

Inclusión de boniato en la dieta de finalización de cerdos de cebo. Efecto en la calidad de la carne

I. González-Torres, P. González, N. Cobas, J.C. Barrio, L. Vázquez, R. Bermúdez, M. Pateiro y J.M. Lorenzo*

Fundación Centro Tecnológico da Carne, Av. de Galicia nº 4, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrao das Viñas, Ourense, España

Resumen

La alta fluctuación de los precios de las materias primas utilizadas en la alimentación animal ha originado un mayor interés por la formulación de dietas alternativas al cereal. De hecho, el empleo de tubérculos como el boniato (*Ipomoea batatas* L.) se presenta como una excelente fuente de carbohidratos. En este estudio se evalúa el efecto que la inclusión de boniato (30 %) en la dieta de cerdos en fase de cebo tiene sobre la calidad de la carne. En las muestras se evaluaron parámetros fisicoquímicos como el pH, el color, la composición química, la capacidad de retención de agua y la textura, y la calidad nutricional a través del perfil de ácidos grasos. No se observaron diferencias significativas en los parámetros estudiados excepto para el contenido en proteína ($P < 0,01$), que fue superior en la carne procedente de animales alimentados con boniato. Los resultados confirman el uso de este tubérculo como una alternativa económica a los cereales en la fase de cebo.

Palabras clave: *Ipomoea batatas* L., suplemento, composición química, parámetros de textura.

Study of the inclusion of sweet potato in the diet of fattening pigs. Effect on the physicochemical quality of the meat

Abstract

The high fluctuation of the prices of raw materials used in animal feed has led to a greater interest in the formulation of alternative diets to the cereal. In fact, the use of tubers such as sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is presented as an excellent source of carbohydrates. This study evaluates the effect that the inclusion of sweet potato in the finishing diet of pigs has on the quality of the meat. In the samples, physicochemical parameters such as pH, color, composition, water retention capacity and texture, and nutritional quality through the fatty acid profile were evaluated. No significant differences were observed in the parameters studied except for the protein content ($P < 0.01$), which was higher in meat from animals fed with sweet potato. The results confirm the use of this tuber as an economic alternative to cereals in the fattening stage.

Keywords: *Ipomoea batatas* L., supplement, chemical composition, texture parameters.

* Autor para correspondencia: jmlorenzo@ceteca.net

Introducción

La calidad de la carne siempre ha sido importante para el consumidor, y hoy en día es un tema especialmente importante para la industria cárnica, ya que los consumidores demandan carne de alta calidad que sea sabrosa, segura y saludable para garantizar el consumo continuo de productos cárnicos. Esto hace necesario comprender los factores que influyen sobre ella para poder controlarlos. Es sabido que factores como la dieta, la raza, el sexo, el sistema de cría y la edad de sacrificio tienen una influencia significativa sobre la calidad de la carne (O'Grady et al., 2008; Franco y Lorenzo, 2013; Franco et al., 2014; De Jesús et al., 2016), siendo la alimentación el principal factor de variación (De Jesús et al., 2017).

Los sistemas convencionales de producción de carne de cerdo se basan comúnmente en mezclas concentradas comerciales a granel, donde los ingredientes dietéticos están limitados. Factores principalmente económicos como los altos costes de producción derivados de la alimentación (García-Contreras et al., 2012; Noblet y Van Milgen 2013), la inestabilidad de precios de la materia prima, y la baja rentabilidad del actual mercado de la carne de cerdo, han hecho que los agricultores se vean obligados a buscar otras fuentes de alimentación que les permitan reducir este coste, al mismo tiempo que la dieta permita mantener un rendimiento productivo óptimo, cubriendo las necesidades nutricionales del animal sin perjudicar la calidad de la carne. Esto está haciendo que se incluyan vegetales que podrían tener efectos beneficiosos tanto en la salud de los animales como en la calidad de la carne (Turyk et al., 2014; Pateiro et al., 2017). En este contexto, buenos resultados han sido obtenidos cuando se han evaluado subproductos agroindustriales como el orujo de aceituna, la pulpa de cítricos o el orujo de uva (Joven et al., 2014; García-

Casco et al., 2017). De esta manera, el uso de restos de cosechas y tubérculos, como fuentes para la alimentación animal, podría ser una alternativa económica y medioambientalmente adecuada para lograr una producción de carne de cerdo más sostenible. Los carbohidratos incluidos en la alimentación son el principal reservorio de energía del cerdo, por lo que los tubérculos constituyen una fuente adecuada de estos nutrientes y una alternativa a los granos de cereales (Naskar et al., 2008; Pietrosemoli et al., 2016).

