

EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN LA CALIDAD DE EMBUTIDOS CRUDO CURADOS

MASTER EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

Sara Corral Silvestre

Directora: Dra. Mónica Flores Llovera

Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA-CSIC)

EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE SAL EN LA CALIDAD DE EMBUTIDOS CRUDO CURADOS

Sara Corral¹, Mónica Flores¹

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto de una reducción del 16 % de sal en la calidad de los embutidos crudo curado y si era necesario utilizar KCl para reemplazar al NaCl y paliar así los posibles defectos producidos en la reducción de sal. Se analizaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos a diferentes etapas del procesado de los embutidos. En la última etapa del proceso se evaluaron los parámetros de textura y análisis sensorial. La reducción de 16 % de NaCl y sustitución de 16 % de NaCl por KCl en embutidos no tuvieron efectos tecnológicos negativos en la fermentación, deshidratación y seguridad del producto. La sustitución de sal por KCl produjo una mayor oxidación lipídica respecto al lote control. La masticabilidad y cohesividad fueron superiores en el lote control. De acuerdo con el análisis sensorial, la reducción de sal necesitó KCl como sustituto para evitar los defectos sensoriales como la disminución del aroma, sabor, jugosidad y aceptabilidad. El porcentaje de sustitución aplicado fue aceptable, ya que no se detectaron sabores amargos aportados por el KCl.

RESUM

En aquest treball es va estudiar l'efecte d'una reducció del 16% de sal en la qualitat dels embotits cru curats així com la necessitat del reemplaçament del NaCl per KCl per a pal·liar els possibles efectes produïts per dita reducció de sal. S'analitzaren els paràmetres fisicoquímics i microbiològics en les diferents etapes del procés. A més, a l'última etapa es va evaluar la textura i es realitzà un anàlisi sensorial del producte final. La reducció de sal i la substitució del 16% de NaCl per KCl no van tindre efectes tecnològics negatius a la fermentació, deshidratació ni seguretat del producte. La substitució de sal per KCl va produir una major oxidació lipídica respecte al lot control. La masticabilitat i cohesivitat van ser superiors en el lot control. D'acord amb l'anàlisi sensorial realitzat, cal dir que va ser necessària la substitució del NaCl per KCl per a evitar els defectes sensorials com la disminució d'aroma, sabor, suculència i acceptabilitat. El percentatge de substitució aplicat no va aportar amargor als embotits.

ABSTRACT

The aim was to study the effect of a 16% salt reduction in the quality of fermented sausages and if the use KCl was necessary to replace NaCl, and mitigate the possible defects produced during salt reduction. The physico-

¹Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA-CSIC)
Av. Agustín Escardino, 7 46980 Paterna (Valencia, España)

chemical and microbiological parameters were analyzed at different stages of sausage processing. Texture and sensory parameters were evaluated in the last stage of the process. The reduction of 16 % NaCl and replacement of 16% NaCl by KCl in sausages had not technological negative effects during fermentation, drying and in product safety. The replacement of salt by KCl produced a higher lipid oxidation than in the control batch. The chewiness and cohesiveness were the highest in the control batch. According to the sensory analysis, KCl is essential in salt reduction to avoid sensory defects such as the lowest aroma, taste, juiciness and acceptability. The KCl percentage used was acceptable, as no bitter tastes were reported by consumers.

PALABRAS CLAVE: embutido, sal, reducción, sustitución, calidad, aceptabilidad.

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios epidemiológicos han relacionado el elevado consumo de sal con la incidencia y/o prevalencia de hipertensión como INTERSALT (An international Study of Electrolyte Excretion and Blood Pressure), INTERMAP (International Study of Macronutrients and Blood Pressure). Como consecuencia a esta relación, algunos organismos nacionales o internacionales proponen reducir el consumo de sal para prevenir o reducir la incidencia de hipertensión en la población y mejorar la salud pública: OMS/FAO, 2003; OMS, 2004; SACN, 2003; FNB, 2010; AESAN, 2005.

Una de las propuestas de la Unión Europea (2008) para lograr las recomendaciones de la OMS de un consumo de sal de no más de 5 g/día/persona, es la reducción de un 16 % en cuatro años desde 2008 disminuyendo un 4 % cada año, de esta forma los consumidores se adaptan al sabor salado reducido y se mantiene un progreso continuo. La mayoría de los estados miembros prefieren actuar sobre la reducción de sal en pan, productos cárnicos, quesos y comidas preparadas. En España a través de la Agencia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) se desarrolló la estrategia NAOS (Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad), cuyo objetivo es promover iniciativas para conseguir unos hábitos de vida saludable por medio de la alimentación saludable y la actividad física. La estrategia NAOS en referencia al consumo de sal recomienda reducirlo a una cantidad menor de 5g/día y fomentar la utilización de sal yodada. Además, los consumidores muestran una actitud positiva hacia la reducción de sodio en los productos cárnicos (Guàrdia et al, 2006).

Los embutidos crudo curados son un tipo de producto cárnico, en los que su aceptabilidad por parte de los consumidores se debe principalmente a la calidad sensorial de éstos. La adición de sal en los embutidos crudo curados juega un papel importante en el desarrollo de sus características sensoriales. El NaCl tiene un efecto de solubilización de las proteínas debido al aumento de la fuerza iónica y por consiguiente su posterior gelificación y ligazón de las partículas que componen el embutido, por ello influye en gran medida en la textura final del producto (Ruusunen y Puolanne, 2005). El NaCl favorece la retención de agua, por lo tanto disminuye la actividad de agua de estos productos, previniendo así el crecimiento de microorganismos patógenos (Wirth, 1989). La sal también condiciona las reacciones bioquímicas y enzimáticas que discurren durante la maduración de los embutidos crudo curados afectando al aroma del producto (Toldrá y Flores, 2007). Además, se adiciona porque aporta un sabor característico a estos productos (Ruusunen y Puolanne, 2005)

Por todo ello, existe una tendencia a reducir el consumo de sal en la elaboración de los productos cárnicos para obtener alimentos con propiedades nutricionales más saludables. Sin embargo, dadas las funciones que realiza el NaCl resulta especialmente difícil la reducción de su concentración en los embutidos crudo curados. Una alternativa a la reducción de sal es la sustitución parcial de NaCl por otras sales o ingredientes (KCl, CaCl₂, MgCl₂, K-lactato, glicina, ascorbato de calcio) que

proporcionen las mismas funciones tecnológicas, a la vez que mantienen sus características sensoriales, obteniendo un producto más saludable y siendo una fuente de minerales importantes y beneficiosos para el organismo (Gimeno et al., 1998, 2001a). Los distintos componentes y la fuerza iónica que aportan son dos de los parámetros más importantes a tener en cuenta para llevar a cabo una sustitución parcial de NaCl.

