

## Efecto del sexo y de la alimentación líquida con patata sobre el perfil lipídico en carne de cerdo

I. González-Torres, P. González, N. Cobas, J.C. Barrio, L. Vázquez, L. Purriños, D. Franco, R. Domínguez 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 alimentación del cerdo con materias primas de diferente contenido en agua (verduras, patata, frutas) se ha implantado desde hace años, sin embargo, en España la alimentación líquida ha tenido una repercusión más limitada. Este trabajo compara el efecto de una dieta líquida con patata cocida frente a una dieta líquida solamente con pienso en la fase de cebo sobre el perfil lipídico de carne fresca de cerdos machos y hembras.

El sexo no afectó a la composición de ácidos grasos, a los índices nutricionales ni al contenido de colesterol, mientras que la inclusión de patata en la dieta líquida afectó de modo significativo principalmente al contenido de los ácidos grasos esenciales. Con respecto a los índices nutricionales, solo la relación n-6/n-3 mostró diferencias debidas a la alimentación. Se puede concluir que la dieta líquida con inclusión de patata puede ser una fuente apropiada para la alimentación del ganado porcino que afecta mínimamente a la calidad de su grasa, consiguiendo por otro lado una disminución de los costes de producción.

**Palabras clave:** Patata, alimentación líquida, ácidos grasos, calidad nutricional, colesterol.

### Effect of sex and liquid feeding with potato on the pork lipid profile

#### Abstract

The feeding of pigs with products with varying levels of moisture (vegetables, potatoes, and fruits) has been tested for years, however, in Spain liquid feeding has had a more limited impact. The present work compares the effect of a liquid diet with cooked potato *versus* a liquid diet only with feed in the finishing stage, on lipid profile from meat of gilts and barrows.

Sex did not affect the composition of fatty acids, nutritional indices or cholesterol content, while the inclusion of potatoes in the liquid diet significantly affected fatty acids, mainly the content of essential fatty acids. With respect to nutritional indices, only the n-6/n-3 ratio showed differences due to diet. It can be concluded that the liquid diet with the inclusion of potatoes may be an appropriate source for the feeding of pigs, as it does not affect the quality of their fat, while achieving a decrease in production costs.

**Keywords:** Potato, liquid feed, fatty acids, nutritional quality, cholesterol.

---

\* Autor para correspondencia: [jmlorenzo@ceteca.net](mailto:jmlorenzo@ceteca.net)

Cita del artículo: González-Torres I, González P, Cobas N, Barrio JC, Vázquez L, Purriños L, Franco D, Domínguez R, Lorenzo JM (2021). Efecto del sexo y de la alimentación líquida con patata sobre el perfil lipídico en carne de cerdo. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(1): 32-43. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.019>

## Introducción

La alimentación líquida puede definirse como la mezcla de una parte de alimento con dos o tres partes de agua (Plumed-Ferrer y Von Wright, 2009). Diversos autores han afirmado que el alimento en forma húmeda aumenta la utilización y la digestibilidad de este, mejorando a su vez, de manera significativa los índices de conversión en el crecimiento de los cerdos (Russell y Diez Gonzalez, 1997; Kim et al., 2001), porque tiene un efecto favorable sobre la morfología y fisiología del tracto gastrointestinal (Hurst et al., 2001; Sholten et al., 2002). Una de las características principales de la alimentación líquida radica en la posibilidad de emplear una variada gama de materias primas provenientes de subproductos de la industria alimentaria, sobre todo aquellas cuyos elevados niveles de humedad imposibilitan su aprovechamiento como pienso seco.

Hurst et al. (2008) confirmaron que la alimentación líquida tiene generalmente un efecto beneficioso sobre el rendimiento productivo del cerdo, ya que al aumentar la relación alimento:agua a 1:3 o 1:3,5 se mejoraba el crecimiento y la eficacia alimenticia (Barber et al., 1991a y 1991b; Hurst et al., 2008). En este sentido, Brooks et al. (2001) también han demostrado que el rendimiento de los cerdos en la fase de crecimiento y engorde mejora si consumen más cantidad de agua con su alimento. Sin embargo, dietas altas en agua pueden reducir la ingesta de materia seca (Kornegay y Vander Noot, 1968). Muchas de las investigaciones llevadas a cabo respecto de la relación agua/alimento fueron realizadas hace más de 25 años y el número de investigaciones recientes sobre dicha relación es limitado, siendo necesario investigaciones actuales sobre los nuevos genotipos y modernos sistemas de gestión.

