itea
información técnica económica agraria
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 117
Número 1
Febrero 2021

Volumen Especial

Carne y marcas de calidad (MARCARNE)

aida-itea.org

itea

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario
www.aida-itea.org

2021- AÑO LII Vol. 117 N.º 1 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: direccion@aida-itea.org	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Albina Sanz, CITA de Aragón. España

EDITORES CIENTÍFICOS: José Manuel Alonso, CITA de Aragón. España
Javier Álvarez, Universidad de Lleida. España
Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Paula Gaspar, Universidad de Extremadura. España
Gabriel Pardo, CITA de Aragón. España
Helena Resano, IA2-Universidad de Zaragoza. España.
Guillermo Ripoll, CITA de Aragón. España
Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España

EDITOR TÉCNICO: María Salillas, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. España

COORDINADORES DEL VOLUMEN: Begoña Panea, CITA de Aragón. España
Guillermo Ripoll, CITA de Aragón. España

COMITÉ DE REDACCIÓN: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España.
Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España
Arancha Arbeloa, EEAD Zaragoza. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España
Fernando Escriu, CITA de Aragon. España
Vicente González, CITA de Aragón. España
Cristina Mallor, CITA de Aragón. España
Javier Rodrigo, CITA de Aragón. España

COMITÉ ASESOR: Ricardo Aké, Universidad Autónoma de Yucatán, México • Joaquim Balcells, Universidad de Lleida, España • Carlos Cantero, Universidad de Lleida, España Mª Elena Daorden, INTA, Argentina • Mª José Díez, Universidad Politécnica de Valencia, España • Miguel Gómez, Cornell University EEUU • Margarita López, Centro de Investigación Agraria "Finca La Orden-Valdesequera", España • Ana Meikle, Universidad de la República, Uruguay • Camilla Moonen, Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, Italia • Mª Teresa Muiño, Universidad de Zaragoza, España • César Revoredo-Giha, SAC, Reino Unido • Ricardo Revilla, España • José Antonio Rubio, ITACYL, España Pierre Sans, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Francia • Guillermo Studdert, Universidad del Mar del Plata, Argentina • Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal • Luis Varona, Universidad de Zaragoza, España

ITEA-Información Técnica Económica Agraria aparece indexada en SCI Expanded, Journal Citation Reports/Science Editions, ICYT,CABI, SCOPUS y EBSCO.

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, Editor titular del copyright. ITEA no se responsabiliza necesariamente de las opiniones vertidas en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

https://www.aida-itea.org/index.php/revista-itea/presentacion-itea



Foto y texto: Javier García Gudiño

El proyecto *"Caracterización y eficiencia de agroecosistemas para una producción de cerdos Ibéricos más sustentable"* (RTA2013-00063-C03-02) aborda el sector porcino ibérico desde una perspectiva holística y multidisciplinar. El modelo de producción del cerdo Ibérico es muy atractivo para ser estudiado desde la perspectiva del agroecosistema ya que se trata de una práctica ganadera integrada en un ecosistema único como la dehesa. El objetivo general del proyecto es mejorar la competitividad y sustentabilidad de los sistemas porcinos en la dehesa. El desarrollo del proyecto ha contemplado la caracterización estructural de las explotaciones de cerdo ibérico, el estudio de su eficiencia a través de indicadores del sistema que abarcan el bienestar animal, la optimización de los recursos naturales para la nutrición, la calidad e impacto ambiental del producto obtenido y la preferencia del consumidor con el fin de mejorar la sustentabilidad socioeconómica y ambiental de explotaciones de cerdo Ibérico.

Editorial

Volumen Especial: Carne y marcas de calidad (MARCARNE)

En el ámbito del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), la red temática MARCARNE (Marcas de Calidad de Carne y Productos Cárnicos de Productos Iberoamericanos) fue creada en 2016 –integrando 10 países (Argentina, Brasil, Cuba, Chile, Ecuador, España, Paraguay, Portugal, México y Uruguay), 18 asociaciones públicas y privadas de investigación y desarrollo (I + D), 5 empresas, 6 asociaciones empresariales y 2 organizaciones de cooperación para el desarrollo– con el objetivo de intercambiar conocimientos y fortalecer la cooperación, crear un marco de trabajo cooperativo para definir estrategias que permitan a los países iberoamericanos desarrollar marcas de carne y productos cárnicos de calidad, que puedan ser reconocidas en todo el espacio iberoamericano. La red durante los últimos cuatro años ha desarrollado diversas actividades de intercambio de conocimientos y potenciación de la cooperación, que han permitido la definición de estrategias para el desarrollo de marcas de calidad de carnes y productos cárnicos.

En el I Congreso Iberoamericano de Marcas de Calidad de Carnes y Productos Cárnicos, realizado en octubre del 2019, como cierre de las actividades de la Red se presentó públicamente el libro *MARCAS DE CALIDAD DE CARNE EN IBEROAMERICA (CARIBE, SUDAMERICA Y PENINSULA IBERICA)* y fueron presentadas 22 comunicaciones orales y 23 en forma de póster. Se unió a este evento a su debido tiempo la revista *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* editada por la *Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)* –uno de los fórums más importantes de discusión técnica y científica del espacio iberoamericano– aceptando editar un número especial dedicado a MARCARNE, publicando los mejores trabajos seleccionados por un jurado compuesto por miembros del cuerpo editorial. En calidad de Coordinador de la Red MARCARNE quiero mostrar nuestro más profundo agradecimiento a AIDA por esta iniciativa que servirá para divulgar y perpetuar el trabajo de la Red.

Alfredo Teixeira

Investigador principal de la Red MARCARNE
Prof. Coordenador com Agregação,
Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Bragança

Sumario

Volumen Especial: Carne y marcas de calidad (MARCARNE)

Nuevos indicadores de carnes DFD: estrés oxidativo, autofagia y apoptosis.
Novel indicators of DFD beef: oxidative stress, autophagy and apoptosis.
A. Díaz-Luis, F. Díaz, Y. Diñeiro, L. González-Blanco, E. Arias, A. Coto-Montes, M. Oliván y V. Sierra 3

Influencia de la alimentación líquida con suero de leche en el perfil de ácidos grasos del chorizo gallego.
Influence of liquid feeding with milk whey on "chorizo gallego" fatty acid profile.
I. González-Torres, P. González, N. Cobas, J.C. Barrio, L. Vázquez, L. Purriños, D. Franco, R. Domínguez y J.M. Lorenzo 19

Efecto del sexo y de la alimentación líquida con patata sobre el perfil lipídico en carne de cerdo.
Effect of sex and liquid feeding with potato on the pork lipid profile.
I. González-Torres, P. González, N. Cobas, J.C. Barrio, L. Vázquez, L. Purriños, D. Franco, R. Domínguez y J.M. Lorenzo 32

Atributos sensoriales de lomo de cerdo Bísaro, alimentado con y sin castaña, *vs*. comercial.
Sensory attributes of Bísaro pork loin, fed with and without chestnut, vs. *commercial.*
S. Rodrigues, I. Oliveira, L. Vasconcelos, E. Pereira y A. Teixeira 44

Inclusión de boniato en la dieta de finalización de cerdos de cebo. Efecto en la calidad de la carne.
Study of the inclusion of sweet potato in the diet of fattening pigs. Effect on the physicochemical quality of the meat.
I. González-Torres, P. González, N. Cobas, J.C. Barrio, L. Vázquez, R. Bermúdez, M. Pateiro y J.M. Lorenzo 52

Calidad de carne de cordero de la región de Magallanes, Chile: Estrategias de producción de carnes de cordero diferenciadas.
Lamb meat quality from Magallanes region, Chile: Production strategies of differentiated lamb meats.
R. Lira, R. Rodríguez, F. Sales, I. Subiabre y R. Morales 64

Nuevos indicadores de carnes DFD: estrés oxidativo, autofagia y apoptosis

A. Díaz-Luis[1], F. Díaz[2], Y. Diñeiro[2,3], L. González-Blanco[1,3], E. Arias[2], A. Coto-Montes[1,3], M. Oliván[2,3] y V. Sierra[2,3,*]

[1] Dpto. de Morfología y Biología Celular, Universidad de Oviedo, C/ Julián Clavería s/n, 33006 Oviedo, Asturias, España
[2] Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Apdo 13, 33300 Villaviciosa, Asturias, España
[3] Instituto de Investigación Sanitaria del Principado de Asturias (ISPA), Avda. Roma s/n, 33011 Oviedo, Asturias, España

Resumen

En el ganado vacuno, el estrés pre-sacrificio provoca la aparición de carnes conocidas como DFD (Dark, Firm, Dry), que se identifican por un descenso anómalo del pH muscular *post-mortem* y que muestran serios problemas de calidad, lo cual disminuye su valor comercial. El objetivo de este trabajo es conocer las diferencias en los procesos de estrés oxidativo, en los mecanismos de supervivencia/muerte celular (autofagia/apoptosis) y en biomarcadores proteómicos a las 24 h *post-mortem,* entre canales que mostraron un descenso normal de pH (pH = 5,4-5,8 a las 24 h *post-mortem*) utilizadas como CONTROL y canales con pH a las 24 h *post-mortem* (pH_{24}) > 6,0 clasificadas como DFD, con el fin de identificar los procesos del metabolismo muscular ligados a la aparición de carnes DFD.

Se analizó el estrés oxidativo celular mediante el estudio de la actividad antioxidante total y los daños en macromoléculas (proteínas y lípidos). Las carnes DFD mostraron mayor actividad antioxidante ($P < 0,05$) a las 24 h *post-mortem*, así como mayor daño de proteínas ($P < 0,05$). También se analizaron biomarcadores de autofagia (Beclin-1 y LC3-II/LC3-I) y apoptosis (caspasa-3), así como los cambios producidos en el proteoma muscular. Los resultados demuestran la coexistencia de autofagia y apoptosis en el tejido muscular a las 24 h *post-mortem*, con diferencias de expresión significativas ($P < 0,05$) que permiten discriminar carnes DFD frente a carnes sin alteraciones de calidad (CONTROL).

Palabras clave: Calidad de carne, muerte celular, biomarcadores proteómicos, daño macromoléculas, balance oxidativo, $pH_{24.}$

Novel indicators of DFD beef: oxidative stress, autophagy and apoptosis

Abstract

In cattle, pre-slaughter stress causes the appearance of DFD (Dark, Firm, Dry) beef, with defective *post-mortem* muscle pH decline and detrimental quality that reduce its commercial value. This paper aims to study differences in oxidative stress, cell survival or death mechanisms (autophagy/apoptosis) and pro-

* Autor para correspondencia: veroniss@serida.org

Cita del artículo: Díaz-Luis A, Díaz F, Diñeiro Y, González-Blanco L, Arias E, Coto-Montes A, Oliván M, Sierra V (2021). Nuevos indicadores de carnes (DFD): estrés oxidativo, autofagia y apoptosis. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(1): 3-18. https://doi.org/10.12706/itea.2020.006

teomic biomarkers at 24 h *post-mortem* between beef carcasses with normal pH decline (pH = 5.4-5.8 at 24 h *post-mortem*) used as CONTROL and carcasses with pH at 24 h hours *post-mortem* (pH_{24}) > 6.0 classified as DFD, in order to understand the relevant changes on the early *post-mortem* muscle metabolism related to the DFD occurrence.

Cell oxidative stress was analyzed as total antioxidant activity and damage of macromolecules (proteins and lipids). The results showed that DFD meat had increased muscle antioxidant activity ($P < 0.05$) as well as increased protein damage ($P < 0.05$). In addition, biomarkers of autophagy (Beclin-1 and LC3-II/LC3-I) and apoptosis (caspase-3), and changes of the muscle proteome were analyzed. The results showed the coexistence of autophagy and apoptosis in the muscle tissue at 24 h *post-mortem*, but with differential expression ($P < 0.05$), which allows to discriminate between DFD and CONTROL beef.

Keywords: Meat quality, cell death, proteomic biomarkers, macromolecules damage, oxidative balance, pH_{24}.

Introducción

La obtención de carne de calidad requiere la aplicación de condiciones de cría y manejo pre- y peri-mortem adecuadas, para evitar situaciones de estrés animal que pueden influir en el metabolismo *post-mortem* muscular, afectando de forma negativa a la calidad de la carne (Apple *et al.,* 2005; Terlouw *et al.,* 2008). Estos defectos de calidad producen importantes pérdidas económicas en el sector, porque afectan en mayor grado a las partes más valiosas de la canal (Xing *et al.,* 2018). En nuestro país, por ejemplo, se ha descrito una incidencia de un 13,9% de carne de vacuno con pH a las 24 h *post-mortem* (pH_{24}) superior a 5,8 viéndose penalizado el precio de la canal entre un 30% y un 60% (Mach *et al.,* 2008).

En la carne de vacuno, se consideran normales valores de pH_{24} de entre 5,4 y 5,6 (Pearson y Young, 1989; Warriss, 2000). Sin embargo, el estrés animal puede producir defectos de calidad relacionados con una menor acidificación *post-mortem* del músculo, de modo que el pH_{24} se mantiene en valores superiores a 6, produciendo carnes oscuras y de textura defectuosa, conocidas como carnes DFD (del inglés Dark, Firm, Dry), que son rechazadas por el consumidor (Viljoen *et al.,* 2002; Wulf *et al.*, 2002; Mach *et al*., 2008; Ponnampalam *et al.*, 2017). Generalmente, el fenómeno DFD se asocia con un agotamiento temprano de las reservas de glucógeno muscular (Muchenje *et al.,* 2009) como consecuencia de un incremento de adrenalina *in vivo* en respuesta a situaciones de estrés y/o por una actividad muscular excesiva en momentos previos al sacrificio. Como consecuencia de este agotamiento, la glicolisis anaerobia *post-mortem* se ve alterada y se produce un descenso anormal del pH.

En estas condiciones de $pH_{24} > 6$, las proteínas musculares estarán por encima de su punto isoeléctrico y retendrán fuertemente el agua aumentando el volumen de las fibras musculares. Este aumento se produce a nivel del entramado miofibrilar, reduciéndose el espacio extracelular, por lo que se produce un mayor empaquetamiento de los haces de fibras. Todo esto afectará a la capacidad de retención de agua, que se incrementa, y también se producirán alteraciones en el color y la textura (Apple *et al.,* 2005; Zhang *et al.,* 2005). Así, la reducción del espacio extracelular junto con el mayor empaquetamiento de las fibras producirá una reducción en el índice de refracción de las miofibrillas y el sarcoplasma, además, este mayor empaquetamiento dificultará la oxidación de la mioglobina por lo que estos músculos serán más oscuros (Mounier *et al.,* 2006).

Otro defecto importante en las carnes DFD se produce a nivel de los procesos de ablanda-

miento y maduración (Silva *et al.,* 1999), generando carnes con textura anómala. Se ha comprobado que la degradación miofibrilar se ve afectada por el pH final, de modo que a pH intermedios ($5,7 < pH_{24} < 6,3$) las proteínas de choque térmico (HSPs) pueden proteger a las proteínas miofibrilares por lo que se producirá menor degradación proteolítica de estas, mientras que si el pH_{24} es menor de 5,7 o mayor de 6,3, es decir está más cercano al pH óptimo de los distintos sistemas proteolíticos celulares, se producirá mayor degradación enzimática de las proteínas miofibrilares y mayor desnaturalización proteica (Pulford *et al.,* 2009). Por otro lado, también se producirá una importante reducción de la vida útil debido a que los microrganismos, en ausencia de glucosa, utilizarán los aminoácidos como fuente de energía por lo que aparecerán más rápidamente olores inadecuados y se producirá una degradación microbiana más rápida (Newton y Gill, 1981; Ponnampalam *et al.,* 2017). Todo esto afectará negativamente a la palatabilidad y aceptabilidad, ya que estas carnes no solo tendrán defectos en color, sino que mostrarán un desarrollo más temprano de sabores y olores no deseados junto con una textura inadecuada (Viljoen *et al.,* 2002; Wulf *et al.,* 2002; Ponnampalam *et al.*, 2017).

El metabolismo *post-mortem* muscular se ve afectado por el estrés oxidativo ocasionado a nivel celular tras la muerte del animal, debido al corte súbito del aporte de oxígeno y la inhibición de la respiración mitocondrial. Se ha demostrado que la producción de especies reactivas de oxígeno (EROs) se incrementa en los tejidos estresados, alterándose gradualmente el balance redox entre moléculas oxidantes y antioxidantes, lo que produce daño oxidativo (Li *et al.,* 2011). Ante esta situación de estrés y daño oxidativo, las células que aún permanecen excitables en el *post-mortem* temprano desencadenarán distintos mecanismos que mediante el reciclado y recambio de orgánulos dañados (autofagia), o mediante la eliminación selectiva de células dañadas sin dañar a las células circundantes (apoptosis), intentarán restaurar la homeostasis y supervivencia tisular (Ouali *et al.,* 2006; Sierra y Oliván, 2013).

El papel que desempeñan estos mecanismos de supervivencia y/o muerte celular sobre el proceso de conversión del músculo en carne y su influencia en la calidad final ha sido objeto de estudio en las últimas décadas. Así, se sabe que la apoptosis induce la pérdida de la función mitocondrial, la reducción del volumen de las células musculares, la traslocación de los fosfolípidos de membrana, la rotura de las proteínas miofibrilares y el desmantelamiento de las estructuras celulares, lo que repercute en la terneza y calidad final de la carne (Ouali *et al.,* 2006; Kemp y Parr 2012; Chen *et al.,* 2015; Wang *et al.,* 2018). Se ha demostrado también la ocurrencia de autofagia en el tejido muscular bovino en las primeras horas tras el sacrificio (García-Macía *et al.,* 2014) y en el músculo de animales sometidos a diferentes situaciones de estrés (Rubio-González *et al.,* 2015; Potes *et al.,* 2017; Díaz *et al.,* 2020).

Las variaciones de calidad de la carne que resultan de canales con pH_{24} elevado dependerán de los cambios específicos que se produzcan a nivel de la estructura y el metabolismo celular, en función de las rutas metabólicas que prevalezcan a nivel celular. En este sentido, los cambios en el perfil proteómico del tejido muscular pueden ser claves para entender estos procesos (Sierra *et al.,* 2012; Picard *et al.,* 2015; Schilling *et al.,* 2017; Poleti *et al.,* 2018).

En general, valores de pH_{24} por encima de 5,8 se relacionan con la aparición de carnes DFD, sin embargo, existe cierta controversia a este respecto en la bibliografía, ya que se ha visto que la relación entre el $pH_{24} > 6$ y la aparición de defectos de calidad relacionados con el color o la capacidad de retención de agua no

siempre se mantiene (Ponnampalam *et al.,* 2017). Así, Hughes *et al.* (2014) demostraron que en el *Longissimus dorsi* solamente el 28% de las carnes con valores de pH_{24} > 5,8, tenían características DFD para el color, aumentando al 74% en el caso de pH_{24} > 6. En este mismo sentido apunta el trabajo de García-Torres *et al.* (2019) en el que se demostró que el valor de pH > 6 no es siempre un criterio suficientemente fiable para la clasificación de carne DFD de distintas razas de vacuno.

Por todo esto, en vista de que el descenso *post-mortem* del pH no parece ser el único indicador fiable de canales DFD, se propuso este trabajo cuyo objetivo fue estudiar las diferencias a nivel de biomarcadores proteómicos, de estrés oxidativo y de mecanismos de supervivencia y muerte celular (apoptosis, autofagia) entre carnes con valores normales de pH_{24} (entre 5,4 y 5,8) y carnes DFD (pH_{24} > 6) con el fin de entender los cambios relevantes en el metabolismo *post-mortem* muscular que afectan al proceso de conversión de músculo en carne así como tratar de definir nuevos biomarcadores de los procesos relacionados con las carnes DFD.

Material y métodos

Recogida de muestras

Se monitorizaron, en un matadero comercial, un total de 100 canales de terneros añojos (13 a 18 meses) en las que se midió el pH a las 24 h *post-mortem* (pH_{24}) en el músculo *Longissimus dorsi* (LD) a nivel de la 13ª costilla del lado izquierdo de la canal. Del total de canales medidas, 10 canales mostraron un pH_{24} elevado (pH_{24} > 6,0), y fueron clasificadas como DFD. Por cada canal DFD encontrada, se seleccionó una canal de características similares, es decir del mismo lote de sacrifico, edad, grupo racial y origen, pero con un pH_{24} normal (5,4-5,8) que fueron clasificadas como canales CONTROL. Debido a la elevada heterogeneidad racial del grupo de canales DFD encontradas, en el que había animales de las razas Parda, Limusina, Charolesa y del cruce comercial "Asturiana de los Valles x Frisona" y para tratar de minimizar la variabilidad debida al efecto de la raza, se seleccionaron para este estudio las muestras del grupo racial más numeroso (n = 8), que fueron las canales del cruce "Asturiana de los Valles x Frisona" de las que se obtuvieron 4 canales DFD y 4 CONTROL.

A las 24 h *post-mortem* se extrajeron con un cuchillo 20 g del músculo *Longissimus dorsi* de cada canal, a nivel de la 13ª costilla en la zona anexa a donde se realizó la medida de pH. Cada una de estas muestras se troceó, en fragmentos de 1 g aproximadamente, que fueron introducidos en tubos falcon (10 g por tubo, 2 tubos por animal) y congelados inmediatamente en nitrógeno líquido, conservándose a –80 °C para el posterior análisis de biomarcadores proteómicos, estrés oxidativo y muerte celular.

Obtención de extractos celulares: sarcoplásmico y miofibrilar

Para realizar las extracciones sarcoplásmicas y miofibrilares se procedió a la descongelación de un trozo de carne de aproximadamente 1 g del que se pesaron 0,5 g que fueron homogenizados en 4 ml de tampón de extracción TES (Tris 10 mM pH 7,6, 1 mM de EDTA y 0,25 M de sacarosa) al que se añadió un cóctel de inhibidores de proteasas (P8340, Sigma-Aldrich Inc., San Luis, USA) al 0,6%. El tejido fue homogeneizado empleando un Polytron PT1200 E (Kinematica. Inc., Luzern, Suiza) 2 x 15 s a 20000 rpm. El homogeneizado se centrifugó durante 20 min a 13000 rpm y 4 °C tras lo cual, se recogió el sobrenadante, que contiene las proteínas sarcoplásmicas, que fue filtrado con un filtro de fluoruro de polivinilideno (PVDF) (0,45 m) y

alicuotado en tubos eppendorf (25 alícuotas de 120 µl), que fueron almacenadas a –80 °C hasta su utilización. El pellet resultante de la centrifugación, que contiene la fracción miofibrilar, fue sometido a una fase de lavado en 4 ml de tampón TES repitiendo el paso anterior de homogeneizado y centrifugado para remover todas las proteínas solubles en TES antes de proceder a la extracción miofibrilar. El pellet resultante fue homogeneizado en 4 mL de tampón Lisis (10 mM Tris-HCl pH = 7,6, 7 M Urea, 2 M Tiourea, 2% CHAPS, 10 mM DTT) con el Polytron 2 x 15 s a 20000 rpm. Posteriormente esta solución se agitó durante 1 h en un agitador Multi Reax (Heidolph Instruments, Schwabach, Alemania), se centrifugó a 13.000 rpm durante 20 min a 4 °C y se recogió el sobrenadante que contiene las proteínas miofibrilares, que se filtró con un filtro de nylon (5 µm) y fue alicuotado en tubos eppendorf (25 alícuotas de 120 µl) y almacenado a –80 °C hasta su utilización. De cada muestra se realizaron tantas extracciones como fueron necesarias para disponer de suficiente cantidad para la realización de la batería completa de ensayos con sus respectivas réplicas. La concentración de proteína obtenida en los extractos miofibrilar y sarcoplásmico se analizó siguiendo el método de Bradford (Bradford, 1976) para cada muestra y extracción.

Biomarcadores de estrés oxidativo

El balance en el equilibrio oxidativo celular se analizó en el extracto sarcoplásmico mediante el cálculo de la Actividad Antioxidante Total (AAT) y los daños sobre macromoléculas, en concreto sobre lípidos y proteínas.

Para la valoración de la AAT se utilizó el método ABTS/H_2O_2/HRP de Arnao *et al.* (2001) modificado por de Gonzalo-Calvo *et al.* (2010). Los resultados se expresan como equivalentes de mg de Trolox/g de proteína.

Para estimar los daños de los lípidos, se midió la peroxidación lipídica (LPO), es decir, la producción de peróxidos de lípidos y sus derivados como malondialdehído (MDA) y 4-Hidroxialquenal (4-HNE) según el método de Esterbauer *et al.* (1990).

La determinación del daño oxidativo de proteínas se llevó a cabo siguiendo el protocolo desarrollado por Levine *et al.* (1990) con las variaciones introducidas por Coto-Montes y Hardeland (1999).

Análisis de marcadores moleculares de Autofagia y Apoptosis

Para el estudio de estos procesos se analizó la expresión de algunos de sus marcadores en el extracto sarcoplásmico muscular mediante Western-Blot. Como marcadores de autofagia se utilizaron Beclin-1 y la proteína de cadena ligera asociada a microtúbulos LC3 y como marcador de apoptosis, la actividad de caspasa-3.

Se utilizaron 50 µg de proteína por muestra que se sometieron a separación electroforética 1D-SDS-PAGE y posterior transferencia a membrana de PVDF (Immobilon TM-P; Millipore Corp., Bedford, MA, USA) según el procedimiento descrito por Díaz *et al.* (2020). Finalizada la transferencia, las membranas se bloquearon 1 h a temperatura ambiente con leche desnatada en polvo al 10% (170-6404, Bio-rad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA) disuelta en tampón TBS (50 mM Tris/HCl pH 7,5, 150 mM NaCl). Posteriormente, las membranas se incubaron con los respectivos anticuerpos primarios: anti-Beclin-1 dilución 1:1500 (3738; Cell Signaling Technology Inc., Danvers, MA, USA), anti-LC3 dilución 1:1000 (PD014; Medical & Biological Laboratories Co. Ltd, Naka-ku Nagoya, Japón) y antiCaspasa-3 dilución 1:500 (9661, de Cell Signaling Technology Inc., Danvers, MA, USA) en tampón TBS y leche desnatada en polvo al 1% en

agitación y 4 °C toda la noche. Posteriormente se realizaron tres lavados (de 10 min para Beclin-1 y de 20 min para LC3 y caspasa-3) en TBS-T (50 mM Tris / HCl pH 7,5; 150 mM NaCl y 0,5% Tween-20) tras lo que se incubaron las membranas con el correspondiente anticuerpo secundario conjugado con la peroxidasa de rábano (7074S, Antirabbit IgG HRP linked AB, Cell Signaling Technology Inc., Danvers, MA, USA), diluido en tampón TBS al 1% de leche desnatada en polvo (con diluciones 1:2500, 1:5000 y 1:1000 respectivamente), durante 1 h a temperatura ambiente y agitación, seguido de tres lavados de 10 min (Beclin-1) o 20 min (LC3 y caspasa-3) en TBS-T.