El boniato (*Ipomoea batatas* L.), también conocido como batata, es una planta de la familia Convolvulaceae, cultivada en gran parte del mundo por su raíz tuberosa comestible. A pesar de que la producción europea es menos representativa que la de Asia y África, está teniendo un crecimiento incipiente en los últimos años. España, junto con Portugal e Italia, está posicionándose como su principal productor (FAOSTAT, 2016). Al contrario que la patata el boniato no es un tubérculo, es una raíz de reserva. Es un cultivo muy versátil utilizado para consumo humano, alimentación animal y como materia prima para la industria, ya que es una fuente rica de carbohidratos, almidón (68,2-77,7 % nivel de almidón) y azúcar (4,0-9,9 %). Además, contiene otros nutrientes de gran valor como β -caroteno, ácido ascórbico, niacina, riboflavina y tiamina (Nedunchezhiyan et al., 2007; Pietrosemoli et al., 2016;). Esto lo hace una excelente fuente de almidón y por lo tanto de energía (16,5-18,9 MJ/kg de materia seca).

Según el Reglamento (UE) N° 68/2013 se puede considerar una materia prima para piensos, encontrándose así su catálogo de materias primas (DOUE, 2013). Asimismo, cumple con el Real Decreto 465/2003 y sus modificaciones posteriores, sobre las sustancias indeseables en alimentación animal (BOE, 2003). La única desventaja que presenta es que no se puede utilizar en la fabricación de pienso, pero si en la alimentación directa, siendo una buena

solución en todas las especies, a pesar de sus bajos niveles de proteína (Naskar et al., 2008). Además, las técnicas de procesamiento como un tratamiento térmico adecuado permiten la eficiencia digestiva de los nutrientes presentes en los ingredientes del alimento (Fan, 2013). De este modo, su uso hervido permite aumentar la digestibilidad, debido a la gelatinización del almidón durante la ebullición y a la reducción de los niveles de compuestos inhibidores de la tripsina (Domínguez et al., 2011a).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto que el suplemento de boniato en la dieta de cerdos de cebo tiene sobre la calidad de la carne, tanto fisicoquímica (pH, composición química, parámetros de color, capacidad de retención de agua en la cocción y textura) como nutricional (perfil de ácidos grasos).

Material y métodos

Manejo animal y toma de muestras

Para la realización de este trabajo se utilizaron 20 cerdos blancos de genética Hypor que se dividieron aleatoriamente en dos lotes de diez animales: control y boniato. Las dos raciones que se compararon se basaron en un concentrado comercial, formulado en base a trigo, maíz y soja, y por los correspondientes correctores vitamínico-minerales, que se empleó durante el cebo de los cerdos. La ración del lote control se componía únicamente del pienso comercial que se administró durante toda la fase de cebo. En el caso de la ración de boniato, se reemplazó el 30 % del concentrado por boniato fresco, administrándola durante 84 días previos al sacrificio, alcanzando unos 125 kg de alimento por animal, en los que se incorporaba un 70 % de pienso comercial y un 30 % de boniato en su composición (Tabla 1).

Los animales se alojaron en cubículos que poseían paredes de un metro y suelo emparrillado dentro de una nave con ventilación natural. El programa sanitario y de manejo de los cerdos fue el habitual para la explotación e idéntico para ambos lotes. Antes del inicio de los ensayos todos los cerdos se alimentaron con una ración comercial concentrada de acuerdo con sus requerimientos nutricionales según la etapa y fueron las mismas para los cerdos de ambos lotes. En el lote control, el alimento se distribuyó una vez al día durante todo el cebo registrando el rechazo de alimento del día anterior. En el lote de boniato, los cerdos dispusieron de concentrado *ad libitum*, aunque se controló semanalmente su consumo. En ambos lotes los cerdos tenían acceso al agua de forma permanente.

Al final de la fase de cebo, los cerdos fueron transportados a un matadero comercial y sacrificados cumpliendo toda la normativa aplicable a esta especie. Una vez sacrificados los animales, a las 24 horas *post mortem*, se extrajo el músculo *Longissimus dorsi* de cada media canal izquierda entre la 5ª y 9ª costillas. Estas muestras se envasaron individualmente al vacío y se transportaron refrigeradas al laboratorio. El lomo se cortó en cuatro filetes de 2,5 cm de grosor. Los dos primeros filetes se utilizaron para medir el pH, el color y la composición química. Con el tercero y cuarto se determinó la capacidad de retención de agua y los parámetros de textura, respectivamente. De cada filete se eliminó la grasa externa y se homogeneizó, para la realización de las analíticas correspondientes.