Tal y como afirma Llanes y Gozzini (2013) la mayor disponibilidad de subproductos de la industria alimentaria que caracteriza al Norte

de Europa, potencia el empleo de estos subproductos como materias primas del alimento porcino. Este uso de los subproductos como fuente alimentaria ofrece dos aspectos positivos a tener en cuenta. Por un lado, se plantea como alternativa económicamente interesante debido al ahorro energético de las propias industrias agroalimentarias ya que, respecto de las materias primas tradicionales, los subproductos presentan generalmente un precio más competitivo (Lizardo, 2004). Por otro lado, constituyen una opción medioambientalmente más sostenible, ya que contribuyen a la reducción del desperdicio, al aprovechamiento de los recursos locales y, por tanto, a la disminución de la huella de carbono de las explotaciones ganaderas. Además, al permitir adaptar las dietas a las necesidades del animal, se puede reducir la excreción de nitrógeno y fósforo al medio ambiente (Sol Llop, 2016). Sin embargo, el factor limitante a la hora de utilizar subproductos es la disponibilidad y la regularidad de estos. Un mayor porcentaje de inclusión de subproductos se relaciona con un menor coste de la ración, aunque también, con una mayor variabilidad de esta, por su falta de uniformidad.

Con respecto a la patata cocida, el principal factor limitante en la cocción es el volumen limitado de los recipientes de cocción en los sistemas de producción de pequeños productores, por lo que el alimento solo puede ser suministrado a un número determinado de cerdos. Además, las medidas de conservación después de la ebullición son más complicadas, por lo que el alimento con patata cocida debe ser suministrado poco después de la preparación. La cocción mejora la digestibilidad de la patata, probablemente debido a la mejora en la eficiencia de la utilización de nitrógeno en la dieta (Whittemore et al., 1975), ya que en la patata cocida se desnaturaliza el almidón y se inactivan los inhibidores de las enzimas proteolíticas, lo que es favorable para el crecimiento de los cerdos en todas sus etapas (Whittemore et al., 1973).

Los subproductos derivados de la industria de la patata (patata de destrío) son una fuente de gran interés para la alimentación animal debido a su alto contenido en almidón, que podría remplazar las dietas tradicionales (Sylvester et al., 2018). Además de todos los aspectos positivos que se han mencionado, la dieta también ejerce una gran influencia en la composición final de la carne. De hecho, se sabe que la dieta es, entre otros factores, uno de los que mayor influencia tiene sobre la composición muscular de los cerdos, y más concretamente en la composición lipídica del tejido muscular y graso de animales monogástricos (Domínguez et al., 2015). Como es de esperar, en los cerdos, los ácidos grasos esenciales (ácidos linoleico y  $\alpha$ -linolénico) deben ser aportados por la dieta, ya que no pueden ser sintetizados de manera endógena. A partir de estos ácidos grasos se desencadenan las reacciones de elongación y desaturación para dar lugar a los otros ácidos grasos poliinsaturados (omega-6 y omega-3, respectivamente). Finalmente también cabe resaltar que no solo los ácidos grasos de la dieta afectan a la composición final de la carne. De hecho, varios estudios confirman que otros aspectos como un mayor aporte de hidratos de carbono, o por el contrario, dietas pobres en proteína y/o retinol favorecen la síntesis endógena de ácidos grasos a partir de estos carbohidratos (Doran et al., 2006; Domínguez et al., 2015). De hecho, Doran et al. (2006) comprobaron que la dieta reducida en proteína provocó un aumento de la expresión de la enzima estearil CoA en el músculo de los cerdos, lo que afectó significativamente a su composición lipídica. Durante esta síntesis, llamada síntesis *de novo* se obtienen ácidos grasos saturados y monoinsaturados, disminuyendo porcentualmente la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados. Por todo lo dicho anteriormente, la inclusión de patata y agua cambia la composición de la dieta lo que puede afectar significativamente tanto a la síntesis como a la composición de los ácidos grasos del cerdo.

Teniendo todo en cuenta, este trabajo se plantea con el objetivo de estudiar el empleo de subproducto de patata para su futura inclusión en dietas de acabado en porcino, ya que podría resultar interesante desde el punto de vista productivo, ambiental y sostenible, especialmente en zonas con alta producción patatera, como el interior gallego.

## Material y métodos

### *Animales y dietas*

Se utilizaron dos grupos de 16 animales cada uno (genotipo Hypor) en fase de cebo, mitad machos castrados y mitad hembras enteras que fueron criados en una granja experimental situada en Vilariño das Poldras (Ourense). Se realizó un acabado diferente según el tipo de alimentación: al grupo control se les suministro una dieta líquida pienso comercial/agua (1/2,5), mientras que al grupo con dieta líquida con incorporación de patata se realizó una relación pienso/agua/patata cocida (1/1,53/0,17). La duración de la fase de acabado fue de 84 días previos al sacrificio. Los cerdos control entraron en la fase de cebo con un peso vivo de  $31,16 \pm 1,85$  kg y los del grupo ensayo con  $32,33 \pm 1,09$  kg. Las dietas fueron preparadas diariamente, una hora antes de ser suministradas. La dieta se les suministraba de modo manual a los animales, y estos fueron alimentados tres veces al día. A los cerdos del grupo control se les suministró de media diaria  $13,84 \pm 1,69$  kg alimento/animal (3,95 kg pienso y 9,88 kg agua) mientras que a los del grupo ensayo  $14,58 \pm 0,59$  kg alimento/animal (5,4 kg pienso, 8,26 kg agua y 0,92 kg patata). La composición química de ambas formulaciones se presenta en la Tabla 1. Los animales se sacrificaron con un peso vivo de  $117 \pm 10,4$  kg. Posteriormente, las canales se mantuvieron a 4 °C durante 24 h, tras lo cual se extrajo el músculo *Longissimus dorsi*

de la media canal izquierda. Las muestras de lomo fresco fueron envasadas a vacío y trasladadas en frío al laboratorio del Centro Tecnológico de la Carne para su análisis.

