



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Influencia del sexo de los animales en la calidad del
Jamón de Teruel

Influence of animal sex in the quality of Teruel dry-
cured ham

Autor/es

David Allueva Suarep

Director/es

María Ángeles Latorre Górriz

Guillermo Ripoll García

Facultad de Veterinaria, 2020

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	2
1 Introducción	3
2 Justificación y objetivos	7
3 Material y métodos	8
3.1. Muestras experimentales	8
3.2. Determinaciones y análisis laboratoriales	10
3.3. Análisis estadístico	16
4 Resultados y discusión	17
5 Conclusiones	21
6 Conclusions	22
7 Valoración personal	23
8 Bibliografía	24

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia del sexo (machos castrados y hembras) en la calidad de este jamón curado de Denominación de Origen Protegida (DOP) “Jamón de Teruel” / “Paleta de Teruel” y validar las calibraciones de un espectroscopio de transmitancia en el infrarrojo cercano (NIR). En primer lugar se ha revisado en profundidad la normativa establecida por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida “Jamón de Teruel” / “Paleta de Teruel” y se ha buscado información y datos que demuestren la relevancia de dicha DOP. A continuación, se han utilizado 10 jamones de machos castrados y 10 de hembras, de 20 meses de curación, en los que se midió el espesor de grasa subcutánea a nivel del músculo *biceps femoris*, la dureza y el color. Asimismo, se analizó la composición química (humedad, proteína, grasa y cenizas) de dos formas: por NIR y mediante técnicas laboratoriales. Se puede concluir que la DOP Jamón de Teruel es relevante en la provincia, desde el punto de vista socio-económico, y que la producción está actualmente estabilizada. El sexo de los animales afectó únicamente a la composición, presentando los jamones de los machos castrados mayor contenido en grasa intramuscular y menor en humedad que los jamones de las hembras. El análisis de composición por ambas vías permitió comprobar que el NIR está correctamente calibrado.

Abstract

The objective of this work was to study the influence of sex (barrows and gilts) in the quality of this Protected Designation of Origin (PDO) of dry-cured ham “Jamón de Teruel” / “Paleta de Teruel” and to validate the calibrations of a near-infrared transmittance spectroscope (NIR). Firstly, the regulation established by the *Consortium* of the PDO “Jamón de Teruel” / “Paleta de Teruel” has been reviewed deeply and information and data have been sought to show the relevance of this PDO. Afterwards, a total of 10 cured hams from barrows and 10 from gilts of 20 months of curing were used, in which the thickness of subcutaneous fat at *Biceps femoris* muscle level, hardness and color were measured. Likewise, the chemical composition (moisture, protein, fat and ashes) was analyzed in two ways: by NIR and by laboratory techniques. It can be concluded that the PDO “Jamón de Teruel” is relevant in the province, from the social-economic point of view and the production was currently stabilized. The sex of the animals affected only the composition, presenting the barrow hams higher in intramuscular fat and lower in moisture than those from gilts. The composition analyses by both ways allowed verifying that the NIR equipment was correctly calibrated.

1. Introducción

Durante años, el cerdo supuso una fuente importante de energía en la dieta para las familias en los medios rurales. El cerdo se alimentaba de restos de la comida de la familia o de productos que generaba la huerta o el campo y, una vez su peso ya era considerable (entre 100 y 140 kg), ya se podía sacrificar. La matanza se realizaba en torno a los meses más fríos del año, empezando el día 11 de noviembre, San Martín (“a todo cerdo le llega su San Martín”), y terminando el día 17 de enero, San Antón (“a todo cerdo le llega su San Antón”) (González, 2010). De esta manera, los productos resultantes como longanizas, chorizos o morcillas y las piezas como jamones o paletas, llevaban una mejor curación gracias a las temperaturas muy bajas, una humedad media-baja para su desecación y viento que ayuda a la ventilación de los graneros (Figura 1) o secaderos, donde se realiza la curación.

En la actualidad, esta práctica está desapareciendo, bien por la migración demográfica a las ciudades o por comodidad. Es más fácil acercarse a un supermercado y comprar la carne ya cortada y lista para consumir o simplemente dar una cocción previa antes de ingerirlo. No obstante, todavía quedan algunas zonas en las que se conserva algo la tradición, como es el caso de la comarca del Jiloca (en Teruel) o la de La Alberca (en Cáceres).



Figura 1. Granero en Monreal del Campo (Teruel) con diferentes productos cárnicos y piezas como jamón o lomo (elaboración propia).

La carne de cerdo goza de prestigio, de cara al consumidor, y es una de las más baratas del mercado aunque en el último año se haya incrementado su precio hasta 1,7 €/kg. Este precio no se alcanzaba desde 2012, debido principalmente a la Peste Porcina Africana (PPA) que azota a países asiáticos como China, de la cual España es la primera exportadora de porcino del mundo (Serenó, 2019).

A niveles de producción, con datos provisionales de 2019, se produjeron 4,52 millones de toneladas de carne de cerdo y se sacrificaron 52,4 millones de cabezas de porcino, lo que coloca a España como el cuarto país productor de ganado porcino, solo por detrás de Estados Unidos, China y Alemania. Respecto al año 2017, la producción en ambas cifras crece cerca de un 5% (MAPA, 2019a).

En relación con el censo, en mayo de 2019, se contabilizaron algo más de 30 millones de cabezas de cerdos, que comparado con los datos de 2018 supone un aumento del 1% (MAPA, 2019b) pero comparado con 2014 el aumento es del 13,5% (MAGRAMA, 2014). En cuanto a las exportaciones, en 2018 se exportaron 724.503 tm de carne fresca y 748.119 tm de carne congelada (Gráfico 1), cifras que respecto a 10 años atrás han aumentado considerablemente.

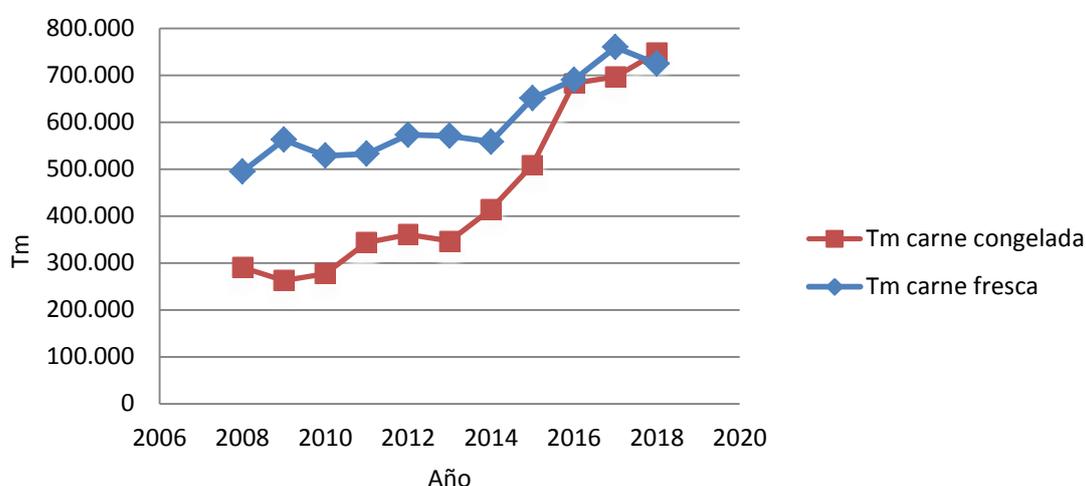


Gráfico 1. Evolución de la exportación de carne de cerdo fresca y congelada en España (MAPA, 2019a).

Si existe un producto estrella que provenga del cerdo es el jamón curado. Es uno de los productos de la gastronomía española más valorados tanto a nivel nacional como internacional. Los distintos procesos de transformación como, por ejemplo, el salado y el curado, de las patas traseras del cerdo dan como resultado un producto de alto valor, con unas características organolépticas diferenciales y una vida útil muy amplia.

