maduración: 3 y 6 meses. En cada tiempo se evaluaron los cambios en los parámetros de actividad de agua, contenido de humedad, contenido de grasa, contenido de cloruro de sodio en fase líquida, color y textura. De igual modo se evaluaron mediante panel sensorial las características propias del producto final para la selección del tiempo adecuado de secado y maduración. Los resultados no evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para los parámetros físico-químicos entre los dos tiempos finales de elaboración del producto, pero si se evidenciaron diferencias con respecto al tiempo inicial de cada tiempo evaluado. Los resultados obtenidos sugieren que dependiendo de las características deseadas en el producto, así será la elección de este periodo para el procesamiento, se podría concluir para efectos prácticos, aun teniendo un tiempo corto de secado y maduración se logra desarrollar un producto con buenas características sensoriales, el cual tiene gran aceptación por parte del consumidor.

Palabras Clave: Secado, maduración, productos de la carne, curado, ovinos.

3.2 Introducción

La etapa de secado y maduración es la etapa siguiente al post-salado o reposo. Durante este periodo, la pieza cárnica sigue deshidratándose y prosiguen los fenómenos de proteólisis y lipólisis que condicionan la calidad del producto final como el *flavour*, la textura y las características organolépticas en general, el cual depende a su vez del tipo

de materia prima empleada y el proceso tecnológico para su elaboración (J. Arnau, 1998; Gou, 1998). Los principales cambios físicos que ocurren en el proceso de secado y maduración es la variación en el contenido de humedad, y actividad de agua. Estos dos factores a su vez afectan la cinética química, enzimática y microbiológica que gobierna durante esta etapa (Toldrá, 2002).

Durante el este proceso, también hace referencia a la pérdida de peso, el cual puede alcanzar un 30% a 35% del peso de la pierna en la elaboración de productos con porcinos, y entre un 28% a 45% en algunos productos elaborados con piezas de ovinos (Toldrá, 2014). Estas pérdidas de peso en el balance de masa (ganancia de agua y pérdidas de peso) no solo tiene lugar las pérdidas de agua, sino además las pérdidas de compuestos volátiles durante el secado del producto (Gou, 1998).

En cuanto al desarrollo sensorial de características propias del producto, en el caso de aquellos elaborados con piernas de ovinos, se conoce por algunos autores que el proceso de maduración acentúa los aromas y sabores característicos de la oveja o cordero y en cuanto al color, hay un desarrollo de una coloración roja-oscura del magro durante la finalización de este proceso (Toldrá, 2014). Las características sensoriales de un producto crudo curado, es uno de los principales aspectos que determina la aceptación de un producto (Purriños et al., 2011)

Debido a que se conocen pocos detalles sobre los cambios fisicoquímicos y sensoriales que tiene lugar durante la elaboración de un producto crudo curado elaborado con piernas de ovinos y con la finalidad de determinar el tiempo adecuado de secado y maduración del producto pues es la etapa determinante que otorga la identidad de éste, se desarrolló el presente estudio.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Proceso de secado y maduración

Una vez obtenidas las condiciones adecuadas de salado y post-salado se repitió ambos procedimientos para darle continuidad al secado y maduración de las piezas. Durante esta etapa se realizó dos tiempos de ensayos (de 3 y 6 meses de maduración). Cada uno de los grupos, fueron sometidos al aumento gradual de la temperatura (de 5.0°C a

28,0°C ± 2,0°C) y disminución de la humedad relativa del 90 – 95 % hasta 75%. Los tiempos de medición empleados a lo largo de esta etapa fueron al mes 0, 1, 2 y 3 para el grupo de 3 meses de secado y maduración, denominados en el presente texto como 03M, 13M, 23M y 3M respectivamente; y los meses 0, 2, 4 y 6 denominados como 06M, 26M, 46M y 6M respectivamente para el grupo de 6 meses. Para cada tiempo de medición se emplearon tres unidades experimentales. La experimentación fue realizada en cuartos fríos con controladores de temperatura y humedad relativa en las instalaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

3.3.2 Seccionamiento y preparación de las muestras

Se tomó de cada unidad experimental una loncha proveniente de la región coxofemoral hasta 4 cm por debajo de esta región. En la loncha se seccionaron las muestras para su posterior análisis fisicoquímico en 3 zonas de la pieza (Figura 1-2.). Para cada análisis se realizaron tres repeticiones.

3.4 Análisis fisicoquímicos

Se determinó los parámetros de actividad de agua, variación de peso, cloruro de sodio, humedad y grasa de acuerdo con la metodología descrita en el capítulo 1 (numerales 1.3.6.1.; 1.3.6.2.; 1.3.6.3.; 1.3.6.4. y 1.3.6.5. respectivamente) y se calculó a partir de estas determinaciones la variable Z^{NaCl} que corresponde a la concentración de sal en fase líquida – Kg NaCl/KgNaCl-agua).

3.4.1 Determinación de proteína

Se realizó la determinación de proteína cruda por medio del método oficial de la AOAC (Método Kjeldah) (AOAC, 1999c), con modificaciones, en el cual se empleó aproximadamente 0,8 g de muestra en una digestión con H₂SO₄ (95-98%) a temperatura de 440°C y posterior destilación del vapor del amoníaco con NaOH (40%) y solubilización ácido bórico al 4% para finalmente ser titulado con HCl 0,1 N.

3.4.2 Determinación de cenizas

Se realizó la determinación por calcinación de materia orgánica empleando temperaturas de 550 a 600 °C por tiempo de 3 a 4 horas por medio de los métodos oficiales de la AOAC (modificado) (AOAC, 1999b).

3.4.3 Determinación de nitrito residual

La determinación de nitrito residual se realizó de acuerdo con el método sugerido por la Organización Internacional de Procedimientos Estandarizados – ISO (ISO/International Organization for Standardization, 1975)

3.4.4 Determinación de color instrumental

El color se determinó mediante espectrofotómetro ColorQuest XE, Hunterlab, con un observador de 10°, iluminante D65 y reflectancia incluida, empleando el espacio de coordenadas CIE L*a*b* donde L es luminosidad, a* el componente de cromaticidad que va de verde a rojo (-a* +a*) y b* de azul a amarillo (-b* +b*). Las mediciones se tomaron en lonchas recién extraídas de la pieza cárnica en 6 puntos aleatorios para cada zona (A,B y C).

3.4.5 Determinación de textura

Se realizó la determinación de Análisis de Perfil de Textura (TPA) mediante un analizador de textura TA.TX.plus. Las muestras fueron tomadas en forma de cilindro de dimensiones 1 cm de diámetro y 1 cm de altura. La prueba se realizó con una doble compresión del 50% y una velocidad pre-test de 1 mm/s y una velocidad de test y post test de 5 mm/s.

