

## Caracterización del chorizo verde mexicano durante el procesado y conservación a distintas temperaturas: Aminas biógenas

D. Ramírez-Muñoz<sup>1</sup>, C. Ruiz-Capillas<sup>2\*</sup>, A.M. Herrero<sup>2</sup>, F. Jiménez-Colmenero<sup>2</sup>, T. Pintado<sup>2</sup>, B. de las Rivas<sup>2</sup>, R. Muñoz<sup>2</sup>, A. Pérez-Baltar<sup>2</sup>, M.C. Cueto-Wong<sup>1</sup>, N. Balagurusamy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Carretera Torreón-Matamoros Km. 7.5 C.P. 27276 Ciudad Universitaria Unidad Torreón, Coahuila, México*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición, ICTAN-CSIC, C/ José Antonio Novais 10, Ciudad Universitaria, C.P. 28040 Madrid, España.*

*Autor responsable: Dra. Claudia Ruiz-Capillas*

*e-mail: [claudia@ictan.csic.es](mailto:claudia@ictan.csic.es)*

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue la caracterización físico-química y microbiológica del chorizo verde mexicano durante su procesado y conservación a dos temperaturas distintas: en refrigeración (4 °C) y a temperatura ambiente (20 °C). La composición del chorizo (humedad 54.80%, cenizas 4.80%, grasa 15.10%, proteína 16.89% y carbohidratos 8.60%) y su valor energético (237.06 Kcal/g) dependió de los ingredientes empleados en su elaboración y del procesado. Durante el procesado se observó una pérdida de peso del 43%, junto con una disminución ( $p < 0.05$ ) de pH (5.78 a 4.72), asociada a un incremento ( $p < 0.05$ ) de bacterias totales y de bacterias ácido lácticas ( $> 8$  Log ufc/g), mientras que se observó un descenso en las enterobacterias hasta niveles  $< 3$  Log ufc/g. El contenido en aminas biógenas aumentó durante el procesado. Los recuentos microbianos y el pH se mantuvieron en general sin cambios significativos durante el almacenamiento a las dos temperaturas, excepto las enterobacterias que descendieron hasta niveles de  $< 1$  Log ufc/g a los 10 días de almacenamiento. El color y la textura se vieron afectados ( $p < 0.05$ ) en las muestras almacenadas a 20 °C. Estas muestras durante los 10 días de almacenamiento también presentaron una pérdida de peso del 61.43%. La conservación a 20 °C y el tiempo de almacenamiento influyeron significativamente en la formación de aminas biógenas, observándose un incremento en sus niveles a los 10 días de conservación.

**Palabras clave:** Chorizo verde, composición, valor energético, aminas biógenas, recuentos microbiológicos, propiedades físico-químicas.

## **Abstract**

The objective of this work was to study the physico-chemical and microbiological characteristics of the mexican green sausage during processing and storage at two different temperatures: refrigeration (4 °C) and at room temperature (20 °C). The sausage composition was determined (humidity 54.8%, ash 4.80%, fat 15.10%, protein 16.89% and carbohydrates 8.60%) and the energy value (237.06 Kcal/g). A weight loss of 43% was observed during processing, together with a pH decrease ( $p < 0.05$ ) (5.78 to 4.72), and associated with a microbial increase ( $p < 0.05$ ) of total aerobic bacteria and lactic acid bacteria ( $> 8$  Log cfu/g). It was also observed a decrease in enterobacteria counts  $< 3$  Log cfu/g and an increase in the content of biogenic amines. Microbial counts and the pH were generally maintained without significant changes during storage at both temperatures; except enterobacteria count that was reduced to levels of  $< 1$  Log cfu/g at 10 days of storage. The color and texture were affected ( $p < 0.05$ ) in the samples stored at 20 °C. These samples at 10 days of storage also presented a weight loss of 61.43%. During storage, the conservation at 20 °C also affected significantly the formation of biogenic amines, showing an increase in their content after 10 days of storage.

**Keywords:** Green sausage, proximate analysis, energy value, biogenic amines, microbial counts, physico-chemical properties.

## 1. Introducción

El chorizo es un embutido tipo crudo curado de origen español cuya elaboración se ha extendido por todo el mundo; consiste básicamente en una mezcla de carne de cerdo picada, especias y aditivos que se introduce en tripas naturales o artificiales y se somete a un proceso de curado. Su formulación y tipo de procesamiento varía según el país e incluso en cada región del mismo (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2013).

En México, la elaboración de chorizo verde puede ser de origen artesanal o industrial y se caracteriza principalmente por el uso del chile en sus formulaciones, el cual es considerado como un ingrediente fundamental en la gastronomía mexicana (Baltazar, 1998; Waizel-Bucay and Camacho, 2011; Conabio, 2014). Dentro de la gran variedad de chorizo que se comercializa en México se encuentra el chorizo verde Toluqueño, que se elabora con carne de cerdo mezclada con distintos vegetales (espinacas, cilantro, pimiento verde, perejil, etc.) que le confieren su color y sabor característico (Quintero-Salazar *et al.*, 2011).

El chorizo verde es considerado como un producto fermentado que favorece el crecimiento de ciertos microorganismos *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Micrococcaeae* y bacterias ácido lácticas (BAL). Muchos de estos microorganismos además de ser los responsables de los sabores y aromas característicos de este tipo de

chorizo, junto con los ingredientes, son también capaces de descarboxilar los aminoácidos presentes en el producto y dar lugar a la formación de aminas biógenas (AB), como también se ha observado en otro tipo de productos (Ruiz-Capillas and Jiménez-Colmenero, 2004; Ruiz-Capillas and Jiménez-Colmenero, 2009). Las aminas biógenas que se encuentran con más frecuencia en este tipo de productos fermentados son tiramina, histamina, feniletilamina, putrescina, y cadaverina, siendo las bacterias ácido lácticas sus principales productoras. Recuentos elevados de *Lactobacillus* se asocian con elevadas concentraciones de tiramina. Mientras que los niveles de enterobacterias están asociados a niveles elevados de putrescina y cadaverina principalmente (Ansorena *et al.*, 2002; de las Rivas *et al.*, 2008; Curiel *et al.*, 2011). La presencia de AB en chorizo es muy variable y está condicionada tanto por los ingredientes que se añaden como por el tipo de procesamiento y condiciones de conservación al que se someten. Sobre todo están influenciadas por las temperaturas de procesamiento y conservación que favorecen el crecimiento de los microorganismos principales productores de estas AB (Bover-Cid *et al.*, 2000; Ruiz-Capillas *et al.*, 2012a; Triki *et al.*, 2013a). En distintos estudios realizados en chorizo rojo (español), se ha visto que putrescina, tiramina y cadaverina son las más representativas (González-Fernández *et al.*, 2003; Ruiz-Capillas *et al.*, 2007; de las Rivas *et al.*, 2008; Ruiz-Capillas *et al.*, 2012a; González-Tenorio *et al.*, 2013a). La presencia de

AB en los alimentos representa un potencial problema de salud pública, ya que la ingesta de alimentos con un alto contenido de AB se ha relacionado con casos de intoxicación en consumidores susceptibles (Ruiz-Capillas y Jiménez-Colmenero, 2004). Histamina y tiramina son las AB que se caracterizan por presentar mayor número de efectos tóxicos (Lehane and Olley, 2000). Por otra parte, la putrescina y cadaverina, además de actuar como potenciadores del efecto tóxico de tiramina e histamina, se han relacionado con la formación de nitrosaminas, compuestos cancerígenos y citotóxicos (Drabik-Markiewicz *et al.*, 2011; Ramani *et al.*, 2014). Por otro lado, la presencia de aminas biógenas en los alimentos ha sido empleada como índice de calidad (Ruiz-Capillas y Jiménez-Colmenero, 2004; Miaoyun *et al.*, 2014).