Determinación de la calidad fisicoquímica

Se estudiaron los parámetros fisicoquímicos y de composición siguiendo la metodología propuesta por Franco et al. (2014). La medida del pH se realizó a las 24 horas del sacrificio empleando un pH-metro portátil (Hanna Instruments, Eibar, España), equipado con elec-

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales.
 Table 1. Composition of the experimental diets.

	Control	Boniato*
Ingredientes (%)		
Trigo	41,19	–
Maíz	28,78	–
Cebada	2,18	–
Harina soja	11,90	–
Harina colza	5,70	–
Grasa animal	0,50	–
DDGS Maíz	6,0	–
Carbonato cálcico	1,25	–
Fosfato monocálcico	0,52	–
Cloruro de sodio	0,53	–
Otros	1,45	–
Composición química (g/100 g)		
Proteína bruta	17,50	1,70
Aceites y grasas brutas	5,60	0,60
Ceniza bruta	5,20	3,16
Fibra bruta	3,50	3,14
Minerales		
Ca (g/100 g)	0,70	0,02
Na (g/100 g)	0,25	0,02
P (g/100 g)	0,51	0,05
Fe (mg/kg)	90,0	0,66
Cu (mg/kg)	156,0	0,15
Se (mg/kg)	0,30	0,001
Zn (mg/kg)	110,0	0,39
Mn (mg/kg)	50,0	0,26
I (mg/kg)	0,80	0,002
Vitaminas (UI/kg)		
Vitamina A	11500	2183
Vitamina D ₃	1750	–
Vitamina E	40	4,84
Amino ácidos (g/100 g)		
Lisina	1,17	0,06
Metionina	0,40	0,03

* La ración de boniato está compuesta por un 70% de la dieta control y un 30% de boniato.

trodo de penetración de 6 mm de diámetro y una sonda de temperatura. Para los parámetros de color se empleó un colorímetro portátil Minolta CM-600d (Osaka, Japón). Los resultados se expresaron empleando las coordenadas tricromáticas de luminosidad (L^*), índice de rojo (a^*) e índice de amarillo (b^*). Los contenidos en humedad, proteína y cenizas se determinaron siguiendo las Normas ISO R-1442 (1997), ISO R-937 (1978) e ISO R-936 (1998), respectivamente. La determinación del contenido de grasa intramuscular se realizó siguiendo el procedimiento Am 5-04 (AOCS, 2005). Las muestras se sometieron a una extracción líquido-sólido usando éter de petróleo a 90 °C durante 60 min (AnkomHCl Hydrolysis System, Macedonia NY, EE. UU.).

La capacidad de retención de agua expresada como pérdidas por cocción se estimó por diferencia, pesando la muestra antes y después de la cocción, expresando los resultados como porcentaje. Las muestras, previamente introducidas en bolsas de vacío, se cocinaron en un baño de agua (JP Selecta, Precisdg, Barcelona, España) con control automático de temperatura por termopares tipo K (Comark, PK23M, Reino Unido) conectados a un registrador de datos (Comark Dilligence EVG, N3014, Reino Unido) hasta que alcanzaron una temperatura interna de 70 °C. Después de la cocción, las muestras se dejaron enfriar durante un período de 30 min y se registró el porcentaje de pérdida de cocción. Los parámetros de textura en la muestra cocida se evaluaron mediante Warner-Bratzler, determinándose la pendiente (N/s), el trabajo (N·mm) y la fuerza (N/cm²).

Análisis del perfil de ácidos grasos

Para el análisis de los ácidos grasos es necesario realizar una extracción previa de la grasa. Por tanto, esta fue extraída usando una combinación de cloroformo y metanol, siguiendo el procedimiento descrito por Barros et al.

(2020). Una vez obtenida la grasa, 20 mg fueron utilizados para la obtención de los ésteres metílicos y su cuantificación mediante cromatografía gaseosa siguiendo el procedimiento de Barros et al. (2020). El proceso de transesterificación se realizó mediante la adición de 2 mL de metóxido sódico (0,5 N) a la muestra de grasa. Transcurridos 15 min la metilación se completó con 4 mL de una disolución de ácido sulfúrico-metanol (10 % H₂SO₄ en metanol), tras la cual se añadieron 2 mL de una disolución saturada de bicarbonato sódico. Los ésteres metílicos fueron extraídos con 1 mL de hexano el cual fue transferido a un vial para su posterior análisis.