3.5 Análisis sensorial

Se empleó un panel entrenado de 5 participantes perteneciente al Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Las muestras fueron tomadas de la zona denominada comúnmente como maza que comprende mayormente los músculos *M. Aductor*, *M. Gracilis*, *Semitendinoso*, *Semimebranoso* y *Bicep femoris*, por ser esta zona la más apetecida comercialmente y la que presenta mayores rendimientos; se presentaron dos muestras, una de cada tiempo de evaluación del

producto cárnico terminado 3M y 6M respectivamente) y una muestra comercial (MC) mayormente consumida a nivel nacional proveniente de cerdo; el tamaño de las muestras dispuestas a los panelistas fueron de 65 mm de longitud x 20 mm de ancho x 1,5 mm de espesor, las cuales fueron obtenidas mediante una tajadora. Se evaluaron varios descriptores de olor (rancio, animal, floral, moho-húmedo y carne cruda), descriptores de color (color claro – oscuro del magro, veteado o grasa intramuscular, color amarillo de la grasa, color rosa de la grasa, color gris de la grasa), descriptores de sabor (salado, dulce, amargo, ácido, umami) y descriptores de textura (fibrosidad), los cuales fueron evaluados cada uno en una escala del 1 al 5. Las condiciones del análisis fueron en una habitación donde las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente ($17,0^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$) y a media mañana alrededor de 3 horas posterior a la hora promedio de desayuno de los panelistas.

Para el estudio de análisis sensorial con panel no entrenado, se emplearon 22 consumidores habituales de productos cárnicos crudo curado quienes evaluaron los productos objeto de estudio por medio de una escala hedónica de 5 puntos (me disgusta mucho, me disgusta poco, ni me gusta ni me disgusta, me gusta poco, me gusta mucho) y se les preguntó si comprarían o no los productos presentados.

3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) para cada zona de evaluación y cada tiempo evaluado con la finalidad de determinar si existían o no diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Para los casos en los que se evidenció diferencias estadísticamente significativas, se corrió un análisis de Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher con un nivel de significancia de $p < 0,05$. En el caso de relación de variables, se empleó una correlación de Pearson. Todos estos análisis fueron realizados empleando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV. Versión 15.2.06.

El análisis estadístico para el análisis sensorial entrenado fue realizado mediante un test de Kruskal-Wallis y para el análisis con panel no entrenado una prueba de rangos. Para los casos en los que se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se realizó una prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD). Para todos los casos se empleó un nivel de significancia de $p < 0,05$.

3.7 Resultados y discusión

3.7.1 Parámetros físico-químicos

La tabla 3-1 muestra los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos durante el proceso de secado y maduración en 3M y 6M. Los resultados muestran que en cuanto al parámetro Z^{NaCl} al final del proceso no presentaron diferencias significativas, es decir, que al final de cada tiempo evaluado (3M y 6M) se obtuvo una misma concentración de la sal en la pieza, sin embargo, durante el proceso se evidencia diferencias significativas entre cada tiempo muestreado (03M, 13M, 23M Y 06M, 26M Y 46M) el cual correspondió a un aumento gradual en función del tiempo.

Por medio de una regresión lineal (correlación de Pearson) (Figura 3-1) se evidenció una correlación negativa del 86,49% y 94,38% respectivamente para 3M y 6M en donde el valor de Z^{NaCl} , aumenta a medida que disminuye el valor de a_w , sugiriendo que entre mayor sea la relación soluto/agua menor será la actividad de agua en la pieza. La relación entre estas dos variables permite tener una idea de cómo podría ser la percepción sal/agua por parte del consumidor.

Analizando únicamente la variable a_w , la misma tabla muestra el descenso de este valor durante los dos procesos de secado y maduración, desde de $0,995 \pm 0,008$ (Control), hasta valores de $0,748 \pm 0,008$ y $0,778 \pm 0,013$ respectivamente para 3M y 6M, obteniéndose valores cercanos a los esperados en la elaboración de este tipo de producto, por debajo de 0,90 y por consiguiente, se garantiza la estabilidad microbiológica de éste.

A igual que la variable de a_w , la variable X^w b.s. presentó un descenso en función del tiempo tanto para 3M como para 6M, de acuerdo a lo esperado (Tabla 3-1). La deshidratación en esta etapa de elaboración del producto se hace mucho mayor en comparación con la disminución de agua paulatina que tiene lugar durante los procesos de salado y post-salado. Es durante esta etapa donde tiene lugar las mayores pérdidas de humedad a lo largo del proceso (Albarracín, 2009).

Tabla 3-1. Valores promedios y desviación estándar de los parámetros físico-químicos durante los tiempos de secado y maduración ensayados y Composición proximal del producto desarrollado.

Parámetro	Tiempo de evaluación						P-Valor	DS	Tiempo de evaluación						P-Valor	DS
	Control	03M	13M	23M	3M	6M			Control	06M	26M	46M	6M			
X^w	3,476 ^d	3,097 ^{cd}	2,053 ^{bc}	1,955 ^b	0,789 ^a	0,001	S	3,476 ^c	3,306 ^c	2,161 ^b	1,236 ^{ab}	1,016 ^a	0,001	S		
Z^{NaCl}	0,000 ^a	0,097 ^b	0,103 ^b	0,120 ^c	0,212 ^d	0,000	S	0,000 ^a	0,072 ^b	0,135 ^c	0,193 ^d	0,208 ^d	0,000	S		
X^G	0,294	0,276	0,294	0,25 ^a	0,241	0,671	NS	0,294	0,296	0,361	0,343	0,558	0,140	NS		
a_w	0,995 ^d	0,923 ^c	0,919 ^c	0,905 ^b	0,749 ^a	0,000	S	0,995 ^e	0,915 ^d	0,893 ^c	0,820 ^b	0,778 ^a	0,000	S		
ΔM_{ASC}	0,000 ^e	-0,115 ^d	-0,203 ^c	-0,297 ^b	-0,440 ^a	0,020	S	0,000 ^d	-0,108 ^c	-0,278 ^b	-0,446 ^a	-0,444 ^a	0,000	S		
Composición Proximal																
Humedad	72,821 ^b	-	-	-	35,061 ^a	0,000	S	72,821 ^b	-	-	-	38,697 ^a	0,001	S		
Cenizas	5,166	-	-	-	6,383	0,077	NS	5,166	-	-	-	4,486	0,326	NS		
Grasa	6,438	-	-	-	6,940 ^x	0,824	NS	6,438 ^a	-	-	-	12,602 ^{by}	0,015	S		
Proteína	20,729 ^a	-	-	-	44,553 ^b	0,006	S	20,729 ^a	-	-	-	38,133 ^b	0,023	S		
Nitrito Residual	0,000 ^a	-	-	-	75,696 ^{by}	0,000	S	0,000 ^a	-	-	-	35,822 ^{bx}	0,000	S		

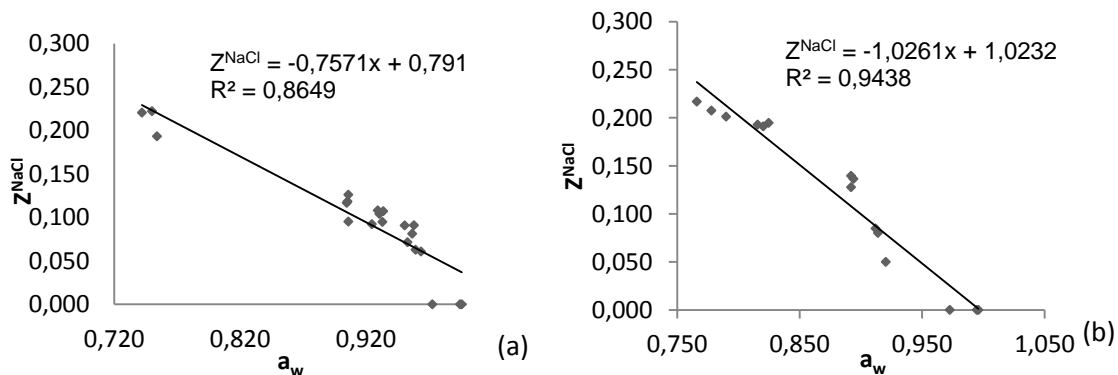
Valores con letras diferentes por filas (a,b,c,d,e) indican que son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Valores con letras diferentes (x,y) indican diferencias significativas únicamente en 3M y 6M.