A pesar de que el chorizo verde es un producto con un elevado consumo en México, apenas existen estudios que evalúen el efecto que presentan las distintas etapas de procesado, así como las condiciones aplicadas (temperaturas, tiempos, etc.) sobre los distintos parámetros de calidad y seguridad de los mismos. De igual modo resulta fundamental conocer la influencia que ejercen las condiciones de conservación sobre las características finales de los productos. Estas etapas influyen en las características tecnológicas (textura, pérdidas de peso, color,  $a_w$ , pH, etc.), microbiológicas y en las sensoriales de los chorizos que le llegan al consumidor. En algunas circunstancias

estas condiciones pueden incluso influir en la formación de distintos compuestos como las aminas biógenas que además pueden tener implicaciones en casos de intoxicación alimentaria. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue, por un lado caracterizar el proceso de elaboración del chorizo verde en sus distintas etapas, y por otro estudiar el efecto de la conservación de los chorizos a dos temperaturas distintas de almacenamiento 4 °C y 20 ° C, que son habituales en su conservación tradicional. En tal sentido se han analizado distintos parámetros físico-químicos y microbiológicos con especial énfasis en la formación de aminas biógenas. Se trataría de conocer su comportamiento en distintas condiciones de conservación, y evaluar las características y vida útil del producto.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Elaboración del chorizo verde**

La formulación del chorizo verde se basó en una receta del Instituto Culinario de México (Phraseicum, 2003) con algunas modificaciones. Para ello se empleó espaldilla de cerdo (*Musculus deltoideus, infraspinatus, and supraspinatus*) (Shoulder boneless) (24.83%) y papada de cerdo sin corteza (rindless) (16.55%) adquiridas en un mercado local (Madrid, España) y congelados a -20° C hasta su uso no excediendo los 14 días. Los ingredientes no cárnicos

empleados fueron: pimienta blanca (0.29%), ajo seco (0.05%), nuez moscada seca (0.08%), orégano seco (0.41%), canela en polvo (0.04%) (todos de Ducros, España.), sal (1.66%) (Aliada, España), azúcar (0.82%) (Azucarera S.A. España), nitrito de sódico (0.01%) (Sigma-Aldrich Company Ltd, GmbH), almendras (1.66%) (Almendra Langueta sin sal, España) y uvas pasas (1.66%) (Thompson, España) y vinagre de manzana (0.21%) (Prima, acidez 5°, España.). Como vegetales frescos se utilizaron: espinacas (8.28%) (*Spinacia oleracea*) (Florette. España), perejil (8.28%) (*Petroselinum crispum*) (Herbex Iberia, S.L. España), cilantro (8.28%) (*Coriandrum Sativum*), y pimiento verde (6.21%) (*Capsicum annuum*), adquiridos en un comercio local (Madrid, España). Además se ha empleado chile poblano (8.28%) y chile serrano (12.42%) (*Capsicum annuum* L.), que fueron adquiridos también en un comercio local (Paco pica Harvest, Madrid, España). Los vegetales se trataron previamente con una solución Amukina (Angelini Farmaceutica, S.A.) y se congelaron a -20 °C hasta su uso.

La carne y los vegetales fueron descongelados (18 h a  $2 \pm 2$  °C), picados todos juntos a 45 mm de diámetro (Vam.Dall. SRL. Modelo FTSIII, Treviglio, Italia) y colocados en una amasadora/mezcladora (Mainca, Granollers, España) donde se mezclaron durante 3 min a velocidad 1 (1800 rpm). A la masa se añadieron los ingredientes secos y se homogeneizó de nuevo durante 3 min, siendo la temperatura final < 20 °C. La masa

final (MCH) se dejó reposar 24 h a 4 °C (primera etapa de procesado). Pasado este tiempo se amasó la mezcla nuevamente durante 1 min (Mainca, Granollers, España) y se embutió en tripas artificiales de colágeno de 4.5 cm de diámetro (Fibran S.A. San Joan de los Abadeses, Girona, España), con una embudidora manual (Mainca, Granollers, España), en porciones individuales de 10 cm (CHE) que se colocaron en una cámara de maduración (modelo KBF 240 Tuttlingen, Alemania) durante 48 h a 20 °C con 50% de humedad relativa (HR) (segunda etapa de procesado). Pasado este tiempo, el chorizo (CHP) se dividió en dos lotes, el primero se almacenó en refrigeración a 4 °C (CHP4) y el segundo lote (CHP20) a temperatura ambiente (20 °C). Ambas muestras fueron analizadas a los 4 (CHP4-4; CHP20-4) y 10 (CHP4-10; CHP20-10) días de conservación.

## 2.2. Componentes mayoritarios

La humedad y el contenido de cenizas del producto (CHP) fueron determinados por triplicado siguiendo la metodología de la AOAC (2005). El contenido proteico se analizó por cuadruplicado en un Determinador de Nitrógeno LECO FP-2000 (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA). El contenido de grasa fue evaluada por triplicado de acuerdo al método de Blingh and Dyer (1959). Los carbohidratos fueron calculados teniendo en cuenta el contenido de los ingredientes de la composición y formulación. Los valores de energía

fueron estimados a partir de la proteína (x 4 Kcal/g), carbohidratos (x 4 Kcal/g) y grasa (x 9 Kcal/g) del producto.

### **2.3. Pérdidas de peso durante el procesado y conservación, pH y actividad de agua ( $a_w$ )**

La pérdida de peso del producto durante el procesado y el almacenamiento se realizó en base a la diferencia de peso entre el peso inicial y el peso del producto en cada día de análisis, dividido entre el peso inicial y expresado en porcentaje según la metodología de Triki *et al.* (2013b).

El pH se determinó por triplicado empleando un medidor de pH (827 pH LabMethrom, Herisau, Suiza), sobre un homogenizado obtenido a partir de 10 g de muestra en 100 mL de agua destilada.

La actividad de agua ( $a_w$ ) se midió por triplicado usando un equipo LabMaster- $a_w$  (modelo 1119977, Novasina AG, Lachen SZ, Suiza) a 25 °C.

### **2.4. Determinación del color**

El color se determinó en la superficie de 15 secciones transversales de cada muestra de chorizo con un Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Business Technologies, Inc., Tokyo, Japan), mediante reflectancia en un sistema de coordenadas CIE-LAB ( $L^*$ ,

luminosidad;  $a^*$ , tendencia a rojo; y  $b^*$ , tendencia al amarillo).

### **2.5. Análisis de perfil de textura (TPA)**

El análisis de perfil de textura se llevó a cabo de acuerdo al procedimiento descrito por Bourne (1978) utilizando un texturómetro TA-XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, Inglaterra). Se prepararon diez porciones (diám. 20 mm, altura 5 mm) que se sometieron a una doble compresión hasta un 30% de su altura original. Se utilizó una célula de carga de 5 kg con una velocidad del cabezal de 0.8 mm/s a 22° C. A partir de las curvas fuerza-tiempo obtenidas se calcularon los siguientes parámetros: dureza (fuerza máxima (N) requerida para la primera compresión), cohesividad (relación entre el área positiva de la primera y segunda compresión, adimensional), elasticidad (corresponde a la altura recuperada por la muestra tras la primera compresión, mm) y masticabilidad (producto de las tres variables anteriores, Nmm).