Tabla 1. Composición química de las dietas (g/100 g).  
Table 1. Chemical composition of the diets (g/100 g).

	Control	Patata
Energía (kcal/kg)	1336	1248
Materia seca	25,42	26,32
Proteína bruta	2,92	3,44
Grasa bruta	8,09	5,54
Fibra bruta	1,06	0,78
Almidón	12,29	15,30
Cenizas	1,05	1,26
Calcio	0,16	0,19
Fósforo	0,10	0,13

### 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 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

en metanol), tras lo 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 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). 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 resultados se expresaron como g/100 g de ácidos grasos totales identificados.

Para el cálculo de los índices trombogénico y aterogénico se emplearon las fórmulas propuestas por Ulbricht y Sauthgate (1991), mientras que la relación entre ácidos grasos hipo/hipercolesterolémicos se calculó segundo las indicaciones de Fernández *et al.* (2007) según las siguientes fórmulas:

– Índice aterogénico (IA):

$$\frac{[(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)]}{\Sigma AGMI + \Sigma n-6 + \Sigma n-3}$$

– Índice trombogénico (IT):

$$\frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{[(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma n-6) + (3 \times \Sigma n-3) + (\Sigma n-3 / \Sigma n-6)]}$$

– Relación entre ácidos grasos hipocolesterolémicos/hipercolesterolémicos (h/H):

$$\frac{C18:1n-9 + C18:1n-7 + C18:2n-6 + C18:3n-6 + C18:3n-3 + C20:3n-6 + C20:4n-6 + C20:5n-3 + C22:4n-6 + C22:5n-3 + C22:6n-3}{C14:0 + C16:0}$$

### **Análisis de colesterol**

El colesterol se analizó mediante cromatografía líquida (HPLC) siguiendo el método descrito por Domínguez *et al.* (2018). Para ello se realizó una saponificación en caliente de la carne, previamente triturada. A 2 g de carne se le añadió una solución etanólica de hidróxido potásico y se mantuvo a 85 °C durante 45 min. Transcurrido este tiempo se extrajo la fracción insaponificable, en la cual se encuentra el colesterol, mediante la adición de 3 mL de hexano. Con la finalidad de facilitar la separación de fases, las muestras se centrifugaron a 1500g durante 3 min. La fase orgánica, una vez separada se filtró a través de filtro de nylon (0,45 µm) y se transfirió a viales ámbar para su posterior análisis.

La separación, identificación y cuantificación del colesterol se realizó mediante cromatografía líquida. El sistema HPLC empleado fue el modelo Alliance 2695 (Waters Mildorf, EEUU) equipado con detector PDA 996 (Waters Mildorf, EEUU), midiéndose el colesterol a 208 nm. Para la separación se utilizó una columna de fase normal SunFire TM Silica (4,6 mm i.d. 250 mm 5 µm de diámetro de partícula), la cual se mantuvo a 30 °C durante todo el análisis. La fase móvil fue 2 % de isopropanol en hexano (régimen isocrático) a un flujo constante de 1 mL/min durante 15 min. Los resultados del colesterol fueron expresados en mg colesterol/100 g de carne.

### **Análisis estadístico**

Se analizaron un total de 32 muestras (8 animales × 2 sexos × 2 alimentaciones). La distribución normal de los datos y la homogeneidad de la varianza fue previamente comprobada (Shapiro-Wilk). Los datos obtenidos se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando el modelo lineal general, donde el contenido de los ácidos grasos, el colesterol y los índices nutricionales fueron considerados como variables de-

pendientes y la alimentación y el sexo como factores fijos. El análisis estadístico fue realizado mediante el programa SPSS (SPSS 23.0, Chicago, IL, EE.UU.).