Entre los años 2008 y 2013, el sector jamonero fue uno de los más azotados por la crisis económica pero, a partir de entonces, la producción no ha dejado de crecer. Así, en 2017 se alcanzaron las 299.000 tm de jamones y paletas curadas, y en cuanto a exportaciones ascendió a 52.305 tm, dato relativo únicamente a jamón curado (ANICE, 2018). Traducido a número de piezas, de los 50 millones jamones que se producen anualmente en nuestro país, aproximadamente 9 millones se exportan a otros países, lo que significa que de cada 5

jamones que se producen, 1 es exportado. Como principales países importadores del jamón curado español se encuentran Alemania y Francia (Rodríguez, 2018).

Dentro de España, hay que destacar las ocho variedades de jamón registradas como Denominación Geográfica Protegida (DOP) o como Indicación Geográfica Protegida (IGP) (MAPA, 2018). Entre ellas destaca la DOP “Jamón de Teruel/Paleta de Teruel”, cuyas directrices se modificaron en 2014 para dar cabida a la paleta (Reglamento (UE) nº 127/2014). Esta DOP surge en 1984, siendo la primera en constituirse en España con el objetivo de amparar, controlar y garantizar la producción de jamones de calidad (Asociación Española de Denominaciones de Origen, 2015). En la Figura 2 se muestra la etiqueta con la que el Consejo Regulador indica que un jamón está marcado como DO Teruel.

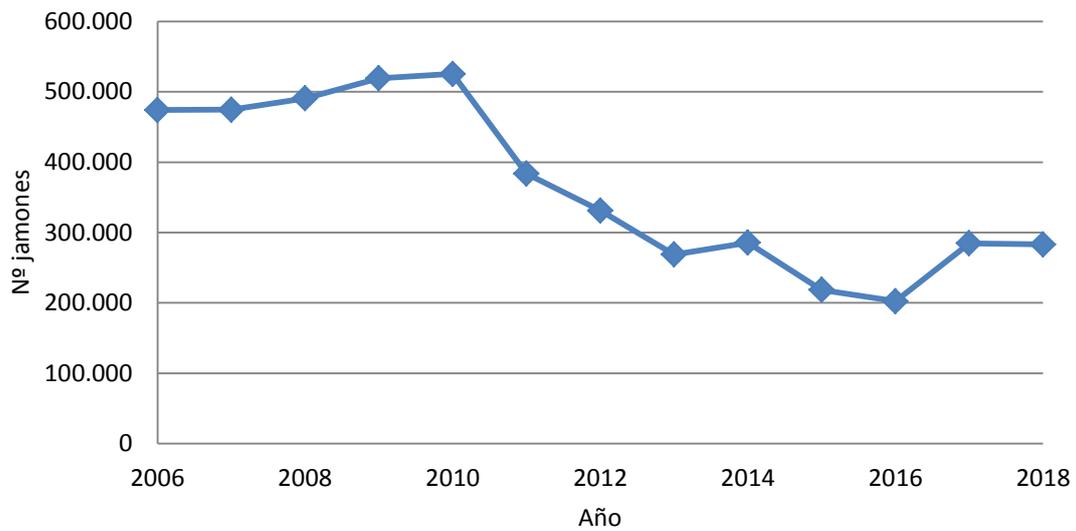


Figura 2. Identificación del Consejo Regulador de la Denominación de Origen “Jamón de Teruel”/“Paleta de Teruel”.

Es la DOP de jamón curado con con mayor cuota de mercado. En el año 2016, se curaron 202.355 jamones bajo este paraguas del total de piezas vendidas como DOP o IGP, que fueron 567.717 (MAGRAMA, 2017). Pero también hay que tener en cuenta que estas cifras suponen una proporción muy pequeña del total de jamones producidos en España, apenas un 0,5%.

La producción de Jamón de Teruel ha ido cambiando (Gráfica 2). Se puede observar que en 2010 alcanzó el máximo de jamones curados de su historia, con 525.328 piezas marcadas, logró sobrevivir a la crisis, descendiendo a la mitad de su producción y en los últimos años parece que busca la estabilización con una producción anual en torno a 300.000 piezas. Por otro lado, la venta de Paleta de Teruel está aumentando considerablemente ya que en 2018 se marcaron 72.306 piezas, un 27,6% más que el año anterior (CRDOP Jamón de Teruel, 2019). En estos momentos se está intentando crear la IGP “Carne de Cerdo de Teruel” (Serenó, 2020), que sería la primera figura de calidad diferenciada de carne fresca de cerdo de España.

Gráfica 2. Evolución de la producción de jamones de la DOP “Jamón de Teruel”/“Paleta de Teruel” (CRDOP Jamón de Teruel, 2019).



Uno de los problemas a los que se está enfrentando, desde hace años, la DOP Jamón de Teruel es la heterogeneidad de la calidad del producto. Las razones son multifactoriales; por un lado están los factores relacionados con el animal; el peso al sacrificio (Cisneros *et al.*, 1996; Latorre *et al.*, 2009; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2014), la genética (Gou, Guerrero y Arnau, 1995; Soriano *et al.*, 2005; Alonso *et al.*, 2008) o la alimentación (Daza, Latorre y López-Bote, 2010; Alonso *et al.*, 2012; Suárez-Belloch *et al.*, 2016). Por otro lado, los que tienen que ver con la transformación del pernil fresco hasta la obtención del jamón curado (Gou *et al.*, 2008; García-Gil *et al.*, 2012).

Entre los relacionados con el cerdo y su engorde está también el sexo. Se ha comprobado que hay diferencias entre machos y hembras en los rendimientos zootécnicos así como en la calidad de la canal y la carne, ya que los machos presentan mejores crecimientos e índices de conversión y son más magros que las hembras (Barton-Gade, 1987). En el caso del Jamón de Teruel, los machos deben estar castrados, para evitar el olor sexual de la carne (Bonneau, Desmoulin y Dument, 1979), y esto conlleva un mayor engrasamiento (Kanis *et al.*, 1990). También parece haber diferencias productivas y de calidad cuando se comparan los machos castrados con las hembras (Nold *et al.*, 1999; Bañón, Gil y Garrido, 2003; Latorre *et al.*, 2003). En este TFG se pretende estudiar estas diferencias debidas al sexo en el Jamón de Teruel.

2. Justificación y objetivos

El porcino es un tema que se puede encontrar en las asignaturas que se imparten en la carrera de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Zaragoza. En Producción de Materias Primas, se da a conocer los factores que pueden afectar a la producción de cerdos, ya sean el sexo, la línea genética, el manejo o la alimentación.

Posteriormente, se imparte la asignatura de Higiene de los Alimentos Aplicada, en la que se da a conocer pautas de higiene durante toda la cadena de producción desde la granja hasta la venta al por menor, asegurando así la calidad del alimento.

Por último, las asignaturas de Tecnología de la Carne y del Pescado y, más concretamente, Intensificación en el sector Cárnico y del Pescado aportan un conocimiento más específico sobre la producción del jamón curado. En la última asignatura, se abordan las fases que se llevan a cabo para la transformación del pernil fresco del cerdo hasta el producto final, con los cambios que van surgiendo y los defectos que se pueden originar. Así pues, el sector porcino y sus productos se abarcan considerablemente durante el Grado pero no incidiendo sobre el Jamón de Teruel de forma particular.

Yo procedo de un pueblo de la provincia de Teruel (Caminreal) en cuya comarca hay un importante censo de cerdos e industrias relacionadas con el ganado porcino (mataderos y secaderos). Además, he realizado las prácticas del Grado durante 2 meses en CARTESA (Teruel), que está dentro del Consejo Regulador. Considero que es un tema interesante, un nicho de trabajo que hay que tener en consideración para mi futuro.