La separación, identificación y cuantificación de los ácidos grasos se realizó en un cromatógrafo de gases (GC-Agilent 7890B, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), equipado con un detector de ionización de llama y un automuestreador PAL RTC-120 auto sampler (CTC Analytics AG, Zwingen, Switzerland). Para la separación se usó una columna capilar DB-23 (60 m, 0,25 mm i.d., 0,25 μm; Agilent Technologies). Las condiciones cromatográficas fueron las descritas por Barros et al. (2020). Los ácidos grasos analizados fueron los incluidos en los patrones FAME MIX 37 (Supelco), los ácidos cis 11-vacénico (C18:1n-7), *trans* 11-vacénico (11t-C18:1) y docosapentaenoico (C22:5n-3) (Supelco) y ácido linoleico conjugado (CLA; 9c,11t-C18:2; Matreya). Los resultados se expresaron como g/100 g de ácidos grasos totales identificados. Los ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados (AGPI), los contenidos de n-6 y n-3, y el ratio nutricional n-6/n-3 fueron calculados.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para todas las variables analizadas en el estudio, utilizando el paquete estadístico IBM SPSS

Statistics 23.0 para Windows (SPSS, Chicago, IL, USA). Previamente, se comprobó la distribución normal y la homogeneidad de la varianza de los datos obtenidos (Shapiro-Wilk). Los parámetros mencionados anteriormente se incluyeron en el modelo como variables dependientes, la dieta se incluyó como efecto fijo, mientras que el peso de las canales se incluyó como covariable. Las diferencias entre las medias de los lotes analizados fueron determinadas utilizando el test de Duncan, con un nivel de significación $P < 0,05$.

Resultados y discusión

Efecto de la inclusión de boniato en la calidad fisicoquímica de los lomos de cerdo

Las canales de los lotes evaluados, control y boniato, no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$), presentando valores prácticamente iguales ($102,84 \pm 3,87$ y $102,94 \pm 7,95$ kg para los lotes control y alimentados con boniato, respectivamente).

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados en la carne de los cerdos alimentados con una dieta control y otra suplementada con boniato se presentan en la Tabla 2. Los valores de pH no mostraron valores significativamente diferentes entre los lotes estudiados, presentando un valor medio de 5,64. En ambos casos, los valores de pH estuvieron por debajo de 6, dentro de los valores que se consideran aceptables para la carne de cerdo. El ligero descenso de los valores de pH en los animales alimentados con boniato podría asociarse a que la ingesta de carbohidratos aumenta las reservas de glucógeno muscular (Henckel et al., 2000).

Con respecto a los parámetros de color, no se encontraron diferencias significativas en los parámetros estudiados. En el caso de L^* , se obtuvieron valores medios prácticamente iguales en ambas muestras. Los valores obtenidos para a^* fueron de 2,65 en las muestras suplementadas frente a valores de 2,17 para las muestras control. Finalmente, el índice de amarillo alcanzó valores de 12,62 y 13,04 para las muestras control y boniato, respectivamente. Esta falta de significación en los parámetros de color relacionados con la inclusión de boniato en la dieta de los animales fue también observada por otros autores (Pietrosemoli et al., 2016; Mino et al., 2013).

Dentro de los parámetros de composición (humedad, grasa, proteína y cenizas), únicamente la proteína mostró diferencias significativas ($P < 0,01$) entre los lotes estudiados. Los contenidos más elevados se observaron en los lomos procedentes de los animales cuya dieta fue suplementada con boniato (23,36 % vs. 22,99 % para los lomos suplementados frente a los lomos control, respectivamente). Resultados similares fueron encontrados en cerdos suplementados con un 30 % de patata (Pateiro et al., 2017). En el caso de la humedad, se obtuvieron valores medios en torno al 73 % y el contenido en grasa intramuscular mostró valores superiores en las muestras suplementadas con boniato respecto a las control (2,87 % vs. 2,55 %).

La capacidad de retención de agua, medida como pérdidas por cocción, tiene una gran importancia ya que afecta la aceptación por parte del consumidor, ya que las pérdidas de agua que se producen durante la cocción pueden afectar a la apariencia, color, terneza y jugosidad (Pateiro et al., 2013). Los valores obtenidos no mostraron diferencias significativas entre las muestras de lomo analizadas, siendo en todos los casos los valores superiores al 25 %. Estos valores fueron similares a los encontrados por otros autores en cerdos alimentados con patata y boniato (Turyk et al., 2014; Pateiro et al., 2017;), e inferiores a los obtenidos en dietas suplementadas con castaña (Temperan et al., 2014; De Jesús et al., 2016).

Los parámetros de textura analizados tampoco mostraron diferencias significativas,

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de la carne de lomo fresco de cerdos alimentados con una dieta control y una dieta suplementada con boniato.