### **2.6. Análisis microbiológico**

Se realizaron recuentos de enterobacterias, bacterias ácido lácticas (BAL) y aerobios totales (AT), por duplicado. A 10 g de cada muestra pesados en una bolsa de plástico estéril, se adicionaron 90 mL de agua de peptona (0.1%) con 0.85% NaCl y

se homogenizó (StomacherColworth 400, Seward, Inglaterra) durante 2 min. Se realizaron diluciones decimales y sembrando en los siguientes medios: VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar) para enterobacterias (37 °C durante 24 h), MRS (Man, Rogosa y Sharpe Agar) para bacterias ácido lácticas (30 °C durante 3-5 días), y PCA (Plate Count Agar) para aerobios totales (30 °C durante 72 h). El recuento se expresó como logaritmo unidades formadoras de colonias por gramo de producto (Log ufc/g).

## **2.7. Análisis de aminas biógenas por cromatografía de intercambio iónico**

Tiramina, feniletilamina, histamina, putrescina, cadaverina, triptamina, agmatina, espermidina y espermina se determinaron en un extracto de las muestras preparado mediante la combinación de 15 g de muestra con 30 mL ácido tricloroacético al 7.5% en un homogeneizador Ultraturrax (IKA-Werke, Janke, y Kunkel, Staufen, Alemania) (20000 rpm, 1 min), seguido de un proceso de centrifugación a 5000 rpm durante 15 min a 4 °C (Sorvall RTB6000B, DuPont, EE.UU.). Los sobrenadantes obtenidos se filtraron a través de un Whatman n°1 y después a través de un filtro de Nylon de 0.22 µm. De este filtrado se inyectaron 10 µL en un HPLC modelo 1022 (Perkin Elemer SL, Spain) con un sistema post-columna Pickering PCX 3100 (Pickering Laboratories, Mountain

View, CA, EE.UU.), siguiendo la metodología de Triki *et al.*, (2012). Los resultados son medias de 3 determinaciones.

## **2.8. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los resultados se realizó empleando el programa SPSS 14.0 (SPSS Inc., Chicago, EE.UU.). Para evaluar el efecto del procesado sobre los distintos parámetros estudiados, se llevó a cabo un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para establecer el efecto de las condiciones de almacenamiento y periodo de conservación. El test de Tukey se utilizó para determinar las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

## **3. Resultados y discusión**

### **3.1. Caracterización del chorizo verde durante el procesado**

#### **3.1.1. Pérdidas durante el procesado**

Las pérdidas de peso durante el procesado fueron del 43% en sólo 72 horas a 20 °C con una HR del 50%. Estas pérdidas fueron muy elevadas si se comparan con otros tipos de chorizo elaborados sin vegetales y con mayor proporción de materia prima cárnica (magro y grasa animal) (Triki *et al.*, 2013a, Jimenez-Colmenero *et al.*, 2013). Estos autores, en el caso de chorizo rojo, describieron pérdidas por debajo del 20% a los 4 días de procesado, siendo inferiores al 40% a

los 17 días. Las pérdidas más elevadas en este tipo de chorizo verde podrían ser debidas a la presencia de mayor cantidad de agua incorporada con los vegetales y por otro lado a una menor capacidad de retención de agua del sistema, lo que ocasiona una mayor pérdida a lo largo del procesado. Estas pérdidas además, se reflejan en la composición de los chorizos.

### 3.1.2. Componentes mayoritarios

Los niveles de humedad de los chorizos verdes tras su procesado fueron del 54.85%, siendo similares a los obtenidos por otros autores en este tipo de chorizo (Valenzuela *et al.*, 2009), aunque superiores a los que presentan los chorizos rojos mexicanos, comprendidas entre el 36-46% (González-Tenorio *et al.*, 2013b).

Los contenidos de cenizas y proteínas (4.80% y 16.89%, respectivamente) (Tabla 1) fueron similares a los observados por otros autores en chorizo tradicional mexicano (González-Tenorio *et al.*, 2013b), sin embargo, variaban notablemente con los encontrados en chorizos verdes comerciales (12.50-13.90%, y 24.60-32.80%, respectivamente) (Valenzuela *et al.*, 2009). Estas diferencias posiblemente sean debidas principalmente a la gran variedad de ingredientes empleados en su elaboración y en la cantidad empleada en cada formulación que puede variar considerablemente, siendo muchas veces desconocida, como en el caso de los estudios de chorizo de mercado (Valenzuela *et al.*, 2009).

**Tabla 1.** Composición (%) de materia prima cárnica (espaldilla y papada) y del chorizo verde

	<b>Espaldilla de cerdo</b>	<b>Papada de cerdo</b>	<b>Chorizo verde</b>
Humedad	74.07 ± 0.40	53.32 ± 0.26	54.85 ± 0.70
Grasa	5.22 ± 0.14	29.43 ± 0.61	15.10 ± 0.25
Proteína	20.76 ± 0.16	18.29 ± 2.23	16.89 ± 1.16
Cenizas	1.06 ± 0.00	0.73 ± 0.00	4.80 ± 0.09
Carbohidratos	-	-	8.60
Valor energético	130.14	338.07	237.06

El nivel de grasa de los chorizos observado en este estudio fue muy bajo (15.10%) (Tabla 1) en comparación con otros tipos de chorizos mexicanos (24.70-26.00%), y chorizos rojos españoles (19.80-

40.00%) (González-Tenorio *et al.*, 2013a; Ruiz-Capillas *et al.*, 2012b; Triki *et al.*, 2013a). Esto es debido principalmente a la menor proporción de grasa empleada en su formulación, ya que en el caso de los chorizos



españoles se empleó tocino (> 80%), mientras que en este se empleó papada que presenta una concentración de grasa mucho menor (29.43%) (Tabla 2). Por otro lado, el contenido en carbohidratos de estos productos fue elevado, en torno a un 8.60%, si los comparamos con otros tipos de chorizo. Estos valores se justifican principalmente por la presencia de vegetales y algunos ingredientes secos (almendras, uvas pasas etc.).

Los valores energéticos de estos chorizos fueron aproximadamente 237.06 kcal/g, por el empleo de ingredientes en su

formulación como carne, papada y frutos secos, entre los que cabe destacar las almendras. Este chorizo presentó niveles energéticos mucho más bajos que los chorizos tradicionales españoles (Ruiz-Capillas *et al.*, 2012b), que contienen niveles superiores a 380 kcal/g. Los valores energéticos de estos chorizos son incluso inferiores a chorizos españoles reformulados con contenidos bajos en grasa con contenido energético de 286 kcal/g. Según estos resultados los chorizos verdes obtenidos pueden considerarse más saludables y con un bajo impacto en la ganancia de peso en el consumidor, en el marco de los productos cárnicos.