Gou et al. (1996) en embutidos crudo curados observaron que la sustitución de NaCl por KCl era limitada, pues esta sal por encima de una sustitución del 40% proporcionaba un sabor amargo coincidiendo con Campagnol et al. (2011a) y Guàrdia et al. (2008). La mayoría de los estudios utilizaron mezclas de sales u otras alternativas para enmascarar el sabor amargo del KCl. Campagnol et al., (2011a) utilizaron extractos de levadura mejorando así los defectos producidos al adicionar KCl. Otros autores emplearon K-lactato debido a su función como potenciador de sabor (Guàrdia et al., 2008; Gelabert et al., 2003; Gou et al., 1996). En este caso, las altas sustituciones produjeron problemas en la disminución del pH suponiendo un riesgo microbiológico. Gelabert et al. (2003) y Gou et al. (1996) señalaron que sustituciones superiores al 20% y 40% de glicina respectivamente no fueron aceptables. La mezcla de sales de cloro (NaCl, KCl, CaCl₂ y MgCl₂) fue otra alternativa llevada a cabo por varios autores (Beriain et al., 2011; Zanardi et al., 2010; Gimeno et al., 1998, 1999; 2001b), obteniendo en algunos casos productos aceptables aunque con pequeñas modificaciones en determinados parámetros. Otra alternativa estudiada por Gimeno et al. (2001a) fue la utilización de ascorbato de calcio siendo viable el uso de esta sal al no producir problemas tecnológicos.

Sin embargo, apenas existen referencias sobre la calidad de embutidos con una reducción de NaCl sin añadir sustitutos viendo de esta forma la posible necesidad de realizar un reemplazamiento del NaCl. Por tanto, el objetivo del presente trabajo es ver cómo afecta la reducción de sal a las características sensoriales de los embutidos crudo curados y si es necesario utilizar KCl para reemplazar al NaCl y paliar de esta forma los posibles defectos producidos en la reducción de sal cuando se llevan a cabo reducciones de un 16%.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fabricación de embutidos crudo curados

Se fabricaron tres lotes de embutido diferente; uno con una formulación tradicional (control), en un segundo lote se redujo el contenido de NaCl el 16 % y en el último se redujo 16 % NaCl pero se añadió KCl para proporcionar la misma fuerza iónica que el lote control.

Cada lote se elaboró con un 75 % de magro de paleta y un 25 % de panceta y se añadieron los siguientes ingredientes: 30 g/kg lactosa; 10 g/kg dextrina; 20 g/kg caseinato; 7 g/kg glucosa; 0,5 g/kg ascorbato; 0,15 g/kg nitrito; 0,15 g/kg nitrato y 0,15 g/kg del fermento SP318 TEXEL SA-301 (Danisco, Cultor, Madrid, España). Al lote control (S) se adicionó 27 g/kg

de NaCl; al lote en el que se redujo el contenido de sal (RS) se adicionó 22,7 g/kg de NaCl y al lote en el que sustituyó el 16 % de NaCl por KCl se adicionó 22,7 g/kg de NaCl y 4,3 g/kg de KCl.

El proceso tecnológico llevado a cabo fue el mismo para todos los lotes. El magro y la panceta se picaron en una picadora con placa de orificios de 10 mm, seguidamente se adicionaron los distintos ingredientes a la masa de carne y grasa picada, y la mezcla se homogenizó por acción de una amasadora a vacío para obtener una distribución de los ingredientes uniforme. La mezcla obtenida se mantuvo en reposo durante 24 horas a 3-5°C y 80-90% de humedad relativa (HR) para conseguir la adaptación del fermento. Transcurrido este tiempo, la mezcla obtenida se embutió en tripas de colágeno de 9,5 cm de diámetro (FIBRAN 65), siendo el peso final de cada embutido de aproximadamente 700 g. A continuación, los embutidos se sometieron a un secado a 10-12 °C y 70-85% de HR durante 57 días. Los controles de pH y mermas durante la fabricación se realizaron en dos embutidos de cada lote para medir las pérdidas de peso a lo largo del proceso de secado, las cuáles fueron expresadas como porcentaje respecto a su peso inicial. Igualmente, dos embutidos de cada lote se seleccionaron para controlar el pH a lo largo del proceso, en los que se introducía un electrodo de punción para carne HI 99163 (Hanna Instruments Inc, Hoonsocket, USA) en el centro del embutido, como describe la norma ISO 2917:1999.

De cada lote se tomó 200 g de la masa cárnica el día de la fabricación y 3 salchichones los días 9, 29 y 57 para los análisis físico-químicos. De cada salchichón se cogieron 10 g para realizar el análisis microbiológico. En cada muestreo se midió el color de los embutidos y 150 g se picaron para el análisis de humedad, actividad de agua y pH. El resto de embutido se loncheó, envasó a vacío y congeló a -20°C hasta sus posteriores análisis (contenido de lípidos, proteína, TBARS). El análisis de textura y sensorial se llevó a cabo al finalizar el proceso de secado (57 días).

Todos los resultados se expresan como la media obtenida del análisis por triplicado de las muestras de cada lote y etapa del proceso.

