



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

ÍNDICE

1. RESUMEN	2
2. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	10
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
5.1 MUESTRAS EMPLEADAS	11
5.2 DETERMINACIONES LABORATORIALES	12
5.2.1 Porcentaje de área grasa.....	12
5.2.2 Color del músculo y de la grasa.....	13
5.2.3 Análisis de perfil de textura	13
5.2.4 Composición química	14
5.2.5 pH	15
5.2.6 Estadística	16
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
7. CONCLUSIONES.....	22
8. CONCLUSIONS.....	22
9. VALORACIÓN PERSONAL.....	23
10. BIBLIOGRAFÍA	24

1. RESUMEN

El “Jamón de Teruel” y la “Paleta de Teruel” son productos elaborados bajo el distintivo de calidad de Denominación de Origen Protegida, cuyos requisitos en cuanto a la materia prima utilizada y elaboración se encuentran recogidos bajo el mismo Pliego de Condiciones. El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado fue la adquisición de conocimientos sobre los diferentes procedimientos de análisis para el jamón y paleta, así como la búsqueda de diferencias de calidad entre ambos.

Se utilizaron 5 muestras de jamón y 5 de paleta. Los métodos de análisis que se realizaron fueron: medición del porcentaje de área grasa, medida del color del músculo y de la grasa mediante la utilización de un colorímetro, análisis del perfil de textura, composición química vía NIR y pH.

Bajo nuestras condiciones experimentales, podemos concluir que existen escasas diferencias relacionadas con la calidad entre estos productos pero, las que hubo, se detectaron en la composición química y en el perfil de textura. Así, el jamón resultó tener menor porcentaje de humedad y mayor de proteínas así como mayor dureza que la paleta. Esto no quiere decir que tengan una mejor o peor calidad, ambas presentan una alta calidad, por lo que la paleta sería también una muy buena opción para el consumidor.

2. ABSTRACT

The “Jamón de Teruel” and the “Paleta de Teruel” are products produced under the Protected Designation of Origin quality label, whose requirements in terms of raw material used and preparation are included in the same Specifications. The objective of this Final Degree Project was to acquire knowledge of the different analysis procedures for ham and shoulder ham, as well as the search for differences in quality between the two.

Five samples of ham and five of shoulder were used. The analysis methods used were: measurement of the percentage of fat area, measurement of muscle and fat colour using a colorimeter, analysis of the texture profile, chemical composition via NIR and pH.

Under our experimental conditions, we can conclude that there are few quality-related differences between these products, but those that did exist were detected in the chemical composition and texture profile. Thus, the ham was found to have a lower percentage of moisture and a higher percentage of protein, as well as greater hardness than the shoulder. This does not mean that they have a better or worse quality; both are of high quality, so the shoulder would also be a very good option for the consumer.

3. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ganadería porcina en Teruel está vinculado a la tradición cerealista de la zona y a la elaboración de producto amparado por la Denominación de Origen Protegida (DOP) «Jamón de Teruel» / «Paleta de Teruel», estableciéndose las primeras explotaciones ganaderas como aprovechamiento de los excedentes de producción de cereal y convirtiéndose en destino principal en la actualidad (MAPA, 2023). La superficie destinada a cereales supone más del 70% de la superficie agraria de la provincia (Gobierno de Aragón, 2013).

En este contexto, según el estudio realizado por la Cámara de Comercio de Teruel, la DOP «Jamón de Teruel» / «Paleta de Teruel» se ha convertido en la entidad más grande en cuanto a empleo de la provincia, generando más de 1.000 puestos de trabajo directos motivado por la dispersión de sus empresas (ganaderías, mataderos y secaderos), por toda la provincia de Teruel. En la *Tabla 1* se puede observar que en la actualidad hay casi 200 empresas acreditadas por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida (CRDOP) para la producción de “Jamón / Paleta de Teruel”.

Tabla 1. Total de empresas acreditadas bajo la Denominación de Origen Protegida “Jamón / Paleta de Teruel”.

Tipo de empresas	Número
Secaderos	33
Granjas de producción	15
Granjas de ciclo cerrado	16
Cebaderos	94
Mataderos	7
Salas de despiece	7
Salas de envasado	20
Fábricas de pienso	7

Según el Reglamento UE n.º 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios, se establece la definición de Denominación de Origen Protegida (DOP): “ Se refiere a un nombre que identifica un producto originario de un lugar determinado, una región o un país, cuya calidad o características se deban exclusivamente al entorno geográfico particular, con sus factores naturales y humanos, cuya producción, transformación y elaboración tienen lugar en la zona geográfica definida”.