Las membranas fueron reveladas con el sustrato quimio-luminiscente de peroxidasa de rábano (WBKLS0500; Millipore Corp., Darmstadt, Alemania) y se analizaron los niveles de expresión de las proteínas mediante el software Image Studio Lite 3.1. Los resultados de densitometría se expresaron semi-cuantitativamente como unidades arbitrarias de densidad óptica de las bandas proteicas (por triplicado) normalizadas con una banda constante de la tinción con Ponceau como control de carga.

Separación electroforética de los subproteomas sarcoplásmico y miofibrilar

Los extractos sarcoplásmicos y miofibrilares del tejido muscular (15 g y 30 g de proteína por muestra, respectivamente) se desnaturalizaron con tampón de muestra (65,8 mM Tris/HCl pH 6,8, 2% SDS, 21% glicerol, 5% beta-mercaptoetanol y 0,026% azul de bromofenol) a 95 °C durante 5 min y se cargaron en geles verticales de 1 mm de grosor (Miniprotean, Bio-Rad Laboratories Inc., CA, USA). La composición del gel de resolución era 12% Acrilamida/Bisacrilamida (30%), 10% SDS, 15 M Tris/Hcl pH 8,8; 10% Persulfato amónico y 0,1% TEMED, modificando en el gel de empaquetamiento al 4% la concentración de Acrilamida y a 0,5 M el tampón Tris/HCL pH 6,8. Los geles se corrieron en un Mini-PROTEAN® Tetra Cell de BioRad con tampón de corrida (25 mM Tris, 192 mM glicina y 0,1% SDS) y las muestras se separaron electroforéticamente durante aproximadamente 2 h a 150 V. En cada gel se cargó además un marcador de peso molecular (Precision Plus ProteinTM All Blue Standards, Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA) para determinar los pesos moleculares de las bandas proteicas. Tras la separación electroforética, los geles se tiñeron con una solución comercial (161-0803, QC Colloidal Coomasie Stain, Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA) y se destiñeron con agua destilada. Se hicieron triplicados de geles por muestra para su cuantificación mediante técnicas de análisis de imagen.

Cuantificación e identificación del proteoma

Los geles de electroforesis se escanearon, una vez teñidos, con un escáner comercial (ImageScanner UMAX, Amersham Biosciences Corp., Bath, Reino Unido). El análisis de densitometría y la cuantificación de las bandas se realizó mediante la herramienta de análisis de geles 1D del software ImageQuant TL, versión 7.0, (GE Healthcare, Buckinghamshire, Reino Unido). Para tener en cuenta las ligeras variaciones en la carga proteica, la densidad óptica de las bandas proteicas se expresó como abundancia relativa (volumen normalizado) expresada en unidades arbitrarias.

Las bandas de proteínas se cortaron manualmente y fueron digeridas y procesadas para un análisis posterior según lo indicado por Jami *et al.* (2010). Las muestras se analizaron con un espectrómetro (MALDI-TOF/TOF) de ionización por desorción láser asistida por matriz 4800 (ABSciex, MA, USA). Se usó el analizador proteómico 4700 (Cal Mix 5, ABSciex, MA, USA) como calibración externa. Todos los espectros de MS se calibraron internamente utilizando péptidos de la digestión con tripsina. El análisis por espectrometría de

masas MALDI-TOF/TOF produjo huellas de péptidos y los péptidos observados (hasta 65 péptidos por punto) se recogieron y se representaron como una lista de pesos moleculares monoisotópicos con una relación señal a ruido (S/N) mayor que 20, utilizando el software 4000 Series Explorer versión 3.5.3 (ABSciex, MA, USA). Todos los iones contaminantes conocidos (péptidos derivados de tripsina y queratina) se excluyeron para el posterior análisis MS/MS. Por lo tanto, a partir de cada espectro MS, los 10 precursores más intensos con S/N > 20 se seleccionaron para el análisis MS/MS con CID (gas atmosférico) en modo de reflector iónico de 2 kV y ventanas de masa precursora de ±7 Da. La calibración predeterminada se optimizó para los espectros MS/MS.

Para la identificación de proteínas, se crearon archivos genéricos Mascot que combinan espectros MS y MS/MS y se consultó una base de datos de proteínas no redundantes utilizando una licencia local de Mascot versión 2.2 de Matrix Science a través de Global Protein Server versión 3.6 (AB Sciex). Los parámetros de búsqueda para las huellas de masas de péptidos y los espectros de MS en tándem obtenidos se establecieron de la siguiente manera: i) se utilizaron las bases de datos de secuencias NCBIprot 20180429; ii) taxonomía: todas las entradas (152462470 secuencias, 55858910152 residuos); iii) se consideraron modificaciones fijas y variables (cisteína como derivado de azufre carbamidometilo y metionina como metionina oxidada); iv) se permitió un sitio de escisión perdido; v) la tolerancia del precursor fue de 100 partes por millón y la tolerancia del fragmento MS/MS fue de 0,3 Da; vi) carga peptídica: 1^+; y vii) el algoritmo se estableció para usar tripsina como enzima. Las proteínas candidatas se consideraron válidas cuando la puntuación global Mascot fue superior a 94, con un nivel de significación de $P < 0,05$.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS vs 22 (IBM Corp, Armonk, Nueva York, USA). Se revisaron los datos para la detección y eliminación de errores tipográficos, además se realizó un análisis exploratorio de la distribución de cada variable analizada mediante diagramas de caja (boxplot) eliminando los datos extremos y atípicos. La normalidad de las variables se comprobó mediante el test de Kolmogórov-Smirnov y posteriormente se analizó la existencia de diferencias significativas entre los dos grupos de muestras (CONTROL *vs* DFD) mediante test T para muestras independientes (para las variables normales) o mediante el test de Mann-Whitney (en el caso de las variables no normales), fijando 0,05 como nivel de significación aceptado.

Resultados y discusión

pH

En este estudio, las canales CONTROL mostraron valores de pH_{24} normales (5,64 ± 0,04) y significativamente ($P < 0,001$) menores que las muestras DFD, cuyos valores de pH_{24} medios fueron de 6,51 ± 0,21 (Tabla 1).

Estrés oxidativo

La AAT, que proporciona información sobre la cantidad de sustancias antioxidantes que hay disueltas en los extractos celulares y es considerada como un indicador útil de la capacidad del sistema para impedir el daño causado por las EROs, mostró valores significativamente más elevados ($P < 0,001$) en las muestras DFD que en las CONTROL (Tabla 1). Estos resultados coinciden con trabajos previos en

Tabla 1. Valores de pH y estrés oxidativo (media ± desviación estándar) a las 24 horas *post-mortem* en carne de pH normal (CONTROL) y carne DFD.
Table 1. Values of pH and oxidative stress (mean ± standard deviation) at 24 hours post-mortem in meat of normal pH (CONTROL) and DFD meat.

Variable	Control	DFD	Valor de *P*
pH	5,64 ± 0,04	6,51 ± 0,21	0,000
AAT (mg Trolox/mg prot)	6,89 ± 2,04	13,97 ± 1,88	0,000
DP (nm prot carbonilada/mg prot)	1,04 ± 0,19	1,88 ± 0,58	0,033
LPO (nm MDA+4HNE/g prot)	3,93 ± 0,851	4,83 ± 1,099	0,704

AAT: Actividad antioxidante total; DP: Daño de Proteínas; LPO: Lipoperoxidación; MDA: Malonaldehido; HNE: Hidroxinonenal.

los que se encontraron incrementos en la defensa antioxidante, medida como AAT, del tejido muscular de cerdos como respuesta el estrés previo al sacrificio ocasionado por mezcla con animales extraños (Rubio-González *et al.,* 2015) o por mayor susceptibilidad individual al estrés (Potes *et al.,* 2017).

En ocasiones los sistemas antioxidantes no pueden contrarrestar el incremento masivo de EROs y el exceso de radicales libres puede generar importantes daños a nivel de macromoléculas celulares como proteínas y lípidos (Bekhit *et al.,* 2013). En este trabajo se observaron daños de proteínas significativamente mayores ($P < 0,05$) en el tejido muscular *post-mortem* en las muestras DFD que en las CONTROL (Tabla 1) lo que indica un nivel más elevado de estrés oxidativo. También los valores de LPO fueron ligeramente superiores en las muestras DFD que en las CONTROL (Tabla 1), si bien esta diferencia no resultó significativa.

Apoptosis y Autofagia

Estudios recientes han señalado el papel relevante que ciertos procesos de supervivencia y/o muerte celular que se desencadenan en el tejido muscular tras el sacrificio del animal pueden tener sobre el proceso de conversión del músculo en carne, en respuesta a la situación de estrés oxidativo del tejido tras la muerte del animal (Sierra y Oliván, 2013). Entre ellos, el proceso más estudiado hasta la fecha ha sido la apoptosis o muerte celular programada tipo I (PCD I), cuya relación con la calidad de la carne fue propuesta por primera vez por el grupo de Ouali (Ouali *et al.,* 2006; Herrera-Mendez *et al.,* 2006).

Por otro lado, la autofagia es una respuesta celular al estrés oxidativo, que permite el recambio de orgánulos dañados en un intento de mantener la viabilidad celular. Sin embargo, cuando la autofagia no consigue revertir los daños o se convierte en un proceso masivo, puede disparar mecanismos de muerte celular programada dando lugar a la destrucción total de las células vía apoptosis (PCD I) o mediante la muerte celular autofágica (PCD II). Ambos procesos (autofagia y apoptosis) se han descrito en el tejido muscular *post-mortem* en situaciones de estrés animal (Zhang *et al*., 2014; Wang *et al.*, 2018; Díaz *et al.*, 2020), aunque hasta la fecha no se había estudiado en detalle su relación con la aparición de carnes DFD.

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos para la expresión de los distintos biomarcadores celulares de estos procesos: Beclin-1 y

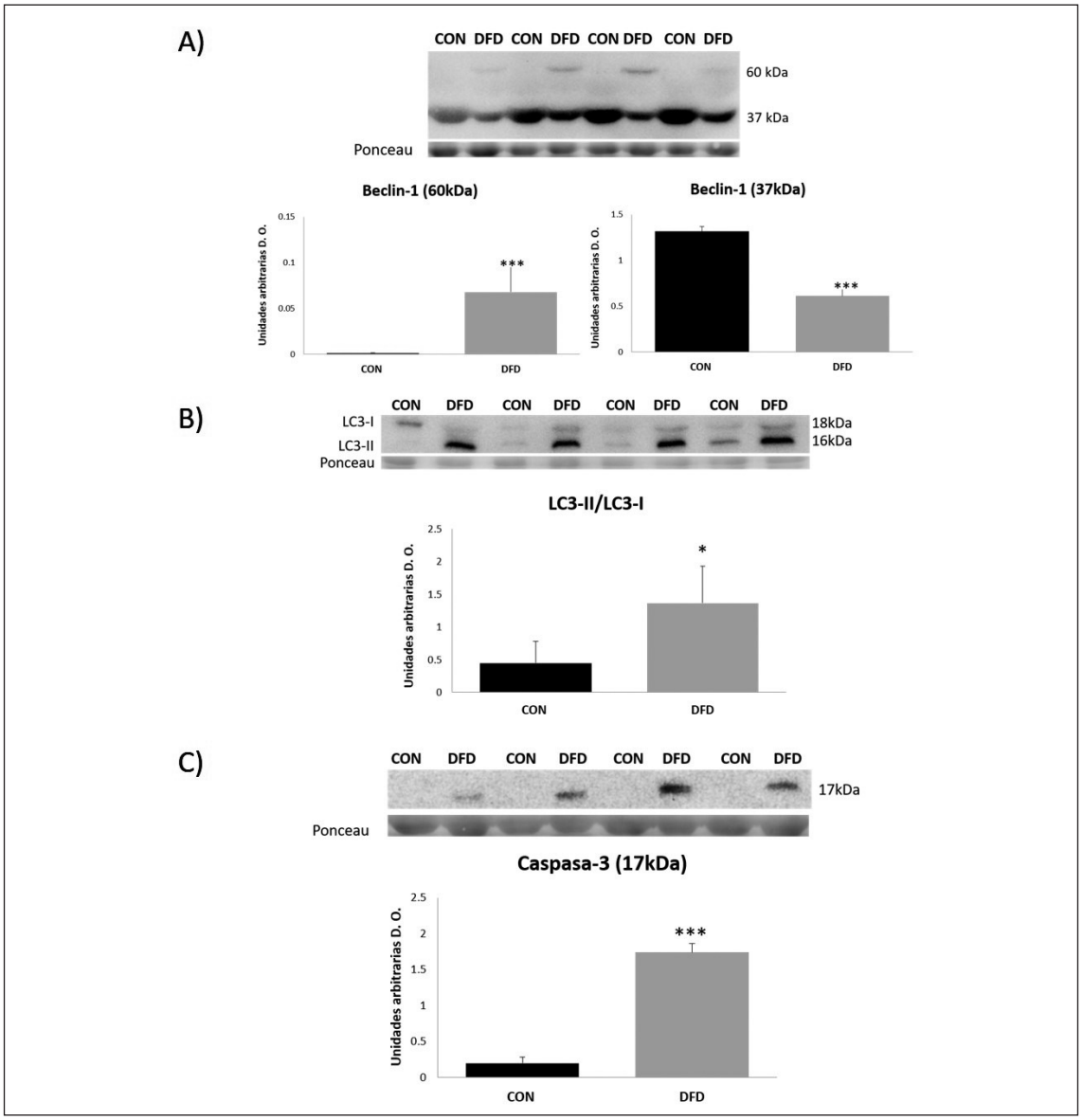


Figura 1. Análisis de biomarcadores de autofagia y apoptosis: imagen representativa de Western-blot y diagramas de barras de la semi-cuantificación (media ± desviación estándar) expresada como unidades arbitrarias de densidad óptica (D.O.) y normalizada frente al Ponceau. A) Beclin-1; B) LC3-II/ LC3-I y C) Caspasa-3.
CON: muestras control; DFD: muestras con $pH_{24} > 6$; * $P < 0,05$; ***: $P < 0,001$.
Figure 1. Analysis of biomarkers of autophagy and apoptosis: representative Western-blot and bar charts of semi-quantitative optical density (O.D.) in arbitrary units (mean ± standard deviation) and Ponceau normalized. A) Beclin-1; B) LC3-II/LC3-I and C) Caspase-3.
*CON: control samples; DFD: samples with $pH_{24} > 6$; * $P < 0.05$; ***: $P < 0.001$.*

LC3 para autofagia y caspasa-3 para apoptosis. En el caso de Beclin-1 se encontraron dos bandas, una de 60 kda correspondiente a la proteína nativa y otra de 37 kDa correspondiente a un fragmento de degradación, observándose una expresión significativamente mayor ($P < 0,05$) de la banda nativa de 60 kDa en las carnes DFD, mientras que la expresión de la banda de 37 kDa fue significativamente menor ($P < 0,001$) en las muestras DFD respecto a las muestras CONTROL (Figura 1A).

Estudios previos realizados por nuestro grupo de investigación en canales de vacuno de pH_{24} normal de las razas Asturiana de los Valles y Asturiana de la Montaña, mostraron un descenso paulatino desde las 2 hasta las 24 horas *post-mortem* de la expresión de Beclin-1 (60 kDa) acorde con la disminución de ATP en la célula (García-Macía *et al.,* 2014; Díaz *et al.,* 2020). Esto, junto con los resultados aquí expuestos, parece indicar que la autofagia ocurre tanto en el músculo de canales DFD como en las canales CONTROL, aunque evoluciona a distinta velocidad, de modo que las muestras DFD presentan a las 24 horas *post-mortem* una respuesta autofágica de mayor intensidad o más prolongada en el tiempo (mayor expresión de Beclin-1 de 60 kDa a las 24 horas después del sacrificio) que el músculo de las canales CONTROL. Por el contrario, en las muestras CONTROL el proceso autofágico ha sido menos intenso o se ha interrumpido más rápidamente, con apenas expresión del fragmento de 60 kDa y una expresión significativamente mayor del fragmento de degradación de 37 kDa a las 24 horas *post-mortem*.

Otro método de análisis de la autofagia es el estudio de la proteína de cadena ligera-3 asociada a microtúbulos (LC3). La conversión de LC3-I (forma soluble de 18kDa) a LC3-II (forma conjugada con fosfolípidos y unida a membrana de 16 kDa) se correlaciona con la formación de autofagosomas completos y autolisosomas, por lo que el análisis del flujo autofágico (relación LC3II/LC3I) es un biomarcador de actividad autofágica en las células (Kabeya *et al.,* 2000). Los resultados de este estudio mostraron mayor nivel de expresión del flujo autofágico LC3-II/LC3-I a las 24 horas *post-mortem* en las carnes DFD que en las CONTROL ($P < 0,05$, Figura 1B), lo que concuerda con los resultados obtenidos para Beclin-1 (60 kDa).

Para completar el estudio, se analizó la ocurrencia de apoptosis mediante la determinación de la expresión de la Caspasa 3. Este enzima pertenece a una familia de cisteín-proteasas mediadoras esenciales en los procesos apoptóticos, que ha sido propuesto como el primer sistema proteolítico que participa en la proteólisis y el ablandamiento de la carne durante la maduración *post-mortem* (Sentandreu *et al.,* 2002). Los resultados obtenidos mostraron mayor expresión ($P < 0,001$) de la forma activa de caspasa 3 (17 kDa) en las carnes DFD, que en las CONTROL, en las que apenas se detecta expresión a las 24 h *post-mortem* (Figura 1C), lo que podría indicar que la apoptosis ha ocurrido de forma más temprana en los individuos CONTROL. Estudios previos en *Longissimus dorsi* en cerdo demostraron que en las carnes con $pH_{24} > 6$ se producía una expresión significativamente mayor de la proteína de choque térmico de 90 kDa (HSP90), siendo ésta una proteína que ejerce un papel anti-apoptótico, inhibiendo la inversión de fosfolípidos de membrana asociada a la ocurrencia de apoptosis, y por tanto retardando el proceso de apoptosis y el descenso de pH (Zhang *et al.,* 2014).

Además estos resultados concuerdan con los cambios observados en Beclin-1, ya que se ha descrito que durante la apoptosis las caspasas pueden inhibir la autofagia fragmentando Beclin-1 y dando lugar a un fragmento de 37 kDa (Wirawan *et al.,* 2010), que es el fragmento que presentó mayor expresión en las carnes CONTROL a las 24 h *post-mortem*, indicando la ocurrencia de ambos procesos (autofagia y apoptosis) a tiempos *post-mortem* más tempranos en la carne de pH_{24} normal.

Estos resultados nos permiten afirmar que los procesos de autofagia y apoptosis coexisten en el tejido muscular *post-mortem*, independientemente de la evolución del descenso de pH, aunque con diferencias significativas, en cuanto a su expresión, entre las carnes DFD y CONTROL. Así, los resultados parecen indicar que en las carnes DFD, generalmente relacionadas con situaciones de estrés animal, se produce una respuesta autofágica más intensa y/o de mayor duración junto con una defensa antioxidante más elevada. En las muestras DFD, ambos procesos, autofagia y apoptosis, permanecen aún activos a las 24 horas *post-mortem*, ya que se encontró mayor expresión de la banda de Beclin-1 de 60 kDa, del flujo autofágico LC3II/LC3I y de la forma activa de caspasa-3. En cambio, la autofagia es menos intensa o presenta menor duración en el tiempo en las carnes CONTROL en las que la escasa expresión de caspasa-3 y la mayor expresión del fragmento de Beclin-1 de 37 kDa a las 24 horas *post-mortem* parecen indicar que la apoptosis ocurre de forma más temprana y podría estar inhibiendo la autofagia.

Cambios en el proteoma muscular

Las diferencias encontradas en intensidad y duración de los procesos celulares de apoptosis y autofagia llevan asociados una serie de cambios en el proteoma muscular. Mediante electroforesis 1D SDS-PAGE se separaron un total de 28 bandas en el subproteoma sarcoplásmico y de 26 bandas en el miofibrilar, de entre 200 kDa y 20 kDa. La Tabla 2 muestra las proteínas que mostraron cambios significativos de intensidad entre las muestras CONTROL y DFD a las 24 horas *post-mortem*, tanto a nivel del subproteoma sarcoplásmico, que contiene la mayor parte de las proteínas metabólicas, como en el miofibrilar, formado principalmente por proteínas estructurales y contráctiles.

Entre las proteínas sarcoplásmicas, hubo 7 que mostraron mayor intensidad ($P > 0,05$) en las muestras DFD que en las CONTROL y que fueron identificadas como Enzima desramificante de glucógeno (GDBE), Glucógeno fosforilasa muscular (PYGM), Aconitasa 2 mitocondrial (ACO2), β-Enolasa (ENO3), Gliceraldehido-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH), Anhidrasa carbónica tipo III (CAIII) y una banda doble formada por dos proteínas: precursor de Seroalbúmina (ALB) y la Proteína de estrés térmico (Heat Shock Protein) de 70 kDa (HSP70). En cambio, se encontraron dos bandas identificadas como Fructosa bisfosfato aldolasa A (ALDOA) y Creatinina quinasa muscular (CKM29) que mostraron menor intensidad ($P > 0,05$) en las muestras DFD.

La mayoría de estas proteínas son enzimas relacionados con los procesos del catabolismo de carbohidratos, implicadas en la glucogenólisis (GDBE y PYGM), en la glicólisis (ENO3, GAPDH y ALDOA) o con efecto en el mantenimiento de la homeostasis muscular (CKM). Las diferencias encontradas en cuanto a su intensidad entre ambos grupos probablemente sean debidas a la mayor demanda energética producida a consecuencia del estrés previo al sacrificio en las carnes DFD respecto a las CONTROL (Díaz *et al.,* 2020).

La interpretación de las diferencias en la banda doble ALB/HSP70, que mostró mayor intensidad ($P < 0,05$) en las muestras DFD respecto a las CONTROL, resulta difícil al tratarse de una banda peptídica que contiene dos proteínas que no pudieron separarse en los geles 1D SDS-PAGE, siendo ésta una de las limitaciones inherentes a esta técnica analítica. Se sabe que la HSP70 ejerce una función protectora sobre las proteínas estructurales contribuyendo al mantenimiento de la integridad muscular, además se ha descrito que esta proteína puede tener un papel anti-apoptótico (Bjarnadóttir *et al.,* 2010; Fuente-García *et al.,* 2019). Por tanto, la mayor intensidad de esta banda detectada en las muestras DFD podría indicar un retraso en la señal apoptótica, lo que coincide con nuestros resultados que muestran un retardo de la apoptosis en las muestras DFD a las 24 horas *post-mortem*.

Tabla 2. Proteínas con expresión diferencial entre muestras CONTROL y DFD a las 24 horas *post-mortem* (media ± desviación estándar, expresadas en unidades arbitrarias de densidad óptica).
Table 2. Proteins with differential expression between CONTROL and DFD samples at 24 hours post-mortem. (mean± standard error, expressed in optical density arbitrary units).

Identificación	PM (kDa)	Control	DFD	Valor de *P*
Extracto sarcoplásmico				
Enzima desramificante de glucógeno (GDBE)	167,9	0,59 ± 0,08	1,33 ± 0,56	0,040
Glucógeno fosforilasa muscular (PYGM)	95,1	3,54 ± 0,61	6,04 ± 0,33	0,000
Aconitasa 2 mitocondrial (ACO2)	86,9	0,47 ± 0,08	0,71 ± 0,09	0,015
Precursor de seroalbúmina/HSP70 (ALB/HSP70)	68,1	4,23 ± 0,76	5,56 ± 0,59	0,034
β-Enolasa (ENO3)	49,2	0,81 ± 0,06	1,01 ± 0,08	0,029
Fructosa bisfosfato aldolasa A (ALDOA)	38,3	11,95 ± 0,69	8,07 ± 0,27	0,000
Gliceraldehido 3 fosfato deshidrogenasa (GAPDH30)	27,1	4,28 ± 0,69	5,74 ± 0,19	0,021
Creatinina quinasa muscular (CKM29)	26,2	4,37 ± 0,09	3,56 ± 0,46	0,014
Anhidrasa Carbonica-III (CAIII)	25,0	4,60 ± 0,13	4,98 ± 0,25	0,034
Extracto miofibrilar				
α-actinina-3 (ACTN3)	95,5	6,510 ± 0,430	5,76 ± 0,205	0,021
α-actina muscular	40	19,545 ± 0,963	17,929 ± 0,582	0,028
Proteina 1 de cuatro dominios y medio LIM (FHL1)	28,7	3,827 ± 1,144	5,295 ± 0,159	0,044
Troponin T isoforma 31 (TnT)	26	0,849 ± 0,108	0,587 ± 0,122	0,018
Miosina de cadena ligera 1/3 (myL1)	22,7	4,956 ± 0,286	5,597 ± 0,330	0,026

PM: Peso molecular experimental (kDa).

En el caso del subproteoma miofibrilar, solamente 5 bandas mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los grupos de muestras analizadas, posiblemente porque los cambios en proteínas estructurales implicadas en el ablandamiento de la carne requieren tiempos más largos de maduración. En las carnes DFD se encontró mayor intensidad de Proteína LIM de 4 dominios y medio (FHL1) y de Miosina de cadena ligera 1/3 (MYL1) y menor de proteínas como α-actinina 3 (ACTN3), α-Actina muscular y Troponina T isoforma 31 (TnT) que en las carnes CONTROL.