Análisis químicos

El pH se midió introduciendo un pHmetro HI 99163 (Hanna Instruments Inc., Hoonsocket, USA) en una mezcla de embutido y agua destilada (1:1) como describe la norma ISO 2917:1999.

La medida de la actividad de agua (a_w) se realizó con un medidor de actividad de agua FAsT-lab (Gbx, Romans sur Isère Cédex, France), previamente calibrado con disoluciones conocidas de NaCl y K_2SO_4 .

El color se midió utilizando un colorímetro CR-400/410 (Konica Minolta Sensing Inc., Japan) con iluminante D_{65} , observador 10° y previamente calibrado con una placa estándar de cerámica blanca. La medida se realizó en el centro del embutido cortado de forma transversal. En cada embutido se llevaron a cabo tres mediciones de color obteniendo el valor medio de las coordenadas L^* , a^* , b^* .

El contenido de humedad se determinó según el método oficial de análisis de productos cárnicos (BOE, 1979) basado en la deshidratación del producto a 100 °C en una estufa a presión atmosférica hasta peso constante.

Los lípidos se extrajeron de 5 g de embutido triturado según Folch et al. (1957) utilizando diclorometano: metanol (2:1) en vez de cloroformo: metanol (2:1) como disolvente, debido a su menor toxicidad. El extracto obtenido se evaporó en un rotavapor a vacío y se pesó para determinar el contenido total de lípidos.

El contenido de nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl y el de proteínas se estimó multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor de 6,25.

Para la determinación de la oxidación lipídica se cuantificaron las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) como describe Bruna et al. (2001) utilizándose ácido tricloroacético como disolvente en vez de ácido perclórico. Los resultados se expresaron como mg malonaldehído (MDA)/kg muestra en base seca.

Análisis microbiológico

Dos salchichones por lote en cada uno de los días de muestreo (0, 9, 29 y 57) se utilizaron para el análisis microbiológico. Diez gramos de muestra de embutido se homogenizaron con 90 ml de agua de peptona (15 g/l) en un Stomacher LabBlender 400 (Seward Medical, Londres, Reino Unido), durante un minuto. A partir de la suspensión resultante se realizaron diluciones decimales sucesivas utilizando agua de peptona.

La cuantificación de bacterias acidolácticas se realizó sembrando 1 ml de cada dilución en agar MRS (Scharlau Chemie S.A., Barcelona, España) mediante la técnica de doble capa, para favorecer el crecimiento anaerobio. El recuento de estafilococos se efectuó mediante la siembra de 0,1 ml en superficie en Manitol Sal Agar (Scharlau Chemie S.A., Barcelona, España). Cada dilución se sembró por duplicado para ambos medios y las placas se incubaron a 30 °C durante 3 días (Durá et al, 2004).

Análisis de textura

El texturómetro utilizado para el análisis del perfil de textura fue TA-XT.plus con el software Texture Exponent (versión 2.0.7.0.Stable Microsystems, Godalming, Reino Unido). El análisis del perfil de textura (TPA) se llevó a cabo a temperatura ambiente como se describe en Olivares et al. (2010). Las rodajas de los embutidos crudos curados (3,5 cm de diámetro x 1,5 cm de grosor) se comprimieron dos veces un 50 % de su altura inicial con un intervalo entre ciclos de compresión de 5 segundos, con una fuerza de disparo de 5 g, un plato de compresión de aluminio de 75 mm de diámetro (P/75) y una velocidad de 1 mm/s. De las curvas de deformación se obtuvieron los principales parámetros de textura (Pons & Fiszman, 1996): dureza (la fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión), elasticidad (la altura que el alimento recupera durante el tiempo que transcurre desde el final de la primera compresión y el inicio de la segunda compresión),

cohesividad (se calculó como la relación entre el área bajo la segunda curva y el área bajo la primera curva), adhesividad (el área negativa de la curva obtenida de la primera compresión, lo que representa el trabajo necesario para separar el émbolo de la muestra) y el parámetro secundario de masticabilidad (es la energía necesaria para masticar un alimento sólido hasta un estado adecuado para ser tragado, se calcula como el producto de dureza, cohesividad y elasticidad).

Análisis sensorial

El estudio se realizó en el laboratorio de análisis sensorial con cabinas individuales según la ISO 8589: 1988. El análisis sensorial se llevó a cabo con 85 catadores no entrenados en dos sesiones, siendo éstos consumidores habituales de embutido como se describe en Olivares et al, (2010). Se retiró la tripa de los embutidos y se cortaron en lonchas de un grosor de 4-5mm. Las muestras de cada lote fueran etiquetadas con un código de tres cifras al azar y presentadas en un plato a temperatura ambiente a los panelistas junto con agua y pan sin sal para limpiar el paladar entre muestras. El análisis consistió en una prueba de aceptabilidad con escala hedónica (1 me disgusta extraordinariamente- 9 me gusta extraordinariamente). Los atributos evaluados fueron: aspecto, aroma, sabor, dureza, jugosidad y aceptabilidad. Para evaluar el aspecto se colocó una loncha de cada lote en un plato de plástico blanco en el interior de una cámara de iluminación con el iluminante D65. La evaluación sensorial se recogió con el programa Compusense® five release 5.0 (Compusense Inc., Guelph, Ontario, Canada).

Análisis estadístico

El efecto de la reducción/sustitución de sal y el tiempo de proceso en los parámetros instrumentales se estudió con un análisis de la varianza (ANOVA) con dos factores (tiempo del proceso, lote) y se empleó el programa estadístico XLSTAT, 2009.4.03 (Addinsoft, Barcelona, España) para evaluar las diferencias entre muestras con el test de Fisher. Los parámetros sensoriales y de textura fueron también evaluados con un ANOVA de un solo factor y test de Fisher para determinar el efecto de la reducción/sustitución de sal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químicos

En la figura 1 se muestran las mermas junto con la temperatura (° C) y humedad relativa (%) de la cámara. Las mermas alcanzadas al final del proceso de secado son de 38,9 - 39,1 % consideradas adecuadas para este tipo de producto (Campagnol et al., 2011a). Existen diferencias significativas ($p < 0,001$) a mitad del proceso (día 9 ó 29), siendo las mermas inferiores en

el lote control, en cambio al final del proceso (57 días) desaparecen estas diferencias entre los lotes.