### **Resultados y discusión**

El efecto del sexo y dieta de acabado sobre el perfil de ácidos grasos, expresados como g/100 g del total de ácidos grasos, se muestra en la Tabla 2. En todos los casos los ácidos grasos mayoritarios fueron los ácidos grasos monoinsaturados, representando entre un 50 % y un 52 % del total, seguidos por los ácidos grasos saturados (39 %) y finalmente los ácidos grasos poliinsaturados (7-10 %). De modo similar, el perfil de ácidos grasos tanto entre ambos sexos como entre ambas alimentaciones se mantuvo constante. A nivel individual, el ácido graso mayoritario fue el C18:1n-9 (42-44 %), seguido por el C16:0 (25 %), C18:0 (12 %), C18:2n-6 (5-7 %), C18:1n-7 y C16:1n-7 con porcentajes similares (3-4 %) y finalmente el C14:0 y el C20:4n-6 (1-1,5 %). Los otros ácidos grasos representaron en todos los casos menos del 1 % del total de ácidos grasos. Este perfil de ácidos grasos concuerda con el perfil típico descrito para la carne fresca de cerdo, y fue anteriormente observado por múltiples autores en la grasa intramuscular tanto del lomo (Domínguez y Lorenzo, 2014; Domínguez *et al.*, 2014 y 2015; De Jesús *et al.*, 2016 y 2017) como del solomillo (Domínguez *et al.*, 2014 y 2015).

Tras realizar el análisis estadístico se comprobó que el sexo no influyó de modo significativo en el contenido de ninguno de los ácidos grasos, ni a nivel individual ni a los sumatorios o a los índices nutricionales. De igual modo, la interacción dieta × sexo tampoco mostró diferencias significativas en ningún caso. Por tanto, con el objetivo de simplificar y mejorar la presentación y comprensión de los datos, en la Tabla 2 solo se muestra la significancia debida al efecto de la alimentación.

Tabla 2. Grasa intramuscular (g/100 g), perfil de ácidos grasos (expresados como g/100 g de ácidos grasos) y contenido en colesterol (mg/100 g de carne) de lomo fresco de cerdo.

Table 2. Intramuscular fat (g/100 g), fatty acid profile (expressed as g/100 g of fatty acids) and cholesterol content (mg/100 g of meat) of fresh pork loin.

	Macho				Hembra			
	Control	Patata	EEM	Sig.	Control	Patata	EEM	Sig.
Grasa intramuscular	4,37	3,46	0,37	n.s.	3,32	3,40	0,26	n.s.
C10:0	0,12	0,11	0,002	**	0,12	0,11	0,002	n.s.
C12:0	0,09	0,08	0,002	n.s.	0,09	0,08	0,001	n.s.
C14:0	1,40	1,36	0,034	n.s.	1,41	1,40	0,002	n.s.
C16:0	25,01	25,31	0,370	n.s.	24,84	25,67	0,259	n.s.
C16:1n-7	3,27	3,28	0,115	n.s.	3,08	3,31	0,059	*
C17:0	0,15	0,20	0,011	*	0,13	0,19	0,009	***
C17:1n-7	0,14	0,10	0,028	n.s.	0,11	0,01	0,021	*
C18:0	12,65	12,56	0,248	n.s.	12,41	12,67	0,154	n.s.
11t-C18:1 + 9t-C18:1	0,23	0,25	0,009	n.s.	0,22	0,24	0,005	n.s.
C18:1n-9	42,18	43,47	0,381	n.s.	42,82	44,02	0,377	n.s.
C18:1n-7	3,83	4,03	0,080	n.s.	3,85	4,01	0,060	n.s.
C18:2n-6	7,81	6,22	0,466	n.s.	7,71	5,54	0,373	***
C20:0	0,19	0,17	0,007	n.s.	0,17	0,18	0,006	n.s.
C18:3n-6	0,05	0,05	0,005	n.s.	0,05	0,04	0,002	n.s.
C20:1n-9	0,75	0,79	0,021	n.s.	0,76	0,79	0,023	n.s.
C18:3n-3	0,32	0,24	0,018	*	0,30	0,23	0,014	***
9c,11t-C18:2 (CLA)	0,06	0,02	0,007	***	0,06	0,03	0,007	*
C20:2n-6	0,30	0,22	0,019	*	0,30	0,21	0,015	***
C20:3n-6	0,16	0,16	0,012	n.s.	0,17	0,15	0,008	n.s.
C20:3n-3	0,06	0,05	0,003	n.s.	0,06	0,05	0,003	**
C20:4n-6	1,04	1,09	0,101	n.s.	1,12	0,89	0,086	n.s.
C20:5n-3	0,03	0,04	0,003	n.s.	0,03	0,03	0,003	n.s.
C22:5n-3	0,13	0,14	0,011	n.s.	0,14	0,11	0,009	n.s.
C22:6n-3	0,04	0,05	0,005	n.s.	0,04	0,04	0,003	n.s.
AGS	39,61	39,81	0,547	n.s.	39,17	40,30	0,399	n.s.
AGMI	50,39	51,92	0,471	n.s.	50,89	52,38	0,401	n.s.

Tabla 2. Grasa intramuscular (g/100 g), perfil de ácidos grasos (expresados como g/100 g de ácidos grasos) y contenido en colesterol (mg/100 g de carne) de lomo fresco de cerdo (continuación).

Table 2. Intramuscular fat (g/100 g), fatty acid profile (expressed as g/100 g of fatty acids) and cholesterol content (mg/100 g of meat) of fresh pork loin (continuation).