DS: Diferencia significativa. S: Significativo. NS: No Significativo

Este fenómeno de deshidratación y el comportamiento en general de la fracción másica de agua (X^W b.h.) y de solutos (Z^{NaCl}) registrados es similar a lo reportado por (Albarracín, 2009; Gou, 1998; Toldrá, 2010), en matrices cárnicas como cerdo de diferentes razas, sin embargo, pese a ser un proceso con piernas de otra especie animal, logra guardar una estrecha relación con lo registrado en el presente estudio.

La variación de peso durante el proceso de igual manera presentó un comportamiento de descenso, al final del proceso se obtuvieron valores de -0,440 y -0,444, valores cercanos a lo sugerido por Toldrá (2014). En el caso de 6M la tabla 3-1 pone en manifiesto que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en la variación del peso a partir del cuarto mes de procesamiento (46M), éste comportamiento va en coherencia con lo obtenido en X^W b.s. en ese mismo tiempo, el cual mantuvo el mismo valor (no presentó diferencias significativas) hasta el final del proceso, este hecho sugiere que la mayor variación de peso durante el proceso corresponde mayormente a las pérdidas de agua y en una menor proporción las pérdidas atribuida a compuestos volátiles durante el secado (Gou, 1998).

Figura 3-1. Correlación de las variables Z^{NaCl} y a_w desde el inicio hasta el final del proceso de desarrollo del producto. (a) 3 meses y (b) 6 meses de secado y maduración.



El contenido de grasa fue expresado en X^G b.s. (exenta de grasa y sal) (Tabla 3-1). Los valores obtenidos desde el inicio del proceso de elaboración del producto crudo curado y en la etapa final de secado y maduración, no manifestaron cambios significativos durante el tiempo. En cuanto a la composición proximal del producto final, el valor de nitrito residual se reportó dentro de los valores permitidos por la Normatividad Colombiana (NTC, 2008) el cual no debe ser superior a 200 ppm. Sin embargo, es de notar que el valor de nitrito residual entre los ensayos de 3M y 6M son diferentes entre sí, siendo mayor el valor reportado para 3M, este hecho sugiere que entre mayor sea el tiempo de

procesado, menor será contenido de nitrito residual reportado en el producto, en este sentido, el tiempo tiene un efecto significativo sobre el contenido final de este parámetro debido a que el nitrito se degrada por diversos hechos durante el proceso: por reducción del óxido nítrico, que reacciona rápidamente con las proteínas circundantes incluyendo la mioglobina, permitiendo la formación progresiva de nitrosomioglobina, el típico pigmento carne curada que da el color rojizo característico a este tipo de producto; por ciertos procesos de oxidación y por la formación de pequeñas cantidades de anhídrido hiponitroso, entre otros factores (Armenteros, Aristoy, & Toldrá, 2012; Bello Gutierrez, 2012). Armenteros, Aristoy, & Toldrá (2012) observaron este mismo comportamiento en distintos músculos a lo largo del tiempo de desarrollo de un producto crudo curado elaborado con piernas de cerdo.

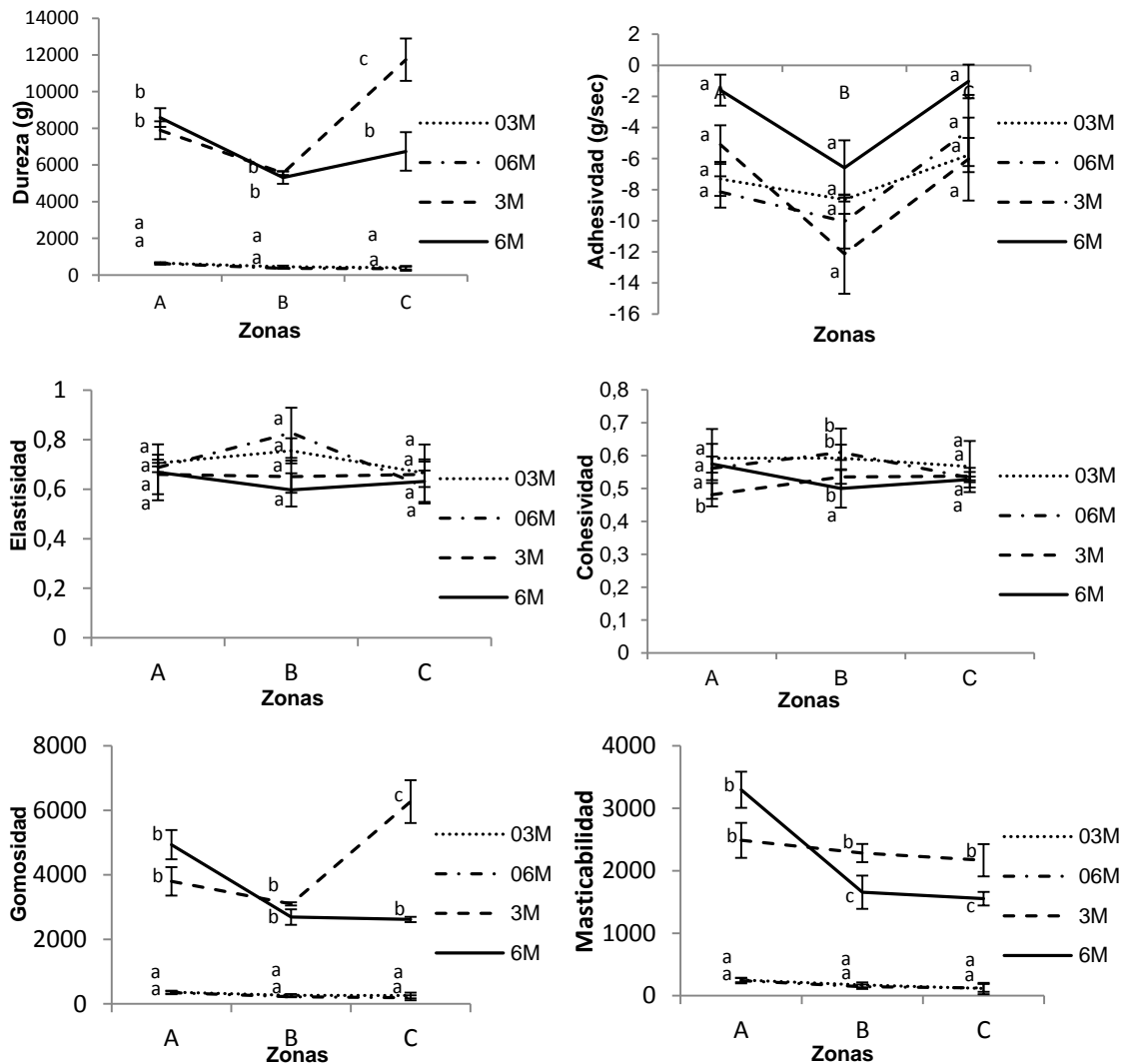
Los valores de proteínas, grasa y cenizas reportados al inicio y al final del proceso se encuentran en coherencia a lo reportado por (Paleari et al., 2008; Paleari et al., 2003; Villalobos et al., 2014) en productos crudo curados elaborados con ovinos y caprinos y no presentaron diferencias significativas en el tiempo.