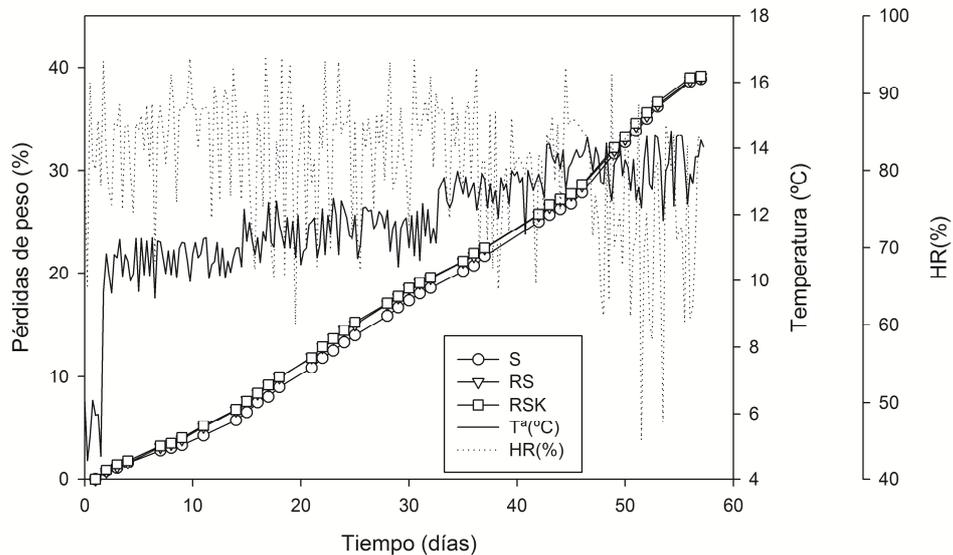


FIGURA 1. Mermas de los diferentes lotes de embutidos crudo curados: S (control), RS (reducción del 16 % NaCl) y RSK (sustitución del 16 % NaCl por KCl) y las condiciones del proceso de temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el proceso de fabricación.

El pH sufrió una disminución en los tres lotes a lo largo del proceso debido a la acción de las bacterias lácticas llegando a valores alrededor de 4,5 (Figura 2). En la última etapa del proceso se observó un ligero aumento de pH en los tres lotes que ha sido relacionado con la producción de amonio y con un aumento de la concentración de sustancias tampón, así como con una disminución de la disociación de los electrolitos presentes (Demeyer & Vandekerckhove, 1979). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,001$) a día 0, 9 y 57 entre los lotes, observando al final del proceso un menor pH en lote S respecto al lote RS. A pesar de ello, estas diferencias no fueron muy evidentes.

Existe una controversia en los datos disponibles en la bibliografía sobre el efecto que producen las sales utilizadas para reemplazar al NaCl en el pH. Gou et al. (1996), Gelabert et al. (2003) y Campagnol et al. (2011a) utilizaron KCl como sustituto sin observar influencia alguna sobre el pH. Zanardi et al. (2010) al sustituir el NaCl por una mezcla de KCl, CaCl_2 y MgCl_2 no apreció diferencias de pH respecto a un lote control, en cambio Gimeno et al. (1998) utilizando estas mismas sales encontró una disminución de pH mayor. También vieron una disminución mayor de pH Ibañez et al. (1996) al reemplazar 25% de NaCl por KCl; Beriain et al. (2011) y Gimeno et al. (1999) al emplear KCl y CaCl_2 debido al uso de sales divalentes; Gimeno et al. (2001a) al sustituir 45% NaCl por ascorbato de calcio; Guàrdia et al. (2008) y Gou et al. (1996) al utilizar K-lactato. Estas diferencias en el pH pueden ser

debidas a la fuerza iónica que aporta cada sal influyendo así sobre el crecimiento de los microorganismos.

La reducción de la a_w junto con la disminución de pH llevado a cabo por las bacterias ácido lácticas son dos factores primordiales para la conservación y seguridad del embutido. La a_w disminuyó de 0,966 a 0,916 a lo largo del proceso de maduración en todos los lotes (Figura 2) y no se apreciaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre lotes. Resultados similares obtuvo Campagnol et al. (2011a,b) con una sustitución del 50% por KCl.

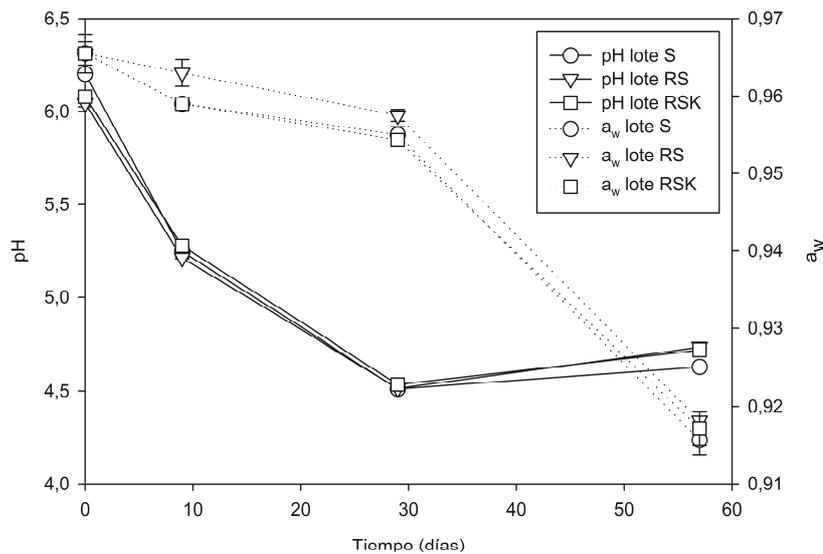


FIGURA 2. Evolución del pH y actividad de agua (a_w) durante el secado de los diferentes lotes de embutidos crudo curados fabricados: S (control), RS (reducción del 16% NaCl) y RSK (sustitución del 16% NaCl por KCl). Los puntos representan la media y el error estándar.