La DOP “Jamón de Teruel”/“Paleta de Teruel” sirve para generar empleo, en una provincia azotada por la despoblación, e impulsa su economía. Aglutina más de 200 empresas (granjas, mataderos y salas de despiece, secaderos y salas de fileteado- envasado), que se ubican en más de 100 municipios de Teruel y dan empleo en torno a un millar de personas.

Por todo lo citado anteriormente, este trabajo tiene como objetivo profundizar en la importancia de la DOP “Jamón de Teruel”/“Paleta de Teruel” y llevar a cabo un estudio sobre la influencia del sexo (machos castrados y hembras) en la calidad de este jamón curado. También se ha aprovechado para comprobar si un equipo NIR de reciente adquisición está bien calibrado para el análisis de jamón curado.

3. Material y métodos

3.1. Muestras experimentales

El presente TFG se enmarca dentro de un Proyecto de Investigación mucho más amplio que comenzó en julio de 2016, fecha en la que nacieron los animales. A lo largo de todo el Proyecto se cumplieron los requerimientos exigidos por el Consejo Regulador del Jamón de Teruel/Paleta de Teruel (Orden DRS/1825/2007).

Los animales experimentales procedían del cruce de padre Duroc con madre Landrace (estándar) x Large White (Figura 3).

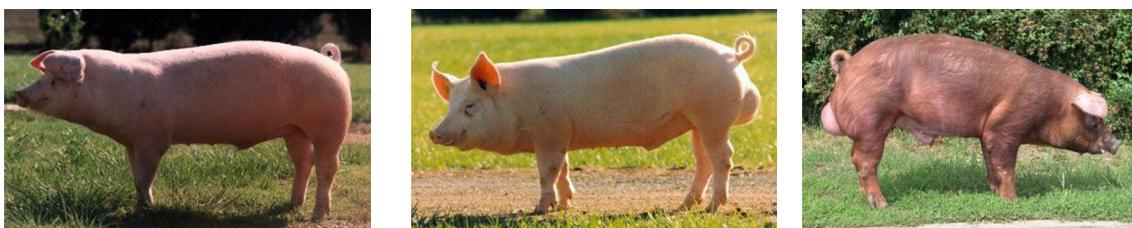


Figura 3. Razas permitidas para la producción de cerdos amparados por la DOP Jamón de Teruel/Paleta de Teruel (de izquierda a derecha Landrace, White Large y Duroc).

Los cerdos testados fueron un total de 200, la mitad machos castrados (se castraron durante la primera semana de vida, cumpliendo las exigencias del Real Decreto 1135/2002) y la otra mitad hembras. Se criaron en una granja próxima a Calanda (Teruel). Cuando alcanzaron un peso al sacrificio de aproximadamente 135 kg se sacrificaron en el matadero de CARTESA (Teruel). En la línea de matanza se marcaron como aptas aquellas canales que pesaban más de 86 kg y tenían un espesor de grasa dorsal a nivel del jamón de al menos 16 mm, de acuerdo con el Reglamento. Durante el despiece se identificaron los perniles izquierdos de 10 machos castrados y de 10 hembras y se hizo un seguimiento de su curación en la empresa Jamones Airesano (La Puebla de Valverde, Teruel) a lo largo de todas sus fases:

- 1) Salazón (duró 11 días). Se incorporaron las sales (sal, nitratos y nitritos, ascorbatos y azúcares), por vía seca, que se introducen en los músculos, deshidratando la pieza y ayudando en su conservación ya que inhibe el desarrollo de microorganismos alterantes y patógenos. La sal permaneció en contacto con los perniles durante 0,65-1 día/kg de peso fresco del pernil.
- 2) Lavado. Se lavaron las piezas para eliminar la sal que hubiera quedado adherida.
- 3) Asentamiento o post-salado (duró 108 días). Los perniles reposaron para que la sal se difundiera por toda la pieza, eliminando el agua y dando lugar a unas pérdidas de peso entre el

10 y el 15% (Arnau, 2004). El proceso se realizó en cámaras con una temperatura $< 6^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa $\geq 70\%$.

4) Curado y maduración (duró 136 y 79 días, respectivamente). Se llevó a cabo en condiciones óptimas de humedad relativa y con una ventilación que permitió la aireación de las piezas. Se aplicó manteca en la parte muscular para evitar la entrada y proliferación de los ácaros.

5) Envejecimiento (duró 256 días). En este periodo tienen lugar las reacciones de proteólisis y lipólisis que modifican la textura y el flavor.

El proceso completo comenzó en febrero de 2017 y finalizó en septiembre de 2019, con un total de 590 días (casi 20 meses), superando las 60 semanas mínimas exigidas por el Consejo Regulador.

El último día, cada pieza fue pesada, deshuesada y troceada en tres partes, que abarcarían aproximadamente el jarrete, la maza-contramaza y la punta (Figura 4). Cada parte fue envasada al vacío y conservada en refrigeración a $0-4^{\circ}\text{C}$ hasta su posterior análisis.



Figura 4. Jamón empleado en el estudio (de izquierda a derecha jarrete, maza-contramaza y punta).

3.2. Determinaciones y análisis laboratoriales

Para el estudio se escogió la punta de cada jamón. En cada una de ellas se midió el color, sobre el músculo *biceps femoris*, y a continuación se cortó una loncha completa, mediante una fileteadora, para la medida del espesor de grasa subcutánea. Del resto de la punta se realizó la disección de los músculos y se tomó el *biceps femoris* (Figura 5), para su análisis, del que se retiró toda la grasa intermuscular y subcutánea para que no interfiera en los resultados laboratoriales (Figura 6).



Figura 5. Disección del jamón.



Figura 6. Músculo *biceps femoris*.

La disección de los jamones del músculo y el estudio de espesor de grasa subcutánea, color instrumental, dureza instrumental y composición química mediante NIR se realizaron en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) mientras que el análisis químico analítico se llevó a cabo en la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

3.2.1. Espesor de grasa subcutánea.

Los filetes se colocaron individualmente en un estudio portátil Cubelite Lastolite (Vitec Imaging Distribution UK, Leicestershire, Reino Unido) sobre un fondo negro. La muestra se colocó debajo de dos bombillas con 5 bombillas Cromalite de 28 W, 5.200 K, 1.600 lm y 1.200 lux de promedio. Se colocó una cámara Olympus Pen E-PL1 de 12.3 Mpx con una lente digital M.Zuiko 14-42 mm 1: 3.5-5.6 L sobre la muestra con un trípode. La configuración de exposición de la cámara se ajustó manualmente a un ISO de 400, una apertura de lente de F5.6 y una velocidad de obturación de 1: 125. Todas las imágenes se descargaron sin formato y no se aplicaron flash, filtros u otras lentes. Tampoco se aplicó ninguna otra edición de imagen o

procesamiento de manipulación que no sea el recorte de la imagen. Las imágenes fueron transferidas a un ordenador y la medida, a nivel del músculo *biceps femoris* (Figura 7), se realizó mediante el programa ImageJ v1.48 (National Institutes of Health, EEUU).