- Determinación de textura

En cuanto a la determinación de textura la Figura 3-3 muestra el comportamiento de las variables de dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad al inicio y al final del proceso. Los datos muestran que la dureza de los productos fue mayor en los tiempos finales del proceso comparado con los valores registrados al inicio de éste. Este comportamiento puede relacionarse con la disminución del contenido de humedad durante los tiempos evaluados. La gomosidad fue otra característica que presentó diferencias significativas entre los grupos evaluados ($p < 0,05$) en especial en la zona C del tiempo de 3 meses. Es posible que esta característica pueda asociarse al contenido de grasa presente en esta zona. La masticabilidad entre los tiempos de partida de cada grupo de maduración no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) sin embargo, si hubo diferencias entre los datos registrados para el tiempo de 3 y 6 meses. El comportamiento de ambos corresponde a un valor mayor de masticabilidad para las zonas A y C y menor en la zona B. Este hecho se asocia al bajo contenido de humedad que presenta la muestra en el área cercana al magro. Por otro lado, el comportamiento reportado para el grupo de 3 meses correspondió a valores de masticabilidad similares

en las tres zonas evaluadas. Esto quiere decir que para este ensayo, las unidades experimentales en el tiempo de 3 meses presentaron una textura más uniforme, indicando que el proceso de deshidratación fue homogéneo para todas las zonas, mientras que con un tiempo superior de maduración (6 meses), las zonas A y C tienden a perder mayor humedad, propiciando un mayor endurecimiento y por ende mayor energía requerida para deformar el alimento. Finalmente en cuanto a los parámetros de adhesividad y elasticidad, no se reportaron diferencias significativas, manteniéndose los valores reportados en el tiempo y entre las zonas muestreadas (zona A,B y C).

Figura 3-2. Valores promedio de los parámetros de textura en el inicio y finalización de la etapa de secado y maduración para los dos grupos evaluados.



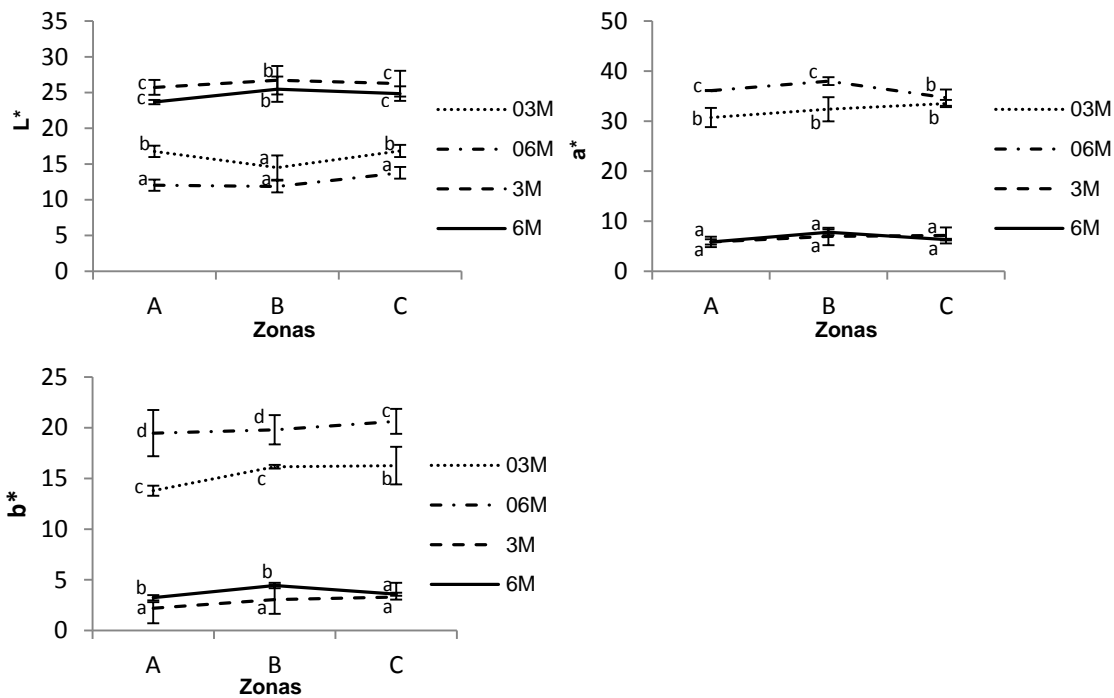
Letras diferentes para cada una de las zonas entre tiempos diferentes de maduración indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

- Determinación de color instrumental

En cuanto al color, los parámetros evaluados corresponden a L^* (luminosidad), a^* (rojo - verde) y b^* (amarillo - azul). En la Figura 3-4 se observa que el comportamiento de cada uno de estos parámetros al inicio y al final de los grupos evaluados (03M, 06M) y (3M y 6M) fueron similares.

En el caso específico del parámetro L^* se evidencia un aumento de este parámetro en el tiempo, siendo mayor al final del proceso en comparación con los tiempos de inicio. De este mismo modo, se observa una relación de los parámetros a^* y b^* con respecto al tiempo, solo que en estos casos no es de aumento como se registra en la luminosidad sino de decrecimiento de los valores registrados. Este comportamiento se compara con los resultados reportados por (Villalobos et al., 2014) en un productos crudo curado elaborado con piernas de ovinos.