El desarrollo de las bacterias ácido lácticas es la principal causa del descenso del pH debido a su producción de ácido láctico. Dichas bacterias experimentaron un crecimiento durante la maduración de tres ciclos logarítmicos a partir del día 9 manteniéndose estable hasta el final del proceso en todos los lotes sin apreciar diferencias significativas entre ellos (Figura 3), coincidiendo con los resultados de pH obtenidos. Los recuentos obtenidos fueron semejantes a los descritos por Gelabert et al. (2003), Gimeno et al. (1998, 2001a), Ibañez et al. (1996, 1995). Por lo que se refiere a los estafilococos, éstos experimentaron un descenso de dos ciclos logarítmicos a lo largo del proceso en los tres lotes sin encontrar diferencias significativas entre ellos (Figura 3). Resultados similares obtuvo Durá et al. (2004).

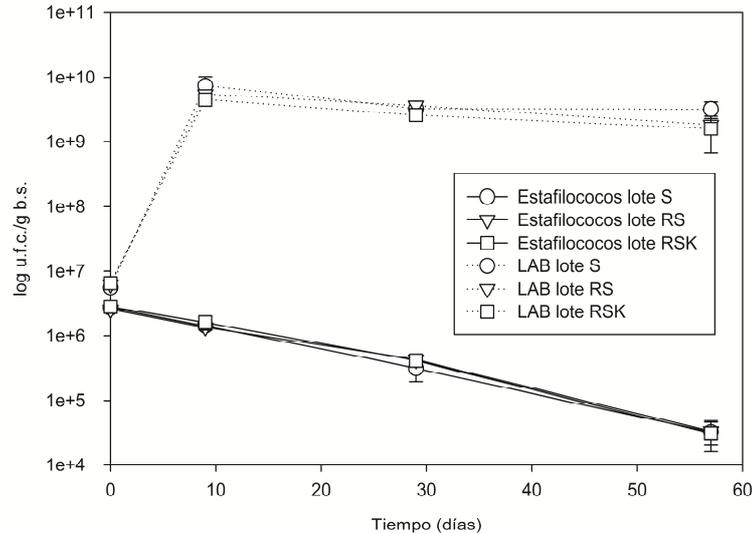


FIGURA 3. Evolución de estafilococos y bacterias acidolácticas (LAB) durante el proceso de fabricación de los embutidos: control (S, ○), reducción del 16% NaCl (RS, ▽) y sustitución del 16% NaCl por KCl (RSK, □).

El tiempo de maduración ($p < 0,001$) y el contenido de sal ($p < 0,01$) afectó a la coordenada de color L^* y a a^* , mientras que la coordenada cromática b^* sólo se vio afectada por el tiempo ($p < 0,001$) (Figura 4). En cuanto a los valores de L^* , se observó un descenso a lo largo del proceso debido a las mermas. Sólo se encontraron diferencias a tiempo 0 y 29 obteniendo valores inferiores el lote S, sin embargo al final del proceso (57 días) desaparecieron estas diferencias. En relación a la coordenada a^* , se vio un incremento a día 9 al tener lugar la formación de nitrosomioglobina, seguido de un descenso durante la maduración. En la primera etapa del proceso RS presentó menores valores de a^* , pero en las siguientes etapas no se vieron diferencias entre los lotes. Por último, se observó un descenso de la coordenada b^* por igual en todos los lotes a lo largo del proceso. Las pocas diferencias de color al reducir el contenido de sal se deben a la naturaleza química y fuerza iónica aportada por los componentes utilizados como sustitutos (Gimeno et al, 2001a).

En lo que se refiere a la composición química, el contenido de sal no afectó significativamente ($p > 0,05$) al contenido de humedad, de lípidos ni de proteínas como demostró Gimeno et al. (1999) y Zanadi et al. (2010) (Tabla 1). Estos parámetros sólo se vieron influenciados por el transcurso del tiempo ($p < 0,001$) como resultado del proceso de deshidratación, y por tanto los valores de lípidos y proteínas aumentaron en detrimento de la humedad. Resultados similares obtuvo Gelabert et al. (2003) en lo que respecta a proteínas utilizando como sustituto KCl, en cambio cuando aplicó una sustitución de 30-40% sal por glicina obtuvo niveles más altos de nitrógeno total. Gimeno et al. (1998, 2001b) e Ibañez et al. (1996) señalaron que el contenido de humedad no se vio influenciado por la reducción de sal. Por el contrario, Guàrdia et al. (2008) indicó que dependiendo del peso molecular del sustituto el contenido de humedad se ve afectado.