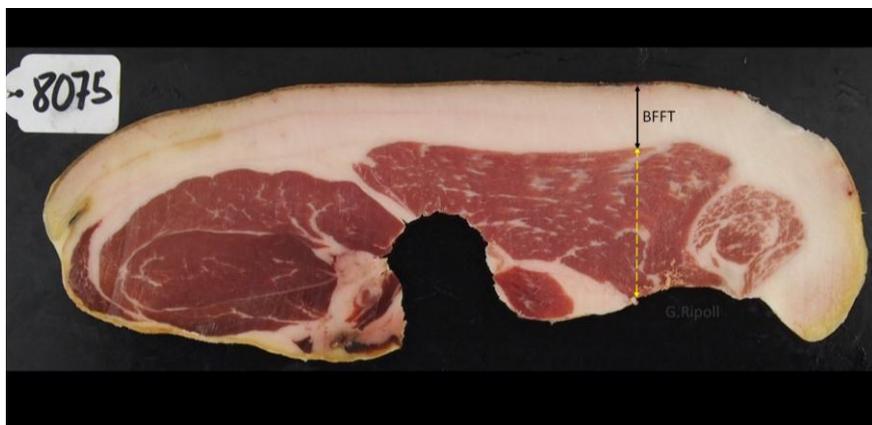


Figura 7. Medición del espesor de grasa subcutánea (realizada por Guillermo Ripoll).

3.2.2. Color

Se midió mediante un espectrofotómetro (CM-2600d, Konica Minolta, Tokio, Japón) siguiendo el método CIE (1976), que proporciona tres variables: la luminosidad “L” (se relaciona con el estado físico de la carne), la tendencia al rojo “a” (está determinado por el estado químico de la mioglobina) y la tendencia al amarillo “b” (que se relaciona con la concentración de mioglobina). Se hicieron tres medidas en cada jamón (Figura 8).



Figura 8. Medición del color.

3.2.3. Dureza instrumental

Se utilizó un equipo INSTRON 5543 (Massachusetts, EEUU) dotado con una cizalla Warner-Bratzler (Figura 9). De cada muestra de jamón se extrajeron 7-8 submuestras con forma de paralelepípedo de aproximadamente 1 cm² de sección y 3 cm de largo en dirección paralela a las fibras musculares.

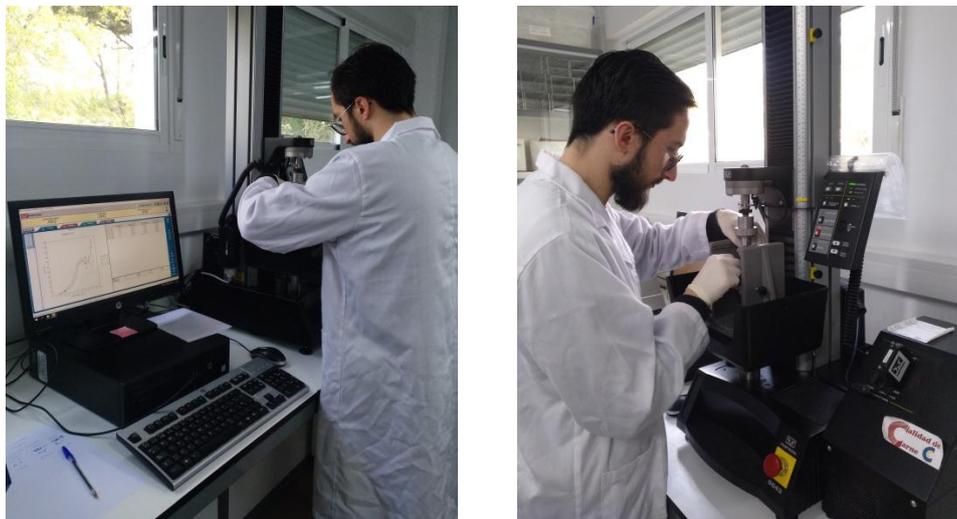


Figura 9. Medición de la dureza.

3.2.4. Composición química

La composición química se determinó por dos metodologías: la tecnología NIR (Espectroscopia de transmitancia en el Infrarrojo Cercano) y la de análisis químico clásico mediante técnicas laboratoriales. Las variables estudiadas fueron: humedad, proteína, grasa intramuscular y cenizas. El uso de las dos metodologías permitió poder comparar los resultados y comprobar si el NIR, que era la primera vez que se usaba para jamón curado, estaba bien calibrado.

Tecnología NIR

El analizador de carne FoodScan 2, (FOSS Iberia, S.A., España), trabaja en transmitancia en la región espectral situada entre 850-1100 nm realizando mediciones cada 0.5 nm y es ejecutado por el software ISIScan Nova.

Primero la muestra de jamón fue triturada para poder formar una “torta” que cubra toda la base del recipiente y que tenga un grosor lo suficientemente espeso y uniforme para que el

haz de luz atraviese la muestra por igual en toda su superficie. La Figura 10 muestra el equipo NIR utilizado.



Figura 10. Determinación de composición química del jamón mediante NIR.

Análisis químicos

Todos los análisis se hicieron por duplicado excepto el de grasa, que suele hacerse por triplicado por la gran variabilidad que se observa siempre en los resultados.

Para determinar el contenido en humedad del jamón se siguió el procedimiento descrito en la Orden de 31 de julio de 1979. Para ello, se pesan 20 g de arena en un crisol con una varilla de vidrio. Previamente los crisoles han estado en una estufa a 110°C y, para atemperarlos, se colocan en un desecador. Una vez añadida la arena, se añaden 5 ml de etanol al 96% para que se pueda homogeneizar la muestra. A continuación, se llevan a un baño termostático a 90°C para evaporar el etanol. Para finalizar, se seca la muestra en una estufa a 100°C durante 48 h, que es cuando ha alcanzado un peso constante. Se saca a un desecador y cuando haya alcanzado temperatura ambiente se pesan los crisoles. El porcentaje en humedad se calcula de este modo:

$$\begin{aligned} & \text{Materia seca (\%)} \\ & = \frac{(\text{Tara crisol, arena y varilla} + \text{Materia seca}) - \text{Tara crisol, arena y varilla}}{\text{Materia fresca}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{Humedad (\%)} = 100 - \text{Materia seca (\%)}$$

Para determinar el contenido en cenizas del jamón también se siguió el procedimiento descrito en la Orden de 31 de julio de 1979. Para ello, se introduce el crisol en el horno (mufla) a 550°C durante 20 min, a continuación se pasa a un desecador durante 30 min y después se pesa. Se colocan 5 g de muestra en el crisol y se añade 1 ml de la disolución de acetato de magnesio. Se colocan los crisoles en un baño de arena durante 1 h y 45 min hasta que se consigue la carbonización de la muestra. Seguidamente se llevan los crisoles a la mufla a 550° durante 7 h y después se llevan a un desecador hasta que alcanzan temperatura ambiente. El porcentaje en cenizas, y de materia orgánica, se calcula de este modo:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{(\text{Tara crisol} + \text{Cenizas}) - \text{Tara crisol} - g \text{ MgO añadidos a cada crisol}}{\text{Materia fresca}} \times 100$$

$$\text{Materia orgánica (\%)} = 100 - \% \text{Humedad} - \% \text{Cenizas}$$

Para determinar el contenido en proteína del jamón también se siguió el procedimiento descrito en la Orden de 31 julio de 1979. Para ello, se pesan 0,6 g de muestra sobre papel de fumar (por no contener N) y se introducen en los tubos de vidrio junto con 15 ml de H₂SO₄ concentrado (95-98%) y una pastilla de catalizador Kjeldahl (6,25% en sulfato de cobre pentahidratado) para que se acelere la reacción. A continuación, se lleva a cabo la digestión (Figura 11) gracias a una batería calefactora que va aumentando la temperatura progresivamente hasta 420°C, en la que se colocan los tubos tapados para que se lleve a cabo el vacío. Una vez realizada la digestión, se retiran los tapes de vidrio y se utiliza agua destilada para arrastrar los restos de ácido que hayan podido quedar por los tapes y por las paredes de los tubos. Por último, se realiza la valoración para la cual se utiliza el equipo Kjeldahl Mt 2300 (Höganäs, Suiza). Este equipo usa como agente valorante HCl 0,1N. Para comenzar, se valora el blanco, cuyo resultado restaremos posteriormente al resultado obtenido de cada valoración que se haga de las muestras. El reactivo consumido en la valoración se corresponde con la proteína que se encuentra en la muestra siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{Proteína (\%)} = \frac{(N \times \frac{V}{1000} \times 14)}{\text{Materia fresca}} \times 100 \times F$$

Dónde:

N= Normalidad del ácido de valoración (0,1 N en todos los casos)

V= Volumen de ácido consumido (ml)

14= Peso atómico del nitrógeno

F= Factor proteínico (6,25 por defecto)



Figura 11. Batería calefactora en la que se realiza la digestión de la proteína.