Resulta especialmente relevante la mayor presencia del fragmento de 26 kDa de la TnT en las carnes CONTROL, dado que el perfil de degradación de esta proteína ha sido señalado en numerosos trabajos como indicador de proteólisis del tejido muscular (Sierra *et al.,* 2012; Wu *et al.,* 2015). Esto, junto con la mayor aparición de fragmentos de degradación de otras proteínas estructurales como son la ACTN3 y la α-actina en las muestras CONTROL, parece indicar un mayor grado de proteólisis en la carne de pH_{24} normal que en la carne DFD a las 24 horas *post-mortem*, es

decir, una ralentización de la proteólisis del tejido muscular en las canales DFD. Esto concuerda con estudios previos que también mostraron ralentización en la degradación de proteínas estructurales asociada con un retardo en los procesos apoptóticos en carnes de $pH_{24} > 6$, lo cual contribuye negativamente a la maduración, dando lugar a defectos o anomalías en la textura final de la carne (Franco *et al.,* 2015; Poleti *et al.,* 2018).

Conclusiones

Este estudio ha permitido demostrar por primera vez la coexistencia e interrelación entre los procesos de autofagia y apoptosis en el tejido muscular y su papel relevante en la regulación del metabolismo *post-mortem* del músculo.

Las carnes DFD, normalmente asociadas a un mayor nivel de estrés animal pre-sacrificio, mostraron mayor estrés oxidativo, mayor activación de la respuesta antioxidante celular y mayor activación de mecanismos de supervivencia y de muerte celular programada (autofagia y apoptosis) a las 24 horas *post-mortem*. Esto parece indicar que en el tejido muscular de las canales DFD ocurre una respuesta celular al estrés oxidativo más intensa y prolongada durante las primeras 24 horas *post-mortem*, lo que parece producir una ralentización de la apoptosis y un retardo en los procesos proteolíticos. En cambio, en el tejido muscular de las canales CONTROL, con descenso de pH normal y menor estrés oxidativo, la apoptosis podría ocurrir de forma más temprana facilitando una proteólisis y un ablandamiento adecuado de la carne.

Estos resultados permiten entender los cambios relevantes en el metabolismo *post-mortem* muscular que afectan al proceso de conversión de músculo en carne e indican nuevos biomarcadores de los procesos relacionados con las carnes DFD, dado que el pH_{24} no siempre resulta un indicador fiable de carnes de calidad anómala. No obstante, sería necesario ampliar este estudio con muestras de canales de distintos tipos raciales y monitorizar la evolución de un mayor número de biomarcadores para conocer con exactitud la sucesión temporal de los procesos estudiados.

Agradecimientos

Agradecemos a la empresa FRIBIN su colaboración en el estudio. Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación obtenida en el proyecto RTA 2014-00034-C04-01 (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria y Fondo Europeo de Desarrollo Regional) y en el proyecto RTI2018-096162-R-C21 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Agencia Estatal de Investigación y Fondo Europeo de Desarrollo Regional). Fernando Díaz agradece al Ministerio de Economía y Empresa la financiación para el contrato PEJ-2014-P-01094.

Referencias bibliográficas

Apple JK, Kegley EB, Galloway DL, Wistuba TJ, Rakes LK (2005). Duration of restraint and isolation stress as a model to study the dark-cutting condition in cattle. Journal of Animal Science 83: 1202-1214. https://doi.org/10.2527/2005.8351202x.

Arnao MB, Cano A, Acosta M (2001). Analytical, nutritional and clinical methods section: The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chemistry 73: 239-244. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1.

Bekhit AEA, Hopkins DL, Fabri FT, Ponnampalam EN (2013). Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: sources, markers, and remedies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12: 565-597. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12027.

Bjarnadóttir SG, Hollung K, Mosleth E, Veiseth-Kent E (2010). Proteome changes in bovine *Longissimus thoracis* muscle during the first 48 h postmortem: shifts in energy status and myofibrillar stability. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58: 7408-7414. https://doi.org/10.1021/jf100697h.

Bradford MM (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254. https://doi.org/doi:10.1016/0003-2697(76)90527-3.

Chen L, Feng X, Zhang Y, Liu X, Zhang W, Li C, Ullah N, Xu X, Zhou G (2015). Effects of ultrasonic processing on caspase 3, calpain expression and myofibrillar structure of chicken during post mortem ageing. Food Chemistry 177: 280-287. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.064.

Coto-Montes A, Hardeland R (1999). Antioxidative effects of melatonin in Drosophila melanogaster: antagonization of damage induced by the inhibition of catalase. Journal of Pinneal Research 27: 154-158. https://doi.org/10.1111/j.1600-079x.1999.tb00610.x.

de Gonzalo-Calvo D, Neitzert K, Fernández M, Vega-Naredo I, Caballero B, García-Macía M, Suárez FM, Rodríguez-Colunga MJ, Solano JJ, Coto-Montes A (2010). Differential inflammatory responses in aging and disease: TNF-α and IL-6 as possible biomarkers. Free Radical Biology and Medicine 49: 733-737. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.05.019.

Díaz F, Díaz-Luis A, Sierra V, Diñeiro Y, González P, García-Torres S, Tejerina D, Romero-Fernández MP, Cabeza de Vaca M, Coto-Montes A, Oliván M (2020). What functional proteomic and biochemical analysis tell us about animal stress in beef? Journal of Proteomics 218: 103722. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103722.

Esterbauer H, Dieber-Rotheneder M, Waeg G, Puhl H, Tatzber F (1990). Endogenous antioxidants and lipoprotein oxidation. Biochemical Society Transactions 18: 1059-1061. https://doi.org/10.1042/bst0181059.

Franco D, Mato A, Salgado FJ, López-Pedrouso M, Carrera M, Bravo S, Parrado-Casas M, Gallardo JM, Zapata C (2015). Tackling proteome changes in the *longissimus thoracis* bovine muscle in response to pre-slaughter stress. Journal of Proteomics 122: 73-85 https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.03.029.

Fuente-García C, Aldai N, Sentandreu E, Oliván M, García-Torres S, Franco-Ruiz D, Zapata C, Sentandreu MA (2019). Search for proteomic biomarkers related to bovine pre-slaughter stress using liquid isoelectric focusing (OFFGEL) and mass spectrometry. Journal of Proteomics 198: 59-65. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2018.10.013.

García-Macía M, Sierra V, Palanca A, Vega-Naredo I, De Gonzalo-Calvo D, Rodríguez-González S, Coto-Montes A (2014). Autophagy during beef aging. Autophagy 10(1): 137-143. https://doi.org/10.4161/auto.26659.

García-Torres S, Cabeza de Vaca M, Tejerina D, Romero-Fernández MP, Ortiz A, Díaz F, Sierra V, González P, Franco D, Zapata C, Sentandreu MA, Oliván M (2019). ¿Es el pH un criterio suficiente para la clasificación de carne DFD en vacuno? I Congreso Iberoamericano de Marcas de Calidad de Carne y de Productos Cárnicos, 24 y 25 de octubre, Bragança, Portugal. pp. 73-77.

Herrera-Mendez C, Becila S, Boudjellal A, Ouali A (2006). Meat ageing: Reconsideration of the current concept. Trends in Food Science & Technology 17: 394-405. https://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.011.

Hughes J, Kearney G, Warner R (2014). Improving beef meat colour scores at carcass grading. Animal Production Science 54: 422-429. https://doi.org/10.1071/AN13454.

Jami MS, Barreiro C, García-Estrada C, Martín JF (2010). Proteome analysis of the penicillin producer *Penicillium chrysogenum*. Molecullar and Cell Proteomics 9: 1182-1198. https://doi.org/10.1074/mcp.m900327-mcp200.

Kabeya Y, Mizushima N, Ueno T, Yamamoto A, Kirisako T, Noda T, Kominami E, Ohsumi Y, Yoshimori T (2000). LC3, a mammalian homologue of yeast Apg8p, is localized in autophagosome membranes after processing. The EMBO Journal 19: 5720-5728. http://dx.doi.org/10.1093/emboj/19.21.5720.

Kemp CM, Parr T (2012). Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderization. Meat Science 92: 252-259. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.013.

Levine RL, Garland D, Oliver CN, Amici A, Climent I, Lenz AG, Ahn BW, Shaltiel S, Stadtman ER (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. Methods in Enzymology 186: 464-478. https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86141-h.

Li Q, Zhang M, Chen YJ, Wang YJ, Huang F, Liu J (2011). Oxidative damage and HSP70 expression in masseter muscle induced by psychological stress in rats. Physiology & Behavior 104: 365-372. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.04.012.

Mach N, Bach A, Velarde A, Devant M (2008). Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. Meat Science 78(3): 232-238. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.021.

Mounier L, Dubroeucq H, Andanson S, Veissier I (2006). Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. Journal of Animal Science 84: 1567-1576. https://doi.org/10.2527/2006.8461567x.

Muchenje V, Dzama K, Chimonyo M, Strydom PE, Raats JG (2009). Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. Meat Science 81: 653-657. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.004.

Newton KG, Gill CO (1981). The microbiology of DFD fresh meats: a review. Meat Science 5: 223-232. https://doi.org/10.1016/0309-1740(81)90005-X.

Ouali A, Herrera-Mendez HC, Coulis G, Becila S, Boudjellal A, Aubry L, Sentandreu MA (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. Meat Science 74: 44-58. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.010.

Pearson AM, Young RB (1989) Muscle and meat biochemistry. Ed. Academic Press Inc., San Diego, California, USA.

Picard B, Lebret B, Cassar-Malek I, Liaubet L, Berri C, Le Bihan-Duval E, Hocquette JF, Renand G (2015). Recent advances in omic technologies for meat quality management. Meat Science 109: 18-26. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.003.

Poleti M, Moncau C, Silva-Vignato B, Fernandes-Rosa A, Lobo A, Cataldi T, Negrão J, Silva S, Eler J, Balieiro J (2018). Label-free quantitative proteomic analysis reveals muscle contraction and metabolism proteins linked to ultimate pH in bovine skeletal muscle. Meat Science 145: 209-219. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.041.

Ponnampalam EN, Hopkins DL, Bruce H, Li D, Baldi G, Bekhit AE (2017). Causes and contributing factors to "Dark Cutting" meat: current trends and future directions: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 16: 400-430. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12258.

Potes Y, Oliván M, Rubio-González A, de Luxán-Delgado B, Díaz F, Sierra V, Arroyo L, Peña R, Bassols A, González J, Carreras R, Velarde A, Muñoz-Torres M, Coto-Montes A (2017). Pig cognitive bias affects the conversion of muscle into meat by antioxidant and autophagy mechanisms. Animal 11: 2027-2035. https://doi.org/10.1017/S1751731117000714.

Pulford DJ, Dobbie P, Fraga Vazquez S, Fraser-Smith E, Frost DA, Morris CA (2009). Variation in bull beef quality due to ultimate muscle pH is correlated to endopeptidase and small heat shock protein levels. Meat Science 83: 1-9. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.008.

Rubio-González A, Potes Y, Illán-Rodríguez D, Vega-Naredo I, Sierra V, Caballero B, Fàbrega E, Velarde A, Dalmau A, Oliván M, Coto-Montes A (2015). Effect of animal mixing as a stressor on biomarkers of autophagy and oxidative stress during pig muscle maturation. Animal 9: 1188-1194. https://doi.org/10.1017/S1751731115000518.

Schilling MW, Suman SP, Zhang X, Nair MN, Desai MA, Kezhou C, Ciaramella MA, Allen PJ (2017). Proteomic approach to characterize biochemistry of meat quality defects. Meat Science 132: 131-138. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.018.

Sentandreu MA, Coulis G, Ouali A (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. Trends in Food Science and Technology 13: 400-421. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00188-7.

Sierra V, Fernández-Suárez V, Castro P, Osoro K, Vega-Naredo I, García-Macía M, Rodríguez-Colunga P, Coto-Montes A, Oliván M (2012). Identification of biomarkers of meat tenderisation and its use for early classification of Asturian beef into fast and late tenderising meat. Journal of the Science of Food and Agriculture 92: 2727-2740. https://doi.org/10.1002/jsfa.5701.

Sierra V, Oliván M (2013). Role of mitochondria on muscle cell death and meat tenderization. Recent Patents on Endocrine, Metabolic & Immune Drug Discovery 7(2): 120-129. http://doi.org/10.2174/1872214811307020005.

Silva JA, Patarata L, Martins C (1999). Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. Meat Science 52(5): 453-459. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00029-7.

Terlouw EMC, Arnould C, Auperin B, Berri C, Le Bihan-Duval E, Deiss V, Lefèvre F, Lensink BJ, Mounier L (2008). Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. Animal 2: 1501-1517. https://doi.org/10.1017/S1751731108002723.

Viljoen HF, de Kock HL, Webb EC (2002). Consumer acceptability of dark, firm and dry DFD and normal pH beef steaks. Meat Science 61: 181-185. https://doi.org/10.1016/s0309-1740(01)00183-8.

Wang L, Ma G, Zhang Y, Shi X, Han L, Yu Q, Zhao S, Ma J (2018). Effect of mitochondrial cytochrome c release and its redox state on the mitochondrial-dependent apoptotic cascade reaction and tenderization of yak meat during postmortem aging. Food Research International 111: 488-497. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.049.

Warriss PD (2000). Meat science: An introductory text, 2nd Ed. CAB-International, Wallingford, England.

Wirawan E, Vande Walle L, Kersse K, Cornelis S, Claerhout S, Vanoverberghe I, Roelandt R, De Rycke R, Verspurten J, Declercq W, *et al.* (2010). Caspase-mediated cleavage of Beclin-1 inactivates Beclin-1-induced autophagy and enhances apoptosis by promoting the release of proapoptotic factors from mitochondria. Cell death & disease 1, e18. http://dx.doi.org/10.1038/cddis.2009.16.

Wu W, Fu Y, Therkildsen M, Li X-M, Dai R-T (2015). Molecular Understanding of Meat Quality Through Application of Proteomics. Food Reviews International 31, 13-28, https://doi.org/10.1080/87559129.2014.961073

Wulf DM, Emmett RS, Leheska JM, Moeller SJ (2002). Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm and dry) beef, and cooked beef palatability. Journal of Animal Science 80: 1895-1903. https://doi.org/10.2527/2002.8071895x.

Xing T, Gao F, Tume RK, Zhou G, Xinglian X (2018). Stress Effects on Meat Quality: A Mechanistic Perspective. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 18: 380-401. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12417.

Zhang SX, Farouk MM, Young OA, Wieliczko KJ, Podmore C (2005). Functional stability of frozen normal and high pH beef. Meat Science 69: 765-72. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.009.

Zhang M, Wang D, Geng Z, Bian H, Liu F, Zhu Y, Xu W (2014). The level of heat shock protein 90 in pig Longissimus dorsi muscle and its relationship with meat pH and quality. Food Chemistry, 165: 337-341. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2014.05.111.

(Aceptado para publicación el 8 de abril de 2020)

Influencia de la alimentación líquida con suero de leche en el perfil de ácidos grasos del chorizo gallego

I. González-Torres, P. González, N. Cobas, J.C. Barrio, L. Vázquez, L. Purriños, D. Franco, R. Domínguez y J.M. Lorenzo*

Centro Tecnológico de la Carne, Av. de Galicia nº 4, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrao das Viñas, Ourense (España)

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el perfil lipídico de muestras de chorizo gallego elaborado con magro y grasa de cerdos sometidos a una alimentación líquida basada en suero lácteo frente a cerdos que siguieron una alimentación convencional. Los ácidos grasos monoinsaturados fueron los mayoritarios. De modo individual, los ácidos grasos que mayores proporciones presentaron fueron el oleico (42 %), palmítico (24 %), esteárico (12-13 %), linoleico (8-11 %), vacénico (3 %), palmitoleico (2,5 %) y mirístico (1,4 %). El análisis estadístico mostró que 14 de los 22 ácidos grasos presentaron diferencias significativas entre ambas alimentaciones. La inclusión de suero lácteo en la dieta provocó un aumento significativo de los principales ácidos grasos saturados y monoinsaturados y una disminución de los poliinsaturados. Esto puede estar relacionado, por un lado con la particular composición en ácidos grasos del lactosuero y también con la disminución de la cantidad de proteína, hidratos de carbono y grasa aportada por la dieta a base de lactosuero, lo que favorece la síntesis *de novo*, por tanto, la síntesis endógena de ácidos grasos saturados y monoinsaturados. A pesar del aumento de ácidos grasos saturados y la disminución en poliinsaturados, la inclusión de suero incrementó la proporción de ácidos grasos monoinsaturados, especialmente el ácido oleico. Por tanto, teniendo en cuenta todos los resultados podemos afirmar que una dieta de acabado que incluya un porcentaje del 30 % de suero de leche permitiría aprovechar este subproducto de la industria alimentaria y reducir costes de producción siendo mínima la variación de la calidad nutricional del chorizo gallego.

Palabras clave: Suero leche, alimentación animal, producto cárnico, chorizo gallego, ácidos grasos.

Influence of liquid feeding with milk whey on "chorizo gallego" fatty acid profile

Abstract

The aim of this study was to evaluate the "chorizo gallego" fatty acid profile elaborated with lean and fat from pigs fed with a liquid diet including milk whey compared to pigs fed with a commercial solid feeding. The monounsaturated fatty acids were the major fatty acids. Individually, the fatty acids with the highest proportions were oleic (42 % of total fatty acids), palmitic (24 %), stearic (12-13 %), linoleic (8-11 %), vaccenic (3 %), palmitoleic (2.5 %) and myristic. The statistical analysis showed that 14 out of 22 fatty acids presented significant differences between both diets. The inclusion of whey in the diet

* Autor para correspondencia: 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). Influencia de la alimentación líquida con suero de leche en el perfil de ácidos grasos del chorizo gallego. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(1): 19-31. https://doi.org/10.12706/itea.2020.012

caused a significant increase in the main saturated and monounsaturated fatty acids and a decrease in the polyunsaturated fatty acids. This fact may be related, on the one hand, with the particular fatty acid composition of the whey and also with the decrease in the amount of protein, carbohydrates and fat provided by the diet, which favours *de novo* synthesis, therefore the endogenous synthesis of saturated and monounsaturated fatty acids. Despite the increase in saturated fatty acids and the decrease in polyunsaturated, the inclusion of milk whey increased the content of monounsaturated fatty acids, which had a positive impact on health. Therefore, taking into account all the results we can affirm that a finishing diet that 30 % of whey would allow to revalue this byproduct of the food industry and decrease production costs with minimal variation in nutritional quality of "chorizo gallego".

Keywords: Milk whey, animal feeding, meat product, chorizo gallego, fatty acids.

Introducción

Actualmente, España es el principal productor de piensos de Europa, con un valor medio de 36 millones de toneladas de alimento destinado a los animales de abasto (MAPA, 2019). Sin embargo, la elevada dependencia de este sector por los cereales junto con la necesidad de importar materias primas de elevado coste plantea dificultades de abastecimiento a largo plazo. Una de las alternativas sostenibles que más se ha estudiado en los últimos años consiste en el aprovechamiento de subproductos de la industria alimentaria (Parra *et al.*, 2016). La alimentación del animal tiene un marcado efecto sobre la tasa de crecimiento y la composición química del músculo (Lebret, 2008; Domínguez *et al.,* 2015; De Jesús *et al.,* 2016a y 2017). La dieta de animales monogástricos como el cerdo condiciona también su metabolismo lipídico, afectando al grado de deposición de grasa corporal en la canal (Gondret y Lebret, 2002; Wood *et al.*, 2008; Domínguez *et al.,* 2015), así como a la estabilidad oxidativa, al proceso de maduración y a las características sensoriales de los derivados cárnicos (Ventanas *et al.*, 2007; Gómez *et al.,* 2017 y 2018).

La industria quesera proporciona una gran cantidad de lactosuero, cuyo interés como subproducto radica en su composición. Dicho suero contiene 63-70 g/L de sólidos totales, entre los cuales destacan el contenido de lactosa (44-52 g/L) y el contenido de proteína (6-10 g/L) (Panesar *et al.,* 2007). En forma líquida el aporte proteico es relativamente bajo, pero hay que tener en cuenta que el agua representa más del 90 % de dicho suero, por lo que múltiples estrategias de deshidratación han sido empleadas para conseguir concentrados de proteína de leche con elevadas cantidades de proteína. Pal *et al.* (2010) concluyeron que sus proteínas tienen importantes efectos beneficiosos sobre la absorción de minerales y el metabolismo de la glucosa. Según el trabajo realizados por Tokach *et al.* (1989), la ingesta de estas proteínas también tiene un efecto positivo sobre la eficiencia alimenticia, la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento del crecimiento en lechones destetados. Por otra parte Brooks *et al.* (2003) han demostrado múltiples ventajas del uso de dietas líquidas, especialmente con fermentados lácteos, sobre el sistema inmunitario y parámetros productivos de los cerdos. Sin embargo, son pocos los datos relativos al efecto de sistemas de alimentación líquida con suero de leche sobre el valor nutritivo y organoléptico de la carne y sus productos cárnicos derivados. La mayor parte de los trabajos existentes sobre la alimentación con suero de leche son muy antiguos, la mayoría a mediados del siglo pasado (Schingoethe, 1976). Los pocos estudios recientes, como es el caso del realizado por Kafantaris *et al*. (2019), se ha realizado no con alimentación líquida a base del suero, sino que estos au-

tores emplearon proteína de suero concentrada (deshidratada), llegando a representar esta proteína un 76,4 % del concentrado. En otro estudio reciente, Ashour *et al.* (2019) también utilizaron proteínas de lactosuero concentradas, representando estas un 11,85 % así como altos contenidos de azúcar (58 %) y grasa (20 %). Por tanto, el empleo de lactosuero en la dieta de cerdos, administrado como alimentación líquida es una estrategia poco utilizada y con gran importancia para los ganaderos.

El chorizo gallego es un embutido tradicional del norte de España que se caracteriza por tener unos niveles de grasa en el rango 20-30 % (Lorenzo *et al.*, 2011; Gómez y Lorenzo, 2013; Gómez *et al.,* 2017). La grasa es un ingrediente fundamental de los productos cárnicos por su contribución al sabor, textura, flavor, jugosidad y terneza característicos y que permite la aceptación por parte del consumidor (Olivares *et al.*, 2010; Gómez y Lorenzo, 2013). No obstante, el aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas como la hipertensión, la hipercolesterolemia y la obesidad (MSCBS, 2018) ha despertado la preocupación de investigadores y productores en la búsqueda de la mejora nutricional del perfil lipídico de estos elaborados cárnicos crudo-curados.

Por tanto, teniendo en cuenta que la escasa información existente sobre el empleo de lactosuero en la dieta de cerdos se centra en un producto deshidratado y con alto contenido en proteínas, se planteó este estudio para evaluar la influencia que la inclusión de este subproducto en la dieta (administrado como dieta líquida) ejerce en la calidad nutricional de uno de los elaborados cárnicos de más arraigo de la comunidad gallega.

De este modo, el objetivo específico del presente estudio consistió en determinar el efecto sobre el perfil de ácidos grasos de chorizos gallegos elaborados a partir de magro y grasa de cerdos criados con una alimentación líquida que incluía suero lácteo en sustitución parcial de piensos convencionales durante su fase de cebo.

Material y métodos

Animales y dietas

Los cerdos utilizados (15 hembras y 15 machos castrados) en este trabajo fueron de genotipo Hypor y alcanzaron la fase de cebo a los tres meses y medio, con un peso vivo medio de 80,4 ± 6,23 kg. Una vez alcanzada la fase de cebo, se dividieron los animales en 2 grupos (15 animales cada grupo). El primer grupo de animales, utilizado como lote control, se alimentó exclusivamente con pienso comercial *ad libitum*, mientras que al segundo grupo se le suministró una dieta líquida compuesta por pienso (28 %), suero de leche (30 %) y agua (42 %), de acuerdo a las recomendaciones nutricionales de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2013). La composición química y perfil de ácidos grasos del pienso comercial y del suero de leche empleado en las dietas de los animales se muestra en la Tabla 1. Los animales fueron enviados al matadero con un peso vivo aproximado de 100 kg. Los cerdos del grupo control presentaron un peso de 98,8 ± 11,9 kg y el peso del grupo alimentados con lactosuero fue 101,4 ± 10,8 kg.

Elaboración de chorizos gallegos y toma de muestras

Se elaboraron dos lotes de chorizos gallegos a partir de la carne y la grasa obtenida de las canales de los cerdos alimentados con un pienso comercial y de los suplementados con suero de leche (un lote control y un lote "lactosuero". La formulación de los chorizos incluyó carne magra de cerdo (80 %) y grasa

Tabla 1. Composición química y perfil de ácidos grasos del pienso comercial y el lactosuero empleados en la dieta de los cerdos.
Table 1. Chemical composition and fatty acid profile of commercial feed and whey used in pig's diet.

	Pienso	Suero Leche
Composición química (g/100 g)		
Humedad	10,7	92,3
Proteína bruta	17,0	0,87
Grasa bruta	5,3	0,86
Cenizas	5,0	0,73
Hidratos de carbono	58,4	5,28
Fibra bruta	3,60	–
Ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos totales)		
C10:0	0,01	2,63
C12:0	0,05	3,20
C14:0	0,67	11,3
C14:1n-5	0,09	1,12
C15:0	0,11	1,25
C16:0	17,6	32,6
C16:1n-7	1,74	1,64
C18:0	5,83	10,8
11t-C18:1	0,57	2,53
C18:1n-9	29,9	22,3
C18:1n-7	1,65	0,42
C18:2n-6	37,6	3,27
C18:3n-3	2,12	0,58
C20:4n-6	0,11	0,21
AGS	24,9	66,3
AGMI	34,7	28,5
AGPI	40,4	5,2

AGS: sumatorio de ácidos grasos saturados; AGMI: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados. Los ácidos grasos de cadena corta (inferior a 10 carbonos) no se han determinado. En la tabla solo se muestran los ácidos grasos que representaron más del 0,2 % del total de ácidos grasos, aunque todos se han tenido en cuenta para el cálculo de los sumatorios.