	Macho				Hembra			
	Control	Patata	EEM	Sig.	Control	Patata	EEM	Sig.
AGPI	10,00	8,28	0,612	n.s.	9,98	7,32	0,484	***
n-3	0,58	0,52	0,034	n.s.	0,58	0,46	0,023	**
n-6	9,36	7,73	0,577	n.s.	9,34	6,82	0,459	***
n-6/n-3	16,11	14,82	0,265	**	16,12	14,70	0,253	***
IA	0,51	0,51	0,013	n.s.	0,50	0,53	0,009	n.s.
IT	1,24	1,25	0,031	n.s.	1,21	1,28	0,022	n.s.
h/H	2,08	2,04	0,050	n.s.	2,10	2,01	0,035	n.s.
Colesterol	34,50	34,34	0,777	n.s.	34,42	32,04	1.359	n.s.

EEM: Error estándar de la media (n = 32); Sig.: Significancia; AGS: sumatorio de ácidos grasos saturados; AGMI: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados; IA: Índice aterogénico; IT: Índice trombogénico; h/H: Relación entre ácidos grasos hipo e hipercolesterolémicos.

El efecto de la castración y el sexo sobre el contenido lipídico y el perfil de ácidos grasos ha sido estudiado por diversos autores (Razmaite et al., 2008; Ntawubizi et al., 2009; Cai et al., 2010; Domínguez et al., 2014). Al igual que ocurre en el presente estudio, Domínguez et al. (2014) observaron diferencias mínimas en el contenido de los diferentes ácidos grasos en 2 localizaciones de grasa intramuscular entre machos castrados y hembras castradas. En el caso de los otros estudios realizados comparando ambos sexos (hembras vs. machos castrados) se observaron ligeras diferencias, aunque normalmente en ácidos grasos minoritarios, lo que también está en consonancia con el hecho de que nosotros no observemos diferencias significativas. A esto también hay que añadir que si los animales son castrados a una edad temprana, las hormonas sexuales tienen poca o

nula influencia en el crecimiento (Mayoral et al., 1999). Es bien conocido que la deposición de grasa y la actividad de las enzimas lipogénicas de los cerdos (y otros animales) están muy influenciadas por las hormonas sexuales (Domínguez et al., 2014). Por tanto, las diferencias en los ácidos grasos se minimizan al realizar la castración, ya que se eliminan las hormonas sexuales que afectan al metabolismo de los ácidos grasos (Högberg, 2002). Esto parece confirmarse en el estudio realizado por Domínguez et al. (2014), donde comprobaron que solo la actividad de la enzima  $\Delta 5$  desaturasa mostró diferencias entre ambos sexos, mientras que la actividad de la  $\Delta 6$  desaturasa, la  $\Delta 9$  desaturasa, elongasa y el índice tioestearato no mostraron ninguna diferencia. Con todo esto en mente, parece claro que la castración hace que el metabolismo de los ácidos grasos entre ambos sexos

sea muy similar, lo que elimina las posibilidades de que existan grandes diferencias en la composición de ácidos grasos de los machos y las hembras.

Por otro lado, la alimentación influyó de modo significativo al contenido de 5 ácidos grasos en los machos y de 8 en las hembras (ver Tabla 2). Al observar los sumatorios de ácidos grasos se puede ver que la proporción de ácidos grasos saturados y monoinsaturados no se vieron influenciados por la alimentación, mientras que la inclusión de la patata en la dieta disminuyó el de poliinsaturados (solo significativo en las hembras). De modo individual, lo más destacable lo observamos principalmente en la proporción de los ácidos grasos esenciales (linoleico; C18:2n-6 y  $\alpha$ -linolénico; C18:3n-3) y del C20:2n-6, cuyos niveles disminuyeron en las muestras de animales alimentados con patata. En todos los casos, la inclusión de la patata repercutió negativamente en la proporción de estos ácidos grasos. A pesar de estas diferencias, en general se observa que la alimentación ejerció poca influencia en la composición de ácidos grasos. Existen numerosos estudios en los que se evidencia que la dieta en los animales monogástricos ejerce una gran influencia sobre la deposición y metabolismo de los ácidos grasos (Domínguez et al., 2015; De Jesús et al., 2017). Sin embargo, en el presente estudio, las dietas fueron similares, y la patata representó un 6 % del total de la dieta. Por tanto, la poca cantidad de esta en el total de la dieta probablemente sea la principal razón de la poca influencia observada.