Table 2. Physicochemical parameters of fresh loin meat from pigs fed with a control diet and a diet supplemented with sweet potato.

	Lote		SEM	Sig.
	Control (n=10)	Boniato (n=10)		
pH	5,64	5,63	0,02	0,615
<i>Parámetros de color</i>				
L*	57,08	57,10	0,29	0,972
a*	2,17	2,65	0,15	0,122
b*	12,62	13,04	0,17	0,223
<i>Composición química (g/100g)</i>				
Humedad	73,10	72,89	0,13	0,418
Grasa	2,55	2,87	0,14	0,272
Proteína	22,99	23,36	0,07	0,005
Cenizas	1,25	1,24	0,01	0,414
CRA (%)	25,16	25,86	0,49	0,488
<i>Parámetros de Textura</i>				
Pendiente (N/s)	6,69	6,47	0,17	0,521
Trabajo (N·mm)	100,63	110,45	4,14	0,243
Fuerza (N/cm ²)	22,44	21,54	0,46	0,338

SEM: Error estándar de la media; Sig.: Nivel de significación.

siendo los valores de fuerza de corte ligeramente más bajos en los lomos procedentes de los animales cuya dieta fue suplementada con boniato, con valores medios de 21,54 N/cm² vs. 22,44 N/cm², para los lomos de los lotes boniato y control, respectivamente. Estos valores podrían deberse a los mayores contenidos de grasa obtenidos en las muestras de los animales suplementados con boniato. De acuerdo con la clasificación propuesta por Belew et al. (2003) para la ternera, la carne procedente de los dos lotes estudiados se podría considerar como "muy tierna" al presentar valores de fuer-

za de corte máxima inferiores a 31,4 N/cm². Estos resultados coinciden con lo observado previamente por otros autores (González et al., 2003; An y Lindberg, 2004), quienes tampoco encontraron diferencias significativas por la inclusión de boniato en la dieta de finalización.

Los resultados obtenidos están en consonancia con los obtenidos por otros autores. Domínguez et al. (2011b) comprobaron que los parámetros productivos y el análisis económico de una ración para cerdos de cebo alimentados con boniato como principal fuente energética puede convertirse en un óptimo

ingrediente de las raciones de cebo de cerdos. Asimismo, Nguyen et al. (2004) formularon una ración para el cebo de cerdos que contenía hojas de boniato a una concentración final del 15 % de la materia seca total de la dieta, consiguiendo un impacto significativo en el rendimiento y en el crecimiento de los cerdos. Por otra parte, Malsawmthangi et al. (2016) concluyeron que la harina de boniato puede reemplazar hasta un 75 % la ración estándar sin ningún efecto adverso sobre el crecimiento, ni sobre la conversión alimenticia ni sobre la utilización de nutrientes.

Efecto de la inclusión de boniato en perfil de ácidos grasos de los lomos de cerdo

La dieta de los animales es el principal factor que influye en la composición de ácidos grasos de la carne (Wood y Enser, 1997; Gatlin et al., 2002). Este hecho es particularmente evidente en animales monogástricos donde los ácidos grasos de la dieta se incorporan directamente a los lípidos de los tejidos (Domínguez et al. 2015; MacRae et al. 2015). El efecto que el suplemento de boniato en la dieta de cerdos de cebo tuvo sobre el perfil de ácidos grasos de la carne se muestra en la Tabla 3. En la tabla solo se presentan los ácidos grasos que obtuvieron un porcentaje igual o superior al 0,1 %, aunque todos ellos se tuvieron en cuenta para los cálculos de los sumatorios de AGS, AGMI, AGPI, n-3 y n-6. Como se puede observar, el perfil de ácidos grasos fue el mismo en los 2 lotes estudiados. En ningún caso, se observaron diferencias significativas entre los lomos de los cerdos alimentados con una dieta control y los alimentados con una dieta con boniato.

Los ácidos grasos mayoritarios fueron los AGMI, representando aproximadamente un 53 %, seguidos por los AGS, con valores comprendidos entre 33,95 % en el control y 36,05 % en el boniato, y finalmente los AGPI,

los cuales representaron un 12,68 % en los lomos de cerdos alimentados con dieta control y un 10,88 % en los alimentados con boniato. Estos valores son similares a los encontrados por otros autores en carne de cerdo (Domínguez et al., 2014).

Al analizar los ácidos grasos individualmente, puede apreciarse que el ácido graso mayoritario fue el C18:1n-9, seguido por el C16:0, C18:2n-6, C18:0, C18:1n-7, C16:1n-7 y finalmente el C14:0 y el C20:4n-6, estos 2 últimos con valores similares. El resto de ácidos grasos representaron, individualmente, menos del 1 % del total de ácidos grasos.