(20 %), sal (13 g/kg), pimentón dulce y picante (22 g/kg), ajo (2 g/kg) y agua (10 %). Para la preparación de la masa, el magro se picó en una picadora industrial (Mod. TOP 114, Ramon, Barcelona, España) con una placa de 12 mm, mientras que la grasa congelada se picó con una placa de 8 mm. A la mezcla de ambos se adicionaron el resto de ingredientes que se mezclaron en una amasadora a vacío (Mod. AO-85, Industria Fuerpla, Valencia, España) y se dejó en reposo durante 24 h a 5 °C. Transcurrido este tiempo se embutió en tripa natural (32-34 mm) y se colgaron y se fermentaron en un secadero durante 24 h a 20-22 °C y una humedad relativa (HR) de 80-85 %. El secado de los chorizos se efectuó en los mismos secaderos en dos etapas diferenciadas según las condiciones de temperatura y humedad. En la primera se mantuvieron entre 8 °C y 10 °C y a una HR de 75-80 % entre los días 2 y 15. La segunda se extendió hasta el día 30, con temperaturas comprendidas entre los 10-12 °C, mientras que la HR se redujo al 65-70 %. Todo el proceso de elaboración de los chorizos fue replicado en 2 semanas diferentes, estando cada lote compuesto por un total de 10 muestras. Por tanto, se analizaron un total de 40 chorizos (10 chorizos por tratamiento × 2 tratamientos (control y lactosuero) × 2 réplicas del proceso de elaboración).

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_2SO_4 en metanol), tras la cual se añadieron 2 mL de una disolución saturada de bicarbonato sódico. Los esteres 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 m; 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.

Análisis estadístico

Se analizaron un total de 40 chorizos (10 chorizos por lote × 2 tratamientos × 2 réplicas). 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), donde la proporción de los ácidos grasos fue considerada como la variable dependiente, los diferentes lotes como factor fijo y la réplica de la elaboración como factor aleatorio. El análisis estadístico fue realizado mediante el programa SPSS (SPSS 23.0, Chicago, IL, EE.UU.).

Resultados y discusión

Del total de 41 ácidos grasos estudiados en el presente trabajo, en las muestras de chorizo se detectaron 22 ácidos grasos cuyas proporciones se muestran en la Tabla 2, expresados como g/100 g del total de ácidos grasos. El ácido graso mayoritario en todas las muestras analizadas fue el C18:1n-9 (≈42 %), seguido por el C16:0 (≈24 %), el C18:0 (12-13 %), el C18:2n-6 (8-12 %) y el C18:1n-7 (3,3 %). Esto determina que la proporción de ácidos grasos monoinsaturados sea el que presentó mayor proporción (en torno al 50 % del total de ácidos grasos), seguido de los saturados (38-40 %) y finalmente los poliinsaturados con los niveles más bajos (9-13 %). Los valores, del perfil de ácidos grasos así como de la proporción tanto a nivel individual como de los sumatorios coincide con los obtenidos en otros trabajos previos realizados con "chorizo gallego" (Franco *et al.*, 2004; Díaz *et al.*, 2009; Gómez *et al.,* 2017) o sobre otros productos cárnicos similares como en el "chorizo de León" (Domínguez y Zumalacárregui, 1991) y el chorizo argentino (Romero *et al.*, 2013).

Por otro lado, se observa que la dieta afectó de modo significativo a las proporciones de los distintos ácidos grasos, tanto a nivel individual como a los sumatorios. Los sumatorios de los ácidos grasos saturados (40,1 % *vs.* 37,8 %) y monoinsaturados (50,4 % *vs.* 48,9 %) aumentaron significativamente ($P < 0,001$) con la administración de lactosuero en la dieta, mientras que los ácidos grasos poliinsaturados (9,53 % *vs.* 13,4 %) disminuyó ($P < 0,001$). Con respecto a esto, la disminución de los AGPI se observa tanto en los ácidos grasos omega 3 (n-3) como en los omega 6 (n-6).

A su vez, el índice nutricional n-6/n-3 también se vio afectado por la dieta. No solo el contenido total de ácidos grasos poliinsaturados es importante debido a que los n-3 y los n-6 afectan de modo diferente al desarrollo o prevención de ciertas enfermedades. Se sabe que los ácidos grasos n-6 promueven el desarrollo de varias patologías, entre las que destacan cardiovasculares, inflamatorias, autoinmunes y cáncer, mientras que los ácidos grasos n-3 ejercen un efecto supresivo sobre dichas enfermedades (Simopoulos, 2004). Además de esto, la ingesta de dietas ricas en ácidos grasos n-6 incrementa el riesgo de sufrir sobrepeso, ejerciendo un efecto contrario las dietas ricas en ácidos grasos n-3 o las que tienen una relación n-6/n-3 baja (Simopoulos, 2016). Con lo anteriormente mencionado, múltiples estudios concluyen que la reducción de los ácidos grasos n-6 y la disminución de la relación n-6/n-3 es una de las mayores preocupaciones de la industria alimentaria, y más concretamente de la industria cárnica (Heck *et al.,* 2017; Vargas-Ramella *et al.*, 2020). Esto se debe principalmente a que de modo general, la grasa animal, incluyendo la de cerdo presentan normalmente valores de la relación n-6/n-3 muy superiores a los valores recomendados internacionalmente. Por tanto, el impacto fisiológico que cada ácido graso ejerce sobre el ser humano suele expresarse con la relación n-6/n-3 (Barros *et al.,* 2020). En los últimos años, los cambios introducidos en las dietas en la industria porcina perseguían una mejora del perfil lipídico de la carne, reduciendo los valores de ácidos grasos saturados, incrementando las proporciones de ácidos grasos omega 3 y tratando de aproximar la relación n-6/n-3 al valor de referencia recomendado menor de 4 (Legrand y Mourot, 2002; Wood *et al.,* 2004; Simopoulos, 2004; Lebret, 2008). Teniendo en cuenta todo lo comentado, los chorizos elaborados a partir de cerdos alimentados con dieta de lactosuero mostraron valores significativamente ($P < 0,001$) menores del índice n-6/n-3 (14,7 *vs.* 17,3) que los del lote control. Aunque la relación n-6/n-3 mejoró en las muestras de lactosuero, sigue siendo superior a los valores obtenidos en otros productos similares, como en el chorizo ahumado (10,55) (Romero *et al.*, 2013) y en el salchichón (12,4) (Rubio *et al.*, 2007).

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (expresados como g/100 g de ácidos grasos) de chorizo gallego de cerdos sometidos a alimentación control y dieta con suero de leche.
Table 2. Fatty acid profile (expressed as g/100 g of fatty acids) of "chorizo gallego" fed under control and diet with milk whey.

Ácidos grasos	Lote		EEM	P
	Control	Suero de leche		
C10:0	0,08	0,08	0,01	ns
C12:0	0,09	0,09	0,01	ns
C14:0	1,36	1,39	0,01	***
C16:0	23,8	24,4	0,07	***
C16:1n-7	2,59	2,43	0,02	***
C17:0	0,25	0,40	0,02	***
C17:1n-7	0,21	0,40	0,02	***
C18:0	12,0	13,4	0,17	***
11t-C18:1 + *9t*-C18:1	0,24	0,38	0,02	***
C18:1n-9	41,7	42,9	0,14	***
C18:1n-7	3,26	3,27	0,01	ns
C18:2n-6	11,6	7,98	0,42	***
C20:0	0,20	0,20	0,01	ns
C18:3n-6	0,05	0,04	0,01	ns
C20:1n-9	0,88	0,99	0,01	***
C18:3n-3	0,58	0,46	0,01	***
9c, *11t* -C18:2 (CLA)	0,07	0,15	0,01	***
C20:2n-6	0,50	0,36	0,02	***
C20:3n-6	0,09	0,08	0,01	ns
C20:3n-3	0,09	0,08	0,01	ns
C20:4n-6	0,32	0,28	0,01	***
C22:5n-3	0,06	0,06	0,01	ns
AGS	37,7	40,1	0,27	***
AGMI	48,9	50,4	0,18	***
AGPI	13,4	9,5	0,44	***
n-3	0,73	0,60	0,02	***
n-6	12,6	8,78	0,43	***
n-6/n-3	17,3	14,7	0,29	***

EEM: Error estándar de la media (n = 40); *P*: Probabilidad; *** $P < 0,001$; ns: no significativo. AGS: sumatorio de ácidos grasos saturados; AGMI: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados.

Estudiando los ácidos grasos individuales se observa la misma tendencia que la observada en los sumatorios. Los valores de los ácidos grasos saturados C14:0, C16:0, C17:0 y C18:0 así como los de los ácidos grasos monoinsaturados C17:1n-7, C18:1n-9 y C20:1n-9 aumentaron de modo significativo y las proporciones de los ácidos grasos poliinsaturados C18:2n-6, C18:3n-3, C20:2n-6 y C20:4n-6 disminuyeron con la dieta compuesta por pienso, lactosuero y agua.

Este mismo comportamiento fue observado por Kim *et al.* (2018) al comparar los perfiles lipídicos en lomos frescos de cerdos alimentados con pienso frente a cerdos alimentados con una suplementación del 4 % de suero de leche en polvo. En el estudio realizado por estos autores la administración de suero de leche también produjo una disminución de los ácidos grasos poliinsaturados, principalmente C18:2n-6 y C20:4n-6 y un aumento de los saturados (principalmente C16:0 C18:0) y de C18:1n-9 y C20:1n-9. Sin embargo, otros autores han encontrado resultados diferentes. Kafantaris *et al.* (2019), quienes administraron una dieta control y una dieta conteniendo un 10 % de concentrado de proteína de suero lácteo (deshidratado) han descrito que los ácidos grasos saturados y monoinsaturados no mostraron diferencias significativas, mientras que los poliinsaturados fueron superiores en la carne de los cerdos alimentados con la dieta de concentrado de proteína. Sin embargo, a nivel individual, las pocas diferencias significativas fueron descritas para ácidos grasos minoritarios, que en cualquier caso representaron menos del 1 %, excepto para los contenidos del C18:1n-7 (3,9 % *vs.* 4,4 %), C20:5n-3 (0,2 % *vs.* 1,3 %) y C22:6n-3 (0,8 % *vs.* 1,1 %) que fueron significativamente superiores en los cerdos alimentados con dieta modificada con proteína de lactosuero. También se observaron diferencias significativas en las proporciones de C18:3n-3, siendo superiores en los cerdos alimentados con dieta que contiene proteína de lactosuero (0,7 %) que los cerdos alimentados con dieta control (0,5 %). Sin embargo, como comentamos, y a diferencia de nuestros resultados, ninguno de los ácidos grasos mayoritarios mostró diferencias significativas. Cabe mencionar, que en este trabajo los autores, al igual que sucede con nuestros valores, observaron una disminución significativa y pronunciada de la relación n-6/n-3. Es difícil comparar nuestro trabajo, en el cual la dieta con base de lactosuero fue una dieta líquida con una alta proporción de agua (42 %) y lactosuero sin deshidratar (30 %) con los resultados obtenidos por los otros trabajos, donde las dietas fueron dietas "tradicionales" en el cual el pienso se reformuló con concentrados de proteínas de lactosuero a bajas concentraciones (4 % o 10 %), en ambos casos deshidratados, y con contenidos de proteína muy superiores a los del presente estudio, que se situó en 0,87 % del total del lactosuero.

Cabe destacar también que con la dieta de lactosuero provocó una disminución del C16:1n-7. Así mismo, la carne de cerdos alimentados con alimentación líquida mostraron valores superiores de los ácidos grasos *trans* (*11t*-C18:1 y *9t*-C18:1). Este hecho tiene relevancia para la salud, siendo las recomendaciones internacionales las de disminuir al máximo la ingesta de ácidos grasos *trans*. Sin embargo, también hay que resaltar el hecho de que el aumento de los valores de estos ácidos grasos entre los animales del grupo control y los de lactosuero es solo de 0,14 %. Al observar la composición de ácidos grasos del lactosuero se aprecia que la proporción de *trans* 11-vacénico (*11t*-C18:1) es muy superior (2,53 %) a la del pienso (0,57 %). Por tanto, esta diferencia entre los animales de los dos grupos podría estar relacionada con el mayor aporte de dicho ácido graso con la dieta de lactosuero. A mayores, las proporciones del CLA (*9c*, *11t*-C18:2) también fueron superiores en los cerdos alimentados con dieta líquida. Este hecho se debe a que el principal precur-

sor de este ácido graso es precisamente el *11t*-C18:1, que como acabamos de comentar es superior en la composición del lactosuero.

Es bien conocido que en los animales monogástricos, como el cerdo, el perfil de ácidos grasos de la carne depende en gran medida de la alimentación (De Jesús *et al.,* 2016a, 2016b y 2017), puesto que estos animales carecen de parte de los equipos enzimáticos necesarios para las reacciones de elongación y desaturación que si están presentes en los rumiantes. Es por este motivo por el cual ácidos grasos como el C18:2n-6 o el C18:3n-3 son considerados como esenciales, puesto que al no poder sintetizarlos endógenamente deben ser aportados en la dieta. Así, por norma general, el perfil de ácidos grasos presentes en la carne y la grasa de estos animales son fiel reflejo de los ácidos grasos suministrados en la dieta (Domínguez *et al.,* 2015). De hecho, múltiples estudios han comprobado que el contenido de ciertos ácidos grasos tanto en carne fresca (Domínguez *et al.,* 2015; De Jesús *et al.,* 2016a y 2017) como en diferentes productos cárnicos (De Jesús *et al.,* 2016b; Gómez *et al.,* 2017 y 2018) aumenta a medida que también aumenta su contenido en la dieta, lo que indica el alto grado de deposición de estos ácidos grasos directamente sobre el tejido animal, sin sufrir ningún tipo de modificación. Este hecho podría explicar en parte las diferencias observadas entre los chorizos elaborados con animales control y los de los alimentados con dieta conteniendo suero lácteo. Como se aprecia en la Tabla 1, el perfil de ácidos grasos del suero de leche se caracterizó por tener una alta proporción de ácidos grasos saturados (66 %) y muy bajos de ácidos grasos poliinsaturados (5,2 %). Por el contrario, el pienso presentó unos valores de ácidos grasos poliinsaturados elevados (40 %), mientras que el de saturados es del 25 %. Esto explica en parte la variación en los ácidos grasos que presentan ambos tratamientos, y refleja la incorporación de los ácidos grasos de la dieta directamente en los tejidos (muscular y subcutáneo) de los cerdos.

Además, la síntesis endógena en el cerdo se caracteriza por procesos de desaturación y elongación a partir de los ácidos grasos esenciales (C18:2n-6 y C18:3n-3) que deben ser suministrados en la dieta y por la síntesis de ácidos grasos saturados y monoinsaturados, también llamada síntesis *de novo*, principalmente a partir de hidratos de carbono (Domínguez *et al.,* 2015). Esta síntesis *de novo* se ve favorecida por las dietas pobres en proteína, ya que estimulan la actividad de las enzimas lipogénicas (Doran *et al.,* 2006), lo que resulta en un aumento de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados y por consecuencia, una disminución de los ácidos grasos poliinsaturados por efecto dilución (Domínguez *et al.,* 2015). Por tanto, otra posible explicación para el aumento de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados y la disminución de los poliinsaturados de los chorizos procedentes de carne y grasa de cerdos alimentados con lactosuero es que el bajo contenido de proteína del suero (0,87 g/100 g) y la dilución de la proteína del pienso en la formulación de la dieta (28 % pienso + 30 % lactosuero + 42 % agua) en este grupo de animales resulta en una dieta muy pobre en proteína, lo que favorece la síntesis *de novo* y por tanto los cambios mencionados sobre los ácidos grasos. A mayores hay que incluir que el aporte total tanto de grasa como de hidratos de carbono fue significativamente inferior en la dieta líquida reformulada con lactosuero debido al mismo efecto de dilución. Por tanto, las diferencias en los aportes proteicos, de hidratos de carbono y de grasa pudieron afectar al metabolismo de los ácidos grasos y, por tanto, al contenido de dichos ácidos grasos en la carne.

Por otro lado, la sustitución parcial en la dieta del cerdo por algún subproducto de la industria alimentaria es de elevado interés para el sector porcino por el ahorro que supone en

costes de alimentación de los animales, siempre y cuando no suponga detrimento de su bienestar, su crecimiento y el valor nutritivo de la carne obtenida. Por tanto, sería conveniente realizar estudios de crecimiento y características de la canal, para completar la información sobre la influencia que la dieta líquida con lactosuero ejerce sobre los cerdos. Además el uso de proteínas de suero lácteo nos permite substituir parcialmente la soja como fuente de proteína (Simitzis *et al.,* 2014).

Conclusiones

Desde el punto de vista nutricional se han observado diferencias entre los chorizos control y los procedentes de cerdos alimentados con suero de leche, mejorándose el índice n-6/n-3 en los últimos, principalmente a consecuencia de la disminución del ácido linoleico. Por el contrario, la administración de lactosuero resultó en chorizos con una proporción superior de ácidos grasos saturados y menor de ácidos grasos poliinsaturados. Cabe también destacar que la inclusión de suero incrementó el contenido de ácidos grasos monoinsaturados, especialmente el contenido de ácido oleico. Por tanto, en base a estos resultados, se puede decir que la inclusión de suero lácteo en la dieta de los cerdos en su fase de cebo permite el aprovechamiento de este subproducto de la industria quesera, reduciendo así los costes de alimentación en el sector porcino y afectando mínimamente al perfil nutricional de la carne. Sin embargo, con la limitación de los datos obtenidos (solo sobre calidad de carne) sería conveniente realizar estudios de crecimiento y características de la canal, para completar la información sobre la influencia que la dieta líquida con lactosuero ejerce sobre los cerdos, y por tanto determinar la viabilidad del reemplazo de la dieta con pienso por una dieta líquida con lactosuero.

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

Ashour EA, Abd El-Hack ME, Alagawany M, Swelum AA, Osman AO, Saadeldin IM, Abdel-Hamid M, Hussein ESO (2019). Use of whey protein concentrates in broiler diets. The Journal of Applied Poultry Research, 28(4): 1078-1088. http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfz070

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 J, Niven S, Deme ková V. (2003). Liquid feeding of pigs 2. Potential for improving pig health and food safety. Animal Science Papers and Reports 21(1): 23-39.

De Jesús C, Domínguez R, Cantalapiedra J, Iglesias A, Lorenzo JM (2016a). 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 (2016b). Effect of the amount of chestnuts in the diet of Celta pigs on the fatty acid profile of dry-cured lacon. Grasas y Aceites 67(1): e119. http://dx.doi.org/10.3989/gya.0492151

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

Díaz O, Ros C, Veiga A, Cobos A (2009). Including chestnuts and sugar beet pulp in diets for pigs: the effects on the quality of pork meat and the sensory properties of dry cured sausage (chorizo gallego). Journal of Muscle Foods 20(4): 449-464. https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00160.x

Domínguez MC, Zumalacárregui JM (1991). Lipolytic and oxidative changes in "chorizo" during ripening. Meat Science 29: 99-107. https://doi.org/10.1016/0309-1740(91)90057-W.

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.

Doran O, Moule SK, Teye GA, Whittington FM, Hallett KG, Wood JD (2006). A reduced protein diet induces stearoyl-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. http://dx.doi.org/10.1079/BJN20051526.

Franco I, Iglesias S, Prieto B, Carballo J (2004). Perfiles de ácidos grasos totales y libres en embutidos crudo-curados tradicionales de Galicia. Grasas y Aceites 55: 273-281.

FEDNA (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino. Normas FEDNA.

Gómez M, Lorenzo JM (2013). Effect of fat level on physicochemical, volatile compounds and sensory characteristics of dry-ripened "chorizo" from Celta pig breed. Meat Science 95: 658-666. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.005.

Gómez M, Fonseca S, Cachaldora A, Carballo J, Franco I (2017). Effect of chestnuts intake by Celta pigs on lipolytic, oxidative and fatty acid profile changes during ripening and vacuum-packed storage of Galician "chorizo". Journal of Food Composition and Analysis 56: 73-83. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.11.017

Gómez M, Cachaldora A, Fonseca S, Domínguez R, Carballo J, Franco I (2018). Biochemical, oxidative, and lipolytic changes during vacuum-packed storage of dry-cured loin: effect of chestnuts intake by Celta Pigs. Journal of Food Quality: 7690501. https://doi.org/10.1155/2018/7690501

Gondret F, Lebret B (2002). Feeding intensity and dietary protein level affect adipocyte cellularity and lipogenic capacity of muscle homogenates in growing pigs, without modification of the expression of sterol regulatory element binding protein. Journal of Animal Science 80: 3184-3193. https://doi.org/10.2527/2002.80123184x

Heck RT, Vendruscolo RG, de Araújo Etchepare M, Cichoski AJ, de Menezes CR, Barin JS, Lorenzo JM, Wagner R, Campagnol PCB (2017). Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n-6/n-3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties?. Meat science 130: 16-25. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.010

Kafantaris I, Stagos D, Kotsampasi B, Kantas D, Koukoumis V, Moschonas ND, Skaperda Z, Gerasopoulos K, Makri S, Goutzourelas N, Mitsagga C, Giavasis I, Petrotos K, Kokkas S, Kouretas D (2019). Whey protein concentrate improves antioxidant capacity, faecal microbiota and fatty acid profile of growing piglets. The Journal of Agricultural Science 157(1): 72-82. https://doi.org/10.1017/S0021859619000224

Kim JH, Ju MG, Yeon SJ, Hong GE, Lee CH (2018). Effect of *Allium hookeri* and whey powder in diet of pigs on physicochemical characteristics and

oxidative stability of pork. Italian Journal of Animal Science 17(1): 9-17. https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1326856

Lebret B (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. Animal 2(10): 1548-1558. https://doi.org/10.1017/S1751731108002796

Legrand P, Mourot J (2002). Le point sur les apports nutritionnels conseillés en acides gras, implication sur les lipides de la viande. Proc. 9èmes Journées des Sciences du Muscle et Technologie des Viandes, 15 y 16 de octubre, Clermont-Ferrand, Francia, pp. 49-57.

Lorenzo JM, Purriños L, Bermudez R, Cobas N, Figueiredo M, Fontán García MC (2011). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two Spanish traditional smoked sausage varieties: "Chorizo gallego" and "Chorizo de cebolla". Meat Science 89(1): 105-109. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.017

MAPA (2019). Datos de producción de piensos 2018. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Subdirección General de Medios de Producción Ganaderos, 43 pp.

MSCBS (2018). Nota Técnica: Encuesta Nacional de Salud. España 2017. Principales resultados. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social, 12 pp.

Olivares A, Navarro JL, Salvador A, Flores M (2010). Sensory acceptability of slow fermented sausages based on fat content and ripening time. Meat Science 86(2): 251-257. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.005

Panesar P, Kennedy J, Gandhi D, Bunko K (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. Food Chemistry 105: 1-14. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035

Parra AS, Acosta CH, Andrade JJ, Guerra MC (2016). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos de las vísceras del cuy (*Cavia porcellus*) y su uso potencial en alimentación animal. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia 63(2): 124-134. http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v63n2.59360

Romero MC, Romero AM, Doval MM, Judis MA (2013). Nutritional value and fatty acid composition of some traditional Argentinean meat sausages. Food Science and Technology 33(1): 161-166. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013005000007

Rubio B, Martínez B, Sánchez MJ, García-Cachán MD, Rovira J, Jaime I (2007). Study of the self-life of dry fermented sausage "salchichon" made from raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids and stored under modified atmospheres. Meat Science 76: 128-137. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.021

Schingoethe (1976). Whey utilization in animal feeding: A summary and evaluation. Journal of Dairy Science 59(3): 566-570. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84240-3

Simitzis PE, Papadomichelakis G, Tsiplakou E, Theodorou G, Zervas G, Politis I (2014). Effect of dietary protein source on piglet meat quality characteristics. International Journal of Health, Animal Science and Food Safety 1(1): 15-26. https://doi.org/10.13130/2283-3927/3379

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

Simopoulos AP (2016). An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. Nutrients 8(3): 128. https://doi.org/10.3390/nu8030128

Tokach MD, Nelssen JL, Allee GL (1989). Effect of protein and (or) carbohydrate fractions of dried whey on performance and nutrient digestibility of early weaned pigs. Journal of Animal Science 67(5): 1307-1312. https://doi.org/10.2527/jas1989.6751307x

Vargas-Ramella M, Pateiro M, Barba FJ, Franco D, Campagnol PCB, Munekata PE, Tomasevic I, Dominguez R, Lorenzo, JM (2020). Microencapsulation of healthier oils to enhance the physicochemical and nutritional properties of deer pâté. LWT: 109223. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109223

Ventanas S, Ventanas J, Tovar J, García C, Estévez M (2007). Extensive feeding versus oleic acid and tocopherol enriched mixed diets for the production of Iberian dry-cured hams: Effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits. Meat Science 77(2): 246-256. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.010

Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M (2004). Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Science 66(1): 21-32. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6

Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington, FM (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Science 78(4): 343-358. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019

(Aceptado para publicación el 19 de mayo de 2020)

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 Tecnolóxico 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 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

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 α-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 ± 1,85 kg y los del grupo ensayo con 32,33 ± 1,09 kg. Las dietas fueron preparadas diariamente, una hora antes de ser suministradas. La dieta se les subministraba 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 ± 1,69 kg alimento/animal (3,95 kg pienso y 9,88 kg agua) mientras que a los del grupo ensayo 14,58 ± 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 ± 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_2SO_4 en metanol), tras lo cual se añadieron 2 mL de una disolución saturada de bicarbonato sódico. Los esteres 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):

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

– Índice trombogénico (IT):

$$\left(\text{C14:0} + \text{C16:0} + \text{C18:0}\right) / \left[\left(0{,}5 \times \Sigma\text{AGMI}\right) + \right.$$

$$\left. + \left(0{,}5 \times \Sigma\text{n-6}\right) + \left(3 \times \Sigma\text{n-3}\right) + \left(\Sigma\text{n-3} / \Sigma\text{n-6}\right)\right.$$

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

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

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 1500*g* 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 dependientes 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 significativos 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 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 Δ5 desaturasa mostró diferencias entre ambos sexos, mientras que la actividad de la Δ6 desaturasa, la Δ9 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 α-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 (Dunshea 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 × 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 × 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 stearoyl-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

Dunshea 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

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

Kloareg M, Bellego LL, Mourot 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 Tecnología 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

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

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

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)

Atributos sensoriales de lomo de cerdo Bísaro, alimentado con y sin castaña, *vs*. comercial

S. Rodrigues[1,2,*], I. Oliveira[2], L. Vasconcelos[2], E. Pereira[2] y A. Teixeira[1,2]

[1] Centro de Investigação de Montanha (CIMO). Campus Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal
[2] Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

Resumen

Este trabajo ha tenido como objetivo evaluar los atributos sensoriales de la carne de lomo de cerdo Bísaro, alimentado con y sin castaña, y cerdo comercial. Las muestras de cada tipo de carne se identificaron adecuadamente y se cocinaron en un horno convencional hasta alcanzar los 80 °C en el centro térmico. Luego, se cortaron piezas de 2 cm de lado, se envolvieron en papel de aluminio y se codificaron debidamente. Cada muestra se suministró a los miembros que constituían el panel de catadores. Cada catador analizó, en dos sesiones, un total de 6 muestras de cada tipo de carne. Los resultados indicaron que los catadores podían distinguir los diferentes tipos de carne, siendo el color el atributo más discriminante. Los catadores identificaron el lomo de cerdo de castaña con la mayor intensidad de olor y el cerdo sin castaña con un color más claro. El lomo de cerdo comercial presentó el valor más bajo de todos los atributos sensoriales en estudio.