**Tabla 2.** Resultados de  $a_w$  y de pH del chorizo verde durante su conservación a 4°C (CH4) y 20°C (CH20)

Parámetros	Muestras	Días de conservación		
		0	4	10
$a_w$	CH 4	0.910± 0.00 <sup>a1</sup>	0.932 ±0.00 <sup>b1</sup>	0.936 ± 0.00 <sup>b1</sup>
	CH 20	0.910 ± 0.00 <sup>a1</sup>	0.859 ± 0.01 <sup>b2</sup>	0.733 ± 0.00 <sup>c2</sup>
pH	CH 4	4.72 ± 0.00 <sup>a1</sup>	4.81 ±0.01 <sup>b1</sup>	4.66 ± 0.01 <sup>c1</sup>
	CH 20	4.72 ± 0.00 <sup>a1</sup>	4.66 ± 0.01 <sup>b2</sup>	4.61 ± 0.00 <sup>c2</sup>

Media ± Desviación estándar. Las letras diferentes en la misma fila y números diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

### **pH y actividad de agua ( $a_w$ )**

Los valores de pH disminuyeron ( $p < 0.05$ ) durante el procesado del chorizo verde pasando de 5.78 a 4.72. Esta disminución coincidió con el incremento ( $p < 0.05$ ) en los recuentos de bacterias ácido lácticas en este mismo periodo, incremento que podría atribuirse a una ligera fermentación, productora de ácido láctico que originó el descenso de pH. Comportamiento

similar ha sido señalado por otros autores en muestras de chorizo (Ruiz-Capillas *et al.*, 2012b; Ščetar *et al.*, 2013). Estos niveles de pH en el chorizo verde también podrían estar asociados a la presencia de distintos ingredientes con carácter ácido como el chile y algunos vegetales (Quintero-Salazar *et al.*, 2011).

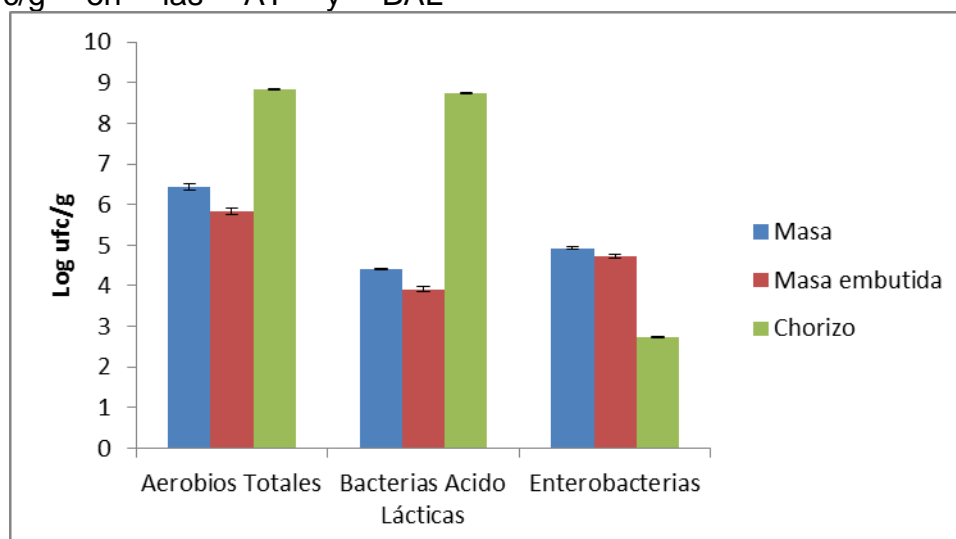
Los valores de  $a_w$  durante el procesado (0.94-0.91%) en este tipo

de chorizo fueron muy superiores a los observados en chorizos rojos (Herrero *et al.*, 2007; Ruiz-Capillas *et al.*, 2012b, Triki *et al.*, 2013a), posiblemente debido también a la cantidad de vegetales empleados en su elaboración que aportan mucha agua al producto, y por otro lado al corto periodo de procesado de 3 días en el chorizo verde frente a 17-20 días de los chorizos rojos.

### 3.1.3. Análisis microbiológico

Los niveles iniciales de aerobios totales (AT), bacterias ácido lácticas (BAL) y enterobacterias fueron de 6.43, 4.41, 4.93 Log ufc/g respectivamente (Figura 1). Estos valores en general fueron similares en la masa final (MCH) y embutida (CHE), mientras que el incremento significativo en los recuentos se observó en el producto final (CHP), con valores de 8.84 y 8.75 Log ufc/g en las AT y BAL

respectivamente. Esto fue acompañado de un descenso ( $p < 0.05$ ) en los niveles de enterobacterias hasta valores de 2.73 Log ufc/g. De todo ello se deduce que el periodo más crítico en el crecimiento microbiano tiene lugar en la fase de maduración a 20° C durante 72 h cuando se produjo la fermentación del producto. Estos resultados también están en consonancia con el descenso observado en los valores de pH. Ruiz-Capillas *et al.*, (2012a) también observaron incrementos significativos en los recuentos microbianos a los 2 días de procesado del chorizo rojo. Los recuentos de microorganismos obtenidos en este trabajo fueron sin embargo más elevados que los observados por otros autores en chorizo rojo mexicano (González-Tenorio *et al.*, 2013a).

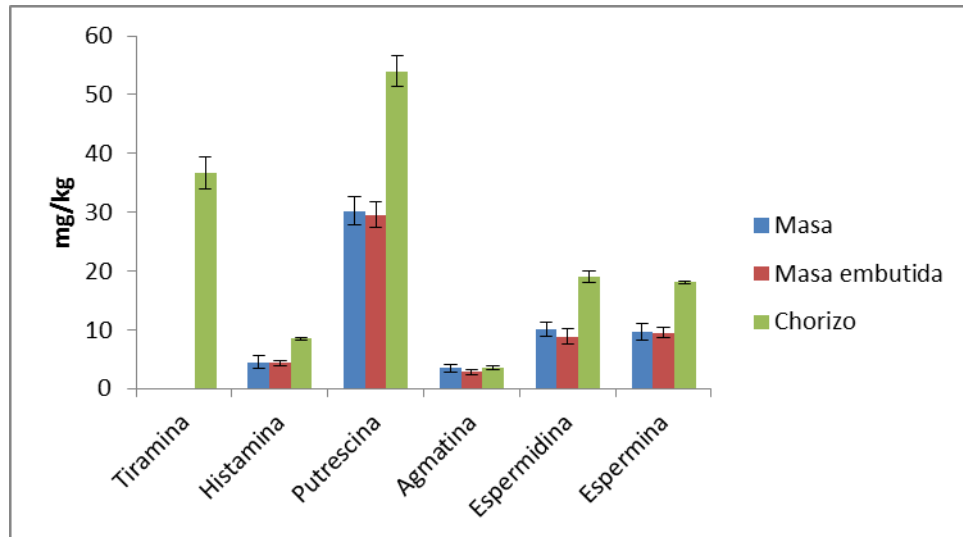


**Figura 1.** Recuentos microbiológicos (Log ufc/g) del chorizo verde durante el procesado

### 3.1.4. Aminas biógenas

La masa de los chorizos verdes (MCH) presentó niveles elevados de putrescina (30.17 mg/kg) seguidos de espermidina, espermina, histamina y agmatina. Las demás aminas se encontraron en concentraciones muy bajas, por debajo del límite de detección del sistema (Figura 2). Los niveles tan elevados de putrescina podrían deberse a los componentes vegetales y otros ingredientes como las almendras o las pasas, que contienen niveles fisiológicos de esta amina. Estos ingredientes también podrían ser los responsables de los niveles elevados de espermidina e histamina. Por otro lado, valores iniciales de putrescina, histamina y espermidina tan elevados no se han detectado en masas de chorizo rojo, donde los componentes principales son cárnicos, los cuales aportan mayores niveles de espermina y ausencia o niveles bajos de histamina (Ruiz-Capillas *et al.*, 2012a, González-Tenorio *et al.*, 2013a). A lo largo del

procesado, no se apreciaron diferencias significativas en los niveles de estas aminas biógenas en la masa embutida (CHE) tras las 24 horas de maduración. Sin embargo, si se apreció un importante aumento en las cantidades de aminas biógenas en el producto final (CHP), donde se observaron concentraciones importantes de tiramina (36.71 mg/kg), además de un incremento en las demás aminas excepto, agmatina cuyos niveles se mantuvieron constantes. Este incremento de aminas biógenas está asociado principalmente al aumento de microorganismos que también se aprecia en este periodo (Figura 1), favorecidos por las condiciones del procesado (72 h 20 ° C). Las LAB son las responsables de la formación de tiramina mientras que las enterobacterias son responsables de la producción de putrescina y cadaverina. Este comportamiento ya ha sido señalado por otros autores (de la Rivas *et al.*, 2008; Ruiz-Capillas *et al.*, 2012a).