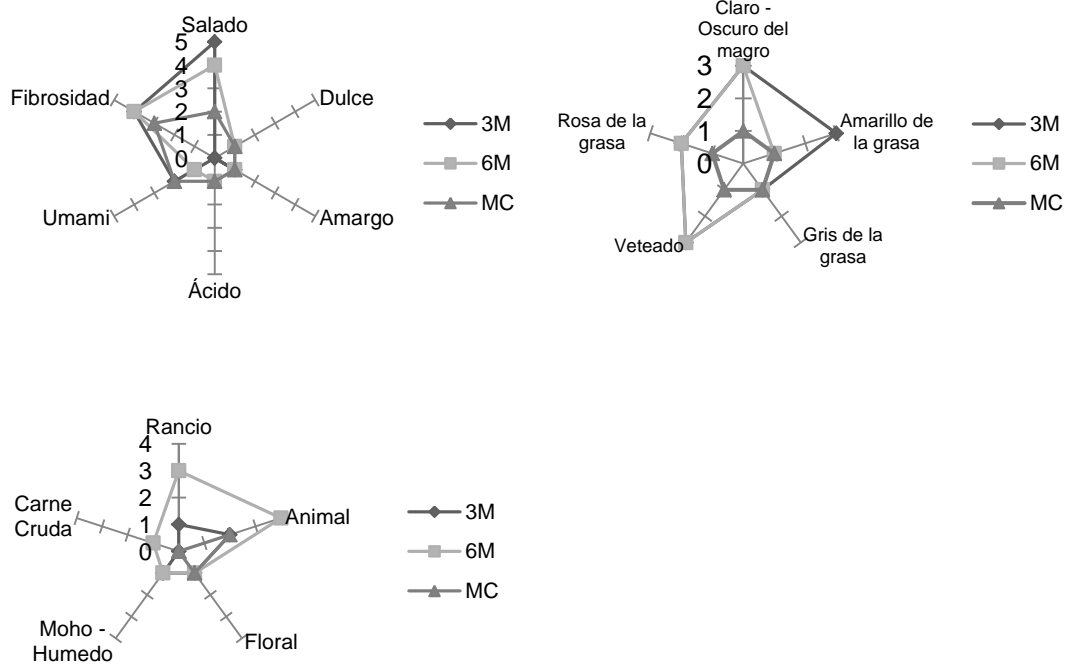
Figura 3-2. Valores promedio de los parámetros L^* , a^* , b^* durante los tiempos iniciales y finales de la etapa de secado y maduración del producto cárnico.



3.7.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial con panel entrenado se realizó comparando los dos productos desarrollados de 3 y 6 meses de secado y maduración (3M y 6M) con una muestra comercial ofertada a nivel nacional, y estimar las semejanzas en apariencia con dicho producto.

Figura 3-3. Análisis sensorial en producto crudo curado comercial y los productos de 3 meses y 6 meses de secado y maduración.



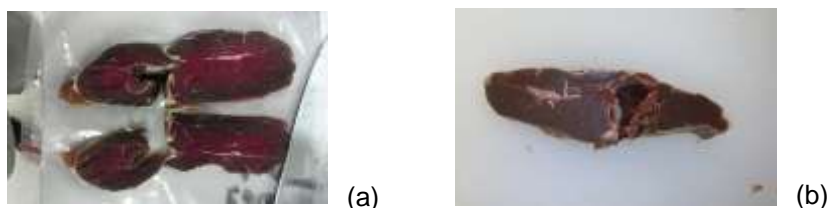
De los datos obtenidos, los descriptores de color, aroma y textura no presentaron diferencias significativas con respecto a MC ni entre los tiempos de secado y maduración de 3M y 6M, a excepción de los descriptores de color claro oscuro del magro y el veteado intramuscular, siendo calificado como más oscuro y menos veteado las muestras correspondientes a 3M y 6M. Realizando una prueba de LSD, para ambos casos, el producto MC fue la muestra que obtuvo una calificación diferente con respecto a 3M y 6M (Figura 3-4). En cuanto a los descriptores de sabor, el salado tuvo un comportamiento diferente entre las muestras evaluadas. Por medio de un LSD se identificó nuevamente que MC fue la única muestra con valoraciones diferentes ante el panel entrenado siendo esta muestra la que presentaba un menor sabor salado en comparación con las muestras desarrolladas en el presente estudio (Tabla 3-2). Estos resultados demuestran que pese a que en las características mencionadas hubo diferencias significativas por ser la muestra comercial procedente de porcino, los demás descriptores evaluados no presentaron diferencias algunas, por lo que se puede decir que se logró desarrollar un producto con similitudes sensoriales y características de productos curado curado en general.

La literatura existente (Stojkovića et al., 2015), sugieren que algunos productos crudo curados de corderos elaborados en algunas zonas de Europa se caracterizan por su alto enrojecimiento, grasa amarilla, textura seca pero jugosa, alta intensidad de aroma y un sabor salado, maduro y curado . Por otro lado, también se encuentran productos con características de color más fuertes (coloración marrón), con textura suave, elástico, ligeramente vetado con el tejido de grasa amarilla, de sabor salado moderado y un ligero sabor ácido con olor a queso de oveja fermentado, en ambos productos, las similitudes con el producto obtenido al final de 3M y 6M son comparables (Figura 3-4).

Tabla 3-2. Significancia de cada uno de los descriptores sensoriales evaluados.

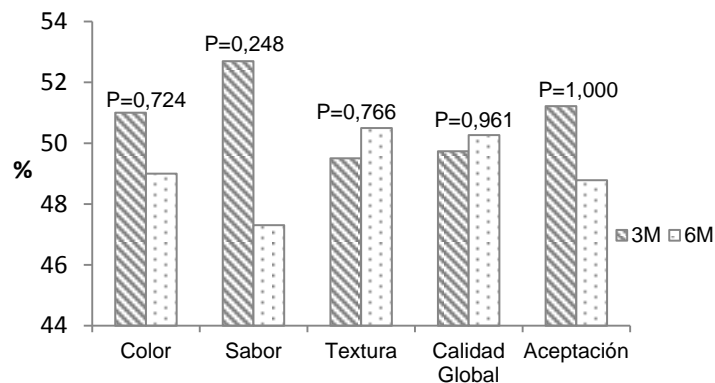
Descriptor	P-Valor	Significancia
Color claro – oscuro	0,011	S
Veteado o grasa intramuscular	0,006	S
Color amarillo de la grasa	0,347	NS
Color rosa de la grasa	0,657	NS
Color gris de la grasa	1,000	NS
Salado	0,050	S
Dulce	0,383	NS
Amargo	0,699	NS
Ácido	0,558	NS
Umami	0,566	NS
Fibrosidad	0,483	NS

Figura 3-4. Producto cárnico en proceso de secado y maduración. a) tiempo inicial (06M). b) tiempo final (6M)



Por otro lado, una vez realizado la evaluación sensorial con el panel de consumidores habituales de este tipo de producto, éstos calificaron de forma similar los productos con 3 y 6 meses de secado y maduración, obteniendo mayor porcentaje de agrado el producto de 3 meses en cuanto al color, sabor y aceptación, mientras que la textura del producto con mayor tiempo de maduración obtuvo una mejor calificación (Figura 3-6).

Figura 3-5. Representación en porcentaje del agrado de los consumidores frente a los productos desarrollados con 3 y 6 meses de secado y maduración para cada uno de los parámetros evaluados.



Sin embargo, para cada característica evaluada no se presentaron diferencias significativas entre un producto y otro ($p < 0,05$) lo que permite inferir que sensorialmente dos cosas, la primera que durante los tres meses de diferencia entre un producto cárnico y otro, la calidad del producto desarrollado se mantuvo, y segundo, al no haber diferencias significativa entre ellos, comercialmente se podría seleccionar el menor tiempo de elaboración del producto.