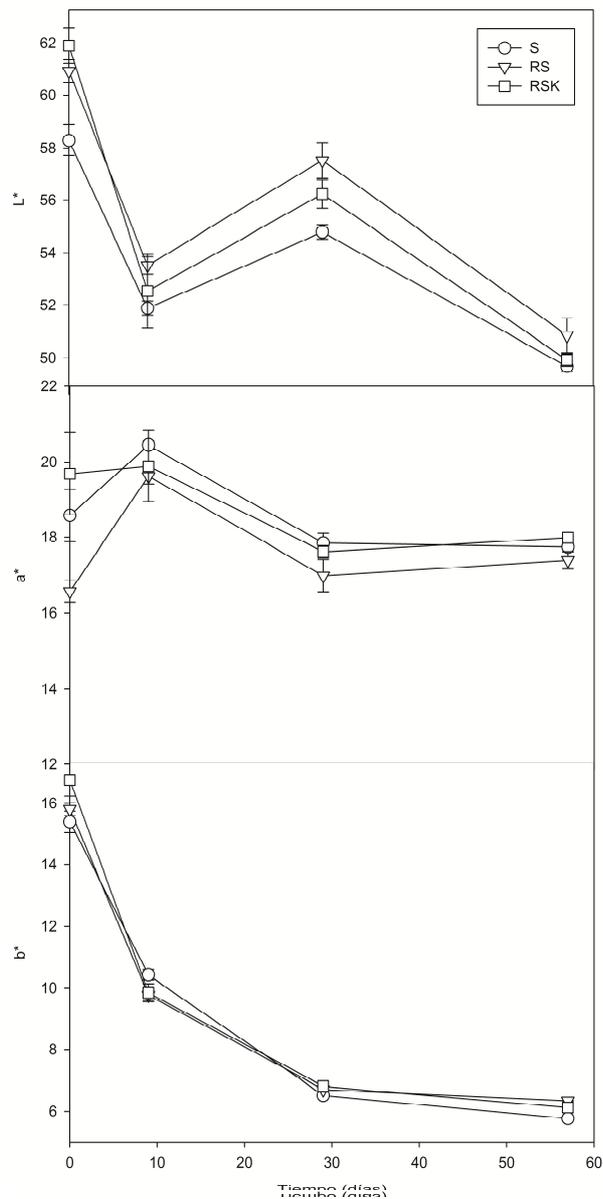


FIGURA 4. Valores de L^* , a^* y b^* durante el proceso de curado de los embutidos. Formulaciones: control (S, \circ), reducción del 16% NaCl (RS, ∇), sustitución del 16% NaCl por KCl (RSK, \square). Los puntos representan la media y el error estándar.

Las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) indican el grado de oxidación lipídica mediante los productos secundarios generados de la oxidación lipídica. Los valores obtenidos van de 0,08 a 1,2 mg/malonaldehído (MDA) / kg en base seca. Cabría esperar obtener mayores niveles de TBARS en el lote control debido al efecto prooxidante del NaCl (Kanner et al., 1991). No obstante, el valor de las TBARS aumentó a lo largo del proceso de secado en los tres lotes (Figura 5), observándose menor oxidación en el lote S que en el RS a tiempo 9 y que en el RSK al final del proceso.

TABLA 1. Composición química de embutidos crudos curados (g/100g) fabricados: control (S), reducción del 16% NaCl (RS) y sustitución del 16% NaCl por KCl (RSK).

	0 días			9 días			29 días			57 días			P _t	P _L	P _{txL}
	S	RS	RSK	S	RS	RSK	S	RS	RSK	S	RS	RSK			
Grasa	8,90 ^{ab} (1,86)	8,68 ^a (1,38)	8,44 ^b (1,08)	8,11 ^{ab} (0,65)	9,62 ^b (1,04)	7,77 ^{ab} (0,54)	9,07 ^c (0,85)	10,00 ^{cd} (0,49)	9,75 ^d (0,27)	10,75 ^e (0,84)	12,73 ^f (1,55)	12,32 ^e (1,05)	***	ns	ns
Proteína	23,72 ^d (0,12)	23,14 ^{de} (0,34)	22,71 ^{de} (0,06)	22,71 ^{de} (0,55)	21,54 ^e (1,23)	22,97 ^{de} (0,09)	26,96 ^c (0,79)	27,25 ^c (0,27)	28,36 ^c (0,12)	35,32 ^{ab} (0,94)	37,00 ^a (2,93)	34,88 ^b (0,86)	***	ns	ns
Humedad	66,66 ^{cdef} (1,05)	67,65 ^{def} (0,49)	66,22 ^{def} (0,02)	67,14 ^{ef} (0,64)	66,12 ^{cde} (0,84)	66,57 ^f (0,09)	62,77 ^{cdef} (0,40)	61,92 ^{cd} (0,84)	61,49 ^{cde} (0,32)	49,51 ^{bc} (1,18)	48,06 ^a (0,29)	49,23 ^{ab} (1,13)	***	ns	ns

P_t: valor de P del efecto del tiempo; P_L: valor del efecto de la reducción de NaCl; P_{txL}: valor de P de la interacción del efecto del tiempo y la reducción de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Fisher). Los valores representan las medias y (desviación estándar).

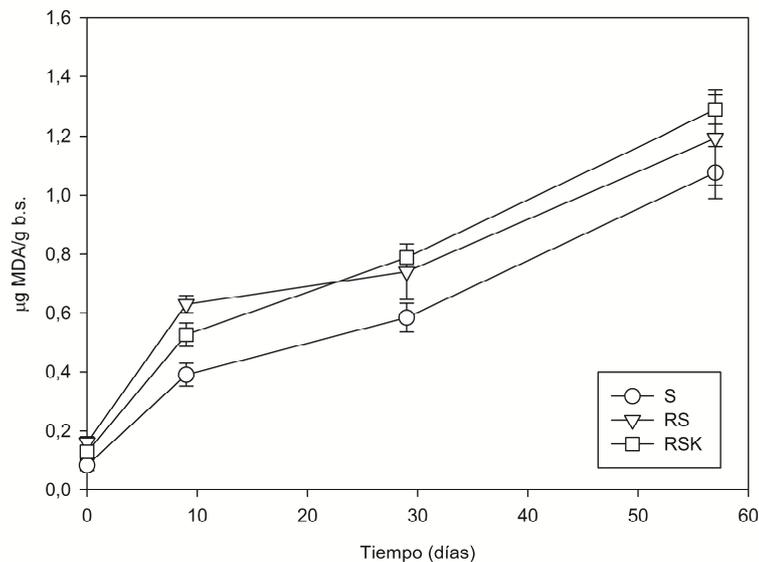


FIGURA 4. Evolución de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) durante el curado de los embutidos en los distintos lotes: control (S), reducción del 16% NaCl (RS), sustitución del 16% NaCl por KCl (RSK). Los puntos representan la media junto con el error estándar.