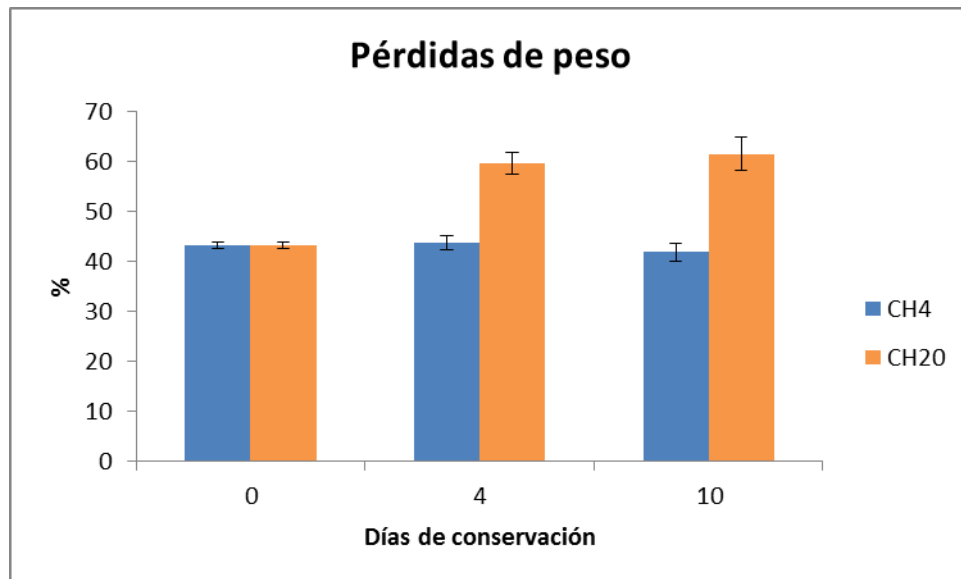
**Figura 2.** Niveles de aminas biógenas (mg/kg) del chorizo verde durante el procesado

### 3.2. Influencia de las condiciones de conservación (4 y 20° C)

#### 3.2.1. Pérdidas de peso, $a_w$ y pH

Las pérdidas de peso estuvieron condicionadas ( $p < 0.05$ ) por la temperatura de conservación. En tal sentido los chorizos almacenados a 20 °C a los 10 días de almacenamiento alcanzaron unas pérdidas de 61.43%, mientras que en el caso de los mantenidos a 4 °C, no experimentaron cambios ( $p > 0.05$ ) durante todo el periodo de conservación (Figura 3). Estos resultados están en consonancia con los cambios observados en la  $a_w$  a

lo largo de la conservación (Tabla 2), donde, como era de esperar, se produjo un descenso ( $p < 0.05$ ) principalmente en los lotes almacenados a 20 °C, alcanzando valores de 0.73. Este descenso se relaciona con una mayor pérdida de agua por el secado de los productos a esta temperatura. Por el contrario, a 4 °C la  $a_w$  se mantiene sin apenas cambios ( $p > 0.05$ ) a lo largo del almacenamiento. Similar comportamiento ha sido observado por otros autores en otros tipos de chorizos (Triki *et al.*, 2013a; González-Tenorio *et al.*, 2013a).



**Figura 3.** Pérdidas de peso (%) del chorizo verde durante su conservación a 4 °C (CH4) y 20 °C (CH20)

Los cambios en el pH a lo largo del almacenamiento variaron entre 4.72-4.61 (Tabla 2), siendo sólo significativos en los chorizos se almacenados a 20 °C (CHP20), que alcanzaron valores de 4.61 a los 10 días. Estos resultados son similares a los descritos por otros autores en el caso del chorizo rojo donde apenas se apreciaron variaciones de pH a lo largo del almacenamiento en refrigeración (Triki *et al.*, 2013a).

### 3.2.2. Determinación de color

El color es una de las medidas que definen la apariencia de un producto y actúa como un factor de selección del producto por parte del consumidor (Triki *et al.*, 2013b). Los valores de color encontrados en estos

chorizos se señalan en la tabla 3. Los parámetros de color  $L^*$  y  $b^*$  aumentaron ( $p < 0.05$ ) a los 4 días de conservación y disminuyeron ( $p < 0.05$ ) al final del experimento en ambos lotes (CHP4, CHP20), independientemente de la temperatura de almacenamiento (Tabla 3). Por otra parte, el parámetro  $a^*$  disminuyó ( $p < 0.05$ ) en los lotes almacenados a 20 °C. Esta tendencia coincidió con los estudios realizados en chorizo tradicional español y chorizo de Pamplona (Triki *et al.*, 2013b; Gimeno *et al.*, 2000). Sin embargo, los valores de  $L^*$  (entre 32.94 y 38.19) fueron mucho más bajos que los encontrados por Valenzuela *et al.* (2009) que observaron valores de  $L^*$  en chorizo verde entre 56.11 y 56.89. Estas variaciones podrían deberse al empleo de distintos ingredientes que influyen significativamente en el color. Por ejemplo, Triki *et al.* (2013b)

observaron variaciones en los parámetros de color debidos al porcentaje de grasa en las muestras.

**Tabla 3.** Parámetros de color (luminosidad, L\*; tendencia a rojo, a\*; tendencia al amarillo, b\*) del chorizo verde durante su conservación a 4°C (CH4) y 20°C (CH20)

Parámetro	Días de conservación			
	Muestras	0	4	10
L*	CH4	34.34 ± 3.24 <sup>a1</sup>	38.19 ± 4.32 <sup>b2</sup>	35.59 ± 2.11 <sup>a1</sup>
	CH20	34.34 ± 3.24 <sup>b1</sup>	36.66 ± 2.06 <sup>c1</sup>	32.94 ± 2.75 <sup>a1</sup>
a*	CH4	-4.30 ± 0.40 <sup>b1</sup>	-4.19 ± 0.50 <sup>b2</sup>	-3.33 ± 0.47 <sup>a1</sup>
	CH20	-4.30 ± 0.40 <sup>a1</sup>	-1.57 ± 0.50 <sup>b1</sup>	0.23 ± 0.46 <sup>c2</sup>
b*	CH4	19.57 ± 1.75 <sup>a1</sup>	21.57 ± 1.54 <sup>b1</sup>	19.61 ± 1.48 <sup>a1</sup>
	CH20	19.57 ± 1.75 <sup>a1</sup>	21.87 ± 1.72 <sup>b1</sup>	19.04 ± 1.38 <sup>a1</sup>

Media ± Desviación estándar. Las letras diferentes en la misma fila y números diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05).