Para determinar el contenido en grasa intramuscular del jamón se siguió el procedimiento establecido por ANKOM, 2007. Para ello se utilizan bolsas de filtración XT4 ANKOM en las que se introducen 0,62 g de celite, 1 g de la muestra a estudiar y 0,58 g de celite nuevamente. Se intenta mover los lados de la bolsa para que el celite, que es una tierra de diatomea, cubra por completo la muestra de carne y no se produzcan pérdidas de grasa durante la hidrólisis. Se sellan las bolsas y se llevan a hidrólisis junto a dos blancos (bolsas sin muestra). A continuación, se lleva a cabo la hidrólisis ácida. Se introducen las bolsas de filtración, una vez selladas, en el hidrolizador ANKOM y se añaden 500 ml HCl 3N en la cámara en la que se va a llevar a cabo la hidrólisis. Los parámetros seleccionados son 60 min, a 90°C y un tiempo de lavado de 20 min para que desaparezcan los restos de HCl. Una vez secadas las bolsas con papel, se introducen en la secadora ANKOM durante 3 h a 110°C. A continuación se pasan al desecador y se pesan cuando se hayan atemperado. Por último, se realiza la extracción de la grasa con el extractor ANKOM durante 60 min a 90°C y se llevan a la secadora durante 30 min a 110°C. Después se introducen en un desecador para pesarlas cuando se hayan atemperado. La fórmula empleada para el cálculo del porcentaje de grasa es esta:

$$\begin{aligned} & \text{Grasa intramuscular (\%)} \\ & = \frac{(\text{Bolsa} + \text{Materia seca}) - (\text{Bolsa} + \text{Residuo} + \text{Factor de corrección})}{\text{Materia fresca}} \times 100 \end{aligned}$$

Factor de corrección = (Bolsa + Materia seca del blanco) – (Bolsa + Residuo del blanco)

3.3. Análisis estadístico

Los datos se analizan con el paquete estadístico SAS (2016). Previamente se comprobó si los residuos de las variables se distribuían de forma normal, para lo que se usó el procedimiento UNIVARIATE, así como si las varianzas de las variables eran homogéneas, mediante el test de Levene. Resultaron ser normales y homogéneas así que se procedió a hacer un análisis de varianza con el procedimiento GLM (General Linear Model). En el modelo se incluyó el sexo como efecto principal, y el peso del jamón al final de la curación como covariable, al resultar significativo en la mayoría de variables dependientes. Cada tratamiento se replicó 10 veces, siendo la unidad experimental el jamón. Las medias se separaron mediante el test de Tukey. Se considera que la diferencia es estadísticamente significativa cuando $P < 0,05$ y cuando $0,05 < P < 0,1$ se clasifica como una tendencia a la significación. Por último, se empleó el procedimiento CORR para determinar la correlación entre los parámetros estudiados con el NIR y con los análisis químicos analíticos. Cuando la R^2 es más próxima a 1 (tanto en positivo como en negativo), la correlación es mayor y si $P < 0,05$ significa que la correlación es estadísticamente significativa.

4. Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados relacionados con la calidad instrumental del jamón de hembras y machos castrados. El espesor de grasa subcutánea es una variable que suele evaluarse cuando se estudia la calidad de la canal del cerdo. El Reglamento de la DOP Jamón de Teruel exige un mínimo de 16 mm de profundidad de grasa subcutánea y se mide en cada canal, en la línea de sacrificio del matadero, a nivel del músculo *gluteus medius*. La importancia de esta grasa radica en que proporciona una protección frente a la desecación excesiva de los músculos, evitando además una contracción desmesurada de la pieza (Peloso *et al.*, 2010). También hay que tener en cuenta que un exceso de grasa subcutánea en los jamones puede limitar su venta en el mercado. Numerosos trabajos en la literatura han mostrado diferencias en este parámetro entre jamones de machos castrados y hembras siendo más grasos los primeros (Gou, Guerrero y Arnau, 1995; Tomažin *et al.*, 2020). En el presente trabajo, las diferencias no llegan a ser significativas ($P=0,12$) y la causa puede ser el limitado número de muestras empleadas ($n=10$ en nuestro caso vs $n=24$ y $n=79$ en los trabajos mencionados, respectivamente). Estudios que comparan el espesor de grasa subcutánea medido en la canal, en cerdos destinados a Jamón de Teruel, también muestran que los machos castrados son más grasos (Garitano *et al.*, 2013, Suárez-Belloch *et al.*, 2016). Los machos castrados depositan más grasa subcutánea que las hembras y los machos enteros (por ese orden) debido a que, con la castración, los cerdos dejan de producir androsterona, una hormona liposoluble que ayuda a la hora de fijar el N en el músculo.

Tabla 1. Efecto del sexo de los cerdos en la calidad instrumental del Jamón DOP Teruel.

	Sexo		EEM ¹ (n=10)	P-valor
	Hembras	Machos castrados		
Espesor grasa subcutánea (mm) ²	12,98	15,01	0,789	0,122
Color				
L*	43,83	43,81	0,694	0,975
a*	12,55	13,42	0,389	0,172
b*	8,97	8,35	0,432	0,456
Dureza (kg)	3,30	3,69	0,202	0,353

¹ EEM: Error estándar de la media. ² Medido a nivel del músculo *biceps femoris*.

El color, tanto de la carne fresca como del jamón, es uno de los parámetros a los que más importancia le da el consumidor puesto que es el que primero que percibe a la hora de la compra. Los valores de L*, a* and b* fueron similares a los publicados por Cilla *et al.* (2006) obtenidos en jamones con el mismo periodo de curación y procedentes del mismo cruce

genético. Ni el color ni la dureza se vieron afectados por el sexo de los animales ($P>0,10$). La falta de diferencias en las variables L^* , a^* y b^* confirma los resultados del trabajo de Rodríguez-Sánchez *et al.* (2011). Sin embargo, Latorre *et al.* (2003) detectaron mayor tendencia al rojo (a^*) en los machos castrados, atribuyéndolo a un mayor contenido en mioglobina (Cisneros *et al.*, 1996), aunque Soriano *et al.* (2005) hipotetizaron que posibles diferencias en esta variable podría deberse también a residuos de los nitritos utilizados durante la fase de salazón. En cuanto a la tendencia al amarillo (b^*), se dan valores más bajos sin llegar a la significación en las hembras, cuya explicación puede estar relacionada con su menor contenido en grasa intramuscular, al igual que sucede con la luminosidad (L^*) (García *et al.*, 2017). La luminosidad, si bien en los productos curados está relacionada con la grasa intramuscular, aunque en el presente trabajo no se aprecia (43,83 vs 43,81 para hembras y machos castrados, respectivamente), en carne fresca se relaciona con las pérdidas de agua que se producen por exudación, ya que forma una fina capa en la superficie que le otorga un aspecto más brillante (Suárez-Belloch *et al.*, 2016). Por otro lado, en cuanto a la dureza, nuestros resultados coinciden con los de Latorre *et al.* (2003), Peinado *et al.* (2008) y Rodríguez-Sánchez *et al.* (2011) en que el jamón curado de ambos sexos resulta similar.