Trombetta et al. (2009) estudiaron la influencia de la dieta en la calidad de la carne de cerdos en fase de cebo comparando entre el lote control que fue alimentado con pienso con soja, frente al lote prueba alimentado con pienso en el que la soja fue completamente sustituida por concentrado de patata y guisante. Estos autores emplearon para ello una dieta para la fase de crecimiento con

un 10 % de guisante y un 8 % de patata, mientras que en la fase de engorde, estas proporciones fueron de 8 % de guisante y 6 % de patata. A su vez, cabe destacar que las dietas fueron isoproteicas, y que la energía también fue similar entre ellas (3065-3235 kcal/kg). Estos investigadores encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) debido al efecto de la dieta en el C18:0, C18:2n-6, C18:3n-3 y la suma de ácidos grasos saturados y poliinsaturados. De igual forma que en el presente estudio, Trombetta et al. (2009) no encontraron diferencias significativas en el resto de los ácidos grasos ni en el sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados, ni tampoco en la relación entre ácidos grasos saturados respecto de los insaturados. Para estos investigadores, y de igual forma que en el presente estudio, el C16:0 fue el mayor entre los saturados en el grupo alimentado con la dieta de control, aunque informaron de valores más bajos. Sin embargo, también cabe destacar que nuestra dieta fue totalmente diferente, ya que se administró de forma líquida, y la patata estaba cocida. Además es muy importante tener en cuenta otros factores como son la raza empleada, la dieta (que aunque ambas incluyan patata, son diferentes), el sistema de cría o la edad de sacrificio, ya que todos ellos afectan de modo significativo tanto al metabolismo de los ácidos grasos como a su deposición en los tejidos animales.

En el presente estudio podemos considerar que nuestras dietas tienen un contenido en proteína similar (en torno a 3 %), aunque la dieta de patata mostró valores energéticos menores (1248 kcal/kg) que la control (1336 kcal/kg). Sin embargo, el contenido de almidón fue superior en la dieta de patata (15,3 % vs. 12,29 % en la control), lo que puede variar el metabolismo de los ácidos grasos. Es bien conocido que las dietas ricas en carbohidratos favorecen la síntesis *de novo*. Esta síntesis utiliza los carbohidratos como substrato para obtener ácidos grasos saturados de cadena

larga como el palmítico (C16:0) o el esteárico (C18:0). Después, otras enzimas los desaturan para dar lugar a los ácidos grasos monoinsaturados como el palmitoleico (C16:1n-7) o el oleico (C18:1n-9) (Domínguez et al., 2015). En estas reacciones intervienen múltiples enzimas, pero cabe destacar el papel de la Acetil CoA decarboxilasa y la Acetil CoA desaturasa. La actividad de ambas se ven favorecidas por la dietas ricas en carbohidratos (Dunsha y D Souza, 2003). Las dietas con bajo aporte calórico o incluso las restricciones en la alimentación también se ha demostrado como un factor importante que promueve la síntesis *de novo* (Kloareg et al., 2005). Por tanto, teniendo en cuenta que la dieta de patata aporta mayor cantidad de carbohidratos y menor energía, por todo lo comentado anteriormente es de esperar que la síntesis de ácidos grasos a partir de los carbohidratos (síntesis *de novo*) sea mayor. De hecho esto se comprueba cuando observamos los resultados de ácidos grasos. En los machos, los niveles de C16:0 y C18:1n-9 y en las hembras, los valores de C16:0, C16:1n-7 ( $P < 0,05$ ), C18:0 y C18:1n-9 fueron superiores en los cerdos alimentados con la dieta de patata, lo que confirma una mayor síntesis *de novo* en estos animales. Cabe destacar que esta diferencia entre dietas fue más evidente en las hembras que en los machos. Por tanto, la mayor síntesis y deposición de estos ácidos grasos hace que disminuyan porcentual y significativamente las proporciones de los ácidos grasos C18:2n-6 (significativo en las hembras), C18:3n-3, C9c, 11t-C18:2 (CLA) y C20:2n-6. Cabe destacar también en las hembras que el contenido de C20:4n-6 también fue inferior en los cerdos alimentados con la dieta de patata (0,89 % vs. 1,12 %). Todas estas diferencias determinan que al final el sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados disminuya de modo significativo en las hembras alimentadas con la dieta de patata. Los otros sumatorios, a pesar de no ser significativos, también se aprecia la misma tendencia y en

ambos sexos: los ácidos grasos saturados y monoinsaturados aumentan, mientras que los poliinsaturados disminuyen en los animales alimentados con la dieta de patata.

Por otro lado, la alimentación no afectó de modo significativo a los valores de los ácidos grasos trans (11t-C18:1 y 9t-C18:1). En ambos sexos, los valores de estos ácidos grasos variaron mínimamente entre 0,22 % y 0,25 %.