Palabras clave: Raza, alimentación, lomo de cerdo, características sensoriales.

Sensory attributes of Bísaro pork loin, fed with and without chestnut, *vs.* commercial

Abstract

This work aimed to evaluate the sensory characteristics of Bísaro pork loin fed with and without chestnut and commercial pork. Samples of each type of meat were duly identified and cooked in a conventional oven until it reached 80 °C in the thermal centre. Then, pieces of 2 cm side were cut, wrapped in aluminium foil and adequately codified. Each panellist analysed in two sessions a total of 6 samples of each type of meat. Results indicated that the panellists were able to distinguish the different types of meat, and the colour was the most discriminating attribute. The panellists identified the Bísaro pork loin fed with chestnut with the highest odour intensity and the Bísaro pork fed without chestnut with a less bright fat colour. The commercial pork loin had the lowest value of all the sensory attributes under study.

Keywords: Breed, feeding, pork loin, sensory characteristics.

* Autor para correspondencia: srodrigues@ipb.pt

Cita del artículo: Rodrigues S, Oliveira I, Vasconcelos L, Pereira E, Teixeira A (2021). Atributos sensoriales de lomo de cerdo Bísaro, alimentado con y sin castaña, *vs.* comercial. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(1): 44-51. https://doi.org/10.12706/itea.2020.020

Introducción

El mercado de consumo de productos de salchichería, principalmente vinculado a marcas de calidad definidas según la raza y la dieta, que la diferencia de los productos más globalizados, es cada vez más exigente y competitivo. La producción porcina, asociada con la recuperación de los sistemas tradicionales de cría de cerdos, ha ganado gran relevancia en los últimos tiempos, especialmente dada la calidad de la carne producida. La carne de cerdo es tradicionalmente una de los más consumidas por los portugueses. En Portugal, se crían tres razas de cerdos nativos (Bísara, Malhada de Alcobaça y Alentejana), según la base de datos de la FAO (2020). Ha habido un desarrollo de razas de cerdos en Portugal, con muchos cambios en la producción, el procesamiento y la comercialización, ya referido por Matos (2000).

Bísara es una raza porcina local no mejorada que ha sobrevivido en los últimos años debido a la creciente demanda de marcas ibéricas y de calidad, como las Denominaciones de Origen Protegidas. Debido a que son animales prácticamente estables en perfecta comunión con la vivienda del productor, ahora son explotados en sistemas permanentes al aire libre o alternando la cría al aire libre con alojamiento en períodos de producción más críticos en un régimen que puede clasificarse de extensivo a semi-extensivo (Fernandes y Teixeira, 2015). Los animales se crían en un sistema tradicional, basado en productos y subproductos de la agricultura local. Las granjas deben tener un área suficiente, ya sea para producir alimentos para animales o para parques recreativos y de pastoreo. Entre octubre y noviembre, muchos criadores llevan a sus animales a los castaños, aprovechando la castaña que cayó al suelo. La región de cría de cerdos Bísaro es también la región con la mayor producción de castañas. Las castañas son un producto con excelentes características nutricionales (Gazeta Rural, 2015; SNS, 2015) que se pueden utilizar en la alimentación animal, especialmente cuando no tienen la calidad requerida para el consumo humano, lo que puede dar características de mayor calidad a su carne especialmente cuando administrada en la fase de cebo, durante los tres últimos meses previos al sacrificio.

La Unión Europea apoya medidas que estimulan los productos tradicionales mejorados con una sugerencia de calidad particular (Balogh *et al*., 2016). La promoción de productos alimenticios tradicionales se ajusta a este enfoque debido a la imagen positiva asociada con una mejor calidad, un mérito sensorial ventajoso y una fuerte asociación con un origen y localidad específicos (Guerrero *et al*., 2009; Almli *et al*., 2011; Verbeke *et al*., 2016). Existe un creciente interés en analizar la intención de compra de los consumidores y la disposición a pagar por los productos tradicionales y comprender qué significan estos productos para los consumidores y qué valores aportan a las sociedades (Vanhonacker *et al*., 2010; Balogh *et al*., 2016; Verbeke *et al*., 2016).

Los consumidores aceptan o rechazan los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimentan al observar o ingerir estos productos, evaluando así su calidad sensorial. Estas características sensoriales son percibidas por los sentidos resultantes de la interacción comida/consumidor. Estas percepciones influyen en las decisiones del consumidor. Antes de partir para los consumidores hay que percibir las características sensoriales a través de catadores calificados.

Es bien sabido que existe una variación entre los catadores al evaluar una muestra (Arnold y Williams, 1986). Para reducir la variación, se hace necesario desarrollar un lenguaje común para que los catadores estén de acuerdo con el significado de cada término utilizado en la evaluación de un conjunto de muestras. Aunque puede llevar mucho tiempo, la capacitación y la discusión dentro del panel son

muy útiles para ayudar a todos los catadores a evaluar cada atributo de manera similar. Sin embargo, ningún entrenamiento puede eliminar todas las variaciones (Stone y Sidel, 2004). El Análisis de Procrustes Generalizado (GPA) (Gower, 1975) es un método estadístico que ajusta algunas de las variaciones encontradas. El GPA se basa en la estandarización de perfiles con respecto a la rotación/reflexión, la escala isotrópica y la traducción, con el fin de proporcionar un mejor promedio que es la llamada configuración de consenso (Arnold y Williams, 1986). Según lo referido por Dahl y Naes (2004), los métodos Procrustes se introdujeron por primera vez en psicometría, una rama importante del análisis estadístico multivariado. Desde mediados de los años 80, el GPA se ha utilizado como una herramienta estándar de análisis sensorial, dadas las importantes contribuciones de Qannari *et al*. (1999) y Wu *et al*. (2002), entre otros. El GPA es una técnica multivariada para analizar datos de varios individuos y está desarrollado para permitir el análisis sensorial de alimentos, donde numerosos jueces otorgan una puntuación a diversos atributos de muestras de alimentos. El interés es saber cómo las personas difieren y cuánto están de acuerdo en sus percepciones del mismo objeto (muestra de alimentos).

El objetivo de este trabajo fue la caracterización sensorial por panel de catadores de carne de lomo de cerdo Bísaro y la evaluación de las diferencias en las características sensoriales asociadas con las alimentaciones durante el acabado en relación a un lomo de cerdo comercial.

Material y métodos

Los datos se obtuvieron de lomos de cerdo Bísaro alimentados, en la fase de acabado, con castaña (BCC), lomos de cerdo Bísaro con acabado tradicional sin castaña (BSC) y lomo de cerdo comercial (COM) comprado en una superficie comercial local.

Preparación de las muestras

Se prepararon muestras de estos lomos cortando trozos con 2 cm de anchura en toda la sección de la pieza, sin condimentos. Se envolvieron en papel de aluminio y se identificaron adecuadamente. Las muestras fueron puestas en bandejas y colocadas en un horno convencional para tratamiento térmico (cocción) hasta alcanzar los 80 °C en su centro térmico. La temperatura fue controlada por un termómetro de penetración colocado en una de las muestras. Este procedimiento se realizó en la cocina del Laboratorio de Análisis Sensorial (LAS) de la Escuela Superior Agraria del Instituto Politécnico de Bragança. Después de la preparación, las muestras de los lomos ya cocinados en estudio se dividieron en porciones cúbicas más pequeñas con aproximadamente 2 cm de lado para ser evaluadas por un panel de catadores calificados capacitados en productos cárnicos de LAS, con más de 10 años de experiencia, captados, seleccionados y entrenados de acuerdo con los estándares portugueses.

Las pruebas se realizaron de acuerdo con los estándares portugueses, particularmente NP-ISO-8586-1 (2001), después de 2 sesiones de entrenamiento específico con muestras de referencia, dado que los catadores estaban acostumbrados a evaluar carnes de otras especies y entrenados en escalas.

Se realizaron dos sesiones de prueba, en cada sesión los catadores probaron 3 muestras de cada tipo, haciendo un total de 6 muestras de cada tipo evaluadas por cada uno de los 8 catadores que participaron en el estudio. Las pruebas se realizaron en el LAS debidamente equipado con cabinas individuales, con luz blanca en la sala y luces direccionales en las cabinas individuales, que permitieron una evaluación uniforme entre probadores.

Las muestras fueron envueltas en papel de aluminio, codificadas con códigos numéricos de 3 dígitos y suministradas a los catadores en modo monádico (una de cada vez). Para la evaluación, los catadores completaron un formulario enviado por correo electrónico con Google Docs.

Los atributos sensoriales evaluados fueron el color, la intensidad de olor, el brillo, el veteado, el color de grasa, la dureza, la jugosidad, la masticabilidad, la intensidad de sabor y la persistencia de sabor en escalas de 1 a 7 puntos, donde 1 representa poca sensación y 7 mucha sensación, en general. El color de la carne (musculo) fue evaluado de claro (1) a oscuro (7), y el color de la grasa de blanca (1) a amarilla (7) de acuerdo con referencias presentadas en el entrenamiento. La dureza fue evaluada desde tierna (1) a dura (7), la jugosidad desde seca (1) a demasiado húmeda, la masticabilidad desde fácil (1) a difícil (7).

Análisis estadísticos

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el programa XLStat, un complemento de Microsoft Office Excel. Los procedimientos utilizados fueron la caracterización de los productos que detecta rápidamente los descriptores que mejor discriminan un conjunto de productos. Todos los cálculos se basan en el modelo de análisis de varianza (ANOVA). Y el Análisis Procrustean Generalizado (Gower, 1975) que minimiza las diferencias entre los catadores a través de la transformación de escala, la rotación y la translación. La utilización de esta técnica en carne fue descrita por primera vez por Rodrigues y Teixeira (2009).

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra el poder discriminatorio (valores de prueba y valores *p*) de los diversos atributos sensoriales y los promedios ajustados por producto. Se encontró que 7 de cada 10 atributos utilizados para evaluar el cerdo Bísaro con acabado con castaña y sin castaña y el cerdo comercial tenían un poder discriminatorio significativo. El atributo más discriminatorio fue el color, luego la jugosidad, la masticabilidad, la dureza, la intensidad del olor, el color graso y el veteado. Los lomos de BSC presentaron mayor valor promedio de color, masticabilidad, dureza y color de grasa. Los lomos de los cerdos BCC tenían el mayor valor de jugosidad, olor e intensidad de marmoleado y la menor masticabilidad y dureza. A su vez, el cerdo comercial tenía el valor más bajo de color, suculencia y veteado.

La Figura 1 muestra el biplot de la configuración de consenso donde se observan las correlaciones entre los atributos sensoriales y los factores F1 y F2 del Análisis de Procrustes Generalizado y las coordenadas de los diferentes tipos de carne en estudio. Todos los factores explicaron la variabilidad de los datos, F1 explicó el 56% y F2 el 44% de la variabilidad total. Teniendo en cuenta la posición de los tipos de carne y la dirección (correlación) de los atributos sensoriales en relación con los factores principales, se puede decir que el lomo de cerdo Bísaro con acabado con castaña tuvo el mayor valor de intensidad de olor, y también marmoleado, suculencia y brillo, de acuerdo con lo que había sucedido antes. El color de la grasa fue lo que más se destacó en el lomo de cerdo acabado tradicionalmente sin castaña. Y el lomo de cerdo comercial tenía el valor más bajo de todos los atributos. Hubo un consenso bien marcado entre los catadores que distinguieron así los diferentes tipos de carne, como se puede ver en la Figura 2, donde se muestra el establecimiento del consenso por objeto.

Las diferencias encontradas entre los tipos de carne estudiados están de acuerdo con Gonzalez *et al*. (2013) quienes también encontraron diferencias entre razas en las caracte-

Tabla 1. Poder discriminatorio (valores del test y p-valores) de los diversos atributos sensoriales. Medias ajustadas por producto.
Table 1. Discriminatory power (test values and p-values) of the sensory attributes. Adjusted mans by product.

Descriptores	Valores-teste	p-valores	BSC	COM	BCC
Color	5,862	0,000	3,429a	2,214b	2,691
Jugosidad	3,007	0,001	2,520	2,228b	2,767a
Masticabilidad	2,675	0,004	3,625a	3,521	3,115b
Dureza	2,672	0,004	4,071a	3,774	3,442b
Intensidad de Olor	2,289	0,011	3,541	3,511	3,930a
Color de la grasa	2,245	0,012	3,082a	2,537	2,574
Veteado	1,781	0,037	2,002	1,867b	2,161a
Persistencia del Flavor	0,708	0,239	3,625	3,417	3,482
Intensidad del Flavor	0,606	0,272	3,728	3,635	3,526
Brillo	0,441	0,330	2,822	2,651	2,926

BSC – Bísaro sin castaña; COM – comercial; BCC – Bísaro con castaña.
a (naranja claro) – media significativamente superior.
b (naranja oscuro) – media significativamente inferior.

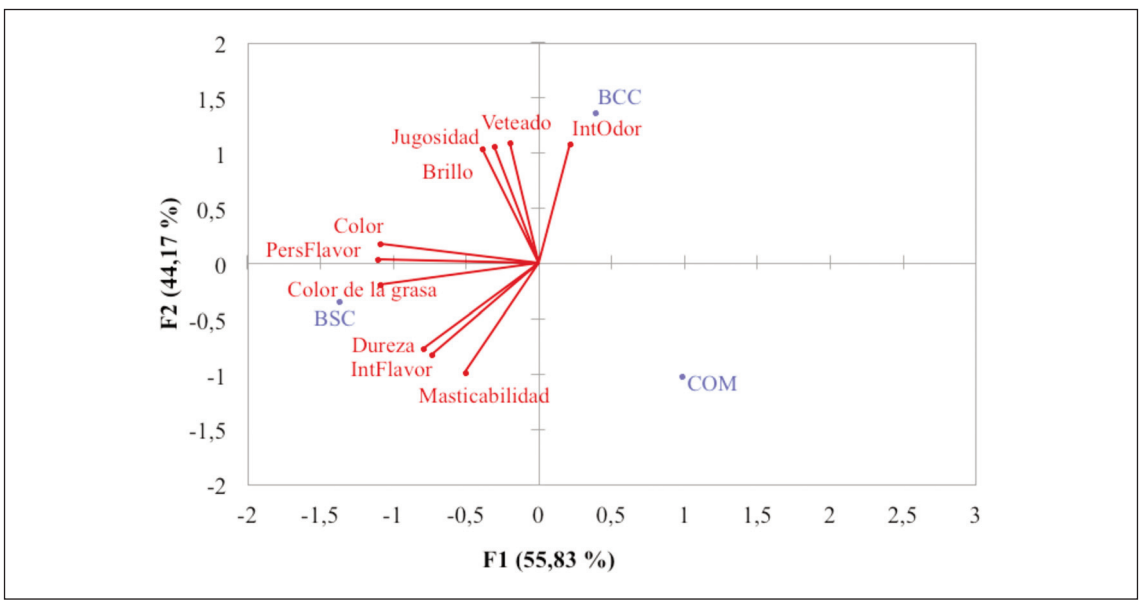


Figura 1. Configuración consenso: representación conjunta de la correlación entre los atributos sensoriales y F1 y F2; y coordenadas de los tipos de carne en análisis.
BSC – Bísaro sin castaña; COM – comercial; BCC – Bísaro con castaña.
Figure 1. Consensus configuration: joint representation of the correlation between sensory attributes and F1 and F2; coordinates of the meat samples analyzed.

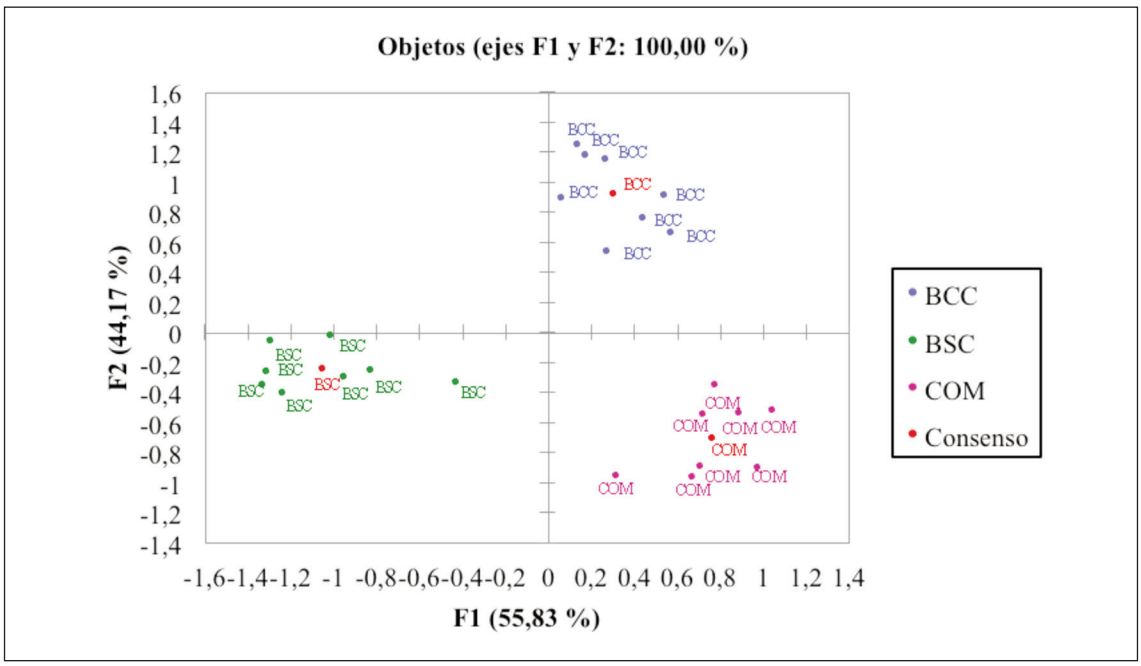


Figura 2. Configuración consenso por objeto.
BSC – Bísaro sin castaña; COM – comercial; BCC – Bísaro con castaña.
Figure 2. Consensus configuration by object.

rísticas sensoriales del *carpaccio* de cerdo. La raza comercial presentó, en la mayoría de los atributos sensoriales, valores más bajos que las razas Duroc y Black Majorcan. Y con el trabajo de Rodrigues y Teixeira (2014) en el cual los catadores calificaron la carne de Preto Alentejano como más jugosa, más tierna y con un sabor más rico que la carne comercial.

Este trabajo puede ser un primer paso para el aprovechamiento de las castañas con menor valorización comercial por no garantizar las características necesarias al consumo humano pero que mantienen las características nutricionales. Para completar la información sobre este sistema, hace falta el análisis físicoquímico de la carne, así como el estudio de las preferencias de los consumidores. Sin embargo, este sistema de acabado muestra ser particularmente interesante por su diferenciación en las propiedades sensoriales de la carne frente a otros sistemas semejantes de producción de carne de cerdo, como ocurre con la bellota en el cerdo Alentejano.

Conclusiones

Los catadores pudieron distinguir los diferentes tipos de carne, siendo el color el atributo más discriminante. Los catadores identificaron que el lomo de cerdo con castaña poseía la mayor intensidad de olor; el lomo de cerdo sin castaña tenía un color más claro; y el lomo de cerdo comercial presentó el valor más bajo de todos los atributos sensoriales en estudio.

Agradecimientos

Le agradecemos por hacer este trabajo al equipo de trabajo del Laboratorio de Tecnología y Calidad de Canal y Carne y al Panel de Pruebas de Carne Calificado del Laboratorio de Análisis Sensorial, ambos de la Escuela Agraria del Instituto Politécnico de Braganza.

Referencias bibliográficas

Almli VL, Verbeke W, Vanhonacker F, Næs T, Hersleth M (2011). General image and attribute perceptions of traditional food in six European countries. Food Quality and Preference 22: 129-138. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.08.008

Arnold GM, Williams AA (1986). The use of generalised procrustes techniques in sensory analysis. En: Statistical Procedures in Food Research (Ed. Piggot J.R.), pp. 233-253. Elsevier, London, UK.

Balogh P, Békési D, Gorton M, Popp J, Lengyel P (2016). Consumer willingness to pay for traditional food products. Food Policy 61: 176-184. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.03.005

Dahl T, Naes T (2004). Outlier and group detection in sensory panels using hierarchical cluster analysis with the procrustes distance. Food Quality and Preference 15: 195-208. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00058-2

FAO (2020). Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS). Disponible en: http://www.fao.org/dad-is/browse-by-country-and-species/en/ (Consultado 14 junio 2020).

Fernandes A, Teixeira A (2015). Porco Bísaro. Qualidade da carcaça e da carne. Quinta do Bísaro. Bragança. 174 pp.

Gazeta Rural nº 257 (2015). Disponible en: https://issuu.com/joseluisaraujo/docs/gazeta_rural_n__257 (Consultado: 2 marzo 2020).

Gonzalez J, Jaume J, Fàbrega E, Gispert M, Gil M, Oliver A, Llonch P, Guàrdia MD, Realini CE, Arnau J, Tibau J (2013). Majorcan Black Pig as a traditional pork production system: Improvements in slaughterhouse procedures and elaboration of pork *carpaccio* as an alternative product. Meat Science 95(3): 727-732. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.012

Gower JC (1975). Generalized procrustes analysis. Psychometrika 40: 33-51. https://doi.org/10.1007/BF02291478

Guerrero L, Guàrdia MD, Xicola J, Verbeke W, Vanhonacker F, Zakowska-Biemans S, Sajdakowska M, Sulmont-Rossé C, Issanchou S, Contel M, Scalvedi ML, Granli BS, Hersleth M (2009). Consumer-driven definition of traditional food products and innovation in traditional foods. A qualitative cross-cultural study. Appetite 52: 345-354. https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.11.008

Matos CAP (2000). Recursos genéticos animais e sistemas de exploração tradicionais em Portugal. Archivos de Zootecnia 49: 363-383.

NP-ISO-8586-1 (2001). Norma portuguesa ISO 8586-1. Análise sensorial. guia geral para a selecção, treino e controlo dos provadores. Parte 1: Provadores qualificados.

Qannari EM, MacFie HJH, Courcoux P (1999) Performance indices and isotropic scaling factors in sensory profiling. Food Quality and Preference 10: 17-21. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(98)00033-0

Rodrigues S., Teixeira A. (2009). Effect of sex and carcass weight on sensory quality of goat meat of Cabrito Transmontano. Journal of Animal Science 87: 711-715. https://doi.org/10.2527/jas.2007-0792

Rodrigues S, Teixeira A (2014). Effect of breed and sex on pork meat sensory evaluation. Food and Nutrition Sciences 5: 599-605. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.57070

SNS (Serviço Nacional de Saúde) (2015). Castanha – Um tesouro nutricional a explorar nesta semana de São Martinho. Disponible en https://nutrimento.pt/dicas/castanha-um-tesouro-nutricional-a-explorar-nesta-semana-de-sao-martinho/ (Consultado: 2 marzo 2020).

Stone H, Sidel JL (2004) Sensory evaluation practices. Academic Press Inc., Tragon Corporation, Redwood City, 408 p.

Vanhonacker F, Lengard V, Hersleth M, Verbeke W (2010). Profiling European traditional food con-

sumers. British Food Journal 112: 871-886. https://doi.org/10.1108/00070701011067479

Verbeke W, Guerrero L, Almli VL, Vanhonacker F, Hersleth M (2016). European consumers' definition and perception of traditional foods. En: Traditional foods: General and consumer aspects (Eds. K. Kristbergsson y J. Oliveira), pp. 3-16. Cham: Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7648-2_1

Wu W, Guo Q, de Jong S, Massart DL (2002) Randomisation test for the number of dimensions of the group average space in generalised procrustes analysis. Food Quality and Preference 13: 191-200. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00024-1

(Aceptado para publicación el 23 de junio de 2020)

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 Tecnolóxico 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 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

Cita del artículo: González-Torres I, González P, Cobas N, Barrio JC, Vázquez L, Bermúdez R, Pateiro M, Lorenzo JM (2021). Inclusión de boniato en la dieta de finalización de cerdos de cebo. Efecto en la calidad de la carne. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(1): 52-63. https://doi.org/10.12706/itea.2020.021

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) Nº 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/cm^2).