En la Tabla 2, se muestra la composición química de jamones curados de machos castrados y hembras obtenidos tanto por NIR como por análisis químico. En ambos casos (NIR y análisis químico), se observan diferencias significativas en el porcentaje de humedad en el que las hembras presentan valores más bajos que los machos castrados ($P=0,022$ y $P=0,026$, respectivamente). Aunque algunos autores no han llegado a apreciar este efecto (Gou, Guerrero y Arnau., 1995; Soriano *et al.*, 2005), otros sí (Tabilo *et al.*, 1999). La humedad es un parámetro estrechamente relacionado con la grasa, tanto subcutánea como intramuscular, y con el tiempo de curación, que en el caso de estos jamones es bastante más largo que en los jamones convencionales (Reina *et al.*, 2012).

En línea con lo anterior, se observa que el porcentaje en grasa intramuscular tendió a ser menor en los jamones de las hembras que en los de los machos castrados, efecto detectado tanto por NIR ($P=0,089$) como por análisis químico ($P=0,083$). Hay unanimidad en la literatura sobre el mayor contenido en grasa intramuscular en la carne de los machos castrados (Weatherup *et al.*, 1998; Garitano *et al.*, 2013) así como en el veteadado (Nold *et al.*, 1999; Hamilton *et al.*, 2000). La falta de significación en el espesor de grasa dorsal y las diferencias encontradas en la grasa intramuscular confirmarían el trabajo de Huff-Lonergan *et al.* (2002) que demostraron una relación positiva pero moderada entre ambos parámetros ($R^2=0,45$). El mayor contenido en grasa intramuscular es un atributo muy importante ya que se relaciona

con la jugosidad y la terniza, que repercuten decisivamente en la aceptabilidad del consumidor (Wood *et al.*, 2003). Nos queda la duda de si la composición de dicha grasa es diferente entre sexos. Sería por ello muy interesante conocer el perfil de ácidos grasos pero esto forma parte de un estudio posterior. Para los parámetros de proteína y de cenizas no se observaron diferencias en ninguno de los dos tipos de análisis ($P > 0,10$).

Tabla 2. Efecto del sexo de los cerdos en la composición química del Jamón DOP Teruel.

	Sexo		EEM ¹ (n=10)	P-valor
	Hembras	Machos castrados		
Análisis por NIR				
Humedad (%)	58,25	56,06	0,544	0,022
Proteína (%)	29,96	30,04	0,318	0,874
Grasa intramuscular (%)	4,88	6,41	0,537	0,089
Cenizas (%)	4,14	4,31	0,079	0,188
Análisis químico				
Humedad (%)	57,17	55,59	0,406	0,026
Proteína (%)	31,21	31,19	0,300	0,980
Grasa intramuscular (%)	4,47	5,94	0,504	0,083
Cenizas (%)	6,54	6,81	0,171	0,323

¹ EEM: Error estándar de la media.

Por último, en la Tabla 3 se aprecian las correlaciones de los diferentes parámetros analizados vía NIR y vía análisis químico.

Tabla 3. Correlación entre los resultados de composición química del jamón DOP Teruel obtenidos por NIR y por análisis laboratorial.

		Determinación por NIR			
		Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas
Determinación analítica	Humedad				
	R ²	0,97502	-0,42731	-0,18339	-0,56188
	P	< 0,0001	0,0871	0,4811	0,0189
	Proteína				
	R ²	0,19466	0,97039	= -0,81142	0,00864
	P	0,4540	< 0,0001	< 0,0001	0,9737
	Grasa				
	R ²	-0,38375	-0,68606	0,98182	0,17704
	P	0,1284	0,0024	< 0,0001	0,4967
	Cenizas				
	R ²	-0,54029	0,57393	-0,41324	0,66302
	P	0,0252	0,0160	0,0992	0,0037

Se puede apreciar una gran correlación entre los resultados obtenidos por ambos métodos para humedad, proteína y grasa ($R^2 > 0,97$ y $P < 0,0001$ en todos los casos). Únicamente las cenizas presentan una correlación algo menor, pero aun así muy buena ($R^2 = 0,66$) y muy significativa ($P = 0,0037$). La razón de esto último podría estar en que la calibración de las cenizas cuenta con menos valores y requiere de una gran precisión. Dado que el laboratorio químico donde se han realizado los análisis se trata de un laboratorio de referencia y el equipo NIR es de reciente adquisición, estos resultados garantizan la correcta calibración del NIR.

En la Tabla 3 también se aprecia una buena correlación entre la proteína y la grasa ($R^2 = -0,68$ y $P = 0,0024$) que indicaría que de un jamón con alto contenido en proteína se esperaría bajo contenido en grasa, tal y como encontraron en su investigación Garitano *et al.* (2013). En el presente trabajo, la relación entre humedad y grasa no fue tan grande ($R^2 = -0,38$ y $P = 0,12$) pero también hay autores que han demostrado su dependencia (Latorre *et al.*, 2009). Hay que tener en cuenta que el agua es uno de los componentes mayoritarios en el tejido magro, mientras que en el tejido adiposo se encuentra en pequeña cantidad (Latorre *et al.*, 2008).

Estos resultados confirmarían el gran avance que supone la tecnología NIR ya que permite obtener resultados prácticamente iguales a los que se dan mediante diferentes análisis químicos, con el un gran ahorro de tiempo y de reactivos químicos y los problemas que pueden surgir con estos (corrosivos, explosivos, dañinos para el medioambiente). Se trata de una tecnología en cuyos inicios se utilizó para las industrias de cereal (Rotolo *et al.*, 1979) y continuó aplicándose en la composición química de la carne, comenzando por la carne de ternera y su terneza (Hildrum *et al.*, 1994), principal atributo que tienen los consumidores a la hora de elegir dicho producto.

Posteriormente, se aplicó en la carne proveniente del cerdo para evaluar parámetros como el pH, la capacidad de retención de agua y composición química como es humedad, grasa intramuscular y proteína (Prevolnik, Čandek-Potokar y Škorjanc, 2004). Así pues, existen estudios en los que el NIR predice razonablemente bien la cantidad de grasa intramuscular (Brøndum *et al.*, 2000) y otros en los que los valores de humedad y grasa son correctos pero para la proteína no se asemejan a los obtenidos mediante Kjeldahl (Ripoll *et al.*, 2008). Por tanto, es una tecnología clave para las grandes y medianas empresas.

5. Conclusiones

- El sector del Jamón de Teruel contribuye considerablemente al asentamiento de la población rural en la provincia de Teruel y, tras la crisis económica, parece mantener un nivel estable.
- La homogeneidad de la calidad en el jamón es un objetivo difícil de conseguir ya que son numerosos los factores que influyen, tanto relacionados con el animal como con el proceso de curación.
- Bajo las condiciones en que se ha desarrollado el experimento se puede concluir que los jamones de machos castrados y hembras se diferencian fundamentalmente en la composición química, presentando más grasa intramuscular y menos humedad los machos.
- Los análisis químicos y por NIR de composición química para el jamón curado presentaron correlaciones fuertes y muy significativas, lo que garantiza su correcta calibración.

6. Conclusions

- The Teruel dry-cured ham sector contributes significantly to the settlement of the rural population in the province of Teruel and, after the economic crisis, seems to maintain a steady level.
- The homogeneity of quality in the dry-cured ham is a difficult objective to get because there are a lot of factors that influence, both related to the animal and the curing process.
- Under our experimental conditions, it can be concluded that cured hams from barrows and gilts differ mainly in chemical composition, with more intramuscular fat and less moisture in barrows' hams.
- The chemical and NIR analyses of composition for dry-cured ham showed strong and very significant correlations, which guarantee a correct calibration.

7. Valoración personal

Este trabajo me ha permitido seguir conociendo la industria cárnica relacionada con el porcino. Si con las prácticas conocí el proceso de matanza y despiece, con el presente trabajo he podido aprender la transformación del pernil fresco en un producto curado de un alto valor económico. De esta manera, he podido abarcar prácticamente desde el sacrificio del animal hasta la producción del jamón, en este caso Jamón de Teruel, tan importante como es para la provincia que da nombre a esta D.O.P., de la cual provengo.