Finalmente, con el objetivo de observar la salubridad de la grasa del lomo se calcularon los índices nutricionales aterogénico (IA) y trombogénico (IT) y las relaciones entre ácidos grasos hipo e hipercolesterolémicos (h/H) y la n-6/n-3. Los valores del IA fueron en todos los casos alrededor de 0,5 y los de IT en torno a 1,25, valores que concuerdan con los descritos por Domínguez y Lorenzo (2014) en carne de cerdo (0,5-0,6 el IA y 1,17-1,41 el IT). Con respecto a la relación h/H, los valores estuvieron entre 2 y 2,10, similares también a los descritos con anterioridad por Domínguez y Lorenzo (2014) (1,7-2,14) y por De Jesús et al. (2016 y 2017) (1,81-2,20). Por su parte, la relación n-6/n-3 estuvo comprendida entre 14,7 y 16,1, ligeramente superior a la descrita por De Jesús et al. (2016 y 2017) (8,2-11,1) e inferior a la observada por Domínguez y Lorenzo (2014) (17,4-22,9). Al igual que sucede con los ácidos grasos, el sexo y la interacción dieta  $\times$  sexo no mostró diferencias significativas para ninguno de estos índices. Al tener en cuenta la alimentación, solo la relación n-6/n-3 mostró diferencias, siendo los cerdos alimentados con dieta incluyendo patata los que mejores índices mostraron, aunque en todos los casos se superó el valor recomendado (menor de 4) (Simopoulos, 2004).

Los contenidos en colesterol estuvieron comprendidos entre los 32-34 mg/100 g de carne. Estos valores son muy similares a los descritos anteriormente por diferentes estudios que varían entre 38-40 mg/100 g de carne (Domínguez et al., 2014) y 39-42 mg/100 g de carne

(Domínguez et al., 2015). No se observaron diferencias significativas debido al sexo ni tampoco a la alimentación. La interacción dieta x sexo tampoco mostró diferencias en este caso.

## Conclusiones

El sexo no afectó a la composición de ácidos grasos, a los índices nutricionales ni al contenido de colesterol. Esto está relacionado con la castración de los animales, lo que elimina las hormonas sexuales y por tanto la diferenciación del metabolismo de los ácidos grasos y del colesterol entre ambos sexos. Sin embargo, cabe destacar que el número de animales del presente estudio es limitado, por lo que los resultados son preliminares. Por tanto, este aspecto debe ser confirmado con estudios posteriores con un número mayor de animales.

Por otro lado, la inclusión de patata en la dieta líquida afectó significativamente al contenido de ciertos ácidos grasos, con especial atención a los ácidos grasos esenciales. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, los contenidos observados fueron similares entre ambas alimentaciones. En este sentido, solo la relación n-6/n-3 mostró diferencias debidas a la alimentación (siendo mejor la de los animales que incluyeron patata), mientras que los otros 3 índices nutricionales tampoco mostraron diferencias entre las 2 dietas. Se puede concluir que la dieta líquida con inclusión de patata puede ser una fuente apropiada para la alimentación del ganado porcino ya que afecta mínimamente a la calidad de su grasa, consiguiendo por otro lado una disminución de los costes de producción.

## Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por la Axencia Galega de Innovación (GAIN) por medio del proyecto ALIMOPTIMA en el marco del

Convenio de Colaboración con el Centro Tecnológico de la Carne (CETECA) para el desarrollo del sector cárnico, a través de la Unidad Mixta de Investigación entre CETECA y la empresa de producción animal Cooperativas Ourensanas, S.L (COREN), que puso a disposición del proyecto su granja experimental de Poldras. José Manuel Lorenzo y Rubén Domínguez son miembros de la Red Healthy Meat financiada por el programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED) (ref. 119RT0568).

## Referencias bibliográficas

- Barber J, Brooks PH, Carpenter JL (1991a). The effects of water to feed ratio on the digestibility, digestible energy and nitrogen retention of a grower ration. *Proceedings of the British Society of Animal Production* 1972 1991: 136. <https://doi.org/10.1017/S0308229600020869>
- Barber J, Brooks PH, Carpenter JL (1991b). The effect of four levels of feed on the water intake and water to feed ratio of growing pigs. *Proceedings of the British Society of Animal Production* 1972 1991: 137. <https://doi.org/10.1017/S0308229600020870>
- 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: 44. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9010044>
- Brooks PH, Beal JD, Niven S (2001). Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* 13: 49-63.
- Cai ZW, Zhao WF, Jiang XL, Yao YC, Zhao CJ, Xu NY, Wu CX (2010). Comparison of muscle amino acid and fatty acid composition of castrated and uncastrated male pigs at different slaughter ages. *Italian Journal of Animal Science* 9: 173-178. <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e33>