En España hay un total de 5 denominaciones de origen de jamón, en las que también se incluye la paleta, de las que cuatro de ellas pertenecen al jamón ibérico (Jabugo, Guijuelo, Dehesa de Extremadura y Los Pedroches) y la única que pertenece a jamón “de cerdo blanco” es la de Teruel.

Los jamones y paletas son productos cárnicos obtenidos tras someter a las extremidades posteriores y anteriores del cerdo a un proceso de curación (MAPA, 2024). La DOP «Jamón de Teruel» / «Paleta de Teruel» fija requisitos específicos, tanto para la paleta como para el jamón, comenzando por la base genética y la alimentación hasta el proceso de elaboración de los productos curados. Estos requisitos se describen a continuación.

Los jamones y paletas procederán exclusivamente de las razas Landrace (tipo estándar), Large White o cruce de ambas (línea madre), y Duroc (línea padre). La *Figura 1* muestra cerdos del cruce Pietrain x (Landrace x Large White) destinados a elaborar jamón de Teruel. La alimentación de estos se basa fundamentalmente en cereales. Los machos estarán castrados antes de la entrada en el cebadero y las hembras no estarán en celo en el momento del sacrificio. Antes de su sacrificio, se exige un tiempo de espera con el fin de eliminar la fatiga del transporte y asegurar un nivel mínimo de las reservas del glucógeno muscular.



Figura 1. Cerdos Pietrain x (Landrace x Large White) dentro de la DOP Jamón de Teruel (cedida por M.A. Latorre).

Tan solo podrán suministrar piezas con destino a la elaboración de jamones y paletas protegidas por la denominación de origen, las canales (*Figura 2*) de cerdos cuyos pesos en caliente sean superiores o igual a 86 kg y cuyo espesor de tocino dorsal, medido en la zona lumbar a la altura de la punta del pernil, sea superior a 16 mm e inferior a 45 mm.



Figura 2. Canal de cerdo dentro de la DOP Jamón de Teruel (cedida por M.A. Latorre).

Una vez despiezada la canal y perfilados los perniles y paletas frescas, se mantienen a una temperatura entre -2°C y $+2^{\circ}\text{C}$ el tiempo necesario para conseguir una temperatura máxima de $+2^{\circ}\text{C}$ en el interior de la pieza. El transporte de los perniles y de las paletas frescas desde el matadero, o la sala de despiece, a los locales de curación se hace en vehículos frigoríficos, entrando en la nave de salazón con una temperatura en el centro del pernil y de la paleta fresca entre 0°C y 2°C . A partir de este momento, se podría empezar a llevar a cabo el proceso de curación.

En la Denominación de Origen Protegida “Jamón / Paleta de Teruel”, este proceso consta de 5 etapas, cada una de ellas con unos requisitos específicos:

1. SALAZÓN: Incorporación de sal a la pieza, que favorece la deshidratación y su perfecta conservación. La sal debe permanecer en contacto con las piezas entre 0,65 y 1 día por kilogramo de peso fresco.
2. LAVADO: Eliminación de la sal adherida a la pieza mediante su lavado con agua.
3. POST-SALADO: Difusión de la sal hacia el interior de las piezas cárnicas, eliminándose lenta y paulatinamente el agua. Se realiza en cámaras con temperaturas máximas de 6°C y una humedad relativa igual o mayor del 70%. El tiempo de permanencia en las cámaras depende

del peso de las piezas, teniendo que ser este un mínimo de 60 días para los jamones y de 30 días para las paletas. Como se puede apreciar, este es el único proceso de la etapa que difiere para jamones y paletas.

4. **CURADO:** También se puede denominar la etapa de secado y maduración. Esta operación se lleva a cabo en secaderos naturales cuyas condiciones ambientales son las propias de la zona, y cuyas características permitan el control de la ventilación y con ello las condiciones óptimas de humedad relativa y temperatura.
5. **ENVEJECIMIENTO:** En esta fase se producen las reacciones bioquímicas responsables del aroma y sabor característicos.

La duración mínima de todo el proceso de elaboración es de 60 semanas para los jamones y de 36 semanas para las paletas (MAPA, 2024). La *Figura 3* muestra jamones y paletas una vez curados.



Figura 3. Jamón y paleta DOP Teruel listos para comercializar (fotos cedidas por M.A. Latorre).