3.8 Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que ambos tiempos de evaluación permitieron obtener un producto cárnico crudo curado de aceptación por parte del consumidor, que podría llegar a ser competitivo en el mercado, potencializando de este modo un eslabón importante en la cadena cárnica ovina como lo es el desarrollo de productos cárnicos. Aun así, para efectos prácticos, se sugiere el menor tiempo de maduración como adecuado para el proceso, aunque dependerá de la calidad final buscada en el producto (generación de aroma y sabor específico) que se verá beneficiado por el tiempo de maduración o envejecimiento de este.

3.9 Recomendaciones

Para estudios futuros, se recomienda estudiar a parte de los cambios fisicoquímicos ocurridos durante las diferentes etapas de elaboración del producto, estudiar los cambios a nivel bioquímico, en el cual pueda estudiarse más a fondo el proceso lipolítico y proteolítico que tiene lugar, y a su vez, relacionarlo con parámetros sensoriales, de este modo, se podría tener, incluso, otro parámetro que determine el tiempo de finalización del producto crudo curado.

A. Anexo: Análisis microbiológico del producto terminado.

Previo al análisis sensorial se realizaron los análisis microbiológicos correspondientes a productos cárnicos procesados crudos madurados o fermentados o acidificados de acuerdo a la NTC 1325 (2008). Cada análisis fue realizado en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, cada uno de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana correspondiente: Recuento de coliformes (NTC 4458, 2007), Recuento de mesófilos (NTC 4519, 2009), Recuento de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva (NTC 4779, 2007b), Recuento de esporas *Clostridium* sulfito reductor (NTC 4834, 2007c), Detección de *Salmonella* (NTC 4574, 2007b), Detección de *Listeria monocytogenes* (NTC 4666, 1999).

Análisis microbiológico	Tiempo de evaluación					
	1	3 meses		6 meses		3
	1	2	3	1	2	3
NMP Coliformes totales/g	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Coliformes fecales/g	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Mesófilos (UFC/g)	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300	< 300
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
<i>Clostridium</i> sulfito reductor (UFC/g)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Listeria monocytogenes</i> /25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i> / 25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

1,2 y 3 corresponden a réplicas, cada una de ellas fueron tomadas de cada una de las piernas (unidades experimentales) empleadas para los grupos de ensayo de 3 y 6 meses de secado y maduración.

B. Anexo. Participación en Eventos.



Coordinadores Congreso:

VII Congreso Ciencia y Tecnología de los
Alimentos
Córdoba 12 al 14 de Junio de 2013
Lugar Salón de Actos Rectorado
(Universidad de Córdoba)

Rafael Gómez Díaz
Montserrat Vioque Amor
Manuel Ángel Amaro López

Depósito Legal:
CO 1081-2013

I.S.B.N. :
978-84-15105-95-4

Ediciones DON FOLIO
Medina Azahara, 15
14005 Córdoba

Imprime:
Copisterías Don Folio S.L.
Medina Azahara, 15
14005 Córdoba

Reservados todos los derechos.
Queda rigurosamente prohibida, sin la
autorización escrita de los autores, bajo las
sanciones establecidas en las leyes, la
reproducción parcial o total de esta obra por
cualquier medio o procedimiento, comprendidos
la reprografía y el tratamiento informático, y la
distribución de ejemplares de ella mediante
alquiler o préstamo públicos.



P119-B.- EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA ETAPA DE SALADO EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO CRUDO-CURADO CON PIERNAS DE OVINO DE PELO

Adriana Isabel Rada Bula¹, William Albarracín Hernández¹, Manuel Fernando Ariza Botero¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El sistema productivo de ovinos en Colombia es relativamente reciente comparado con otros sistemas productivos, del cual mayormente la producción corresponde a carnes, leches, derivados, subproductos y una minoría en productos cárnicos como embutidos y productos pre cocidos, sin embargo, la aplicación de tecnología como el salado para la elaboración de productos cárnicos crudos curados solo ha sido desarrollado por pocas industrias en el país, y casi nula con respecto a esta matriz cárnica, considerando que a nivel nacional existen nichos económicos nacionales e internacionales quienes tienen un importante hábito de consumo de esta especie. El objetivo del presente proyecto es evaluar los parámetros físico-químicos involucrados en la etapa de salado en el desarrollo de un producto cárnico crudo curado elaborado a partir de piernas de ovino y determinar las mejores condiciones de procesamiento con el fin de impulsar la cadena cárnica ovina en el país

MATERIAL Y METODOS

Se evaluó inicialmente la primera etapa de desarrollo del producto crudo curado, con el fin de determinar el tiempo más adecuado para el salado de las piernas. Inicialmente se realizó la clasificación de las unidades experimentales de acuerdo con el pH último, empleando como unidades experimentales piernas de ovinos de pelo raza Dorper x Camuro Criollo Colombiano y posteriormente se sometieron a tres tiempos de salado en seco: 0,7;1,0 y 1,2 días/Kg con sal marina de grano grueso. Finalmente se realizaron los análisis físico-químicos de determinación de cloruro de sodio, grasas, humedad, actividad de agua y mermas o pérdidas de peso

RESULTADOS

De estos ensayos se obtuvo que la etapa de salado con tiempo de duración de 0,7 días/kg obtuvo un mejor comportamiento en la migración de sal al interior de la pieza cárnica obteniendo un porcentaje adecuado de sal. Las determinaciones de actividad de agua llevados a cabo en varios sectores cada pieza cárnica: zona A(cercana al magro), zona B(cercana al hueso), zona C(cercana a la grasa de cobertura) reflejaron el proceso de deshidratación de la pieza, disminuyendo la actividad de agua en la zona cercana al magro debido a la difusión del cloruro de sodio desde la superficie (salmuera saturada formada en el exterior de la pieza) hacia el interior de ésta, siendo la zona A y C quienes presentaron mayor contenido de cloruro de sodio (principalmente la zona A) y a la salida simultánea del agua libre. En cuanto las pérdidas de peso por el proceso, hubo mayores pérdidas en el tiempo de salado de 1,2 días/Kg lo que reafirma la deshidratación del producto producido por las condiciones de proceso, por efecto de la migración del cloruro de sodio y por el contenido de grasa en las zonas evaluadas

CONCLUSIONES

Con el análisis de esta primera fase en la elaboración del producto cárnico crudo curado se pudo determinar el tiempo adecuado de salado de acuerdo a las características propias que presenta la carne de ovino brindando parámetros para la elaboración de este tipo de producto a futuro a mayor escala

Tipo Comunicación: POSTER

AGROALIMENTARIO

**Retos de la industria agroalimentaria:
"Entre la globalización y la soberanía"**



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

El Comité Académico del "IV SIMPOSIO INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO" realizado en la ciudad de Montería-Córdoba-Colombia durante los días 7, 8, 9 y 10 de Octubre de 2014

Hace constar que:

¹ADRIANA RADA, ²WILLIAM ALBARRACÍN y ³MANUEL ARIZA

De la:

^{1,2}UNIVERSIDAD NACIONAL, COLOMBIA
³UNIVERSIDAD DE NARIÑO, COLOMBIA

Participaron en modalidad de póster con el trabajo de investigación:
EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA EN LA ETAPA DE POST-SALADO EN EL
DESARROLLO DE UN PRODUCTO CÁRNICO CRUDO CURADO ELABORADO A
PARTIR DE PIERNAS DE OVINO DE PELO

Para constancia se firma en la ciudad de Montería a los 10 días del mes de Octubre de 2014.