### 3.2.3. Análisis de perfil de textura (TPA)

Las características texturales de los alimentos, también son aspectos importantes en la aceptación del consumidor y cualquier cambio en la composición puede afectar la textura del producto final (Triki *et al.*, 2013a). En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de perfil de textura de los chorizos analizados. La dureza y la masticabilidad de las muestras se vieron afectadas significativamente por la temperatura y el tiempo de conservación. Los chorizos conservados a 20 °C presentaron un aumento (p<0.05) de dureza y

masticabilidad durante la conservación, mientras que las muestras conservadas a 4 °C no mostraron diferencias significativas en estos parámetros de textura (Tabla 4).

Los valores de cohesividad y elasticidad no se vieron afectados por la temperatura y tiempo conservación. Estas variaciones pueden relacionarse con las pérdidas de peso (Figura 3) que fueron mayores en aquellas muestras conservadas a 20 °C. En otros productos crudos curados se ha observado también un aumento de la dureza durante la conservación, asociada a las pérdidas de peso (Triki *et al.*, 2013a).

**Tabla 4.** Parámetros del análisis del perfil de textura (TPA) de los chorizos verdes durante su conservación a 4 °C (CH4) y 20 °C (CH20)

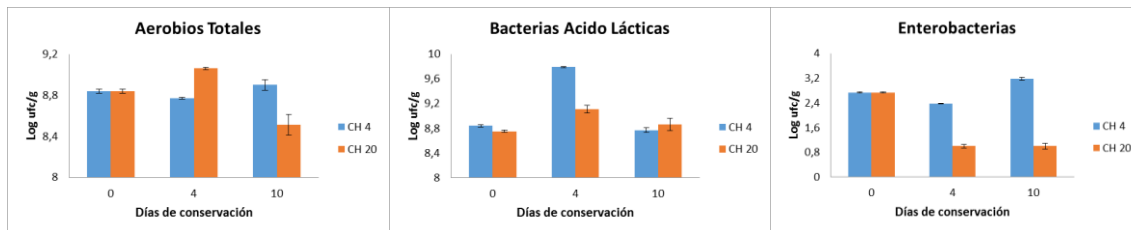
Parámetros	Muestras	Días de conservación		
		0	4	10
Dureza (N)	CH 4	1.51 ± 0.19 <sup>a1</sup>	2.76 ± 0.20 <sup>b1</sup>	2.56 ± 0.49 <sup>b1</sup>
	CH 20	1.51 ± 0.19 <sup>a1</sup>	4.02 ± 1.00 <sup>b2</sup>	9.37 ± 1.76 <sup>c2</sup>
Cohesividad	CH 4	0.58 ± 0.03 <sup>a1</sup>	0.64 ± 0.01 <sup>b1</sup>	0.63 ± 0.02 <sup>b1</sup>
	CH 20	0.58 ± 0.03 <sup>a1</sup>	0.61 ± 0.03 <sup>b1</sup>	0.62 ± 0.01 <sup>b1</sup>
Elasticidad (mm)	CH 4	1.01 ± 0.09 <sup>a1</sup>	1.09 ± 0.20 <sup>a1</sup>	1.10 ± 0.11 <sup>a1</sup>
	CH 20	1.01 ± 0.09 <sup>a1</sup>	0.94 ± 0.06 <sup>a1</sup>	1.09 ± 0.09 <sup>a1</sup>
Masticabilidad (N*mm)	CH 4	0.88 ± 0.17 <sup>a1</sup>	1.93 ± 0.45 <sup>b1</sup>	1.76 ± 0.26 <sup>b1</sup>
	CH 20	0.88 ± 0.17 <sup>a1</sup>	2.34 ± 0.65 <sup>b1</sup>	6.38 ± 1.74 <sup>c2</sup>

Media ± Desviación estándar. Las letras diferentes en la misma fila y números diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

### **Análisis microbiológico**

A lo largo de la conservación apenas se apreciaron cambios en los recuentos microbiológicos (Figura 4) a excepción de las enterobacterias, que en las muestras almacenadas a 20 °C a los 4 y 10 días de almacenamiento, los niveles fueron  $< 1$  Log ufc/g. Estos recuentos se pueden considerar normales ya que las enterobacterias generalmente disminuyen continuamente durante el proceso de secado debido a su alta sensibilidad a la acidez, temperatura y baja  $a_w$  (Castaño *et al.*, 2002). Por otro lado, el

contenido de vegetales y especias que compone el chorizo verde podría influir en los recuentos microbiológicos por su posible actividad antimicrobiana (Tajkarimi *et al.*, 2010) y por contener naturalmente altos niveles de nitrato (Jaworska, 2005a, b; Weiss *et al.*, 2010, Ruiz-Capillas *et al.*, 2014). En tales circunstancias durante la fase inicial de la fermentación, el nitrato puede ser convertido a nitrito por bacterias reductoras y actuar como bactericida, bacteriostático y antioxidante (Hyun-Dong and Joo-Yeon, 2014), creando un ambiente selectivo para los microorganismos.



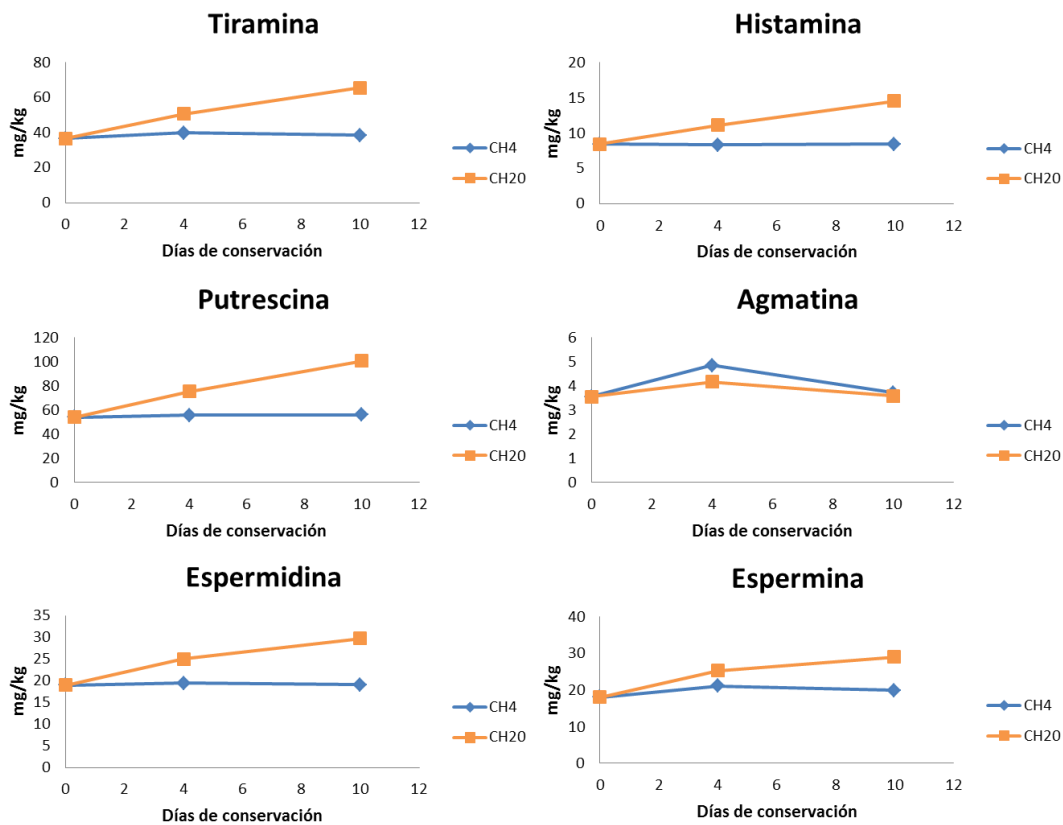
**Figura 4.** Recuento microbiológico (Log cfu/g) del chorizo verde y los cambios durante su conservación a 4 °C (CH4) y 20 °C (CH20)