El producto final se diferencia por unas características cualitativas que se aprecian ya en las piezas frescas entre las que destacan una coloración más oscura, una mayor capacidad de retención de agua y por lo tanto mayor jugosidad, un mayor porcentaje de grasa intramuscular con un menor grado de saturación de la grasa y una mayor ternura.

El producto, una vez elaborado, se caracteriza por ser menos salado y con un elevado flavor “a curado” (MAPA, 2024). Finalizado todo el proceso citado anteriormente, los jamones y paletas amparados por la DOP podrán comercializarse, deshuesados, en porciones o en lonchas, todos

ellos envasados en los establecimientos de aquellos operadores que cumplan con los requisitos establecidos en el pliego de condiciones y superen los procesos de control establecidos (MAPA, 2024). Los jamones y paletas, en piezas enteras destinados al consumo, irán identificados con la palabra “TERUEL” y la estrella de 8 puntas marcadas a fuego además de la etiqueta numerada con el logotipo de la denominación, lo podemos observar en la *Figura 4*.



Figura 4. Logotipo original de la Denominación de Origen Protegida “Jamón de Teruel/ Paleta de Teruel” acompañado del rediseño actualizado del mismo.

La identificación y presentación adecuada del producto final no solo garantiza su autenticidad y calidad, sino que también juega un papel fundamental en su posicionamiento en el mercado. En este sentido, las medidas de control y certificación establecidas por la DOP Jamón de Teruel contribuyen a reforzar la confianza en el producto y a destacar su carácter diferenciado. Esta estrategia ha tenido un impacto positivo en su evolución comercial, que se refleja en el comportamiento del mercado durante los últimos años.

La estabilización de los precios del producto fresco, junto con el incremento en las ventas de jamón y paleta curados, han favorecido esta evolución positiva durante los últimos años como se puede apreciar en la *Figura 5*. Esta tendencia se ha visto impulsada por una mayor apreciación de los consumidores hacia los productos de calidad diferenciada, así como por una demanda creciente en mercados internacionales, donde el Jamón de Teruel DOP gana reconocimiento y prestigio (Diario de Teruel, 2025). El último año del que hay datos (2024) muestra que la producción de Jamón de Teruel DOP ascendió a 237.565 piezas y la de Paleta DOP Teruel a 215.463 piezas.

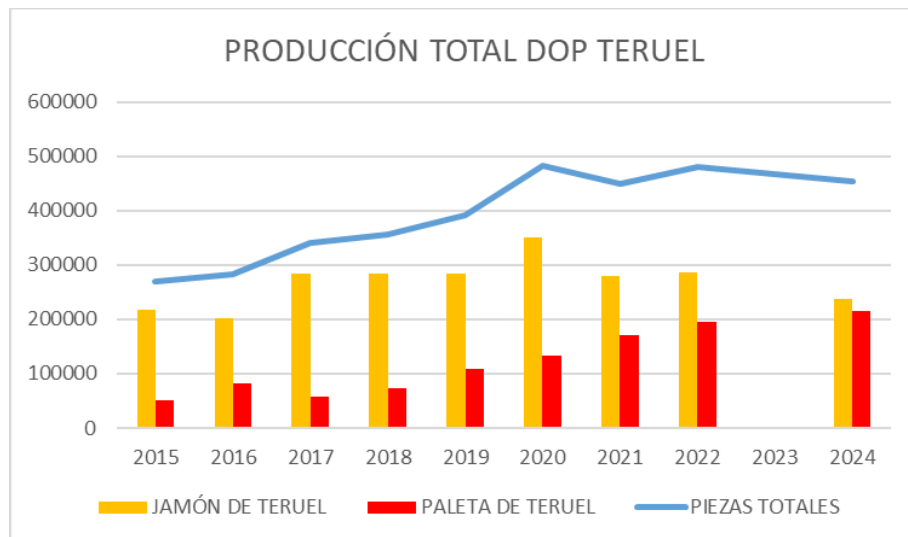


Figura 5. Evolución de la producción de Jamón y Paleta DOP Teruel (CRDO Jamón/Paleta de Teruel, 2024).

La inclusión de la paleta en el Pliego de Condiciones de la Denominación de Origen Protegida Jamón de Teruel se realizó en 2014, ampliando la protección de la DOP para incluir este producto elaborado a partir de la extremidad anterior del cerdo. A pesar de esta incorporación, muchos consumidores aún no tienen claras las diferencias entre jamón (pata trasera) y paleta (pata delantera), más allá de su origen anatómico.