Dentro de los AGS, en ambos lotes estudiados, los mayoritarios fueron por este orden, el C16:0 (~24 %), seguido por el C18:0 (~8,5 %), y el C14:0 ya con valores muy inferiores (~1,35 %). Aunque la inclusión de boniato no tuvo un efecto significativo sobre estos ácidos grasos, su inclusión en la dieta de acabado parece aumentar el contenido de C16:0 y disminuir el de C18:0. Un efecto contrario fue observado por otros autores cuando utilizaron una dieta mixta con castaña (Temperan et al., 2014). En cuanto al contenido en AGMI, el mayoritario fue el C18:1n-9 (~44 %), seguido por el C18:1n-7 (~4 %) y el C16:1n-7 (~3,4 %). Finalmente, el AGPI mayoritario fue el C18:2n-6 (~9 %) seguido del C20:4n-6 (~1,4 %). Como se comentó anteriormente, el resto de ácidos grasos se mantuvieron en valores inferiores al 1 %.

La relación entre ácidos grasos n-6/n-3 mostró valores de aproximadamente 17, siendo éstos superiores a las recomendaciones realizadas por organizaciones internacionales ($n-6/n-3 < 4$; FAO, 2010). De todos modos, estos valores son los típicamente observados en la carne y grasa de cerdo (Domínguez y Lorenzo, 2014). Este valor es difícil de reducir en la carne de cerdo debido al alto contenido de C18:2n-6 en el concentrado habitualmente utilizado en la alimentación (Franco et al., 2014).

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos de la carne de lomo fresco de cerdos alimentados con una dieta control y una dieta suplementada con boniato (g/100 g de ácidos grasos totales).

Table 3. Fatty acid profile of fresh loin meat from pigs fed with a control diet and a diet supplemented with sweet potato (g/100 g of total fatty acids).

	Lote		SEM	Sig.
	Control (n=10)	Boniato (n=10)		
C10:0	0,13	0,12	0,002	0,219
C14:0	1,36	1,32	0,02	0,326
C16:0	23,20	25,58	0,86	0,171
C16:1n-7	3,47	3,39	0,09	0,677
C17:0	0,15	0,15	0,006	0,627
C17:1n-7	0,14	0,15	0,006	0,578
C18:0	8,70	8,45	0,44	0,780
9t-C18:1	0,17	0,18	0,003	0,308
C18:1n-9	44,63	44,68	0,51	0,964
C18:1n-7	4,22	3,87	0,11	0,105
C18:2n-6	9,77	8,44	0,37	0,068
C20:0	0,17	0,17	0,003	0,300
C20:1n-9	0,67	0,73	0,027	0,219
C18:3n-3	0,23	0,20	0,009	0,165
C20:2n-6	0,33	0,28	0,013	0,083
C20:3n-6	0,19	0,17	0,009	0,232
C20:4n-6	1,56	1,27	0,09	0,113
C22:5n-3	0,15	0,14	0,007	0,429
C22:6n-3	0,29	0,24	0,018	0,126
AGS	33,95	36,05	0,79	0,190
AGMI	53,36	53,06	0,61	0,810
AGPI	12,68	10,88	0,50	0,073
n-3	0,71	0,61	0,033	0,144
n-6	11,93	10,23	0,47	0,069
n-6/n-3	17,12	16,96	0,23	0,731

SEM: Error estándar de la media; Sig.: Nivel de significación.

Conclusiones

Los resultados sugieren que la sustitución de cereales por boniato en la fase de cebo es una buena alternativa para la reducción de los costos de producción sin afectar significativamente a la calidad fisicoquímica y nutricional de la carne de cerdo. Esto se refleja en la baja variabilidad de los parámetros estudiados, tanto fisicoquímicos como nutricionales, en la carne de cerdos alimentados con una dieta suplementada con boniato al 30 %, respecto a los alimentados con pienso. Cabe destacar que los contenidos en proteína suponen una excepción a este comportamiento, mostrando valores significativamente superiores en la carne procedente de animales alimentados con boniato. Sin embargo, se hace necesario ampliar la investigación para evaluar si una mayor cantidad de boniato o durante un período de tiempo más largo no afecta negativamente a la calidad de la carne.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por la Axencia Galega de Innovación (GAIN) por medio del proyecto ALIMOPTIMA/2015 en el marco del Convenio de Colaboración con el Centro Tecnológico de la Carne para el desarrollo del sector cárnico. Los autores son miembros de la Red Healthy Meat, financiada por la CYTED (ref. 119RT0568).