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_2SO_4 en metanol), tras la cual se añadieron 2 mL de una disolución saturada de bicarbonato sódico. Los esteres 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 nutritional 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 ± 3,87 y 102,94 ± 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
Parámetros de color				
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
Composición química (g/100g)				
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
Parámetros de Textura				
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/cm^2 *vs.* 22,44 N/cm^2, 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 terneza, la carne procedente de los dos lotes estudiados se podría considerar como "muy tierna" al presentar valores de fuerza de corte máxima inferiores a 31,4 N/cm^2. 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

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) nº 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 Landrance 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. Agriculturae 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

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 finishig 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/BJN19970134

(Aceptado para publicación el 25 de junio de 2020)

Calidad de carne de cordero de la región de Magallanes, Chile: Estrategias de producción de carnes de cordero diferenciadas

R. Lira[1], R. Rodríguez[2], F. Sales[1], I. Subiabre[2] y R. Morales[2,*]

[1] Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Kampenaike, Angamos 1056, Punta Arenas, Chile
[2] Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue, Casilla 24-0, Osorno, Chile

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de carne de corderos de Magallanes producidos bajo distintas estrategias de manejo y alimentación. Para ello, se seleccionaron 64 corderos y se asignaron a cuatro tratamientos, como se indica. Destete precoz (DP): Grupo de corderos destetados tempranamente y enviados a faena; Destete tardío (DT): corderos mantenidos con sus madres en lactancia y en praderas naturales para un destete tardío; Alfalfa (AA): corderos destetados y alimentados con dieta de alfalfa ofrecida *ad libitum* hasta faena; Alfalfa y Maíz (AM): corderos destetados y alimentados con dieta de alfalfa ofrecida *ad libitum* más 300 g/animal/d de maíz grano hasta faena. Una vez faenados se realizaron mediciones en la carne: grasa intramuscular, color instrumental, fuerza de cizalla, perfil de ácidos grasos y análisis sensorial con un panel entrenado. La inclusión de alfalfa y maíz permite diferenciar sensorialmente la carne de cordero, sin embargo, la carne producida a pastoreo en las condiciones de la región de Magallanes obtuvo mayor contenido de ácidos grasos saludables. Esta información se podría considerar como factor de diferenciación en el mercado con relación a las preferencias de los consumidores.

Palabras claves: Ácidos grasos, calidad sensorial, carne de cordero, Patagonia.

Lamb meat quality from Magallanes region, Chile: Production strategies of differentiated lamb meats

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the meat quality of Magellan lambs raised under different management and feeding strategies. For this purpose, 64 lambs were selected and assigned to four treatments: Early weaning (DP): Group of lambs weaned early and sent to slaughter directly; Late weaning (DT): lambs kept with their mothers during lactation and raised on the natural pastures for a late weaning; Alfalfa Group (AA): Weaned and finished with alfalfa diet offered *ad libitum* until slaughter; Alfalfa and Corn Group (AM): lambs weaned and finished with alfalfa diet offered *ad libitum* plus 300 g/animal/d of corn grain until slaughter. Once slaughtered, intramuscular fat, colour, shear force, fatty acid profile and sensory analysis with a trained panel were measured on the lamb meat. The inclusion of alfalfa and corn allowed sensory differentiation of lamb meat, however, the meat produced from grazing in the Magallanes region conditions, resulted in a higher content of healthy fatty acids. This information could be considered as a differentiating strategy in the market in relation to consumer preferences.

Keywords: Fatty acids, sensory quality, lamb meat, Patagonia.

* Autor para correspondencia: rmorales@inia.cl

Cita del artículo: Lira R, Rodríguez R, Sales F, Subiabre I, Morales R (2021). Calidad de carne de cordero de la región de Magallanes, Chile: Estrategias de producción de carnes de cordero diferenciadas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(1): 64-80. https://doi.org/10.12706/itea.2020.027

Introducción

La producción ovina es parte de la historia fundacional de Magallanes, la región más austral de Chile (53º09'45"S, 70º55'21"O), que concentra el 57 % del inventario ovino de Chile (INE, 2007). Asimismo, de acuerdo con las estadísticas, concentra más del 80 % de la faena registrada en el país con exportaciones de carne ovina a diferentes mercados, alcanzando 34.160 miles de dólares (ODEPA, 2019). Lo que es un buen indicador de la formalidad de los canales de comercialización y con ello de la fuerte integración de los diferentes eslabones de la cadena ovina austral (Lira, 2012).

El prestigio de la carne ovina de Magallanes está principalmente explicado por su origen: Patagonia, una región del mundo que transmite y se asocia a natural y prístino. Abella *et al*. (2010) comentan que el mercado de la carne se ha desarrollado en Magallanes y está fuertemente orientado a la exportación, debido a que la Patagonia tiene una buena reputación, además de excelentes condiciones sanitarias.

Los consumidores demandan alimentos "saludables" y el mercado busca un mejor valor nutricional y propiedades sensoriales de la carne. Se han utilizado una serie de estrategias para satisfacer estas nuevas demandas del consumidor con carne de cordero con un enfoque hacia el desarrollo de sistemas de alimentación y manejo para mejorar los atributos de la carne (De Brito *et al*., 2017). En general, los consumidores, dependiendo del país, prefieren corderos alimentados con concentrados o una combinación concentrados con praderas (Sañudo *et al*., 2000; Font i Furnols *et al*., 2009). La incorporación de concentrado en las dietas de los corderos mejora la calidad sensorial de la carne con una menor intensidad de sabores indeseables (Resconi *et al*., 2009). Por otra parte, los sistemas pastoriles, como son los sistemas de producción ovinos de la Patagonia, aumentan la concentración de CLA (Ácido Linoleico Conjugado) que se ha demostrado que posee efectos anticancerígenos, antidiabéticos, antiadipogénicos, entre otros (Webb y O'Neill, 2008; Scerra *et al*., 2011). A pesar de la existencia de diferentes sistemas o bases de alimentarias (concentrados, praderas o mixtos), la alimentación en base a pastoreo ha adquirido importancia por la "imagen verde" que proyecta a los productos obtenidos de sistemas pastoriles, que tienden a ser mejor valorados por los consumidores debido a que conciben este tipo de productos como más naturales, sanos, menos contaminantes y respetuosos del bienestar animal (Hersleth, *et al*., 2012; Vasta *et al*., 2012). Es por esto que se han realizado diversos estudios en los que se ha tratado de comprobar si el tipo de pradera y la composición de ésta tienen o no efectos sobre la calidad de la carne ovina (Lourenço *et al*., 2007; Lind *et al*., 2009; Prache *et al*., 2011). No obstante, no existe información disponible de la carne de los sistemas de producción ovinos de la Patagonia. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de la carne de corderos de Magallanes producidos bajo distintas estrategias de manejo y alimentación disponibles para los productores de la Patagonia con el fin de generar carne ovina de calidad diferenciada.

Material y métodos

Descripción del ensayo

El presente estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA) Kampenaike, ubicada 60 km al noreste de Punta Arenas en la Región de Magallanes (52°42'S; 70°56'O; altitud 12 m.s.n.m.; precipitación anual 290 mm).

Se seleccionaron un total de 64 corderos de raza Corriedale, predominante en Magalla-

nes, provenientes de un rebaño de 550 ovejas y sus crías machos y provenientes de partos únicos, nacidos entre octubre y noviembre de 2015. Los corderos fueron distribuidos en las cuatro estrategias de manejo y alimentación diferentes, asignando 16 corderos a cada una y divididos en cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron:

– Destete precoz (DP): corresponde al grupo de corderos destetados tempranamente y faenados el mismo día del destete, con una edad aproximada de entre 90-100 días.

– Destete tardío (DT): es el tratamiento en el cual los corderos fueron mantenidos con sus madres en lactancia en pastoreo con un destete tardío y faenados a la edad aproximada de entre 135-145 días.

– Alimentación con alfalfa *ad libitum* (AA): Un tercer grupo de corderos fueron destetados a los 3 meses de edad y llevados a confinamiento, recibiendo una ración de alfalfa cortada y ofrecida *ad libitum* hasta la faena a la edad aproximada de entre 135-145 días.

– Alimentación con alfalfa y maíz (AM): El último tratamiento fueron corderos destetados y faenados a la misma edad que el grupo AA, la diferencia radica en la ración recibida que corresponde a alfalfa cortada y ofrecida *ad libitum* más 300 g/animal/d de maíz grano hasta la faena.

En los tratamientos AA y AM, hacia el final del periodo de alimentación en confinamiento, se agregaron 100 g/animal/d de núcleo proteico (SURALIM^{MR} Núcleo Punta Arenas, 22 % Proteica Cruda). De cada alimento ofertado a los corderos se tomaron tres muestras para análisis en tres periodos diferentes cubriendo todo el periodo en ensayo.

La pradera del sitio de estudio es del tipo vega. La vegetación predominante consiste en *Taraxacum* sect. Ruderalia, Gramíneas (*Poa* sp.) y Ciperáceas (*Carex* sp.), *Acaena magellanica* y Junaceas, reflejo del nivel freático elevado. Este tipo de pradera corresponde a áreas de alta producción de forraje dentro de la estepa magallánica y sustentan e impactan su ganadería extensiva de manera importante, con usos de primavera y verano.

Todas las muestras de los alimentos fueron transportadas refrigeradas al laboratorio y fueron secadas durante 48 horas a 60 °C para análisis bromatológico, realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal y Ambiente de INIA-Remehue en Osorno, Chile. La materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas fueron determinados de acuerdo a los métodos descritos por AOAC (2005). La energía metabolizable y la fibra detergente neutro se determinaron siguiendo el procedimiento de Sadzawka *et al.* (2007). La calidad nutricional de los alimentos suministrados a los corderos de los tratamientos se muestra en la Tabla 1.

Mediciones de rendimiento animal y canal

Todos los corderos fueron sacrificados al mismo tiempo, excepto los del destete precoz que se faenaron al momento del destete. Los corderos se pesaron previo al embarque, luego se volvieron a pesar a la mañana siguiente en ayuno en la planta faenadora. Posterior al sacrificio se registró el peso de canal caliente y después de 24 h de refrigeración se obtuvo el peso de canal fría (PCF). El rendimiento se calculó con el peso de la canal caliente, dividido por el peso vivo antes de la faena, expresado en porcentaje.

Las canales fueron divididas a lo largo de la columna vertebral para obtener dos hemicanales. El contenido total de grasa de la canal (punto GR) se midió a nivel del dorso de la canal, a 11 cm de la línea media y sobre la 12ª costilla. Se estimó el área ojo de lomo mediante una gradilla a la altura de la 13ª vertebra torácica. El color instrumental de la carne se determinó a la misma altura donde se midió

Tabla 1. Promedio de la composición química de los componentes de las dietas (n=4).
Table 1. Average chemical composition of the components of diets (n=4).

	Pradera	Alfalfa	Maíz	Pellet[1]
Proteína cruda (%)	12,6	17,4	7,6	21,0
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,0	2,2	3,4	3,0
Fibra detergente neutro (%)	55,6	36,7	7,6	38,9
Cenizas (%)	10,2	12,8	1,3	7,2
Extracto etéreo (%)	1,8	1,3	3,8	2,5
Ácidos grasos Saturados (%)	28,0	36,9	16,6	16,3
Ácidos grasos Monoinsaturados (%)	34,4	8,1	26,2	42,8
Ácidos grasos Poliinsaturados (%)	36,1	54,3	57,1	40,6
Ácidos grasos n-6 (%)	13,8	29,0	55,2	35,1
Ácidos grasos n-3 (%)	22,2	25,3	1,8	5,5

Resultados en base materia seca (MS). [1]Corresponde al núcleo proteico.

el área de ojo de lomo. Asimismo, en la grasa de cobertura se midió el color de la grasa subcutánea en la zona del *longissimus dorsi*. Se realizaron tres mediciones de color mediante un colorímetro (Konica Minolta modelo CR-400, Tokio, Japón) las cuales se promediaron para obtener la evaluación de color de los parámetros de *L**(luminosidad), *a**(coordenadas de rojo/verde) y *b** (coordenadas amarillo/azul).

De la media canal izquierda se obtuvo el músculo *longissimus dorsi,* desde la novena vertebra torácica hasta la última lumbar de cada animal que se dividió en tres fracciones, las que se envasaron al vacío y fueron mantenidas en una cámara de maduración a 2 ± 2 °C durante 21 días. Posteriormente, las muestras fueron congeladas y enviadas al Laboratorio de Calidad de Alimentos Agropecuarios de INIA Remehue y se mantuvieron congelados hasta su posterior análisis. De las tres fracciones de la muestra, la parte más craneal se utilizó para el análisis sensorial, la siguiente parte para análisis de textura instrumental y la tercera para análisis químico proximal y ácidos grasos.

Mediciones de calidad físico-química de la carne

Para la fuerza de cizalla la muestra de carne se descongeló en refrigeración durante 48 horas, cumplido el período, la muestra se sometió a cocción en un horno eléctrico (EKA modelo KF 620) a 170 °C hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C controlada por un termómetro termocuple (Sper Scientific LTD modelo 800024). Luego se cortaron trozos de 2,54 cm y se dejaron enfriar durante 30 minutos a temperatura ambiente para llevarlos a 4 ± 2 °C durante unas 24 horas. Posteriormente se extrajeron 3 a 6 repeticiones de cada muestra de 1,3 cm de diámetro con un sacabocado metálico. Estos fueron analizados mediante un texturómetro (Stable Micro Systems modelo plus-up grade) con el método de Warner-Bratzler.

Para el análisis proximal se utilizaron 50 g de carne fresca molida y homogenizada y se determinó mediante el protocolo de AOAC (2005), humedad, cenizas, proteína y el extracto etéreo como indicador de grasa intramuscular (GIM).

Para el análisis de ácidos grasos se utilizó 1 g de carne liofilizada molida y se realizó la extracción de grasa y metilación a través del método descrito por Aldai *et al*. (2012). Previo a la metilación y para cuantificar, a cada muestra se le agregó 1 mL de estándar interno (1 mg/ml de 23:0 methyl ester, n-23-M de Nu-Chek Prep Inc., Elysian, MN, USA). Los contenidos de ácidos grasos fueron expresados como porcentaje del total de ácidos grasos.

Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de gases (GC-2010 Plus; Shimadzu®, Kyoto, Japan) equipado con un detector de ionización de llama (FID). Para la separación de los analitos se utilizó una columna SPtm-2560, (100 m × 0,25 mm × 0,2 μm, Supelco) que fue operada en dos programas complementarios de temperatura de horno a 175 °C y 150 °C. Además, una columna iónica líquida de SLB- IL 111 (100 m × 0,25 mm × 0,2 μm, Supelco) fue usada para la identificación de varios intermediarios de la biohidrogenacion como los isómeros CLA y otros. Para la identificación de los picos fueron usados los estándares de referencia #463 y#603, ácidos grasos individuales (21:0, 23:0, 26:0), y la mezcla de CLA #UC-59 M, todos obtenidos desde Nu- Chek Prep Inc. (Elysian, MN, USA). Se utilizaron mezclas isomerizadas de ácidos grasos linoleico (18:2 n–6) y linolenico (18:3 n–3) de Sigma-Aldrich (#47791 y #47792, respectivamente, Supelco, Bellefonte, PA, USA). Para ácidos grasos ramificados, fueron usados mezclas de ácidos grasos bacterianos (Matreya, Pleasant Gap, PA, USA). Muchos de los ácidos grasos trans-18:1 e isómeros de CLA con otros ácidos grasos no incluidos en los estándares fueron identificados a partir de los tiempos de retención y orden de elución y fueron confirmados usando fracciones de ácidos grasos metilados obtenidas con cartuchos de extracción en fase sólida de iones de plata (Belaunzaran *et al*., 2017).

Análisis sensorial

Doce miembros entrenados participaron en el panel sensorial. El entrenamiento y las sesiones de prueba fueron realizados en el laboratorio sensorial de INIA Remehue. Los panelistas fueron seleccionados desde un grupo de 30 personas sin previa experiencia en evaluación sensorial. Los catadores fueron entrenados según las normas de ASTM e ISO. El laboratorio sensorial fue diseñado de acuerdo con el protocolo ISO con cabinas separadas y las muestras fueron evaluadas en una secuencia establecida para evitar el efecto orden presentación de la muestra y el efecto de primer orden o de arrastre. Los catadores evaluaron el sabor, terneza y jugosidad en muestras de carne cocidas. Las referencias de cada atributo sensorial fueron descritas y publicadas previamente (Morales *et al*., 2013). Los panelistas evaluaron 4 muestras cocidas por sesión y se ejecutaron 16 sesiones.

Las muestras fueron envueltas en papel aluminio y cocinados en un horno precalentado (EKA®, KF 620; Famava, Santiago, Chile) a una temperatura de 170 °C hasta alcanzar una temperatura interna de 75 °C, esto fue medido con termocuplas insertadas en el centro geométrico de cada bistec. Los cortes cocidos fueron cortados en cubos de 20 mm × 20 mm × 25 mm (largo × ancho × alto), luego fueron servidas a los catadores a una temperatura entre 30 °C y 35 °C.

Los descriptores fueron cuantificados usando una escala híbrida con un rango de 0 (ausencia) a 10 (máxima intensidad). Una escala de 10 puntos fue utilizada para intensidad de sa-

bor, jugosidad y terneza, donde el valor 0 indica baja intensidad de sabor mientras que 10 es una intensidad extrema; para la jugosidad, 0 es poco jugoso y 10 extremadamente jugoso, mientras que para la terneza, 0 es poco tierno y 10 extremadamente tierno.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente con una ANOVA, incluyendo como efectos fijos al tratamiento y la repetición en un diseño completamente al azar. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey-HSD considerándose un $P < 0,05$ para la discriminación de diferencias significativas. Los análisis se realizaron en el software estadístico XLSTAT, 2017.

Resultados

Peso vivo y parámetros de la canal

El peso vivo tanto en el predio como en la planta faenadora fueron diferentes entre los tratamientos (Tabla 2; $P < 0,05$); el grupo DT presentó el mayor peso, seguido por los terminados en confinamiento (AA y AM) y por último el grupo DP. No obstante, en cuanto al peso de canal fría (PCF) los grupos AM y DP fueron más pesados que DT y AA ($P < 0,05$). El rendimiento fue superior al 40 % en todos los tratamientos, siendo semejantes entre ellos ($P > 0,05$). No hubo un efecto del tratamiento en el área ojo del lomo, sin embargo, si existió en el punto GR, mostrando el grupo DP una menor grasa subcutánea que el resto de los tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de alimentación y edad de destete en el peso vivo y parámetros de la canal de corderos.
Table 2. Effect of feeding and age of weaning on live weight and carcass parameters of lambs.

	DP	DT	AA	AM	EEM	Valor de *P*
PV predio (kg)	32,7^{c}	40,9^{a}	37,3^{b}	38,9^{b}	0,95	0,001
PV planta (kg)	28,4^{c}	37,5^{a}	33,9^{b}	35,4^{b}	0,58	0,001
PCF (kg)	12,3^{c}	15,6^{a}	14,3^{b}	15,6^{a}	0,33	0,001
Rendimiento (%)	44,6	42,9	43,5	45,4	0,54	0,160
Área ojo lomo (cm^2)	11,1	12,4	11,8	11,3	0,70	0,528
Punto GR (mm)	7,6^{b}	12,1^{a}	11,1^{a}	12,3^{a}	0,64	0,001

PV: peso vivo; PCF: peso canal fría; EEM: error estándar de la media; DP: corderos destetados temprano y faenados al mismo tiempo; DT: corderos sin destete y sacrificados a los 4,5 meses; AA: corderos destetados a los 3 meses y alimentados con alfalfa en confinamiento, faenados a los 4,5 meses; AM: destetados a los 3 meses, alimentados bajo confinamiento con alfalfa y maíz, faenados a los 4,5 meses.
Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$).

Análisis físico-químico de la carne de cordero

Los resultados del análisis proximal e instrumental de la carne se muestran en la Tabla 3. Hubo diferencias significativas en la mayoría de los parámetros evaluados ($P < 0,05$), excepto en las cenizas, en la cual, sólo se observó una tendencia ($P = 0,058$) a un mayor contenido en los grupos sin confinamiento (DP y DT). Un alto contenido de humedad y bajo de proteína se registraron en el grupo AA con

Tabla 3. Efecto de alimentación y edad de destete en el análisis físico-químico de la carne de cordero.
Table 3. Effect of feeding and age of weaning on lamb meat physical-chemical analysis.

	DP	DT	AA	AM	EEM	Valor de *P*
Humedad (%)	75,5^{b}	75,7^{b}	76,9^{a}	76,3^{ab}	0,20	0,015
Proteína (%)	21,1^{a}	21,1^{a}	19,8^{b}	20,1^{ab}	0,20	0,010
Cenizas (%)	1,1	1,1	1,0	1,0	0,01	0,058
GIM (%)	2,8^{a}	2,3^{bc}	2,0^{c}	2,5^{ab}	0,14	0,005
pH	5,9^{a}	5,7^{b}	5,8^{ab}	5,8^{ab}	0,04	0,014
Color carne						
*L**	40,7^{a}	38,4^{b}	42,0^{a}	41,4^{a}	0,50	0,001
*a**	17,1^{b}	18,0^{b}	23,3^{a}	22,9^{a}	0,43	0,001
*b**	9,8^{b}	8,7^{c}	12,0^{a}	11,9^{a}	0,36	0,001
Color grasa						
*L**	68,8^{bc}	66,3^{c}	71,0^{ab}	73,4^{a}	0,98	0,001
*a**	10,8	10,3	9,0	8,2	0,60	0,146
*b**	13,5^{a}	12,2^{b}	11,3^{b}	11,0^{b}	0,32	0,001
Fuerza de cizalla (kgf)	1,7^{ab}	1,9^{a}	1,3^{b}	1,3^{b}	0,10	0,001

GIM: grasa intramuscular; DP: corderos destetados temprano y faenados al mismo tiempo; DT: corderos sin destete y sacrificados a los 4,5 meses; AA: corderos destetados a los 3 meses y alimentados con alfalfa en confinamiento, faenados a los 4,5 meses; AM: destetados a los 3 meses, alimentados bajo confinamiento con alfalfa y maíz, faenados a los 4,5 meses; EEM: error estándar de la media. Resultados en base húmeda.
Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$.

respecto a los otros grupos ($P < 0,05$). La grasa intramuscular fue superior en los grupos DP y AM seguido por DT y AA. En relación al color de la carne, el grupo DT mostró un menor valor de *L**, que los otros tratamientos ($P < 0,05$). Respecto a los valores de *a** y *b**, los tratamientos suplementados con alfalfa presentaron mayores valores que DP y DT, este último presentó a su vez un mayor valor de *b** que DP ($P < 0,05$). El tratamiento AM mostró en el color de la grasa un mayor valor de *L** que DP y DT, mientras que el grupo DP tuvo un mayor valor de *b** en la grasa que el resto de los tratamientos. El color de la grasa *a** fue semejante entre tratamientos ($P > 0,05$). Se observó una menor fuerza de cizalla en los tratamientos AA y AM comparado con los grupos que no incluyeron alfalfa ($P < 0,05$).

Composición de ácidos grasos en carne de cordero

En las Tablas 4 y 5 se presenta el perfil de ácidos grasos en la carne de los corderos (% del total de ácidos grasos identificados).

Los diferentes sistemas de alimentación tuvieron efecto en el perfil de los ácidos grasos, resaltando una diferencia en los ácidos grasos saturados, la carne de los corderos DP presentó un mayor porcentaje de ácidos gra-

Tabla 4. Ácidos grasos saturados y ramificados en carne de corderos (% total de ácidos grasos).
Table 4. Saturated and branched-chain fatty acids in lamb meat (% of total fatty acids).

	DP	DT	AA	AM	EEM	Valor de *P*
Σ Saturados	47,7^{a}	44,9^{b}	45,4^{b}	45,8^{b}	0,50	0,009
14:0	3,9^{ab}	4,3^{a}	3,7^{ab}	3,5^{b}	0,18	0,048
15:0	0,49^{ab}	0,54^{a}	0,44^{b}	0,43^{b}	0,44	0,021
16:0	23,7	22,8	23,7	24,2	0,38	0,066
17:0	1,20	1,22	1,17	1,16	0,02	0,616
18:0	16,5^{a}	14,7^{b}	15,4^{ab}	15,5^{ab}	0,33	0,001
19:0	0,19^{ab}	0,22^{a}	0,16^{b}	0,17^{b}	0,01	0,021
20:0	0,03^{b}	0,11^{ab}	0,07^{ab}	0,08^{ab}	0,01	0,001
Σ Ramificados	1,72^{a}	1,68^{a}	1,45^{ab}	1,30^{b}	0,05	0,034
i-15:0	0,17^{a}	0,16^{ab}	0,13^{b}	0,11^{c}	0,008	0,001
i-16:0	0,17^{ab}	0,19^{a}	0,14^{bc}	0,13^{c}	0,16	0,003
i-17:0	0,42^{a}	0,40^{ab}	0,36^{b}	0,31^{c}	0,30	0,001
i-18:0	0,13^{a}	0,11^{ab}	0,11^{ab}	0,10^{b}	0,10	0,016
a-15:0	0,21^{ab}	0,22^{a}	0,17^{bc}	0,15^{c}	0,13	0,007
a-17:0	0,54^{a}	0,51^{ab}	0,48^{ab}	0,44^{b}	0,40	0,008

DP: corderos destetados temprano y faenados al mismo tiempo; DT: corderos sin destete y sacrificados a los 4,5 meses; AA: corderos destetados a los 3 meses y alimentados con alfalfa en confinamiento, faenados a los 4,5 meses; AM: destetados a los 3 meses, alimentados bajo confinamiento con alfalfa y maíz, faenados a los 4,5 meses; EEM: error estándar de la media.

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$.

sos saturados (47,73 %) con respecto al resto de los grupos ($P < 0,05$). El ácido palmítico (16:0) fue el más abundante de los ácidos grasos saturados con sobre el 20 %, sin embargo, no se observaron diferencias entre los tratamientos ($P > 0,05$). El ácido esteárico siguió en proporción con valores encima de 14 %, con un menor contenido en el grupo DT ($P < 0,05$). Los ácidos grasos ramificados, *iso* y *anteiso* fueron diferentes ($P < 0,05$), destacándose el menor valor en el grupo de AM y en algunos casos similares a AA, excepto en *i*-15:0 y *i*-17:0.

Los ácidos grasos monoinsaturados, representados principalmente por los *cis,* fueron distintos en los tratamientos ($P < 0,05$), siendo menor en los corderos DT. En el caso del 9*c*-18:1 los valores fueron bajos en el grupo DT. Los grupos DT y AA presentaron un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados ($P < 0,05$), mientras que los *n*-3, en el tratamiento AM tuvieron los menores valores seguido de DP, siendo parecido con el ácido linolénico con un bajo contenido para el grupo AM. Para los ácidos grasos *n*-6 el grupo AA tuvo el más alto porcentaje seguido por DT, luego

Tabla 5. Ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados en carne de corderos (% total de ácidos grasos).
Table 5. Monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in lamb meat (% of total fatty acids).