Este desconocimiento se refleja en el interés observado en las búsquedas online, donde los usuarios buscan información sobre las características y calidad de la paleta en comparación con el jamón. Esta tendencia sugiere una necesidad de información más detallada y accesible sobre ambos productos.

En el ámbito científico, la información disponible sobre la calidad de la paleta es limitada. Realizando una búsqueda en las bases de datos Scopus y Web of Science utilizando los términos *"dry AND cured AND shoulder"* arrojó un número reducido de resultados. La revisión bibliográfica realizada en la base de datos Web of Science empleando los términos *"dry-cured shoulder"* obtuvo un total de 53 estudios, sin especificarse en muchos casos el cerdo como animal utilizado. Al refinar la búsqueda con los términos *"dry-cured shoulder quality"*, se obtuvieron 38 publicaciones, no todas presentan relación directa con los objetivos que se plantean para este trabajo, por lo que no se consideran válidas para la discusión de resultados. Tras analizar y leer cada uno de ellos, se identificó que únicamente 17 estudios son válidos como respaldo, aportan información sobre distintas técnicas de análisis aplicadas a paletas curadas. Sin embargo, solo un estudio (Reina et al., 2013) realiza una comparación exclusiva entre

jamones y paletas desde una perspectiva relacionada con la calidad, lo que demuestra una carencia de investigaciones centradas en este aspecto concreto.

Pocos de ellos se centran específicamente en la comparación entre paleta y jamón o en la evaluación de la calidad de la paleta. Esta escasez de estudios destaca la necesidad de investigaciones adicionales que proporcionen datos objetivos y contribuyan a una mejor comprensión de las características de la paleta.

Es por eso que este TFG se propone como una herramienta complementaria para proporcionar información objetiva sobre la paleta de Teruel, para contribuir a reducir la desinformación existente.

4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Al haber nacido y vivido toda mi vida en Teruel, siempre he estado familiarizado con el Jamón de Teruel.

A lo largo del Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos hemos recibido formación en todos los sectores de la alimentación. En relación con este trabajo, he podido aprender desde el manejo del ganado porcino, del que provienen los jamones, en la asignatura Producción de Materias Primas, hasta el procesado y obtención del producto final en la asignatura Tecnología de la Carne y Pescado. A todo ello hay que añadir todos los conocimientos acerca de la higiene y las Buenas Prácticas de Fabricación, así como todo el proceso tecnológico al que se someten el jamón y la paleta cuando se curan.

El sector del jamón siempre ha sido algo que ha despertado interés en mí, el verano pasado tuve la oportunidad de realizar mis prácticas externas en Jamones Albarracín, donde me pude adentrar mucho más en el sector y aprender acerca de ello. Esta es una de las principales razones por las que decidí decantarme a realizar este trabajo de fin de grado.

Así pues, el objetivo principal del TFG es comparar la calidad del jamón y la paleta de la DOP Teruel mediante el estudio de la composición química, color instrumental de la grasa y músculo, así como del perfil de textura, y además profundizar en los requerimientos de la normativa específica de la DOP para ambos productos.

Todo ello contribuye a ampliar la escasez de evidencia científica que hay acerca de la paleta curada, para aumentar los conocimientos sobre su calidad, sobre todo respecto a la del jamón y evitar la desinformación. Todo ello ayudará al consumidor a decidir sobre su compra con una información más fundamentada.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 MUESTRAS EMPLEADAS

Las muestras de jamón y paleta analizadas en este estudio, representadas en la *Figura 6*, fueron adquiridas en Jamones Casa Domingo. Es una empresa ubicada en la localidad de Calamocha (Teruel), dedicada a la producción y comercialización de jamón curado desde el año 1974.

Fueron un total de 10, siendo 5 de jamón y 5 de paleta. La parte de la que se obtuvieron fue la punta, que es el extremo proximal de la pieza, donde se realiza el corte que separa la pata del cerdo de la canal. Comercialmente no tiene una extensión definida, pero en el jamón, se puede considerar que alcanza hasta la sínfisis pelviana. Incluye todos los músculos glúteos y parte del tensor de la fascia lata, así como parte de la cabeza vertebral o proximal del bíceps femoral en el jamón (Olmos, 2006). En la paleta, estos músculos son diferentes al pertenecer a las extremidades anteriores, consta del deltoides, el bíceps braquial y el pectoral profundo.