Por otra parte, he podido plasmar en el presente trabajo los conocimientos teóricos adquiridos durante el grado y he realizado una búsqueda bibliográfica para encontrar información y datos. A su vez, he aprendido a realizar análisis químicos que desconocía y llevar a cabo otros que sí que conocía pero apenas los había llevado a la práctica.

Por último, me gustaría agradecer a mis tutores María Ángeles Latorre y Guillermo Ripoll su dedicación y gran esfuerzo y a Leticia Pérez por su inestimable ayuda.

8. Bibliografía

- Alonso, V., Campo, M.d.M., Español, S., Roncalés, P. y Beltrán, J.A. (2008). "Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork". *Meat Science*, 81(1), pp. 209-217. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.07.021.
- Alonso, V., Najas, L.M., Provincial, L., Guillén, E., Gil, M., Roncalés, P. y Beltrán, J.A. (2012). "Influence of dietary fat on pork eating quality". *Meat Science*, 92(4), pp. 366-373. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.01.004.
- ANICE. (2018). "El sector cárnico español". Disponible en: https://www.anice.es/industrias/area-de-prensa/el-sector-carnico-espanol_213_1_ap.html [Consultado 09-01-2020].
- ANKOM (2007). Determinación rápida de Aceite / Grasa utilizando Extracción con solvente a Alta Temperatura
- Arnau, J. (2004) "Tecnología de fabricación del jamón curado en distintos países", 44th *International Congress of Meat Science and Technology*. Barcelona, 1 septiembre 1998. Madrid: Estrategias Alimentarias S.L., pp. 10-21.
- Asociación Española de Denominaciones de Origen (2015). Jamón de Teruel. Disponible en: <http://www.origenespana.es/socios/jamon-de-teruel/> [Consultado 09-01-2020].
- Bañón, S., Gil, M.D. y Garrido, M.D. (2003). "The effects of castration on the eating quality of dry-cured ham". *Meat Science*, 65(3), pp. 1031-1037 DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00321-2.
- Barton-Gade, P.A. (1987). "Meat and fat quality in boars, castrates and gilts". *Livestock Production Science*, 16, pp. 187-196. DOI: 10.1016/0301-6226(87)90019-4
- Bonneau, M., Desmoulin, B. y Dument, B. L. (1979). "Organoleptic quality of meat from entire or castrated male pigs: composition of fat and sexual odour in highly muscled breeds". *Annales de Zootechnie*, 28, pp. 53-72. DOI: 10.1051/animres:19790104.
- Brøndum, J., Munck, L., Henckel, P., Karlsson, A., Tornberg, E., & Engelsen, S. B. (2000). "Prediction of water-holding capacity and composition of porcine meat by comparative spectroscopy". *Meat Science*, 55, pp. 177-185. DOI: 10.1016/s0309-1740(99)00141-2.
- CIE (1976). Official Recommendations of the International Commission on Illumination, Colorimetry. Publication CIE No. 15 (E-1.3.1). CIE, Paris, Francia.

- Cilla, I., Martínez, L., Beltrán, J.A. y Roncalés, P. (2006). "Factors affecting acceptability of dry-cured ham throughout extended maturation under "bodega" conditions". *Meat Science*, 69, pp. 789-795. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.11.012.
- Cisneros, F., Ellis, M., McKeith, F.K., McCaw, J. y Fernando, R.L. (1996). "Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes". *Journal of Animal Science*, 74(5), pp. 925. DOI:10.2527/1996.745925x.
- CRDOP Jamón de Teruel (2019). Datos del Consejo Regulador de la DOP Jamón de Teruel. www.jamondeteruel.com
- Daza, A., Latorre, M. A. y López-Bote, C. J. (2010). "The use of barley as single ingredient in the diet provided during the finishing period may improve the meat quality of heavy pigs from PO Teruel ham (Spain)". *Spanish journal of agricultural research*, 8(3), pp. 607-616. DOI: 10.5424/sjar/2010083-1256.
- García, B., Franco, D., Carballo, J., Bermúdez, R., Pateiro, M. y Lorenzo, J.M. (2017). "Influence of sex on meat quality of Celta pig breed". *Archivos de Zootecnia*, 1, pp. 189-192. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6537146> [Consultado 24-01-2020].
- García-Gil, N., Santos-Garcés, E., Muñoz, I., Fulladosa, E., Arnau, J. y Gou, P. (2012). "Salting, drying and sensory quality of dry-cured hams subjected to different pre-salting treatments: Skin trimming and pressing". *Meat Science*, 90(2), pp. 386-392 DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.08.003.
- Garitano, I., Liébana, C., Feliz de Vargas, E., Olivares, Á. y Daza, A. (2013). "Effect of gender on growth performance, carcass characteristics, meat and fat composition of pigs slaughtered at 125 kg of live weight destined to Teruel (Spain) ham production" *Italian Journal of Animal Science*, 12:e16, pp. 95-100. DOI: 10.4081/ijas.2013.e16.
- González, D. (2010). "La matanza del cerdo y los matachines" *Crónicas*, www.lascumbresdemontalban.com, 14, pp. 27-29. Disponible en: <http://lascumbresdemontalban.com/wp-content/subidas/cronicas14.pdf> [Consultado 09-01-2020].
- Gou, P., Guerrero, L. y Arnau, J. (1995). "Sex and crossbreed effects on the Characteristics of Dry-cured Ham". *Meat Science*, 40, pp. 21-31. DOI: 10.1016/0309-1740(94)00021-X

- Gou, P., Morales, R., Serra, X., Guàrdia, M.D. y Arnau, J. (2008). "Effect of a 10-day ageing at 30 °C on the texture of dry-cured hams processed at temperatures up to 18 °C in relation to raw meat pH and salting time". *Meat Science*, 80, pp. 1333-1339. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.06.009.
- Hamilton, D. N., Ellis M., Miller K. D., Mckeith F. K. y Parret D. F. (2000). "The effect of the halothane and rendement napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs". *Journal of Animal Science* 78: 2862-2867. DOI: 10.2527/2000.78112862x.
- Hildrum, K.I., Nilsen, B.N., Mielnik, M. y Næs, T. (1994). "Prediction of sensory characteristics of beef by near-infrared spectroscopy". *Meat Science*, 38, pp. 67-80. DOI: 10.1016/0309-1740(94)90096-5.
- Huff-Lonergan, E., Baas, T.J., Malek, M., Dekkers, J.C., Prusa, K. y Rothschild, M.F. (2002). "Correlations among selected pork quality traits". *Journal of Animal Science*, 80, pp. 617-627. DOI: 10.2527/2002.803617x.
- Kanis, E., Nieuwhof, G.J., de Greef, K.H., van der Hel, W., Vestergem, M.W.A., Huisman, J. y Van der Wal, P. (1990) "Effect of recombinant porcine somatotropin on growth and carcass quality in growing pigs: interactions with genotype, gender and slaughter weight". *Journal of Animal Science*, 68, pp. 1193-1200. DOI: 10.2527/1990.6851193x.
- Latorre, M.A., Lázaro, R., Gracia, M.I., Nieto, M. y Mateos, G.G. (2003). "Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight". *Meat Science*, 65(4), pp. 1369-1377 DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00059-7.
- Latorre, M.A., Pomar, C., Faucitano, L., Gariépy, C., y Méthot, S. (2008). "The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines". *Livestock Science*, 115, pp. 258-267. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.08.013.
- Latorre, M.A., Ripoll, G., García-Belenguer, E. y Ariño, L. (2009). "The effect of gender and slaughter weight on loin and fat characteristics of pigs intended for Teruel dry-cured ham production". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(2), pp. 407-416. DOI: 10.5424/sjar/2009072-1648.
- MAGRAMA. (2014). "Encuestas de efectivos de ganado porcino". Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible:

https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/informeporcino2014_tcm30-380118.pdf [Consultado 18-01-2020].