RICARDO DAVID ANDRADE PIZARRO
Coordinador Académico

**7 al 10 de
Octubre de 2014
Centro de Convenciones
de Córdoba, Montería.**

Informes: www.unicordoba.edu.co
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Alimentos
simposioagroalimentario@unicordoba.edu.co
simposioagroalimentariounicor@gmail.com
Teléfono: +574 7569015

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA EN LA ETAPA DE POST-SALADO EN EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO CÁRNICO CRUDO CURADO ELABORADO A PARTIR DE PIERNAS DE OVIÑO DE PELO

Rada B. Adriana I^{1*}, Albaracín H. William², Arias B. Manuel F³

¹ Aseguramiento de la Calidad de Alimentos y Desarrollo de Nuevos Productos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. ² Biotecnología Agroindustrial y Ambiental (Biotia), Universidad de Nariño. ³ Química Molecular, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, Sede Bogotá.

* arada@unad.edu.co

El desarrollo de productos crudos curados se originó desde la antigüedad como un medio de conservación de alimentos mediante el salado en soco de piezas cárnicas. Principalmente se empleaban piezas provenientes de cerdos para el desarrollo de este tipo de producto, sin embargo, en la actualidad el mercado ofrece un sin número de productos elaborados con piezas de bovinos, bufalinos, caprinos y ovinos como Bresaola, Tasaio, Cucina, entre otros, respectivamente. La cadena cárnica ovina en el país ha sido considerada como una fuente potencial económica para muchas regiones en el país y requiere una alternativa para promoverla, una forma es desarrollando productos cárnicos crudos curados que le generen a la cadena cárnica un valor agregado. El objetivo de este estudio fue evaluar parámetros físicoquímicos durante la etapa de post-salado en el desarrollo de un producto cárnico crudo curado elaborado con piernas de ovino de pelo que permitiera analizar el equilibrio químico ocurrido en esta etapa. Para este propósito, fueron sometidas a un salado en soco 12 piernas de ovino de raza Dorper x Castor bajo condiciones de 3°C y 95% de HR. Posteriormente, bajo estas mismas condiciones, fue llevada a cabo la etapa de post-salado y se realizaron análisis físicoquímicos de humedad, actividad de agua y contenido de cloruro de sodio durante los días 0, 15 y 30. Las mediciones fueron tomadas en diferentes regiones de la pieza cárnica: región A cercana al magro, región B cercana al hueso y región C cercana a la grasa de cobertura. Para el análisis de datos fue empleado un modelo completamente aleatorizado por medio de un ANOVA factorial ($p \leq 0.05$), usando el programa estadístico Statgraphics Centurion XV. Los resultados sugieren que en el periodo de evaluación de 15 días hubo un equilibrio químico entre las regiones evaluadas, específicamente en el contenido de cloruro de sodio, el cual fue igual el contenido de éste en cada una de las regiones evaluadas, al mismo tiempo, indicó la difusión del contenido de agua hacia el exterior de la pieza cárnica. Esta condición resulta adecuada para la siguiente etapa de secado y maduración del producto.

Palabras clave: Productos cárnicos, crudo, curado (procesamiento), ovinos.

Bibliografía

- Albarracín, W. (2009). *Salado y descongelado simultáneo en salmuera para la obtención de jamón curado de cerdo de raza ibérica*. Universidad Politecnica de Valencia.
- Albarracin, W., Sánchez, I., Grau, R., & Barat, J. M. (2011). Salt in food processing; usage and reduction: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(7), 1329 – 1336.
- Aliño, M., Grau, R., Baigts, D., & Barat, J. M. (2009). Influence of sodium replacement on the salting kinetics of pork loin. *Journal of Food Engineering*, 95(4), 551–557. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.016>
- Aliño, M., Grau, R., Fuentes, J., & Barat, J. M. (2010). Influence of low-sodium mixtures of post-salting stage of dry cured ham process. *Journal of Food Engineering*, 99, 198–205.
- AOAC. (1999a). AOAC 991.36.Fat (crude) in meat and meat products.
- AOAC. (1999b). Ash of Meat.
- AOAC. (1999c). Crude Protein in Meat. 981.10. In *Official Methods of Analysis*.
- Armenteros, M., Aristoy, M.-C., & Toldrá, F. (2012). Evolution of nitrate and nitrite during the processing of dry-cured ham with partial replacement of NaCl by other chloride salts. *Meat Science*, 91, 378–381. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.02.017>
- Arnau, J. (1998). Tecnología del jamón curado en distintos países. In *Jamón Curado: Tecnología y análisis de consumo. Simposio Especial – 44th ICoMST*.
- Arnau, J., Guerrero, L., Casademont, G., & Gou, P. (1995). Physical and chemical changes in different zones of normal and PSE dry cured ham during processing. *Food Chemistry*, 52, 63–69.
- Arnau, J., & Monfort, J. (1998). Tecnología de fabricación del jamón curado en distintos países. In *El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo. Simposio especial-44 ICoMST. Editorial Estrategias Alimentarias* (p. 183).

- Barat, J. M., Gallart-Jornet, L., Andrés, a., Akse, L., Carlehög, M., & Skjerdal, O. T. (2006). Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages. *Journal of Food Engineering*, 73(1), 9–19. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.023>
- Barat, J. M., Grau, R., Ibáñez, J. B., & Fito, P. (2005). Post-salting studies in Spanish cured ham manufacturing. Time reduction by using brine thawing-salting. *Meat Science*, 69(2), 201–8. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.05.020>
- Barat, J. M., Grau, R., Pagán-Moreno, M. J., & Fito, P. (2004). Replacement of pile salting by simultaneous brine thawing-salting in Spanish cured ham manufacturing. *Meat Science*, 66(3), 603–608. [http://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00176-1](http://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00176-1)
- Bello Gutierrez, J. (2012). *Jamón curado: Aspectos científicos y tecnológicos* (p. 629). Ediciones Diaz de Santos.
- Blesa, E., Aliño, M., Barat, J. M., Grau, R., Toldrá, F., & Pagán, M. J. (2008). Microbiology and physico-chemical changes of dry-cured ham during the pos-salting stage as affected by partial replacement of NaCl by others salts. *Meat Science*, 78, 135–142.
- Boadas, C., Gu, P., Valero, A., & Arnau, J. (2001). Changes in different zones of dry-cured ham during drying. *Fleischforschung Und Entwicklung*, 1, 91–93.
- Corzo, O., Bracho, N., & Rodriguez, J. (2014). Predicción de los contenidos de agua y sal durante el salado de bagre usando diferentes mezclas salinas. *Saber*, 26(3), 305–312.
- Espinal, C., Martinez, H. y Amézquita, J. (2006). *La cadena ovinos y caprinos en Colombia* (p. 20).
- Fulladosa, E., Muñoz, I., Serra, J., Arnau, J., & Gou, P. (2015). X-ray absorptiometry for non-destructive monitoring of the salt uptake in bone -in raw hams during salting. *Food Control*, 47, 37–42.
- Ganić, A., Čaušević, A., Karahmet, E., Stojković, S., & Ratković, D. (2013). Contribution to technology and quality ham sheep. In *International 57th Meat Industry Conference, Belgrade, Serbia*. (p. 347).
- Garrido, R., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Franco, I., & Carballo, J. (2012). Effect of the length of salting time on the proteolytic changes in dry-cured lacón during ripening and on the sensory characteristics of the final product. *Food Control*, 25(2), 789–796. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.11.036>
- Gou, P. (1998). Dinámica del secado del jamón curado. In J. Arnau & J. M. Monfort (Eds.), *El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo. Simposio especial- 44 IConMST. Editorial Estrategias Alimentarias* (p. 183). Barcelona: Estrategias Alimentarias S.L.- EUROCARNE.