La media de peso de las muestras fue de 650 g para el jamón y 590 g para la paleta y el tiempo de curación había sido de 24 y 18 meses, respectivamente, cumpliendo con los requisitos del Pliego de Condiciones cuya duración mínima es de 60 semanas para jamones y 36 para las paletas. Ambas tenían el mismo precio (22,95 €/kg), lo que puede servirnos como indicador de la calidad de estos.



Figura 6. Muestras de paleta envasadas en su forma de venta.

5.2 DETERMINACIONES LABORATORIALES

Todas las determinaciones experimentales fueron llevadas a cabo en el laboratorio de calidad de la carne del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).

Para determinar la calidad de un producto como el jamón o la paleta curados, hay que tener en cuenta que esta viene determinada por múltiples factores, que a su vez dependen de otras muchas variables. Estos pueden ser objetivos, como las mediciones de pH, lecturas instrumentales de color, lecturas de longitud de onda escaneadas (NIR) u otras evaluaciones de laboratorio (Bohrer et al., 2024). Pero también existen otras medidas como el color, el vetado o la firmeza (Bohrer et al., 2024) que aportan valor al producto y que sumadas al precio son utilizadas para evaluar la intención de compra de los consumidores.

5.2.1 Porcentaje de área grasa

El programa ImageJ (National Institutes of Health, USA) fue utilizado para calcular el porcentaje total de grasa subcutánea, sobre el total del área de la muestra.

Primero, se tomaron fotografías de todas las muestras, como se puede apreciar a continuación en la *Figura 7*, colocando una referencia de longitud conocida a su lado para poder realizar una escala. En el programa, se introdujo la medida de referencia y a partir de ello fueron calculadas las proporciones. Se delimita primero el área total de toda la muestra y después el de la grasa subcutánea, con esos datos se puede medir el porcentaje de área grasa respecto del área total.



Figura 7. Una de las imágenes a partir de las que se calculó el porcentaje de área grasa de las muestras.

5.2.2 Color del músculo y de la grasa

Se realizó mediante un colorímetro. Para cada medida se situaba el equipo en dos puntos distintos en los que él mismo hacía la media y daba un valor. El modelo utilizado fue el CM-600d, Konica Minolta Holdings, Inc., Osaka, Japón. Previamente calibrado, con iluminante D65 y ángulo del observador de 10°, en el espacio de color CIELAB (CIE, 1986). La media de dos lecturas aleatorias de cada sección se para obtener la luminosidad (L^*), el enrojecimiento (a^*), la amarillez (b^*), el croma (C_{ab}^*) y ángulo de tonalidad (h_{ab}), que se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

5.2.3 Análisis de perfil de textura

La determinación del análisis de perfil de textura (TPA) se realiza utilizando un Instron modelo 5543 (INSTRON Ltd., Reino Unido) provisto de una célula de compresión de 50 mm de diámetro y 500 N de carga, se puede observar en la *Figura 8*. El ensayo consta de dos ciclos de compresión al 50 % con una velocidad de la cruceta de 1 mm/s y un tiempo de espera entre los dos ciclos de 5 segundos. La velocidad antes y después de la prueba fue de 2 mm/s.

De cada muestra de jamón se extrajeron 5-6 submuestras con forma de cilindro, mediante un sacabocados, cada muestra tuvo 25 mm de diámetro (4,91 cm² de sección) y 1,62 cm ± 0,169 cm (d.e.) de altura en dirección paralela a las fibras musculares e. Podemos ver un ejemplo del método de obtención en la *Figura 8*.