Referencias bibliográficas

- AOCS (2005). AOCS approved procedure Am 5-04. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. American Oil Chemists Society. Urbana, IL.
- An LV, Lindberg JE (2004). Ensiling of sweet potato leaves (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) and the nutritive value of sweet potato leaf silage for growing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17(4): 497-503. <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.497>
- Barros JC, Munekata PES, de Carvalho FAL, Pateiro M, Barba FJ, Domínguez R, Trindade MA, Lorenzo JM (2020). Use of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil emulsion as animal fat replacement in beef burgers. *Foods* 9(1): 44. <https://doi.org/10.3390/foods9010044>
- Belew JB, Brooks JC, McKenna DR, Savell JW. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science* 64(4): 507-512. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00242-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00242-5)
- BOE (2003). Real Decreto 465/2003, de 25 de abril, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal. Boletín oficial del Estado, núm. 102, de 29 de abril de 2003, pp. 16485-16493.
- De Jesús C, Domínguez R, Cantalapiedra J, Iglesias A, Lorenzo JM (2016). Effect of chestnuts level in the formulation of the commercial feed on carcass characteristics and meat quality of Celta pig breed. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14(2): e0603. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016142-8728>
- De Jesús MC, Domínguez R, Cantalapiedra J, Iglesias A, Lorenzo JM (2017). Efecto de la inclusión de castaña en la formulación de piensos sobre calidad de la canal y la carne de cerdo industrial. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 113: 36-51. <http://doi.org/10.12706/itea.2017.003>
- Domínguez PL, Reyes JL, Victores N, Guerrero JL, Herrera R (2011a). Use of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) for feeding pigs 1. Effect of cooking on nutrient digestibility. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 18(1): 29-32.
- Domínguez P, Guerrero JL, Herrera R, Caro Y, Ly J (2011b). Use of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) for feeding pigs 3. Fattening pigs with cooked tubercules and the aerial part. *Revista Computadorizada de Producción Animal* 18(4): 292-296.
- Domínguez R, Martínez S, Carballo J, Franco I (2014). Fatty acid profile and cholesterol and retinol contents in different locations of Celta pig breed. *Grasas y Aceites* 65(3): e036. <https://doi.org/10.3989/gya.0115141>

- Domínguez R, Lorenzo JM (2014). Effect of genotype on fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat of Celta pig breed. *Grasas y Aceites* 65(3): e037. <https://doi.org/10.3989/gya.0234141>
- Domínguez R, Martínez S, Gómez M, Carballo J, Franco I (2015). Fatty acids, retinol and cholesterol composition in various fatty tissues of Celta pig breed: Effect of the use of chestnuts in the finishing diet. *Journal of Food Composition and Analysis* 37: 104-111. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.08.003>
- DOUE (2013). Reglamento (UE) n° 68/2013 de la Comisión de 16 de enero de 2013 relativo al Catálogo de materias primas para piensos. *Diario Oficial de la Unión Europea* L29/1 de 30 de enero de 2013, pp. 1-64.
- Fan MZ (2012). *Swine Nutrition and Environment*. En: *Sustainable Swine Nutrition* (Ed. Chiba LI), pp. 365-411. Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc., Publication. <https://doi.org/10.1002/9781118491454.ch16>
- FAO (2010). Fat and fatty acid requirements for adults. En: *Fats and fatty acids in human nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. pp: 55-62.
- FAOSTAT (2016). *Food and Agriculture Organization statistical database*. Disponible en: <http://www.fao.org/statistics/databases/es/> (Consultado: 22 marzo 2019).
- Franco D, Lorenzo JM (2013). Effect of gender (barrows vs. females) on carcass traits and meat quality of Celta pig reared outdoors. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93(4): 727-734. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5966>
- Franco D, Vázquez JA, Lorenzo JM (2014). Growth performance, carcass and meat quality of the Celta pig crossbred with Duroc and Landrace genotypes. *Meat Science* 96(1): 195-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.024>
- García-Casco JM, Muñoz M, Martínez-Torres JM, García-López A, Fernández-Barroso MA, González-Sánchez E (2017). Alternative feeding in Iberian pigs during growth period: incorporation of olive cake in a dry or wet (silage) form. *Agricolturae Conspectus Scientificus* 82(2): 147-150.
- García-Contreras AC, De Loera-Ortega YG, Yagüe AP, Guevara-González JA, García-Artiga C (2012). Alimentación práctica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 6(1): 21-51. http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCCV.2012.v6.n1.38718
- Gatlin LA, See MT, Hansen JA, Sutton D, Odle J (2002). The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. *Journal of Animal Science* 80(6): 1606-1615. <https://doi.org/10.2527/2002.8061606x>
- González C, Díaz I, Vecchionacce H, Ly J (2003). Performance traits of pigs fed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) foliage ad libitum and graded levels of protein. *Livestock Research for Rural Development* 15(9): 25-34.
- Henckel P, Karlsson A, Oksbjerg N, Petersen JS (2000). Control of post mortem pH decrease in pig muscles: experimental design and testing of animal models. *Meat Science* 55(1): 131-138. [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00135-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00135-7)
- ISO (1978). Determination of nitrogen content, ISO 937:1978 standard. En: *International standards meat and meat products*. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (1997). Determination of moisture content, ISO 1442:1997 standard. En: *International standards meat and meat products*. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (1998). Determination of ash content, ISO 936:1998 standard. En: *International standards meat and meat products*. Genève, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- Joven M, Pintos E, Latorre MA, Suárez-Belloch J, Guada JA, Fondevila M (2014). Effect of replacing barley by increasing levels of olive cake in the diet of finishing pigs: Growth performances, digestibility, carcass, meat and fat quality. *Animal Feed Science and Technology* 197: 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.08.007>
- Malsawmthangi S, Kukde R, Samanta A (2016). Effect of diet containing sweet potato (*Ipomoea batatas*) meal on nutrient utilization and growth performance of indigenous growing