### 3.2.4. Aminas biógenas

Durante el almacenamiento de los chorizos verdes se apreció un efecto significativo en los niveles de aminas biógenas tanto por acción de la temperatura como por el tiempo de almacenamiento (Figura 5). Como era de esperar en las muestras almacenadas a 20 °C se produjo un incremento de los niveles de aminas biógenas significativo ( $p < 0.05$ ) que en el lote almacenado a 4 °C donde los niveles de aminas se mantuvieron prácticamente constantes (sin cambios significativos) tanto a los 4 como a los 10 días de almacenamiento. Sin embargo, las muestras almacenadas a 20 °C a los 10 días de almacenamiento, en general duplicaron los niveles iniciales de todas las aminas biógenas estudiadas, excepto el de agmatina que se mantuvo constante, de manera análoga a lo observado durante el procesado (Figura 5). Agmatina es una amina fisiológica cuyos niveles están asociados a su presencia natural en las materias primas, siendo en este caso los niveles más bajos que los

apreciados en otros chorizos rojos españoles (Ruiz-capillas *et al.*, 2012a) e incluso que en los rojos mexicanos muy similares a los españoles (González-Tenorio *et al.*, 2013a). Este hecho es posiblemente debido a la mayor cantidad de ingredientes cárnicos (tocino y magro) utilizados en estos chorizos en comparación con los empleados en los chorizos verdes. En las muestras de chorizo verde almacenadas a 20 °C (CHP20), se ha detectado además fenietilamina (datos no mostrados), cadaverina (datos no mostrados) y triptamina a partir de los 4 días de almacenamiento (Figura 5). Por el contrario, en los lotes conservados a 4 °C no fueron detectadas aminas excepto triptamina que apareció a los 10 días (Figura 5). Los niveles de aminas biógenas en las muestras mantenidas a 20 °C fueron similares a las de chorizos rojos de otros autores tras 17 días de procesado a 13 °C (70-80% de humedad) (Ruiz-Capillas *et al.*, 2012a) e incluso tras la conservación en refrigeración 61 días (Triki *et al.*, 2013a).





**Figura 5.** Niveles de aminas biógenas (mg/kg) en chorizo verde durante su conservación a 4 °C (CH4) y 20 °C (CH20)

Temperaturas elevadas de conservación (20 °C) favorecen el crecimiento microbiano y la producción de aminas biógenas (CHP20). Sin embargo, se apreció una clara relación entre la concentración de aminas biógenas (Figura 5) y la población de microorganismos que inicialmente ya presentaban valores muy elevados (Figura 4). De hecho para una misma población de microorganismos, la producción de aminas biógenas es muy superior en los productos almacenados a 20° C. Este hecho puede ser debido a que el crecimiento

microbiano es el mismo cuantitativamente, pero no lo es cualitativamente, ya que posiblemente se haya producido una importante selección bacteriana cuya especificidad puede ser debida tanto a la composición del producto (gran cantidad de vegetales y otros ingredientes no cárnicos) como a la temperatura de almacenamiento 20 °C. Este comportamiento también ha sido señalado por otros autores durante la conservación de chorizo rojo (Triki, *et al.*, 2013a; Ruiz-Capillas *et al.*, 2012a).

En ningún caso los niveles de histamina superaron los 15 mg/kg, estando por debajo de los límites legales fijados para esta amina de 50 mg/kg en USA y de 100 mg/kg en EU. Los valores tanto de contenido de aminas como de recuento microbiano se encuentran dentro de los observados en otros chorizos rojos.

Esto hace prever que tales productos no suponen riesgo alguno para los consumidores. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos, cabe recomendar que la conservación de este tipo de productos debe realizarse a 4 °C y no a temperatura ambiente. Tales condiciones ofrecen mayores niveles de seguridad, sin menoscabo de las características tecnológicas ni sensoriales de los productos.

#### 4. Conclusiones

Los cambios físico-químicos y microbiológicos observados en el chorizo verde se vieron influidos tanto por el procesado como por la temperatura y periodo de conservación. El principal incremento microbiano se apreció en los chorizos durante la etapa final del procesado (72 h 20 °C), relacionado también con la aparición de concentraciones elevadas de aminas biógenas. Los niveles de estas aminas estaban condicionados además por los ingredientes empleados en la formulación. El almacenamiento a temperaturas de 20 °C originó cambios importantes en la mayoría de los parámetros estudiados, influyendo

principalmente en la producción de aminas biógenas. Así pues una medida de control de la formación de estos compuestos podría ser la conservación en condiciones de refrigeración a 4 °C, ya que de este modo se podría garantizar mayor seguridad para los consumidores.

#### Agradecimientos

Esta investigación fue realizada en el marco del proyecto AGL 2011-29644-C02-01 del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I) Ministerio de Ciencia y Tecnología y del Proyecto Intramural 2014470E073. Además está apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y por la Universidad Autónoma de Coahuila que subvencionaron la estancia de Doña Diana Ramirez en el ICTAN-CSIC.

#### Bibliografía

Ansorena, D., Montel, M. C., Rokka, M., Talon, R., Eerola, S., Rizzo, A., Raemaekers, M., & Demeyer, D. (2002). Analysis of biogenic amines in northern and southern European sausages and role of flora in amine production. *Meat Science*, 61, 141–147. doi:10.1016/S0309-1740(01)00174-7

AOAC. (2005). *Official methods of analysis* (18<sup>th</sup> ed.). Association of

Official Analytical Chemistry. Maryland, USA.

Baltazar, B. (1998). Diversidad genética del cultivo del chile (*Capsicum* spp) determinada por isoenzimas y RFLP's tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestres en su área de distribución. Colegio de Postgraduados. *Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Informe final SNIB-CONABIO*. Proyecto No. G026. México D.F.

Bover-Cid, S., Izquierdo-Pulido, M., & Vidal-Carou, C.M. (2000). Mixed starter cultures to control biogenic amine production in dry fermented sausages. *Journal of Food Protection*, 63, 1556–1562. WOS:000165133500016

Bourne, M.C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66. WOS:A1978FF97000005

Bligh, E.G., & Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917. WOS:A1959WM52500001

Castaño, A., García, M.C., Fresno, J.M., Tornadizo, M.E., & Carballo, J. (2002). Survival of *Enterobacteriaceae* during processing of Chorizo de cebolla, a Spanish fermented sausage. *Food Control*, 13, 107-115. doi:10.1016/S0956-7135(01)00089-5

Conabio. (2014). Las raíces de la cocina Mexicana. Diana Kennedy:

impulsora de nuestra cocina tradicional. Comunicado de prensa Conabio. Núm. 157. México, D.F.