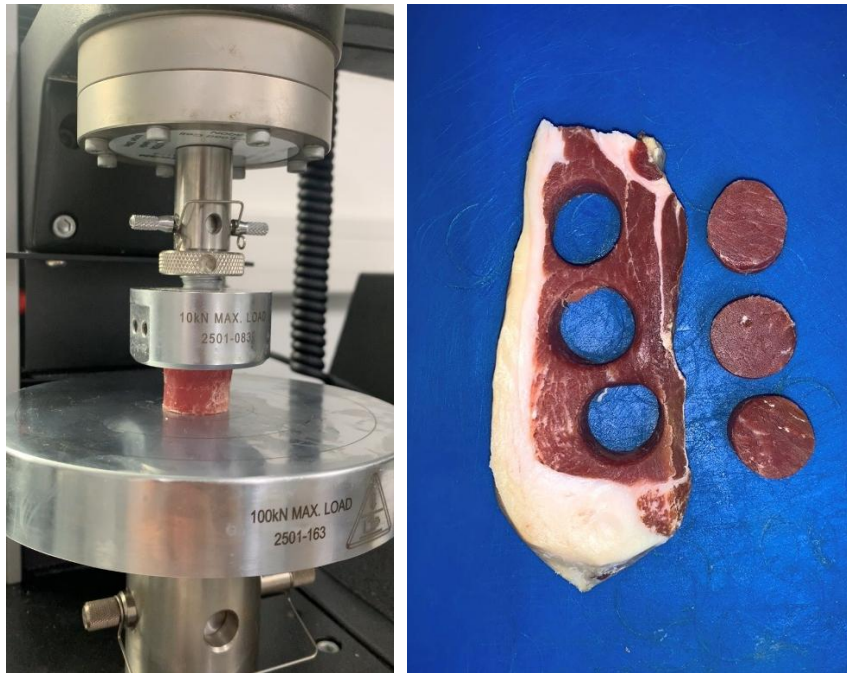


Figura 8. Imagen del momento de la realización del TPA y obtención de las submuestras necesarias para ello.

Se obtuvieron resultados de dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad y masticabilidad. La dureza (N) también se conoce como la fuerza máxima ejercida en el primer ciclo de compresión. La cohesividad o relación de áreas originadas en los dos ciclos de compresión; representa el trabajo necesario para comprimir la muestra por segunda vez respecto al que ha sido necesario para comprimirla la primera vez. La adhesividad representa el trabajo necesario para separar el émbolo de compresión del alimento, medida en Julios. La masticabilidad sólo se aplica a los productos sólidos. Es el trabajo necesario para masticar un sólido hasta que se puede tragar. Se calcula como el producto de la dureza, cohesividad y elasticidad.

5.2.4 Composición química

La tecnología NIR (Espectroscopia de transmitancia en el Infrarrojo Cercano) consiste en la utilización de la espectroscopia y la obtención de imágenes en el infrarrojo cercano, son técnicas analíticas rápidas y no destructivas que proporcionan información química y física de prácticamente cualquier matriz. Abarca la gama de longitudes de onda adyacentes al infrarrojo medio y se extiende hasta la región visible (Reich, 2005).

Las variables estudiadas fueron: humedad, proteína, grasa intramuscular, colágeno, actividad de agua y ácidos grasos saturados. Este equipo está situado en el laboratorio de calidad de carne en el CITA, las calibraciones que utilizó eran las correctas ya que se había utilizado diversas veces

para análisis de productos curados. El analizador utilizado fue el FoodScan 2, (FOSS Iberia, S.A., España), que aparece en la *Figura 9*. 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. La composición química (agua, proteínas, grasas, cenizas y colágeno) se determinó mediante espectroscopia de transmisión en el infrarrojo cercano con calibración mediante redes neuronales artificiales y un analizador de carne FoodScan2™ Lab (Foss Electric, Hillerød, Denmark) en modo de transmitancia por el método AOAC 2007.04 para carne y productos cárnicos (Anderson, 2007). Las dimensiones de la cápsula son: (D: 140 mm, H: 13,8 mm/ 8,8 mm).

Las muestras de jamón y paleta fueron trituradas utilizando una picadora (Moulinex 1,2,3 Ultimate 1000W, Groupe SEB, Alençon, Francia). Para poder rellenar toda la base del recipiente que se va a introducir al equipo, con un grosor lo suficientemente espeso y uniforme para que el haz de luz atraviese la muestra por igual en toda su superficie. La muestra se colocó en una cubeta circular de cuarzo con una altura de 8,8 mm (paso óptico) y un diámetro de 13,4 cm, con capacidad para aproximadamente 150 g, y se compactó como podemos apreciar en la *Figura 9*.



Figura 9. Imagen de la muestra una vez triturada y de cómo se coloca en el equipo NIR para realizar el análisis.

5.2.5 pH

El pH se determinó utilizando un medidor de pH CRISON 507 con un electrodo de penetración XS 2 PORE F (HACH LANGE España, S.L.U., Barcelona, España). El procedimiento fue el que podemos apreciar en la *Figura 10*.



Figura 10. Procedimiento de medida de pH en cada una de las muestras.

5.2.6 Estadística

Los análisis estadísticos se realizaron usando R v.3.6.3 (R Development Core Team). Se realizó un análisis de varianza con la pieza como efecto fijo. Las medias mínimo cuadráticas y las comparaciones de medias entre tratamientos se realizaron con la librería emmeans (Lenth, 2024) mediante el test de Tukey. Se consideraron significativos los P-valores $< 0,05$.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores han sido considerados significativos cuando el p-valor estaba por debajo de 0,05. Esto quiere decir que el resultado obtenido probablemente no se deba al azar y haya alguna explicación para ello.