- 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. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016142-8728>
- De Jesús C, 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(1): 36-51. <https://doi.org/10.12706/itea.2017.003>
- 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. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0234141>
- 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. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0115141>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.08.003>
- Domínguez R, Barba FJ, Centeno JA, Putnik P, Alpas H, Lorenzo JM (2018). Simple and rapid method for the simultaneous determination of cholesterol and retinol in meat using normal-phase HPLC technique. *Food Analytical Methods* 11(2): 319-326. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1001-4>
- Doran O, Moule SK, Teye GA, Whittington FM, Hallett KG, Wood JD (2006). A reduced protein diet induces stearyl-CoA desaturase protein expression in pig muscle but not in subcutaneous adipose tissue: relationship with intramuscular lipid formation. *British Journal of Nutrition* 95: 609-617. <https://doi.org/10.1079/bjn20051526>
- Dunsha FR, D Souza DN (2003). A review. Fat deposition and metabolism in the pig. *Australasian Pig Science Association-Manipulating pig production IX*: 127-150.
- Fernández M, Ordoñez JA, Cambero I, Santos C, Pin C, de la Hoz L (2007). Fatty acid composition of selected varieties of Spanish dry ham related to their nutritional implications. *Food Chemistry* 101: 107-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.006>
- Högberg A, Pickova J, Babol J, Andersson K, Dutta PC (2002). Muscle lipids, vitamins E and A, and lipid oxidation as affected by diet and RN genotype in female and castrated male Hampshire crossbreed pigs. *Meat Science* 60: 411-420. [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00153-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00153-X)
- Hurst D, Lean IJ, Hall AD (2001). The effects of liquid feed on the small intestine mucosa and performance of finishing pigs at different water to feed ratios. *Proceedings of the British Society of Animal Science* 2001: 161. <https://doi.org/10.1017/S1752756200005433>
- Hurst D, Clarke L, Lean IJ (2008). Effect of liquid feeding at different water-to-feed ratios on the growth performance of growing-finishing pigs. *Animal* 2(9): 1297-1302. <https://doi.org/10.1017/S175173110800253X>
- Kim JH, Heo KN, Odle J, Han IK, Harrell RJ (2001). Liquid diets accelerate the growth of early-weaned pigs and effects are maintained to market weight. *Journal of Animal Science* 79: 427-434. <https://doi.org/10.2527/2001.792427x>
- Kloreg M, Bellego LL, Mourrot J, Noblet J, Milgen J (2005). Deposition of dietary fatty acids and of *de novo* synthesised fatty acids in growing pigs: effects of high ambient temperature and feeding restriction. *British Journal of Nutrition* 93: 803-811. <https://doi.org/10.1079/BJN20051420>
- Kornegay ET, Vander Noot GW (1968). Performance, digestibility and N-retention of swine fed diets with added water. *Journal of Animal Science* 27: 1307-1312. <https://doi.org/10.2527/jas1968.2751307x>
- Lizardo RR (2004). Utilización de alimentos líquidos para el ganado porcino. *IRTA Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries*. España. 16 pp.

- Llanes N, Gozzini M (2013). Alimentación líquida en ganado porcino. XXIX Curso de especialización FEDNA. 6 y 7 de noviembre, Madrid, pp. 149-170.
- Mayoral AI, Dorado M, Guillén MT, Robina A, Vivo JM, Vázquez C, Ruíz J (1999). Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science* 52: 315-324. [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00008-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00008-X)
- Ntawubizi M, Raes K, Buys N, De Smet S (2009). Effect of sire and sex on the intramuscular fatty acid profile and indices for enzyme activities in pigs. *Livestock Science* 122: 264-270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2008.09.008>
- Plumed-Ferrer C, Von Wrigth A (2009). Fermented pig liquid feed: nutritional, safety and regulatory aspects. *Journal of Applied Microbiology* 106: 351-368. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.03938.x>
- Razmaite V, Kerziene S, Siukscius A (2008). Pork fat composition of male hybrids from Lithuanian indigenous wattle pigs and wild boar intercross. *Food Science and Technology International* 14: 251-257. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013208094120>
- Russell JB, Diez Gonzalez F (1997). The effects of fermentation acids on bacterial growth. *Advances in Microbial Physiology* 39: 205-234. [https://doi.org/10.1016/S0065-2911\(08\)60017-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2911(08)60017-X)
- Sholten R, Van Der Peet-Schwering CMC, Den Hartog LA, Balk M, Schrama JM, Verstegen MWA (2002). Fermented wheat in liquid diets: Effects on gastrointestinal characteristics in weanling piglets. *Journal of Animal Science* 80: 1179-1186. <https://doi.org/10.2527/2002.8051179x>
- Simopoulos AP (2004). Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International* 20: 77-90. <https://doi.org/10.1081/FRI-120028831>
- Sol Llop C (2016). Utilización de subproductos agroindustriales en alimentación líquida para cerdos de engorde. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Sylvester T, Tapera A, Chimonyo M (2018). Impact of fermented liquid potato hash diets on growth performance of grower pigs. *Journal of Agricultural Science* 10: 1-7. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n6p1>
- Trombetta MF, Mattii S, Pasquini M, Marina A (2009). Influence of diet and rearing system on heavy pig performance, carcass and meat quality. *Italian Journal of Animal Science* 8(1): 23-35. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.23>
- Ulbricht TLV, Southgate DAT (1991). Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet* 338: 985-992. [http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- Whittemore CT, Taylor AG, Elsley FW (1973). The influence of processing upon the nutritive value of the potato. Digestibility studies with pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 24(5): 539-545. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740240507>
- Whittemore CT, Taylor AG, Moffat IW, Scott A (1975). Nutritive value of raw potato for pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 26(3): 255-260. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740260304>

(Aceptado para publicación el 18 de junio de 2020)