- Grau, R., Albarracin, W., Toldrá, F., Antequera, T., & Barat, J. M. (2008). Study of salting and post-salting stages of fresh and tawed Iberian hams. *Meat Science*, 79, 677 – 682.
- ISO, I. O. for S. (1973). ISO-R 1442:1973. Meat and meat products. Determination of moisture content.
- ISO/International Organization for Standardization. (1975). Meat and meat products. Determination of nitrite content. Switzerland, Geneva.
- K. Troeger, S., Vesković-Moračanin, L., Turubatović, M., & Ristić, I. D. (2009). Traditionelle serbische Rohpökewaren aus Rind- und Schaffleisch. *Mitteilungsblatt Der Fleischforschung Kulmbach*, 48, 115–121.
- Krvavica, M., Friganović, E., Đugum, J., & Kegelj, A. (2009). Dalmatinska kaštradina (koštradina). In *Meso, XI -Croacia*.
- MADR. (2010). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva cárnica ovino-caprina en Colombia.
- Mujumdar, A. S. (2006). Drying of solids: principles, classification, and selection of dryers. In C. L. Hii, S. P. Ong, S. V. Jangam, & A. . Mujumdar (Eds.), *Handbook of industrial drying* (Third, p. 1312). United States: Taylor & Francis Group.
- NTC. (1999). NTC 4666. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la detección de *Listeria monocytogenes*. Parte 1. Método de detección.
- NTC. (2007a). NTC 4458. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes o *Escherichia coli* o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos.
- NTC. (2007b). NTC 4574. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la detección de *Salmonella* spp.
- NTC. (2007c). NTC 4779. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa positiva (*Staphylococcus aureus* y otras especies).
- NTC. (2007d). NTC 4834. Microbiología de los alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de clostridium sulfito reductores e identificación de *Clostridium perfringens*. Técnica de recuento de colonias.
- NTC. (2008). NTC 1325. Industrias alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados.

- NTC. (2009). NTC 4519. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30°C.
- Operta, S., Smajić, A., Tahmaz, J., & Ganić, A. (2010). Report: Physico-chemical and sensory properties sheep prosciutto produced traditional methods. In *21st Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry, Neum*. Bosnia.
- Paleari, M. A., Moretti, V. M., Beretta, G., & Caprino, F. (2008). Chemical parameters, fatty acids and volatile compounds of salted and ripened goat thigh. *Small Ruminant Research*, 74(1-3), 140–148. <http://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.05.002>
- Paleari, M. A., Moretti, V. M., Beretta, G., Mentasti, T., & Bersani, C. (2003). Cured products from different animal species. *Meat Science*, 63(4), 485–9. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22062518>
- Paredi, G., Raboni, S., Dowle, A., Ashford, D., Thomas, J., Sacconi, G., ... Kingdom, U. (2013). The role of salt in dry cured ham processing characterized by LC-MS/MS-based proteomics. In A. de Almeida, D. Eckersall, E. Bencurova, S. Dolinska, P. Mlynarcik, M. Vincova, & M. Bhide (Eds.), *Farm Animal Proteomics 2013* (pp. 274–277). The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. <http://doi.org/10.3920/978-90-8686-776-9>
- Purriños, L., Bermúdez, R., Temperán, S., Franco, D., Carballo, J., & Lorenzo, J. M. (2011). Influence of salt content and processing time on sensory characteristics of cooked “lacón”. *Meat Science*, 87(4), 436–42. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.11.022>
- Sánchez, I. C. (2011). *Estudio de las condiciones de sacrificio y obtención de carne de corderos de pelo cruzados con razas Criollas Colombianas*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Sinha, N. (2007). *Handbook of food manufacturing*. (H. J. Hui, Ed.) (Second Vol, p. 2308). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- SIOC/Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organización de Cadenas. (2012). Cadena Productiva de Ovinos y Caprinos.
- Stamenković, T., & Dević, B. (2006). Senzorska svojstva ovčije stelje. *Tehnologija Mesa*, 47, 115–122.
- Stojkovića, S., Grabežb, V., Bjelanovićb, M., Mandića, S., Vučića, G., Martinovićc, A., ... Bjørg Egelandsdal, E. (2015). Production process and quality of two different dry-cured sheep hams from Western Balkan countries. Accepted Manuscript. *Food Science and Technology*.

- Thorarinsdottir, K., Arason, S., Bogason, S. G., & Kristbergsson, K. (2004). The effects of various salt concentrations during brine curing of cod (*Gadus morhua*). *International Journal of Food Science & Technology*, 39(1), 79–89.
- Toldrá, F. (2002). *Dry cured products*. Trumbull, Connecticut: Food & Nutrition Press, Inc.
- Toldrá, F. (2010). *Handbook of meat processing* (p. 632).
- Toldrá, F. (2014). *Handbook of fermented meat and poultry*. (Y. H. Hui, I. Astiasarán, J. Sebranek, & R. Talon, Eds.) (Second, p. 528). Chennai, India: John Wiley & Sons.
- Ventanas, J. (2001). *Tecnología del jamón ibérico*. (M.-P. Libros, Ed.) (p. 512).
- Ventanas, J., Ruíz, J., & Cava, R. (1998). El cerdo ibérico y sus productos derivados. In J. Arnau & J. M. Monfort (Eds.), *El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo. Simposio especial- 44 IConMST. Editorial Estrategias Alimentarias y análisis de consumo* (p. 183). Barcelona: Estrategias Alimentarias S.L.- EUROCARNE.
- Villalobos Delgado, L. H. (2014). *Estudios sobre carne de cordero: Compuestos volátiles y estabilidad oxidativa de la carne de corderos alimentados con oleinas, estabilidad oxidativa de una hamburguesa con lúpulo, desarrollo de una pierna crudo-curada incluyendo una etapa de masajeo*.
- Villalobos, L., Caro, I., Blanco, C., Morán, L., Prieto, N., Bodas, R., ... Mateo, J. (2014). Quality characteristics of a dry-cured lamb leg as affected tumbling after dry-salting and processing time. *Meat Science*, 97, 115–122.