Análisis de textura

El análisis de textura se llevó a cabo en la última etapa del proceso (57 días) y se observaron diferencias significativas en la cohesividad y masticabilidad. El lote S obtuvo mayores valores de masticabilidad y cohesividad. En cambio, Gou et al. (1996) en embutidos de pequeño calibre no encontraron diferencias en el análisis de textura alcanzando sustituciones del 60 % de KCl.

TABLA 2. Parámetros de textura de los embutidos crudo curados al final del proceso de fabricación (57 días): lote control (S); lote con una reducción del 16% NaCl (RS) y lote con una sustitución del 16% NaCl por KCl (RSK).

	S	RS	RSK	P
Dureza	257,85 ± 22,60	245,43 ± 17,22	246,23 ± 14,64	ns
Adhesividad	-3,34 ± 0,54	-3,26 ± 0,47	-3,68 ± 0,58	ns
Elasticidad	0,63 ± 0,03	0,61 ± 0,03	0,61 ± 0,03	ns
Cohesividad	0,64 ± 0,02 ^a	0,62 ± 0,02 ^b	0,62 ± 0,01 ^b	*
Masticabilidad	103,49 ± 9,21 ^a	93,11 ± 8,96 ^b	93,24 ± 7,94 ^b	**

P:valor del efecto de la reducción de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Fisher). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

Análisis sensorial

La evaluación del análisis sensorial por el panel de catadores se muestra en la tabla 3. El aroma, sabor, jugosidad y aceptabilidad fueron los cuatro atributos sensoriales afectados por la reducción de sal. Los consumidores prefirieron el aroma del lote S debido a su mayor sabor salado, ya que la salinidad que aportan otras sales no es tan pura como la del NaCl (Zanardi et al., 2010). Campagnol et al., (2011a) también observó una depreciación del aroma al emplear 50 % de KCl como sustituto, igual que Armenteros et al. (2009) en lomo curado que obtuvo una mayor proteólisis generando sabores y olores extraños en el producto final a causa del porcentaje empleado de KCl.

En el sabor, también se encontraron diferencias ($p < 0,01$) siendo menor puntuado el lote RS, debido a que no se sustituyó por otra sal. Sin embargo, algunos autores indicaron que el menor sabor salado es a veces evaluado positivamente (Zanardi et al., 2010; Gimeno et al., 1998).

En cuanto a la jugosidad, el lote S fue mejor puntuado que el lote RS pudiéndose explicar por la mayor capacidad de retención de agua al solubilizarse las proteínas como consecuencia del mayor contenido de sal (Desmond, 2006).

Finalmente, los lotes que presentaron una mayor aceptación fueron el lote S y RSK al igual que observaron Campagnol et al. (2011a) en una sustitución con 25% de KCl. Excepto en lo que se refiere al aroma, se podría concluir que se prefirió sensorialmente el lote S y el RSK, debido a que el porcentaje de sustitución aplicado ejerció las mismas funciones tecnológicas que el NaCl sin detectar posibles defectos como el sabor amargo del KCl. Además, en los atributos de aspecto y dureza no se mostraron diferencias entre lotes coincidiendo con el análisis de textura.

TABLA 3. Análisis sensorial de los embutidos fabricados (test de aceptación) al final del proceso de fabricación (57 días): control (S), reducción del 16% NaCl (RS) y sustitución del 16% NaCl por KCl (RSK).

	S	RS	RSK	P
Aspecto	6,14 ± 1,57	5,86 ± 1,41	5,96 ± 1,48	ns
Aroma	6,33 ± 1,46 ^a	5,93 ± 1,37 ^b	5,89 ± 1,44 ^b	*
Sabor	5,96 ± 1,89 ^a	5,34 ± 1,80 ^b	5,84 ± 1,94 ^a	**
Dureza	6,13 ± 1,64	6,00 ± 1,69	6,18 ± 1,61	ns
Jugosidad	6,22 ± 1,63 ^a	5,75 ± 1,60 ^b	5,99 ± 1,58 ^{ab}	*
Aceptabilidad	5,92 ± 1,72 ^a	5,54 ± 1,61 ^b	5,92 ± 1,78 ^a	*

P: valor del efecto de la reducción de NaCl. *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ns (no significativo) $P > 0,05$. Las letras de los superíndices iguales de cada parámetro indican que no existen diferencias significativas para $p < 0,05$ (test de Fisher). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio indicaron que la reducción de 16% NaCl y sustitución de 16% de NaCl por KCl en embutidos crudo curados no tuvieron efectos tecnológicos negativos en la fermentación, deshidratación y seguridad del producto. No obstante, la oxidación lipídica fue superior en el lote RSK que en S al final del proceso. La reducción del contenido de sal afectó a la masticabilidad y cohesividad del embutido. Por lo tanto, y en concordancia con la evaluación de la aceptabilidad global se podría llevar a cabo una reducción del 16% de NaCl pero utilizando KCl como sustituto para evitar los defectos sensoriales producidos al reducir el contenido de sal (RS). El porcentaje de sustitución es aceptable, ya que no se detectaron sabores amargos aportados por el KCl. Sin embargo, el aroma es una característica sensorial importante para la aceptabilidad de un embutido, por lo que se deberían proponer otras estrategias para mejorarlo debido a su inferior puntuación al reducir el contenido de sal.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo dentro del proyecto AGL-2009-08787 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Se agradece la concesión de la beca Predoctoral de Formación del Personal Investigador (FPI2010) del Ministerio de Ciencia e Innovación a Sara Corral.