Curiel, J. A., Ruiz-Capillas, C., de la Rivas, B., Carrascosa, A.V., Jiménez-Colmenero, F. & Muñoz, R. (2011). Production of biogenic amines by lactic acid bacteria and enterobacteria isolated from fresh pork sausages packaging in different atmospheres and kept in refrigeration. *Meat Science*, 88, 368-373. doi:10.1016/j.meatsci.2011.01.011

de las Rivas, B., Ruiz-Capillas, C., Carrascosa, A.V., Curiel, J.A., Jiménez-Colmenero, F. & Muñoz, R. (2008). Biogenic amine production by Gram-positive bacteria isolated from Spanish dry-cured "chorizo" sausage treated with high pressure and kept in chilled storage. *Meat Science*, 80, 272-277. doi:10.1016/j.meatsci.2007.12.001

Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, B., Kowalska, T., Paelinck, H. & Vander, H.Y. (2011). Influence of putrescine, cadaverine, spermidine or spermine on the formation of N-nitrosamine in heated cured pork meat. *Food Chemistry*, 126, 1539-1545. doi:10.1016/j.foodchem.2010.11.149

Gimeno, O., Ansorena, D., Astiasarán, I., & Bello, J. (2000). Characterization of chorizo de Pamplona: instrumental measurements of colour and texture. *Food Chemistry*, 69, 195-200. doi:10.1016/S0308-8146(99)00239-3

González-Fernández, C., Santos, E.M., Jaime, I. & Rovira, J. (2003). Influence of starter cultures and sugar concentrations on biogenic amine contents in chorizo dry sausage. *Food Microbiology*, 20, 275-284. doi:10.1016/S0740-0020(02)00157-0

González-Tenorio, R., Fonseca, B., Caro, I., Fernández-Diez, A., Kuri, V., Soto, S. & Mateo, J. (2013a). Changes in biogenic amine levels during storage of Mexican-style soft and Spanish-style dry-ripened sausages with different aw values under modified atmosphere. *Meat Science*, 94, 369-375. doi:10.1016/j.meatsci.2013.03.017

González-Tenorio, R., Totosaus, A., Caro, I., & Mateo, J. (2013b). Caracterización de propiedades químicas y fisicoquímicas de chorizos comercializados en la zona centro de México. *Información Tecnológica*, 24, 3-14. doi: 10.4067/S0718-07642013000200002

Herrero, A.M., Ordoñez, J.A., Romero de Avila, M.D., Herranz, B., de la Hoz, L., & Cambero, M.I. (2007). Breaking strength of dry fermented sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. *Meat Science*, 77, 331-338. doi:10.1016/j.meatsci.2007.03.022

Hyun-Doun, P., & Joo-Yeon, L. (2014). Investigation of reduction and tolerance capability of lactic acid bacteria isolated from kimchi against nitrate and nitrite in fermented sausage

condition. *Meat Science*, 97, 609-614. doi:10.1016/j.meatsci.2014.03.013

Jaworska, G. (2005a). Nitrates, nitrites, and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach. Effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. *Food Chemistry*, 93, 395-401. doi:10.1016/j.foodchem.2004.09.035.

Jaworska, G. (2005b). Content of nitrates, nitrites, and oxalates in New Zealand spinach. *Food Chemistry*, 89, 235-242. doi:10.1016/j.foodchem.2004.02.030

Jiménez-Colmenero, F., Triki, M., Herrero, A.M., Rodríguez-Salas, L., & Ruiz-Capillas, C. (2013). Healthy oil combination stabilized in a konjac matrix as pork fat replacement in low-fat, PUFA-enriched, dry fermented sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 51, 158-163. doi:10.1016/j.lwt.2012.10.016

Lehane, L., & Olley, J. (2000). Histamine fish poisoning revisited. *International Journal of Food Microbiology*, 58, 1-37. doi:10.1016/S0168-1605(00)00296-8

Miaoyun, L., Tian, L., Zhao, G., Zhang, Q., Gao, X., Huang, X., & Sun, L. (2014). Formation of biogenic amines and growth of spoilage-related microorganisms in pork stored under different packaging conditions applying

PCA. *Meat Science*, 96, 843-848.  
doi:10.1016/j.meatsci.2013.09.023

Phraseicum. (2003). *Boletín informativo*. Instituto Culinario de México.

Quintero-Salazar, B., Santillán, A., Dublán, O., Viesca, C., & Castellón-Jardón, J. (2011). Tipificación parcial de embutidos artesanales de la Ciudad de Toluca: Chorizo verde. *Nacameh*, 5, 10-26.

Ramani, D., De Bandt, J., & Cynober, L. (2014). Aliphatic polyamines in physiology and diseases. *Clinical Nutrition*, 33, 14-22.  
doi:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2013.09.019>

Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2004). Biogenic amines in meat and meat products. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, 44, 489-599.  
doi:10.1080/10408690490489341

Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F., Carrascosa, A.V., & Muñoz, R. (2007). Biogenic amines production in Spanish dry-cured "chorizo" sausage treated with high pressure and kept in chilled storage. *Meat Science*, 77, 3655-3371.  
doi:10.1016/j.meatsci.2007.03.027

Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Biogenic amines in seafood products. In: Nollet, L. M. L. and F. Toldra (Ed). *Handbook of Seafood and Seafood Products*

Analysis. CRC Press, Member of Francis & Taylor Group, Boca Raton, USA. pp 833-850.

Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Herrero, A.M., & Jiménez-Colmenero, F. (2012a). Biogenic amines in low-and reduced-fat dry fermented sausages formulated with konjac gel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 9242-9248. doi: 10.1021/jf302540c

Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Herrero, A.M., Rodríguez-Salas, L., & Jiménez-Colmenero, F. (2012b). Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: Processing and quality characteristics. *Meat Science*, 92, 144-150.  
doi:10.1080/10408690490489341

Ruiz-Capillas, C., Tahmouzi, S., Triki, M., Rodríguez-Salas, L., Jiménez-Colmenero, F., & Herrero, A.M. (2014). Nitrite-free Asian hot dog sausages reformulated with nitrite replacers. *Journal of Food Science and Technology*, DOI 10.1007/s13197-014-14601

Ščetar, M., Kovačić, E., Kurek, M., & Galić, K. (2013). Shelf life of packaged sliced dry fermented sausage under different temperature. *Meat Science*, 93, 802-209.  
doi:10.1016/j.meatsci.2012.11.051

Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food: a review. *Food Control*, 21, 1199-1218.  
doi:10.1016/j.foodcont.2010.02.003

Triki, M., Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A. M., & Ruiz-Capillas, C. (2012). Optimization of a chromatographic procedure for determining biogenic amine concentrations in meat and meat products employing a cation-exchange column with a post-column system. *Food Chemistry*, 130, 1066-1073. doi:10.1016/j.foodchem.2011.07.134

Triki, M., Herrero, A. M., Rodríguez-Salas, L., Jiménez-Colmenero, F., & Ruiz-Capillas, C. (2013a). Chilled storage characteristics of low-fat, n-3 PUFA-enriched dry fermented sausage reformulated with a healthy oil combination stabilized in a konjac matrix. *Food Control*, 31, 158-165. doi:10.1016/j.foodcont.2012.10.008

Triki, M., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., & Ruiz-Capillas, C. (2013b). Effect of preformed konjac gels, with and without olive oil, on the technological attributes and storage stability of merguez sausage. *Meat Science*, 93, 351-360. doi:10.1016/j.meatsci.2012.10.004

Valenzuela, A., Dublán-García, O., & Quintero-Salazar, B. (2009). Caracterización del chorizo verde que se produce en la Ciudad de Toluca: Estudio preliminar. *Memorias del Coloquio Nacional en Ciencia y Tecnología de la Carne*. CNCYT09-33.pp 93-97. URL: <http://memorias-coloquio-carnes-2009.yolasite.com/>

Waizel-Bucay, J., & Camacho, M. R. (2011). El género *Capsicum* spp. ("Chile"). Una versión panorámica. *Aleph zero. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica. Universidad de las Américas Puebla*, 60, 67-79.

Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., & Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products: a review. *Meat Science*, 86, 196-213. doi:10.1016/j.meatsci.2010.05.008