- pigs. *Indian Journal of Animal Research* 50(5): 717-720. <https://doi.org/10.18805/ijar.7492>
- MacRae J, O'Reilly L, Morgan P (2005). Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. *Livestock Production Science* 94(1-2): 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.030>
- Mino M, Sukemori S, Ikeda S (2013). Effects of sweet potato and green tea waste used as feed on the performance and blood character of Meishan pigs during fattening period. *Japanese Journal of Swine Science* 50(3): 119-127.
- Naskar SK, Gupta JJ, Nedunchezhiyan M, Bardoli RK (2008). Evaluation of sweet potato tubers in pig ration. *Journal of Root Crops* 34(1): 50-53.
- Nedunchezhiyan M, Byju G, Naskar SK (2007). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as an intercrop in a coconut plantation: growth, yield and quality. *Journal of Root Crops* 33(1): 26-29.
- Nguyen LQ, Everts H, Hue HT, Beynen AC (2004). Feeding of spinach or sweet-potato leaves and growth performance of growing pigs kept on smallholder farms in Central Vietnam. *Tropical Animal Health Production* 36(8): 815-822. <https://doi.org/10.1023/B:TROP.0000045958.84521.ab>
- Noblet J, Van Milgen J (2013). Energy and Energy Metabolism in Swine. En: *Sustainable Swine Nutrition* (Ed. Chiba LI), pp. 23-57. Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc., Publication. <https://doi.org/10.1002/9781118491454.ch2>
- O'Grady MN, Carpenter R, Lynch PB, O'Brien NM, Kerry JP (2008). Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Science* 78(4): 438-446. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.011>
- Pateiro M, Lorenzo JM, Díaz S, Gende JA, Fernández M, González J, García L, Rial FJ, Franco D (2013). Meat quality of veal: discriminatory ability of weaning status. *Spanish Journal of Agricultural Research* 11(4): 1044-1056. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013114-4363>
- Pateiro M, Bermúdez R, Franco D, Lorenzo JM (2017). Inclusion of potato in the finishing diet of pigs: effect on physicochemical parameters. Book of Abstracts of the 63rd International Congress of Meat Science and Technology, 13-18 de agosto, Cork, Irlanda, pp. 850.
- Pietrosemoli S, Moron Fuenmayor OE, Paez A, Villamide MJ (2016). Effect of including sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) meal in finishing pig diets on growth performance, carcass traits and pork quality. *Animal Science Journal* 87(10): 1281-1290. <https://doi.org/10.1111/asj.12546>
- Temperan S, Lorenzo JM, Castiñeiras BD, Franco I, Carballo J (2014). Carcass and meat quality traits of Celta heavy pigs. Effect of the inclusion of chestnuts in the finishing diet. *Spanish Journal of Agricultural Research* 12(3): 694-707. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2014123-5057>
- Turyk Z, Osek M, Olkowski B, Janocha A (2014). Pig feeding under the potato-green forage base system with or without addition of herbs versus a concentrate based system: Effect on post-slaughter performance and pork characteristics. *Asian-Australasian journal of animal sciences* 27(5): 683-689. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12543>
- Wood JD, Enser M (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition* 78(1): S49-S60. <https://doi.org/10.1079/BJN.19970134>

(Aceptado para publicación el 25 de junio de 2020)