REFERENCIAS

- Agencia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) (2005). Estrategia NAOS (para la Nutrición, Actividad Física y prevención de la Obesidad). Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Armenteros, M.; Aristroy, M.C.; Barat, J.M.; Toldrá, F. 2009. Biochemical changes in dry-cured loin salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117, 627-633.
- Berain, M.J.; Gómez, I.; Petri, E.; Insausti, K.; Sarriés, M.V. 2011. The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. *Meat Science*, 88, 189-197.
- BOE (1979). Métodos oficiales de análisis de productos cárnicos. Boletín Oficial del Estado, de 28 de agosto de 1979, Anexo II, págs., 20233-20240. Madrid. España.
- Bruna, J.M.; Ordoñez, J.A.; Fernández, M.; Herranz, B.; de la Hoz, L. 2001. Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. *Meat Science*, 59 (1):87-96.
- Campagnol, P.C.B.; Santos, B.A.; Wagner, R.; Terra, N.N.; Pollonio, M.A.R. 2011a. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. *Meat Science*, 87, 290-298.
- Campagnol, P.C.B.; Santos, B.A.; Wagner, R.; Morgano, M.A.; Terra, N.N.; Pollonio, M.A.R. 2011b. Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, 87, 239-243.
- Comisión Europea (2008) [en línea]. Dirección URL: http://ec.europa.eu/health/archive/ph_determinants/life_style/nutrition/documents/salt_initiative.pdf [Consulta: 16 de Mayo 2011]
- Demeyer, D.I.; Vandekerckhove, P. 1979. Compounds determining pH in dry sausages. *Meat Science*, 3, 161-167.
- Desmond, E. 2006. Reducing salt: a challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74, 188-196.
- Durá, M.A.; Flores, M.; Toldrá, F. 2004 Effect of *Debaryomyces* spp. on the proteolysis of dry-fermented sausages. *Meat Science*, 68, 319-328.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G.H. 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-508.
- FNB (Food and Nutrition Board) (2010) Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States. Institute of Medicine of the National Academy of Sciences.
- Gelabert, J.; Gou, P.; Guerrero, L.; Arnau, J. 2003. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 65, 833-839.
- Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; 1998. A mixture of potassium, magnesium, and calcium chlorides as a partial replacement of sodium chloride in dry fermented sausages. *J. Agri. Food Chem.*, 46, 4372-4375.
- Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; 1999. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on texture and color of dry fermented sausages. *J. Agric. Food Chem.* 47, 873-877.
- Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; 2001a. Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: effect on color, texture and hygienic quality at different concentrations. *Meat Science*, 57 23-29.
- Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; 2001b. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on microbiological evolution of dry fermented sausages. *Food microbiology*, 18, 329-334.
- Gou, P.; Guerrero, L.; Gelabert, J.; Arnau, J. 1996. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42 (1) 37-48.

- Guàrdia, M.D.; Guerrero, L.; Gelabert, J.; Gou, P.; Arnau, J. 2006. Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content. *Meat Science*, 73, 484-490.
- Guàrdia, M.D.; Guerrero, L.; Gelabert, J.; Gou, P.; Arnau, J. 2008. Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. *Meat Science*, 80, 1225-1230.
- Ibañez, C.; Quitanilla, C.; Irigoyen, A.; Garcí- Jalón, I.; Cid, C.; Astiasarán, I.; Bello, J. 1995. Partial replacement of sodium chloride with potassium chloride in dry fermented sausages: influence on carbohydrate fermentation and the nitrosation process. *Meat Science*, 40, 45-53.
- Ibañez, C.; Quitanilla, C.; Irigoyen, A.; Cid, C.; Astiasarán, I.; Bello, J. 1996. Dry fermented sausages elaborated with *Lactobacillus plantarum*- *Staphylococcus carnosus*. Part I: Effect of partial replacement of NaCl with KCl on the stability and the nitrosation process. *Meat Science*, 44, 227-234.
- Ibañez, C.; Quitanilla, C.; Cid, C.; Astiasarán, I.; Bello, J. 1997. Dry fermented sausages elaborated with *Lactobacillus plantarum*-*Staphylococcus carnosus*. Part II: Effect of partial replacement of NaCl with KCl on the proteolytic and insolubilization processes. *Meat Science*, 46 (3), 277-284.
- Intersalt Cooperative Research Group (1988). Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion. *British Medical Journal*, 297: 319-328.
- ISO 2917 (1999) Meat and Meat products. Determination of the pH. Reference method.
- ISO 8589 (1988). Sensory analysis. General guidance for design of test rooms. Standard no.8589 (Geneva, Switzerland).
- Kanner, J.; Harel, S.; Jaffe, R. 1991. Lipid peroxidation of muscle food as affected by NaCl. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 39, 1017-1021.
- Olivares, A.; Navarro, J.L.; Salvador, A.; Flores, M. 2010. Sensory acceptability of slow fermented sausages based on fat content and ripening time. *Meat Science*, 86, 251-257.
- Organización Mundial de la Salud (2004) Food and Health in Europe: a new basis for action. WHO Regional Publications, European Series, No 96 (pp. 1-385).
- OMS/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organisation) (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Technical Report Series 916. Geneva, World Health Organization
- Pons, M. & Fiszman, S.M. (1996) Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *Journal of Textura Studies* 27, 597-624.
- Ruusunen, M.; Puolanne, E. 2005. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70, 531-541.
- SACN (Scientific Advisory Committee on Nutrition) (2003). Salt and Health. London, The Stationery Office.
- J Stamler, J.; Elliott, P.; Dennis, B.; Dyer, A.R.; Kesteloot, H.; Ueshima, H; Liu, K and Zhou, BF for the INTERMAP Research Group (2003) INTERMAP: background, aims, design, methods, and descriptive statistics (nondietary). *Journal of Human Hypertension*, 17, 591-608.
- Toldrà, F.; Flores, M. 2007. Processed pork meat flavours. En: *Handbook of Food Products Manufacturing*. Ed. Y.H., Hui. Capítulo 61. John Wiley & Sons, Inc.
- Wirth, F. 1989. Reducing the common salt content of meat products: possible methods and their limitations. *Fleischwirtsch*, 69 (4), 589-593.
- Zanardi, E.; Ghidini, S.; Conter, M.; Ianieri, A. 2010. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. *Meat Science*, 86, 742-747.