	DP	DT	AA	AM	EEM	Valor de *P*
Σ Monoinstaturados	33,24^{a}	30,71^{b}	32,26^{b}	34,18^{a}	0,47	0,001
Σ *cis*-Monoinsaturados	32,73^{ab}	30,05^{c}	31,29^{bc}	33,21^{a}	0,54	0,004
9*c*-14:1	0,10	0,11	0,10	0,09	0,008	0,273
7*c*-16:1	0,35^{ab}	0,36^{a}	0,31^{bc}	0,28^{c}	0,30	0,001
9*c*-16:1	1,21	1,29	1,23	1,26	0,04	0,503
9*c*-17:1	0,51^{b}	0,56^{a}	0,50^{b}	0,52^{ab}	0,50	0,001
9*c*-18:1	28,8^{a}	25,9^{b}	27,8^{ab}	29,8^{a}	0,30	0,001
11*c*-18:1	0,77^{b}	0,91^{a}	0,90^{a}	0,91^{a}	0,80	0,001
12*c*-18:1	0,14	0,15	0,18	0,17	0,13	0,096
13*c*-18:1	0,09	0,10	0,09	0,10	0,006	0,322
15*c*-18:1	0,19	0,18	0,16	0,15	0,01	0,100
11*c*-20:1	0,046^{c}	0,058^{b}	0,066^{ab}	0,07^{a}	0,05	0,001
Σ *trans*-Monoinsaturados	4,9^{b}	5,4^{a}	5,0^{ab}	5,2^{ab}	0,16	0,161
10*t*-18:1	0,21^{b}	0,22^{ab}	0,216^{b}	0,25^{a}	0,012	0,039
11*t*-18:1	1,9	2,0	1,6	1,8	0,102	0,173
Σ Poliinsaturados	8,4^{b}	11,2^{a}	10,6^{a}	8,6^{b}	0,48	0,001
Σ *n*-3	3,7^{bc}	4,5^{a}	4,2^{ab}	3,2^{c}	0,18	0,001
18:3*n*-3	2,3^{a}	2,4^{a}	2,2^{a}	1,6^{b}	0,09	0,001
20:4*n*-3	0,001^{b}	0,038^{a}	0,001^{b}	0,001^{b}	0,002	0,001
20:5*n*-3	0,62^{b}	0,91^{a}	0,84^{ab}	0,63^{b}	0,06	0,001
22:5*n*-3	0,61^{b}	0,85^{a}	0,81^{ab}	0,64^{ab}	0,05	0,001
22:6*n*-3	0,20	0,24	0,24	0,21	0,02	0,322
Σ *n*-6	4,7^{c}	6,7^{ab}	6,5^{a}	5,5^{b}	0,30	0,001
18:2*n*-6	3,5^{b}	4,8^{a}	4,7^{a}	4,1^{ab}	0,22	0,001
20:3*n*-6	0,09^{b}	0,14^{a}	0,15^{a}	0,13^{ab}	0,01	0,001
20:4*n*-6	0,95^{b}	1,5^{a}	1,5^{a}	1,1^{ab}	0,11	0,001
Σ CLA	0,91^{b}	1,04^{a}	0,81^{b}	0,91^{b}	0,035	0,008
9*c*,11*t*-18:2	0,69^{ab}	0,78^{a}	0,52^{c}	0,61^{bc}	0,033	0,001
n-6/*n*-3	1,2^{c}	1,4^{b}	1,5^{b}	1,7^{a}	0,04	0,001
P/S	0,18^{b}	0,25^{a}	0,23^{ab}	0,19^{b}	0,01	0,001

P/S: ácidos grasos poliinsaturados/saturados; DP: corderos destetados temprano y faenados al mismo tiempo; DT: corderos sin destete y sacrificados a los 4,5 meses; AA: corderos destetados a los 3 meses y alimentados con alfalfa en confinamiento, faenados a los 4,5 meses; AM: destetados a los 3 meses, alimentados bajo confinamiento con alfalfa y maíz, faenados a los 4,5 meses; EEM: error estándar de la media. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$.

de AM y por último el grupo de los corderos de destete precoz ($P < 0,05$). El tratamiento DP tuvo el menor porcentaje de ácido linoleico con respecto a los otros. El tratamiento DT tuvo el mayor contenido de CLA ($P < 0,05$) comparado con el resto de los tratamientos, mientras que la relación *n*-6/*n*-3 fue superior en AM; sin embargo, todos los valores fueron inferiores a 2.

Análisis sensorial

En el panel de expertos no se encontraron diferencias en la jugosidad de la carne de los corderos ($P > 0,05$), sin embargo, la carne del grupo DP obtuvo un mayor puntaje de intensidad de sabor ($P < 0,05$) comparado con el resto de los tratamientos, mientras que el grupo DT tuvo mayor puntaje que AA. Las carnes más blandas fueron de los tratamientos terminados en confinamiento (AA y AM) en comparación con DP, mientras que la carne de DT fue intermedia (Tabla 6).

Discusión

El grupo DP presentó el menor peso vivo tanto en el predio como en planta, como era de esperar puesto que este grupo se sacrificó entre 45-55 días antes que los DT, AA y AM. Respecto al PCF, las canales de los grupos DT y AM fueron más pesadas, en concordancia con el mayor peso vivo encontrado en estos grupos previo al sacrificio. Todas las canales se ubicaron por encima del promedio regional de peso de canal que es entre 12 kg y 13 kg (Fundación para la Innovación Agraria, 2015). Un estudio de Ramírez-Retamal *et al*. (2014) reportó valores de PCF menores a los de este estudio (11,5 kg y 10,5 kg) en corderos chilotes sacrificados a los 90 días y alimentados con praderas naturalizadas y calafatal, respectivamente. Mientras que en corderos de raza austral alimentados con pradera polifítica permanente y otra de plantago y achicoria alcanzaron pesos de canal fría de 15,8 kg y 16,8 kg al ser faenados a los 4 meses de edad (Rodríguez, 2020), siendo cercanos a los pesos de los corderos del presente estudio faenados a los 4 meses. El rendimiento porcentual de canal en todos los tratamientos fue alrededor del 40 %, que es el valor de referencia aceptado y usado localmente por plantas y productores (Carter y Gallo, 2008; Tarumán *et al*., 2018).

Tabla 6. Análisis sensorial de la carne de cordero en diferentes tratamientos (0 mínimo a 10 extremo).
Table 6. Sensory analysis of lamb meat in different treatments (0 minimum to 10 extreme).

	DP	DT	AA	AM	EEM	Valor de *P*
Jugosidad	4,5	4,6	4,9	4,5	0,23	0,181
Terneza	7,4^{b}	8,0^{ab}	8,7^{a}	8,3^{a}	0,22	0,029
Intensidad de Sabor	7,5^{a}	6,3^{b}	5,8^{c}	5,9^{bc}	0,13	0,001

DP: corderos destetados temprano y faenados al mismo tiempo; DT: corderos sin destete y sacrificados a los 4,5 meses; AA: corderos destetados a los 3 meses y alimentados con alfalfa en confinamiento, faenados a los 4,5 meses; AM: destetados a los 3 meses, alimentados bajo confinamiento con alfalfa y maíz, faenados a los 4,5 meses; EEM: error estándar de la media.

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$.

El área de ojo de lomo fue semejante entre los tratamientos, probablemente porque se utilizó sólo un tipo de raza. Estos datos concuerdan con el estudio de Venturini *et al*. (2017) que no encontraron diferencia en el área ojo de lomo a pesar de tener una ración distinta y Nunes *et al*. (2018) que reportaron valores similares entre dos razas. El valor promedio de estos reportes fue de 13 cm^2, valor levemente superior a lo observado en el presente estudio, a pesar de ser corderos ligeramente más livianos.

El punto GR en DP fue inferior con respecto a los otros tratamientos, esto es debido a que el sacrificio de estos corderos fue a una edad temprana, en la cual tuvieron menos tiempo para depositar grasa. En los grupos DT y AM se observaron punto GR de 12 mm, esto concuerda con Hopkins *et al*. (1995) que reportaron un punto GR de 12 mm en dos grupos de corderos alimentados con alfalfa y otro con achicoria.

La GIM fue mayor en DP y AM, sin embargo, la relación de la grasa intramuscular con el punto GR del grupo DP no está dentro de lo esperado. El depósito de grasa en los corderos es afectado por diversos factores como genéticos (raza, sexo y heredabilidad), de manejo (edad y peso de destete, edad de sacrificio y el ambiente) y nutricionales (metabolismo de la grasa, digestión y absorción de los alimentos, disponibilidad de glucosa/almidón, relación de forraje y concentrado, vitaminas A, D y C, programación nutricional fetal y sistemas de alimentación de etapas-específica) (Nürnberg *et al*., 1998; Park *et al*., 2018).

Como se mencionó anteriormente los corderos al ser destetados tempranamente se espera que haya una menor deposición de grasa tanto subcutánea como intramuscular. Nos parece extraño haber observado lo contrario en el grupo DP, puesto que son animales de la misma genética. Al respecto, Juárez *et al*. (2007) reporta similares niveles de engrasamiento y GIM de corderos Merino sacrificados a similar peso obtenidos de dos periodos de destete diferentes. No obstante, los animales fueron obtenidos del mismo rebaño y no se consideró para la selección el carnero utilizado y esto podría afectar el nivel de grasa intramuscular como se ha visto en otros estudios (Anderson *et al*., 2015). A pesar de esto, a *priori*, este resultado podría ser beneficioso si lo miramos desde un punto de vista comercial, puesto que se podría obtener una carne con poca grasa subcutánea y con alta grasa intramuscular con mínimo impacto sobre el bienestar de los animales. Sin embargo, esta relación debería estudiarse con más detalle en futuros ensayos.

Al comparar los resultados con otros estudios, una situación similar reporta Pethick *et al*. (2007) que observaron excepciones, con cruzas de ganado bovino, donde el porcentaje de GIM fue mayor con porcentajes más bajos de grasa en canal.

El grupo AM nos da una relación coherente con el punto GR y la GIM, estos valores son altos debido a que recibieron una dieta alta en energía.

Los valores de grasa intramuscular del estudio fueron levemente superiores al reportado por Ramírez-Retamal *et al*. (2014) en corderos chilotes alimentados con dos praderas diferentes (2,19 % y 1,59 %) y De Brito *et al*. (2016) en corderos que consumieron alfalfa (1,4 %). No obstante, en general son valores bajos en comparación a lo reportado por McPhee *et al*. (2008) para diferentes razas de cordero de similar peso de sacrificio. La GIM tiene un impacto en la calidad de la carne, ya que, influye en varios atributos sensoriales, como en el sabor de la carne. Se ha sugerido que para la carne de cordero debe ser un GIM de 4 % para garantizar una alimentación humana de calidad (Pannier *et al*., 2014). Sin embargo, en los sistemas de alimentación extensivos se reportan menos con-

tenidos de GIM que los animales confinados (Zervas y Tsiplakou, 2011). El bajo contenido de grasa intramuscular de todos los grupos se puede catalogar a esta carne de cordero como un alimento más saludable, lo que puede ser una estrategia para satisfacer la demanda de carne magra de los consumidores (De Brito *et al*., 2017).

Los valores de análisis proximal de la carne fueron similares a los de Nunes *et al*. (2018) y Faria *et al*. (2012), ellos informan carne de corderos con humedad superiores a 75 %, proteína sobre 19 %, minerales con 1 %.

Los datos de color pueden ser interpretados por dos vías diferentes, por una parte, la carne de los tratamientos de destete temprano y tardío muestran un bajo valor de *a**; esto se podría deber a que los animales en lactancia muestran una intensidad de color rojo menor en su carne que los animales que se finalizan con alfalfa, relacionado al bajo contenido de hierro en la leche (Velasco *et al*., 2004). Por otra parte, los grupos que se suplementaron mostraron un mayor valor de *b** y el grupo DT el menor valor. En este sentido, los animales alimentados con concentrados tienden a tener un mayor valor de *b** (amarillo) que aquellos que se encontraban en pastoreo (Cañeque *et al*., 2001; Velasco *et al*., 2004). El promedio de luminosidad (*L**) en la carne fue menor en el grupo DT, considerándose una carne más oscura con respecto a los otros grupos; esto está dado principalmente por ser el grupo que se encontraba en pastoreo. Esto concuerda con Duckett *et al*. (2013) que observaron músculos *Longissimus* de novillos que consumieron praderas con un menor *L** comparado con los que se alimentaron con concentrado de maíz.

Los resultados de los parámetros de color de la carne se encontraron dentro de los valores reportados por Ramírez-Retamal *et al*. (2014) y Rodríguez (2020) en cordero Chilote y en cordero Austral, respectivamente. El color de la carne está dentro de los rangos para que sean aceptables como una carne fresca por parte de los consumidores, estos valores para *a** y *L** deberían ser sobre 9,5 y 34 respectivamente (Khliji *et al*., 2010).

La mayor fuerza de corte o cizalla se observó en el grupo DT, diferencia que podría estar asociada a la alimentación en pastoreo, puesto que los animales del grupo DT realizaban mayores desplazamientos para obtener su alimento que los tratamientos que estaban confinados. Estos resultados de terneza instrumental concuerdan con lo obtenido en el panel sensorial, donde la terneza en los tratamientos suplementados fue evaluada con mayores puntajes (que indica que la carne fue más tierna) en comparación con DP y DT. En general, los valores de fuerza de cizalla reportados son similares a los reportados por Ramírez-Retamal *et al*. (2014) y Cañeque *et al*. (2004) en corderos de raza Manchega alimentados en base a leche materna, pero inferiores a los obtenidos por Sañudo *et al*. (2003) y Bianchi *et al*. (2006) en otras razas de cordero con animales alimentados en base a pastoreo. No obstante, todos los valores se encuentran por debajo de 5 kg, límite para ser considerada una carne tierna de acuerdo con lo descrito por Dikeman *et al*. (2005).

En el perfil de ácidos grasos se encontraron diferencias significativas. La sumatoria de ácido linoleico conjugado (CLA) fue mayor en el grupo de los corderos DT comparado con los otros grupos. Los animales que consumen pradera presentan un mayor contenido de CLA comparado con los que se alimentan con maíz (Duckett *et al*., 2013), lo que se asemeja a lo observado en este estudio. Un alto contenido de ácido ruménico se observó en los grupos DT y DP. En el grupo de destete temprano el mayor porcentaje puede ser debido a que las madres transfirieron de una forma eficiente desde su leche estos ácidos grasos y se depositaron en la carne de los corderos lactantes (Nudda *et al*., 2005; Bessa *et al*., 2015). El ma-

yor contenido de los isómeros de CLA en tres de los tratamientos es deseable para los consumidores debido a que estos ácidos grasos ejercen potentes efectos biológicos como anticancerígenos y antilipogénicos fundamentales en la salud humana (Bessa *et al*., 2015).

El grupo AM obtuvo un bajo contenido de ácido linolénico, mientras que DT tuvo mayor contenido de 20:5 *n*-3 y 22:5 *n*-3 que los otros tratamientos. El mayor contenido de *n*-3 está dado por el consumo de praderas y/o forrajes que presentan un alto contenido de este omega, representado principalmente por el ácido linolénico (50-75 % del total de ácidos grasos), esto puede ser transferido directamente a la carne por una alta tasa de pasaje o por modificación de la fermentación ruminal por las especies que componen una pradera naturalizada (Elgersma, 2015). Es conocida la bioactividad de omega 3. Participa en la regulación de la respuesta inmune ayudando al desarrollo del cerebro y visión en fetos, mantención neural, reducción de la prevalencia de cáncer, diabetes tipo-2 y enfermedades cardiovasculares (Howes *et al*., 2015). Al tener un alto contenido de *n*-3 en las carnes de los grupos DP, DT y AA puede ser considerado un alimento funcional, siendo llamativo para los consumidores (Daley *et al*., 2010). Esto coincide con Howes *et al*. (2015) que menciona que animales terminados en praderas suelen presentar mayor *n*-3 que los que consumen concentrados.

La relación *n*-6/*n*-3 fue mayor en AM, intermedia en AA y DT y menor en DP. No obstante, para todos los grupos fue menor a 4 que es lo recomendado por la OMS (Wood y Enser, 2017). La relación P/S fue mayor en DT que en DP y AM, esta relación es aceptable cuando se trata de carnes rojas ya que se recomienda que sea superior a 0,1 (Howes *et al*., 2015).

Las diferencias observadas en la GIM entre los grupos no se relacionaron a nivel sensorial en el parámetro de jugosidad, ya que no se encontraron diferencias entre tratamientos. Lo que concuerda con el estudio de Resconi *et al*. (2009) quienes no observaron un efecto del tipo de alimentación en la jugosidad de la carne.

En intensidad de sabor la carne del DP mostró mayor intensidad de sabor seguido por DT. En este sentido, los corderos alimentados a pradera tienen mayor intensidad de sabor a cordero que aquellos que son alimentados con concentrados (Sañudo *et al*., 2000) y cultivos suplementarios (Watkins *et al*., 2013), aunque en el presente estudio sólo los destetados tempranamente fueron los que presentaron mayor intensidad de sabor. La diferencia en el sabor entre los tratamientos nos indica que existe un efecto de sistema productivo y alimentación en estas características sensoriales (Fisher *et al*., 2000).

Los lípidos en la carne pueden transportar compuestos volátiles solubles en grasa o ser odorantes por derecho propio. Los ácidos grasos de cadena ramificada que se depositan en triacilgliceroles, particularmente en grasa subcutánea, están involucrados en el sabor de la carne de cordero (Resconi *et al*., 2009; Gkarane *et al*., 2019). Esto concuerda con los resultados obtenidos en el grupo DP, la intensidad de sabor fue más alta, y al mismo tiempo hubo un mayor contenido de ácidos grasos ramificados (Tabla 6).

Se conoce que la carne de cordero tiene un sabor único, distinto de otras carnes, no obstante, puede ser un limitante para la aceptación por parte del consumidor (Hersleth *et al*., 2012). En este estudio se lograron obtener carnes con diferentes intensidades de sabor, por lo que se podrían generar productos distintos en cuanto a sabor para satisfacer consumidores que estén o no familiarizados con el sabor de la carne de cordero. Por ejemplo, Sañudo *et al*. (2007) concluyeron que existe un grupo de consumidores europeos que prefiere carne con sabor a leche o concentrados y otro que prefiere la carne en base a prade-

ras. No obstante, la preferencia de los consumidores está determinada principalmente en base a su experiencia pasada (Sañudo *et al*., 2000) y para el caso de la carne de cordero es muy importante, puesto que es un alimento que está asociado a la cultura y a la tradición de muchos países (Hersleth *et al*., 2012). Esto es fundamental desde un punto de vista de exportación para generar estrategias de comercialización según el público objetivo y así satisfacer sus demandas.

Conclusiones

La inclusión de alfalfa y maíz permite diferenciar sensorialmente la carne de cordero, destacándose por ser una carne más tierna y con una menor intensidad de sabor. En términos generales se obtiene una carne con una alta calidad nutricional y con una baja relación *n*-6/*n*-3. Sin embargo, la carne producida a pastoreo en las condiciones de la región de Magallanes logró un mayor contenido de ácidos grasos importantes para la salud humana. Esta información se podría considerar como factor de diferenciación en el mercado en relación con las preferencias de los consumidores.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el Proyecto INNOVA-CORFO 14BPCA-28535.

Referencias bibliográficas

Abella I, Cardellino RC, Mueller J, Cardellino RA, Benítez D, Lira R (2010). South American sheep and wool industries. En: International Sheep and Wool Handbook (Ed. D.J. Cottle), pp 85-94. Nottingham University Press. Nottingham, U.K.

Aldai N, Kramer JKG, Cruz-Hernández C, Santercole V, Delmonte P, Mossaba MM, Dugan, MER (2012). Appropriate extraction and methylation techniques for lipid analysis. En: Fat and fatty acids in poultry nutrition and health (Eds., G. Cherian y R. Poureslami), pp. 249-278. Context, Packington, U.K.

Anderson F, Pannier L, Pethick DW, Gardner GE (2015). Intramuscular fat in lamb muscle and the impact of selection for improved carcass lean meat yield. Animal 9(6): 1081-1090. https://doi.org/10.1017/S1751731114002900

AOAC (2005). Official Methods of Analysis 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Belaunzaran X, Bravo Lamas L, Kramer JK, Morales R, Aldai N (2017). Silver ion solid phase extraction cartridges employing glass housings overcome the limitations observed in the GC analysis of animal lipids with low *trans* fatty acid content. European Journal of Lipid Science and Technology 119(4): 1600124. https://doi.org/10.1002/ejlt.201600124

Bessa RJ, Alves SP, Santos Silva J (2015). Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. European Journal of Lipid Science and Technology 117(9): 1325-1344. https://doi.org/10.1002/ejlt.201400468

Bianchi G, Garibotto G, Feed O, Bentancur O, Franco J (2006). Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. Archivos de Medicina Veterinaria 38(2): 161-165. http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000200010

Cañeque V, Velasco S, Díaz M, Pérez C, Huidobro F, Lauzurica S, Manzanares C, González J (2001). Effect of weaning age and slaughter weight on carcass and meat quality of Talaverana breed lambs raised at pasture. Animal Science 73: 85-95. https://doi.org/10.1017/S1357729800058082

Cañeque V, Pérez C, Velasco S, Díaz MT, Lauzurica S, Álvarez I, Ruiz de Huidobro F, Onega E, De la Fuente J (2004). Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. Meat science 67(4): 595-605. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.01.002

Carter LM, Gallo CB (2008). Efectos del transporte prolongado por vía terrestre y cruce marítimo en transbordador sobre pérdidas de peso vivo y características de la canal en corderos. Archivos de Medicina Veterinaria 40(3): 259-266. http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000300006

Daley CA, Abbott A, Doyle PS, Nader GA, Larson S (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutrition journal 9(1): 10. https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-10

De Brito GF, McGrath SR, Holman BW, Friend MA, Fowler SM, van de Ven RJ, Hopkins DL (2016). The effect of forage type on lamb carcass traits, meat quality and sensory traits. Meat science 119: 95-101. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.030

De Brito GF, Ponnampalam EN, Hopkins DL (2017). The effect of extensive feeding systems on growth rate, carcass traits, and meat quality of finishing lambs. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 16(1): 23-38. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12230

Dikeman ME, Pollak EJ, Zhang Z, Moser DW, Gill CA, Dressler EA (2005). Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, and heritabilities and expected progeny differences for Warner-Bratzler shear force in three beef cattle breeds. Journal of Animal Science 83(10): 2461-2467. https://doi.org/10.2527/2005.83102461x

Duckett SK, Neel JPS, Lewis RM, Fontenot JP, Clapham WM (2013). Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. Journal of animal science 91(3): 1454-1467. https://doi.org/10.2527/jas.2012-5914

Elgersma A (2015). Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. European Journal of Lipid Science and Technology 117(9): 1345-1369. https://doi.org/10.1002/ejlt.201400469

Faria PB, Bressan MC, Vieira JO, Vicente-Neto J, Ferrão SPB, Rosa FC, Monteiro M, Cardoso MG, Gama LT (2012). Meat quality and lipid profiles in crossbred lambs finished on clover-rich pastures. Meat science 90(3): 733-738. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.004

Fisher AV, Enser M, Richardson RI, Wood JD, Nute GR, Kurt E, Sinclair LA, Wilkinson RG (2000). Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems. Meat Science 55(2): 141-147. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00136-9

Font i Furnols M, Realini CE, Guerrero L, Oliver MA, Sañudo C, Campo MM, Nute GR, Cañeque V, Álvarez I, San Julián R, Luzardo S, Brito G, Montossi F (2009). Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers. Meat Science 81(1): 196-202. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.019

Fundación para la Innovación Agraria (2015). Agenda de innovación estratégica Ovina: carne-lana Región de Magallanes y Antártica Chilena. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 51 pp.

Gkarane V, Brunton NP, Allen P, Gravador RS, Claffey NA, Diskin MG, Fahey AG, Farmer LJ, Moloney AP, Alcalde MJ, Murphy P, Monahan FJ (2019). Effect of finishing diet and duration on the sensory quality and volatile profile of lamb meat. Food Research International 115: 54-64. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.063

Hersleth M, Næs T, Rødbotten M, Lind V, Monteleone E (2012). Lamb meat-Importance of origin and grazing system for Italian and Norwegian consumers. Meat science 90(4): 899-907. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.030

Hopkins DL, Holst PJ, Hall DG, Atkinson WR (1995). Carcass and meat quality of second-cross cryptorchid lambs grazed on chicory (*Cichorium intybus*) or lucerne (*Medicago sativa*). Australian Journal of Experimental Agriculture 35(6): 693-697. https://doi.org/10.1071/EA9950693

Howes NL, Bekhit AEDA, Burritt DJ, Campbell AW (2015). Opportunities and implications of pasture based lamb fattening to enhance the long chain fatty acid composition in meat. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 14(1): 22-36. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12118

INE (2007). VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Santiago, Chile.

Juárez M, Horcada A, Alcalde MJ, Barajas F, Valera M, Peña F, Domenech V, Molina A (2007). Efectos del destete sobre la calidad de la carne y de la grasa de corderos ternascos de raza merina española. IV Jornadas Ibéricas de razas autóctonas y sus productos tradicionales: innovación, seguridad y cultura alimentaria, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, 30 noviembre y 1 de diciembre, Sevilla, España, pp. 211-215.

Khliji S, van de Ven R, Lamb TA, Lanza M, Hopkins DL (2010). Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. Meat Science 85(2): 224-229. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.002

Lind V, Berg J, Eik LO, Mølmann J, Haugland E, Jørgensen M, Hersleth M (2009). Meat quality of lamb: Pre-slaughter fattening on cultivated or mountain range pastures. Meat Science 83(4): 706-712. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.008

Lira R (2012). Caracterización del sistema de producción ovina Austral. En: Bases para la producción ovina en Magallanes, Boletín INIA Nº 244 (Ed. O. Strauch y R. Lira), pp. 39-47. Centro Regional de Investigaciones Kampenaike, Punta Arenas, Chile.