Tabla 2. Color del músculo en jamones y paletas DOP Teruel.

Variable	Jamón	Paleta	SE (n=5)	p-valor
Luminosidad (L^*)	38,53	37,73	0,949	0,42
Índice de rojo (a^*)	11,03	10,96	1,168	0,95
Índice de amarillo (b^*)	4,42	2,68	1,803	0,36
Saturación (C_{ab}^*)	12,03	11,38	1,765	0,72
Tono (h_{ab})	19,88	12,91	5,483	0,23

Los valores obtenidos en cuanto al color del músculo son los esperables y se puede observar que no hay ningún resultado significativo ($P > 0,05$).

El color de la carne viene determinado principalmente por el contenido de mioglobina, aunque también se puede ver afectado por las condiciones de almacenamiento, influyendo en el pH y humedad del producto (Reina et al., 2013). La temperatura a la hora del análisis fue la misma para ambos productos, ya que estaban refrigerados y se dejaron atemperando para comenzar a analizarlos.

Una mayor deshidratación del producto puede resultar en una mayor concentración de los pigmentos hemo y consecuentemente de mioglobina, lo que haría que tuviera más color rojizo (Reina et al., 2013). En este caso, aunque existe una significación en los valores de humedad como se aprecia en la *Tabla 4*, no se ve reflejada de manera significativa en el color del músculo de las muestras.

TABLA 3. Color de la grasa en jamones y paletas DOP Teruel.

Variable	Jamón	Paleta	SE (n=5)	p-valor
Luminosidad	72,00	68,07	1,831	0,064
Índice de rojo (a*)	4,25	3,93	0,975	0,74
Índice de amarillo (b*)	10,62	10,22	1,347	0,77
Saturación (C _{ab} *)	11,68	11,04	0,927	0,50
Tono (h _{ab})	66,54	68,74	7,096	0,76

En cuanto al color de la grasa, los resultados obtenidos tampoco muestran diferencias significativas, tan solo una tendencia a una mayor luminosidad en el jamón que en la paleta (P=0,06).

El color de la grasa en los cerdos es un atributo de calidad que puede influir en la aceptación del producto por parte de los consumidores y está determinado por una combinación de factores dietéticos, genéticos y ambientales. Uno de los elementos más influyentes es la composición de ácidos grasos. La presencia de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el ácido linoleico y el ácido α -linolénico, está relacionada con una mayor tonalidad amarilla en la grasa. Estos compuestos son más susceptibles a la oxidación, proceso que altera tanto el color como la estabilidad del tejido adiposo (Wood et al., 2008).

Asimismo, los pigmentos dietéticos, como los carotenoides (β -caroteno y xantofilas), juegan un papel crucial. Cuando los cerdos reciben dietas ricas en forrajes o ingredientes vegetales, estos compuestos liposolubles pueden depositarse en la grasa subcutánea, incrementando su tonalidad amarillenta (Kouba y Mourot, 2011).

Desde una perspectiva genética y de manejo, la raza, el sexo, el peso al sacrificio y el régimen alimenticio también influyen en la calidad del color de la grasa. Por ejemplo, cerdos más magros pueden presentar un tono más amarillento debido a una mayor proporción de membranas celulares ricas en fosfolípidos, mientras que animales con mayor contenido graso tienden a desarrollar una grasa más blanca, posiblemente por una dilución de pigmentos en el tejido adiposo (Lo Fiego et al., 2005).

Finalmente, las condiciones *post mortem* y de almacenamiento son determinantes. Factores como la temperatura, la exposición al oxígeno, el tipo de envase y la iluminación pueden inducir oxidación lipídica, lo que no solo modifica el color, sino que también afecta el aroma y la aceptabilidad del producto final (Zhou et al., 2010).

Se presupone que los cerdos han sido manejados conforme a los requerimientos del Pliego de Condiciones, con una alimentación y sistema de sacrificio similares, ya que proceden del mismo secadero. Sin embargo, no puede asegurarse que todos hayan sido criados en la misma granja ni que hayan recibido exactamente la misma alimentación, dado que la trazabilidad disponible no permite conocer estos detalles con precisión.

En cuanto a la composición química, se detectaron algunas diferencias significativas (Tabla 4) que se comentan más adelante.

TABLA 4. Composición química y pH en jamones y paletas DOP Teruel.