MAGRAMA. (2017). “Datos de las Denominaciones de Origen Protegidas (D.O.P.), Indicaciones Geográficas Protegidas (I.G.P.) y Especialidades Tradicionales Garantizadas (E.T.G.) de Productos Agroalimentarios”. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en:

https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/informedop_igp_2016_ver4_tcm30-451593.pdf [Consultado 15-01-2020].

MAPA. (2018). “Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) e Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP) agroalimentarias”. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/organosdegestiondop_igp09072018_tcm30-78882.pdf [Consultado 09-01-2020].

MAPA. (2019a). “El sector de la carne de cerdo en cifras. Principales Indicadores Económicos 2018”. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicossectorporcinoano2018_tcm30-379728.pdf [Consultado 13-01-2020].

MAPA. (2019b). “Encuestas ganaderas, 2019 (Cifras provisionales). Ganado porcino”. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/resultados_provisionales_may2019_porcino_webmapaxlsx_tcm30-514026.pdf [Consultado 14-01-2020].

Nold, R.A., Romans, J.R, Costello, J. y Libal G.W. (1999) “Characterization of Muscles from Boars, Barrows, and Gilts Slaughtered at 100 or 110 kilograms: Differences in Fat, Moisture, Color, Water-Holding Capacity, and Collagen”. *American Society of Animal Science*, 77, pp. 1746-1754. DOI: 10.2527/1999.7771746x.

Orden de 31 de julio de 1979 por la que se establecen métodos oficiales de análisis de aceites y grasas, productos cárnicos, cereales y derivados fertilizantes, productos fitosanitarios, productos lácteos, piensos y aguas y productos derivados de la uva. (BOE, núm. 207 pp. 20221-20247, de 31 de julio de 1979).

- Orden DRS/1825/2007, de 24 de octubre, del Gobierno de Aragón, por la que se aprueba la normativa específica de la denominación de origen protegida “Jamón de Teruel”/“Paleta de Teruel”. (BOA núm. 223 pp.32778-32795, de 24 de octubre de 2007)
- Peinado, J., Medel, P., Fuentetaja, A. y Mateos, G.G. (2008). "Influence of sex and castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined for the dry-cured industry". *Journal of Animal Science*, 86(6), pp. 1410-1417 DOI: 10.2527/jas.2006-807.
- Peloso, J.V., Lopes, P.S., Gomide L.A.M., Guimarães, S.E.F. y Carneiro P.L.S. (2010). “Carcass and ham quality characteristics of heavy pigs from different genetic groups intended for the production of dry-cured hams”. *Meat Science*, 86, pp. 371-376. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.05.017.
- Prevolnik, M., Čandek-Potokar, M. y Škorjanc, D. (2004). “Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality – a review”. *Czech Journal of Animal Science*, 49, pp. 500-510. DOI: 10.17221/4337-cjas.
- Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de datos (BOE núm. 278, de 20 de noviembre de 2002, pp. 40830-40833).
- Reglamento (UE) nº127/2014 de la Comisión por el que se aprueba una modificación de una denominación inscrita en el Registro de Denominaciones de Origen Protegidas y de Indicaciones Geográficas Protegidas [Jamón de Teruel/Paleta de Teruel (DOP)] (DOUE, L40 de 11 de febrero de 2014, pp. 14-15).
- Reina, R., Lopez-Buesa, P., Sánchez del Pulgar, J., Tovar, J. y García, C. (2012). “Caracterización físico-química y sensorial de productos cárnicos asociados a la D.O.P. Jamón de Teruel”. *Eurocarne*, 205, pp. 90-98. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3912404> [Consultado 03-02-2020].
- Ripoll, G., Albertí, P., Panea, B., Olleta, J.L. y Sañudo, C. (2008). “Near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental and sensory quality of beef”. *Meat Science*, 80, pp. 697-702. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.03.009.
- Rodríguez, P. (2018). “La exportación del jamón curado en España”. *Distribución y consumo*, 2, pp. 18-24. Disponible en: https://www.mercasa.es/media/publicaciones/240/1528129362_La_exportacion_de_jamon_curado_en_Espana.pdf [Consultado 14-01-2020].

- Rodríguez-Sánchez, J.A., Calvo, S., Suárez-Belloch, J. y Latorre, M.A. (2014). "Effect of pig slaughter weight on chemical and sensory characteristics of Teruel dry-cured ham". *Italian Journal of Food Science*, 26(4), pp. 420-426. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/672d/260426924926b6aaf399016331820d2f2949.pdf> [Consultado 18-01-2020].
- Rodríguez-Sánchez, J.A., Sanz, M.A., Blanco, M., Serrano, M.P., Joy, M. y Latorre, M.A. (2011). "The influence of dietary lysine restriction during the finishing period on growth performance and carcass, meat, and fat characteristics of barrows and gilts intended for dry-cured ham production". *Journal of Animal Science*, 89, pp. 3651-3662. DOI: 10.2527/jas.2010-3791.
- Rotolo, P. (1979). "Near infrared reflectance instrumentation". *Cereal Foods World*, 24, pp. 94-98.
- SAS (2016). Statistical Analysis Systems. Versión 9.4. SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.
- Sereno, E. (2019). "La industria del porcino se asoma a los "números rojos" por la demanda china". *El Economista.es*, 23 de septiembre. Disponible en: <https://www.economista.es/aragon/noticias/10099659/09/19/La-industria-del-porcino-se-asoma-a-los-numeros-rojos-por-la-demanda-china.html> [Consultado 09-01-2020].
- Sereno, E. (2020). "La nueva IGP Carne de Cerdo de Teruel mejorará el posicionamiento de estos productos en el mercado". *El Economista.es*, 14 de enero. Disponible en: <https://www.economista.es/aragon/noticias/10298300/01/20/La-nueva-IGP-Carne-de-Cerdo-de-Teruel-mejorara-el-posicionamiento-de-estos-productos-en-el-mercado.html> [Consultado 18-01-2020].
- Soriano, A., Quiles, R., Mariscal, C. y García Ruiz, A. (2005). "Pig sire type and sex effects on carcass traits, meat quality and physicochemical and sensory characteristics of Serrano dry-cured ham". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), pp. 1914-1924. DOI: 10.1002/jsfa.2197.
- Suárez-Belloch, J., Sanz, M.A., Guada, J.A. y Latorre, M.A. (2016). "Effect of advancing the supply of finisher diet on growth performances and carcass and pork quality of heavy barrows and gilts". *Animal*, 11(1), pp. 156-163 DOI: 10.1017/S1751731116001300.

- Tabilo, G., Flores, M., Fiszman, S.M. y Toldrá, F. (1999). "Postmortem meat quality and sex affect textural properties and protein breakdown of dry-cured ham". *Meat Science*, 51, pp. 255-260. DOI: 10.1016/S0309-1740(98)00125-9.
- Tomažin, U., Škrlep, M., Prevolnik, M., Batorek, N., Karolyi, D., Červek, M. y Čandek-Potokar, M. (2020). "The effect of salting time and sex on chemical and texture properties of dry cured ham". *Meat Science*, 161, 107990. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.107990.
- Weatherup, R.N., Veattie, V.E., Moss, B.W., Kilpatrick, D.J. y Walker, N. (1998). "The effect of increasing slaughter weight on the production performance and meat quality of finishing pigs". *Animal Science*, 67, pp. 591-600. DOI: 10.1017/S1357729800033038.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. y Enser, M. (2003). "Effects of fatty acids on meat quality: a review". *Meat Science*, 66, pp. 21-32. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00022-6.