Lourenço M, Van Ranst G, De Smet S, Raes K, Fievez V (2007). Effect of grazing pastures with different botanical composition by lambs on rumen fatty acid metabolism and fatty acid pattern of *longissimus* muscle and subcutaneous fat. Animal 1(4): 537-545. https://doi.org/10.1017/S1751731107703531

McPhee MJ, Hopkins DL Pethick DW (2008). Intramuscular fat levels in sheep muscle during growth. Australian Journal of Experimental Agriculture 48(7): 904-909. https://doi.org/10.1071/ea08046

Morales R, Aguiar APS, Subiabre I, Realini CE (2013). Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling. Food Quality and Preference 29(2): 166-173. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.02.006

Nudda A, Battacone G, Fancellu S, Pulina, G (2005). The transfer of conjugated linoleic acid and vaccenic acid from milk to meat in goats. Italian Journal of Animal Science 4(S2): 395-397.

Nunes IA, Brito RAM, de Morais LA, Silva VS, da Silva MAP, do Carmo RM (2018). Performance, carcass characteristics, and centesimal composition of meat from Santa Inês lambs and Texel crossbred lambs (Santa Inês × Texel). Canadian Journal of Animal Science 99(2): 228-236. https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0231

Nürnberg K, Wegner J, Ender K (1998). Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. Livestock Production Science 56(2): 145-156. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00188-2

ODEPA (2019). Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Información regional 2019. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 16 pp.

Pannier L, Pethick DW, Geesink GH, Ball AJ, Jacob RH, Gardner GE (2014). Intramuscular fat in the *longissimus* muscle is reduced in lambs from sires selected for leanness. Meat Science 96(2): 1068-1075. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.014

Park SJ, Beak SH, Jung DJS, Kim SY, Jeong IH, Piao MY, Kang HJ, Fassah DM, Na SW, Yoo SP, Baik M (2018). Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - a review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 31(7): 1043-1061. https://doi.org/10.5713/ajas.18.0310

Pethick DW, Barendse W, Hocquette JF, Thompson JM, Wang YH (2007). Marbling biology - growth and development, gene markers and nutritional biochemistry. En: Energy and Protein Metabolism and Nutrition, EAAP Vol. 124 (Ed. I. Ortigues-Marty), pp. 75-88. Wageningen Academic Publishers, Vichy, France.

Prache S, Gatellier P, Thomas A, Picard B, Bauchart D (2011). Comparison of meat and carcass quality in organically reared and conventionally reared pasture-fed lambs. Animal 5(12): 2001-2009. https://doi.org/10.1017/S1751731111001030

Ramírez-Retamal J, Morales R, Martínez ME, de la Barra R (2014). Effect of the type of pasture on the meat characteristics of Chilote lambs. Food and Nutrition Sciences 5(7): 635-644. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.57075

Resconi VC, Campo MM, Font i Furnols M, Montossi F, Sañudo C (2009). Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems. Meat Science 83(1): 31-37. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.004

Rodríguez R (2020) Praderas de plantago y achicoria: una alternativa en la producción ovina en la zona sur de Chile. Tesis de Doctorado. Universidad Austral de Chile.

Sadzawka A, Carrasco M, Demanet R, Flores H, Grez R, Mora ML, Neaman A (2007). Métodos de análisis de tejidos vegetales, 2ª Edición. Serie Actas INIA 40. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago de Chile, Chile. 140 pp.

Sañudo C, Enser M, Campo MM, Nute GR, María G, Sierra I, Wood JD (2000). Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. Meat Science 54(4): 339-346. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00108-4

Sañudo C, Alfonso M, Sanchez A, Berge P, Dransfield E, Zygoyiannis D, Stamataris C, Thorkelsson G, Valdimarsdottir T, Piasentier E, Mills C, Nute GR, Fisher AV (2003). Meat texture of lambs from different European production systems. Australian Journal of Agricultural Research 54(6): 551-560. https://doi.org/10.1071/AR02092

Sañudo C, Alfonso M, San Julián R, Thorkelsson G, Valdimarsdottir T, Zygoyiannis D, Stamataris C, Piasentier E, Mills C, Berge P, Dransfield E, Nute GR, Enser M, Fisher AV (2007). Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. Meat Science 75(4): 610-621. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.09.009

Scerra M, Luciano G, Caparra P, Foti F, Cilione C, Giorgi A, Scerra V (2011). Influence of stall finishing duration of Italian Merino lambs raised on pasture on intramuscular fatty acid composition. Meat Science 89(2): 238-242. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.012

Tarumán JA, Smulders JP, Gallo CB (2018). Risk factors for bruises and high muscle pH in lamb carcasses of Tierra del Fuego, Chilean Patagonia. Open Access Library Journal 5: e4291. https://doi.org/10.4236/oalib.1104291

Vasta V, Pagano RI, Luciano G, Scerra M, Caparra P, Foti F, Cilione C, Biondi L, Priolo A, Avondo M. (2012). Effect of morning *vs*. afternoon grazing on intramuscular fatty acid composition in lamb. Meat Science 90(1): 93-98. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.009

Velasco S, Cañeque V, Lauzurica S, Pérez C, Huidobro F (2004). Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. Meat Science 66(2): 457-465. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00134-7

Venturini RS, Carvalho S, Pacheco PS, Pellegrin ACRSD, Martins AA, Lopes JF, Moro AB, Simões RR (2017). Characteristics of carcass and of non-carcass components of lambs and hoggets fed high-concentrate corn or sorghum diets. Revista Brasileira de Zootecnia 46(3): 257-263. https://doi.org/10.1590/s1806-92902017000300011

Watkins PJ, Frank D, Singh TK, Young OA, Warner RD (2013). Sheepmeat flavor and the effect of different feeding systems: a review. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61(15): 3561-3579. https://doi.org/10.1021/jf303768e

Webb EC, O'Neill HA (2008). The animal fat paradox and meat quality. Meat science 80: 28-36. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.029

Wood JD, Enser M (2017). Manipulating the fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. En: New Aspects of Meat Quality (Ed. P.P. Purslow), pp. 501-535. Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100593-4.00023-0

Zervas G, Tsiplakou E (2011). The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. Small Ruminant Research 101(1-3): 140-149. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.034

(Aceptado para publicación el 7 de agosto de 2020)

XIX JORNADAS SOBRE PRODUCCIÓN ANIMAL

ON LINE

1 y 2 de Junio de 2021



Desde sus inicios, en 1985, estas Jornadas han pretendido crear un foro dinámico de intercambio multidisciplinar de los avances científico-técnicos de interés para los profesionales ligados a la Producción Animal. En esta edición, y debido a la situación impuesta por el COVID-19, nos proponemos mantener el foro, pero en una **versión on-line**.

La inscripción da derecho a un acceso a todas las salas en las que se presentarán las comunicaciones en directo, a la sala virtual de posters con chat y formulario de preguntas, y acceso posterior a las grabaciones de las sesiones.

Desde el Comité organizador queremos animarte a asistir y a enviar tus trabajos sobre cualquier tema de interés en el campo de la **Producción Animal**, que permita avanzar hacia modelos de producción animal más sostenibles, desde una perspectiva medioambiental, económica y social. Uno de los pilares de las jornadas sigue siendo el fomento de la incorporación de los jóvenes investigadores con los **premios a las mejores comunicaciones** en cada una de las secciones.

En el contexto de las Jornadas, se celebrará una sesión especial de la Red CIBA, una nueva Red Científica para fomentar la colaboración entre personas que se dedican a la investigación de **bienestar animal**.

El programa definitivo, así como otros aspectos organizativos, se publicarán en la página web de AIDA (https://www.aida-itea.org/index.php/jornadas-2021).

Secretaría administrativa: Joaquín Moreno
Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza
Tel.: 976 716 305. Fax: 976 716 335
Correo electrónico: administracion@aida-itea.org

Comité Organizador

M. Blanco, I. Casasús, M. Joy, M. Salillas, A. Sanz

Comité Científico

Secretaría de las Jornadas: **D. Villalba**

Coordinadores de secciones
Calidad de los productos: **G. Ripoll**
Genética: **R. Pena**
Nutrición-Alimentación: **M.A. Latorre – S. Lobón**
Reproducción: **J. Yániz**
Sanidad y Bienestar: **I. Blanco-Penedo**
Sistemas Ganaderos-Economía y Gestión: **P. Gaspar**

Inscripción

https://www.aida-itea.org/index.php/jornadas-aida/jornadas-2021/inscripcion

Instrucciones para los autores

https://www.aida-itea.org/index.php/jornadas-aida/jornadas-2021/instrucciones-autores

Atención, nuevas normas

Plazos de envío

FEB

Comunicaciones originales
1 de febrero 2021

Inscripción y comunicaciones corregidas
1 de marzo 2021

Cuotas

	Antes 15/3/2021	Después 15/3/2021
Socios de AIDA	75€ 0€ *	125€ 50€*
No socios	100€ 75€ *	150€ 125€*

*** Estudiante con acreditación posgrado**

Premio Jóvenes investigadores

Un premio de 100€ por sección, para investigadores <35 años no doctores que presenten oralmente un trabajo en calidad de primer autor

cita · ia2 Instituto Universitario de Investigación Mixto Agroalimentario de Aragón Universidad Zaragoza · GOBIERNO DE ARAGON · aida-itea.org

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación debe rellenar esta ficha de inscripción y la siguiente hoja sobre Protección de datos.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación rellene la ficha de inscripción y envíela a la siguiente dirección:
Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA). Avenida Montañana, 930, 50059 Zaragoza.

Si elige como forma de pago la domiciliación bancaria adjunte a esta hoja de inscripción el impreso de domiciliación sellado por su banco.

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (Caixabank, Ag. Zuera (Zaragoza), España, nº ES70 2100 8687 2702 0001 2107) por el importe de la couta anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

Apellidos:		Nombre:
NIF:		
Dirección Postal:		
Teléfono:	Fax:	e-mail:
Empresa:		
Área en que desarrolla su actividad profesional:		

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
	Transferencia a la cuenta de AIDA ES70 2100 8687 2702 0001 2107 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)

que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).**

Atentamente,

En _____ , a ___ de _____ de 20__ Firmado:	Sello de la Entidad:

PROTECCIÓN DE DATOS

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO, de ahora en adelante AIDA, le informa de que los datos facilitados durante su relación con la Asociación serán tratados para gestionar el alta de socio, así como para las gestiones administrativas de la Asociación. La base legal para el tratamiento de sus datos es la relación contractual y su consentimiento. Sus datos podrán ser cedidos a las entidades que sea necesarias para el cumplimiento de nuestras obligaciones legales, y si así lo autoriza, a las empresas colaboradoras de la Asociación. Tiene derecho a acceder, rectificar, suprimir, oponerse al tratamiento de sus datos, así como retirar el consentimiento prestado y pedir su portabilidad.

AUTORIZACIONES

- ❑ * – Autoriza a que AIDA le envíe información a través de medios postales y/o electrónicos (correo electrónico, SMS, etc.) sobre noticias de la asociación, así como información de servicios de sus patrocinadores y/o colaboradores.
- – Autoriza a que AIDA pueda facilitar sus datos de contacto a las empresas patrocinadoras o colaboradoras con fines comerciales. ❑ Sí ❑ No *

* Debe responder a estar cuestiones obligatoriamente.

Por último, en aras a dar cumplimiento al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y siguiendo las Recomendaciones e Instrucciones emitidas por la Agencia Española de Protección de Datos (A.E.P.D.),

SE INFORMA

- Los datos de carácter personal solicitados y facilitados por usted, son incorporados un fichero de titularidad privada cuyo responsable y único destinatario es AIDA, con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 - Zaragoza.
- Solo serán solicitados aquellos datos estrictamente necesarios para prestar adecuadamente los servicios solicitados, pudiendo ser necesario recoger datos de contacto de terceros, tales como representantes legales, tutores, o personas a cargo designadas por los mismos.
- Todos los datos recogidos cuentan con el compromiso de confidencialidad, con las medidas de seguridad establecidas legalmente, y bajo ningún concepto son cedidos o tratados por terceras personas, físicas o jurídicas, sin el previo consentimiento del socio, tutor o representante legal, salvo en aquellos casos en los que fuere imprescindible para la correcta prestación del servicio.
- Una vez finalizada la relación entre la Asociación y el socio, los datos seguirán archivados y conservados mientras sean necesarios para dar cumplimiento a las obligaciones legales o, en su defecto, serán devueltos íntegramente al socio (o autorizado legal) o suprimidos si así se solicita por su parte.
- Los datos que facilito serán incluidos en el Tratamiento denominado Socios de AIDA, con la finalidad de gestión del alta de socio, la gestión del servicio contratado, pago de cuotas, contacto, etc., y todas las gestiones relacionadas con los socios y manifiesto mi consentimiento.
- Tiene derecho a acceder a sus datos personales, a solicitar su rectificación, cancelación y oposición, indicándolo por escrito a AIDA con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 – Zaragoza, o al correo electrónico de la Asociación: administracion@aidaitea.org.
- Los datos personales serán cedidos por AIDA a las entidades que prestan servicios a la misma siempre que sea estrictamente necesario para llevar a cabo los servicios ofrecidos por la Asociación. Igualmente, sus datos serán cedidos si existe una obligación legal.

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____ , a ___ de _____de 20___

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado marzo de 2020)

La revista ITEA es una publicación internacional indexada en las bases de datos de revistas científicas. La revista se publica en español en 4 números (marzo, junio, septiembre y diciembre) por año. De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), ITEA publica artículos que hagan referencia a la Producción Vegetal, Producción Animal y Economía Agroalimentaria. Se aceptan contribuciones en formato de nota técnica, artículo de revisión o artículo de investigación. El envío de un artículo implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o idioma y que todos los coautores aprueben dicha publicación. Los derechos sobre todos los artículos o ilustraciones publicados serán propiedad de ITEA, que deberá recibir por escrito la cesión o copyright, una vez aceptado el artículo. La publicación de un artículo en ITEA no implica responsabilidad o acuerdo de ésta con lo expuesto, significando solamente que el Comité de Redacción lo considera de suficiente interés para ser publicado.

A partir del 1 de marzo de 2019, para publicar un artículo en la revista ITEA es necesario que al menos uno de los autores sea socio de AIDA, o en su caso los autores del artículo deberán abonar la cantidad de 50 euros cuando el artículo sea aceptado para su publicación en la revista ITEA. Puede consultar cómo hacerse socio de AIDA en http://www.aidaitea.org/index.php/sobre-nosotros/hacerse-socio.

1. Envío de manuscritos y evaluación

Los manuscritos originales se escribirá en español. Se recomienda la revisión del manual "Cómo traducir y redactar textos científicos en español" (https://www.esteve.org/libros/cuaderno-traducir-textoscientificos/) Los manuscritos se enviarán a través de la página web de AIDA (http://www.aidaitea.org/index.php/revista/revista-envio). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Los autores deberán incluir en archivo independiente una carta de presentación en la que figure el título, los autores y un listado con 4 potenciales revisores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos revisores.

Los manuscritos que no cumplan las normas para autores serán devueltos para su rectificación. El editor correspondiente remitirá el manuscrito a como mínimo 2 revisores que conocerán la identidad de los autores, no así al contrario. Una vez aceptados por el editor, los manuscritos serán revisados por el editor técnico.

Los autores deberán modificar el manuscrito teniendo en cuenta las modificaciones sugeridas por los editores y revisores. La decisión final se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, deberán modificar el artículo en el plazo de 1 mes desde su comunicación, antes de que sea aceptado definitivamente. Los autores deberán enviar el manuscrito corregido indicando los cambios realizados (por ejemplo, con la función de control de cambios activada), y deberán adjuntar una carta de respuesta a los evaluadores y editores con los cambios realizados. En caso de desacuerdo, los autores deberán justificar al editor debidamente su opinión. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de 1 semana. Si el editor no recibe una respuesta por parte de los autores tras 1 mes el artículo será rechazado.

2. Tipos de manuscritos

En la revista ITEA se contemplan tres tipos de manuscritos. Los autores deberán expresar qué tipo de formato han escogido:

– **Los artículos de investigación** tendrán una extensión máxima de 30 páginas con el formato indicado en el siguiente punto. Los apartados de los que constarán son: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión (o bien, Resultados y Discusión de forma conjunta), Conclusiones y Referencias bibliográficas (ver especificaciones en los siguientes apartados), tablas y figuras.

Los artículos de investigación de la sección de Producción Vegetal deben contener suficientes resultados para que las conclusiones sean robustas. Para ello, como norma general, será necesario repetir el mismo ensayo dos veces en momentos o campañas diferentes. Se considerará aceptable realizar el mismo ensayo sobre dos variedades o en dos situaciones o localidades diferentes. En los ensayos de eficacia sobre malas hierbas, insectos, hongos u otros organismos, una posibilidad es obtener la dosis adecuada para el control del organismo en estudio en un ensayo de dosis-respuesta y que esta dosis sea probada de nuevo en otro ensayo, es decir, sin volver a repetir toda la batería de dosis ensayadas previamente. Los ensayos constarán de suficientes repeticiones (mínimo tres). Las condiciones ambientales deberán escribirse de manera que permitan llevar a cabo la repetición del ensayo. La mayoría de ensayos necesitarán un análisis estadístico que refuerce los resultados. En ese caso conviene que se indiquen los resultados de dicho análisis, o al menos la tabla de resultados del anova o del análisis estadístico que se realiza.

– **Las notas técnicas,** referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras.

– **Las revisiones bibliográficas** serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 35 páginas. Los apartados de los que constarán son: Introducción, seguida de los apartados que consideren oportunos los autores, Conclusiones y Bibliografía; tablas y figuras si los autores lo consideran oportuno. En caso de copia literal de una tabla o figura de otro artículo, es responsabilidad del autor del manuscrito tener el permiso expreso del autor de la tabla o figura.

3. Preparación del manuscrito

Todos los manuscritos se presentarán en hojas de tamaño DIN A4 con márgenes de 2,5 cm y numeración de líneas continua. Se utilizará interlineado doble, fuente Times New Roman tamaño 12 (también en tablas y figuras). Las referencias bibliográficas, tablas y figuras se presentarán al final del documento en hojas separadas (una hoja por tabla y/o figura).

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

Título: será lo más conciso posible. No incluirá fórmulas químicas (excepto símbolos químicos para indicar isótopos) y se evitarán las abreviaturas. El formato del título será en negrita y formato tipo oración.

Autores: apellido de los autores precedido de las iniciales del nombre, e indicando con un asterisco el autor para correspondencia. Los autores penúltimo y último irán separa-

dos por una "y". En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, señalar a cada autor con números superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.

En el caso de un artículo con varios autores, el autor para correspondencia garantizará que el resto de autores están de acuerdo con el contenido del artículo y el orden de autoría. En caso de que haya habido cambios en la autoría durante la evaluación del manuscrito, el autor para correspondencia garantizará que todos los autores implicados en alguna fase del proceso de evaluación están de acuerdo con la autoría final. Una vez que un manuscrito está aceptado no se podrán modificar los autores.

Dirección postal profesional de los autores. Si se desea indicar la dirección actual, deberá escribirse con una letra minúscula como superíndice.

Correo electrónico del autor a quien se va a dirigir la correspondencia.

Ejemplo:

Alternativas al penoxsulam para control de *Echinochloa* spp. y ciperáceas en cultivo de arroz en el nordeste de España

G. Pardo[1*], A. Marí[1], S. Fernández-Cavada[2], C. García-Floria[3], S. Hernández[4], C. Zaragoza[1] y A. Cirujeda[1]

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá brevemente los objetivos del trabajo, la metodología empleada, los resultados más relevantes y las conclusiones. Se evitará el uso de abreviaturas.

Palabras clave, un máximo de 6, evitando las ya incluidas en el título.

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

El formato de títulos de los apartados será en negrita, el del primer sub-apartado en negrita y cursiva, y el siguiente nivel en cursiva.

- **Introducción**: deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando al final los objetivos del trabajo.
- **Material y métodos**: deberá aportar la información necesaria que permita la réplica del trabajo, incluyendo el nombre del fabricante de productos o infraestructuras utilizadas. Los manuscritos deberán incluir una descripción clara y concisa del diseño experimental y de los análisis estadísticos realizados. Se indicará el número de individuos/muestras, valores medios y medidas de variabilidad iniciales.
- **Resultados**: los resultados se presentarán en Tablas y Figuras siempre que sea posible. No se repetirá en el texto la información recogida en las Figuras y Tablas. Se recomienda presentar el valor de significación para que el lector pueda disponer de información más detallada. Puede redactarse de forma conjunta con el apartado de discusión.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Se recomienda utilizar un máximo de 4 referencias para apoyar una afirmación en la discusión, exceptuando en las revisiones.
- **Conclusiones**: a las que se han llegado, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse (aproximadamente 200 palabras).
- **Agradecimientos**: deberá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.
- **Referencias bibliográficas**: sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 40 citas en los artículos de investigación, y 60 en las revisiones bibliográficas. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las **citas en el texto** deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos:

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

  *más de 3 autores: (Vergara *et al.*, 1994)

  *mismos autores con varios trabajos (Martín *et al*., 1971 y 1979)

  *autores con trabajos del mismo año: Prache *et al*. (2009a,b)

  *Si la cita forma parte del texto: "como indicaban Gómez *et al*. (1969)"

  *Leyes y reglamentos: (BOE, 2005) o BOE(2005) si forma parte del texto

Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en el texto la primera vez.

Al final del trabajo se referenciarán en orden alfabético, por autor, todas las citas utilizadas en el texto. En caso de más de una referencia de un mismo autor principal, se mantendrá el orden cronológico entre ellas. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que hayan sido aceptados para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de **referencias bibliográficas**:

Artículo

Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y(2006). Adaptative abilities of the females and sustainabilityof ruminant livestock systems. A review. AnimalResearch 55: 489-510. https://doi.org/10.1051/animres:2006040.

Capítulo de libro

Verlander JW (2003). Renal physiology. En: Textbook of Veterinary Physiology (Ed. Cunningham JG), pp. 430-467. W.B. the Saunders Company, an Elsevier imprint.

Libro

AOAC (1999). Official Methods of Analysis, 16th. Ed. AOAC International, MD, EE. UU. 1141 pp.

Acta de congreso

Misztal I (2013). Present and future of genomic selection at the commercial level. Book of Abstracts of the 64th Annual Meeting of the EAAP, 20-30 de agosto, Nantes, Francia, pp. 100. https://doi.org/.3920/978-90-8686-782-0.

Fuente electrónica

FAOSTAT (2011). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en:
http://faostat.fao.org/default.aspx
(Consultado: 30 enero 2012).

Documento oficial

MARM (2009). Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera 2007. Subsecretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, 937 pp.

Leyes / Reglamentos

BOE (2005). Real Decreto 368/2005, de 8 de abril, por el que se regula el control oficial del rendimiento lechero para la evaluación genética en las especies bovina, ovina y caprina. Boletín Oficial del Estado, núm. 97, de 23 de abril de 2005, pp. 13918-13937

Indicar la URL del DOI, en las referencias que dispongan del mismo, al final del resto de datos de la referencia. Ejemplo: Albaladejo-García JA, Martínez-Paz JM, Colino J (2018). Evaluación financiera de la viabilidad del uso del agua desalada en la agricultura de invernadero del Campo de Níjar (Almería, España). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 114(4): 398-414. https://doi.org/10.12706/itea.2018.024.

- **Tablas y Figuras**: su número se reducirá al mínimo necesario, y los datos no deberán ser presentados al mismo tiempo en forma de tabla y de figura. Se recomienda un tamaño de 8 o 16 cm. Las tablas y figuras llevarán numeración diferente y deberán estar citadas en el texto. Sus encabezamientos deberán redactarse de modo que el sentido de la ilustración pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los encabezamientos y pies de figuras deberán aparecer en español e inglés (en cursiva).

Para el diseño de las tablas sólo se usarán filas y columnas, no se usarán tabulaciones ni saltos de línea. No se utilizarán líneas verticales entre columnas ni horizontales entre filas. Sólo se separarán con líneas horizontales los títulos.

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

Nº Tarjeta	Precio €/kg	Tipo de carne	Origen	Sistema
1	22	Lechal	Nacional	Convencional
2	22	Cebo	Extranjero	Ecológico
3	18	Lechal	CLM	Ecológico
4	18	Ternasco	Extranjero	Convencional

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

Las figuras se presentarán con la mayor calidad posible. Se podrán presentar en blanco y negro o en color. Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías se incluirán como figuras. Para mayor claridad se recomienda el uso, en primer lugar, de líneas continuas; en segundo lugar, de puntos; y en último lugar, de rayas. Se recomienda el uso de símbolos □, ■, ○, ●, Δ, ▲, , ♦, +, y ×. No utilizar líneas de división horizontales en el gráfico. Incluir barras de error cuando no entorpezcan la interpretación de la figura. En los ejes figurarán las unidades de las medidas referidas (entre paréntesis o separadas por coma). El número de la figura y su leyenda se indicarán en la parte inferior de la misma. Si las figuras se confeccionan con un programa distinto de los del paquete Office deberán ser de una calidad de 300 píxeles por pulgada o superior o escalable. Se enviarán las fotografías por separado como archivos de imagen (jpg, tiff o similar) con una resolución final de al menos 300 píxeles por pulgada.5.

5. Normas de estilo

- Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades.
- Los decimales se indicarán en español con una coma (,) y en inglés con un punto (.).
- Las abreviaturas se definirán la primera vez que se citen en el texto.
- Las frases no podrán comenzar con una abreviatura o un número.
- Los nombres de hormonas o productos químicos comenzarán con minúsculas (sulfato de metilo, en vez de Sulfato de Metilo).
- Las fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej. H_2SO_4 en vez de SO_4H_2) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón). En el caso de iones, debe indicarse el signo (p. ej. NO_3^-, SO_4^{2-})
- Los nombres científicos de organismos vivos (botánicos, microbiológicos o zoológicos) deberán incluir en su primera cita la denominación completa de género, especie y del autor. En siguientes apariciones se abreviará el género con la inicial del mismo y se mantendrá el nombre de la especie. Ejemplo: *Papaver rhoeas* L. y posteriormente, *P. rhoeas*.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (* = P<0,05; ** = P<0,01; ***= P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 117

Número 1

Febrero 2021

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