Variable	Jamón	Paleta	SE (n=5)	p-valor
Humedad (%)	38,47	43,01	1,730	0,0304
Proteína (%)	40,8	34,90	1,252	0,0015
Grasa (%)	12,03	11,49	1,514	0,72
Porcentaje de área grasa ¹	14,11	13,39	1,829	0,79
Colágeno total (%)	1,65	2,36	0,204	0,0086
Aw ²	0,85	0,86	0,004	0,07
Total de ácidos grasos saturados (%)	2,71	2,48	0,681	0,75
pH	5,65	5,84	0,043	0,0027

¹Incluyendo grasa subcutánea, realizado mediante el procedimiento descrito en el apartado 2.1.

²Actividad de agua.

El bíceps femoral es un músculo interno del jamón, por lo que tendrá un menor contenido de cloruro de sodio (sal) y un mayor contenido de agua (Théron et al., 2011) respecto al resto de músculos superficiales. Por este motivo, se optó por seleccionar muestras con características anatómicas similares, ya que de lo contrario los resultados podrían carecer de objetividad debido a la variabilidad existente.

En cuanto a las variables de humedad y proteína se aprecia una relación negativa entre ellas, el jamón tiene menor porcentaje de humedad ($P=0,03$) y mayor de proteínas ($P=0,001$) que la paleta. Esto puede deberse a que, al contener menos cantidad de agua, la pieza presenta una mayor concentración de proteínas.

La actividad proteolítica sobre las proteínas del jamón curado en seco se atribuye esencialmente a las catepsinas, que actúan durante más tiempo. Sin embargo, en la primera fase del procesado se produce el envejecimiento clásico del músculo, momento en el que también pueden actuar las calpaínas (Théron et al., 2011).

El colágeno también es parcialmente degradado a lo largo del curado, principalmente por la catepsina B y colagenasa, así como otras proteasas inespecíficas. Su degradación también redundará en una mayor ternura del jamón (Théron et al., 2011). Esta es una de las razones que explican la diferencia significativa en el contenido de colágeno total ($P=0,008$): el jamón, al haber sido sometido a un proceso de curación más prolongado que las paletas, ha permitido que las enzimas responsables de su degradación actúen durante más tiempo, reduciendo así su contenido total.

El contenido en grasa intramuscular incide en la ternura y jugosidad del jamón curado. Así, cuanto mayor es el contenido en grasa intramuscular, más tierno y jugoso es el jamón. El grado de secado influye también de una forma decisiva en la ternura. Por ejemplo, se obtiene una gran dureza especialmente en la zona externa y “blandura” en la zona interna si el curado ha sido excesivamente rápido (Arnau y Monfort, 1998). En cuanto al porcentaje total de área grasa, no se observa ninguna diferencia. Los jamones son perfilados en la sala de despiece previamente al procesado, para ajustarse a un espesor de la grasa adecuado, por lo que se podría decir que la pieza pasa por un proceso de estandarización.

Podemos observar un resultado significativo en el pH ($P=0,0027$) con un error estándar muy bajo. El pH final del producto viene determinado por el pH de la materia prima. La disminución del pH *post mortem* es el principal parámetro utilizado para clasificar la materia prima, ya que está relacionado con la proteólisis de las proteínas musculares que afecta a la capacidad de retención de agua de la carne (García-Rey et al., 2004). La carne puede ser clasificada en tres

categorías dependiendo de su pH: PSE (pH>6.4), normal (5,5<pH<6) y DFD (pH<5,5) (van der Wal, Bolink y Merkus, 2014).

Las características del descenso del pH vienen determinadas por el estado fisiológico de los músculos en el momento del aturdimiento, y pueden estar relacionadas con la capacidad del músculo para producir energía en forma de ATP y consecuentemente de lactato (Henckel et al., 2000).

Al tratarse de partes diferentes del cerdo, y por lo tanto de músculos, el pH de estos varía. Monin et al. (1987) llegaron a la conclusión de que el tipo metabólico muscular debe tenerse en cuenta al evaluar el potencial glucolítico. El estudio se llevó a cabo en cerdos de raza Hampshire, pero podría extrapolarse a los cerdos utilizados para elaborar Jamón de Teruel.

TABLA 5. Análisis de textura en jamones y paletas DOP Teruel.

Variable	Jamón	Paleta	SE (n=5)	p-valor
Dureza (N)	166,8	76,41	16,020	0,0005
Cohesividad	0,43	0,36	0,038	0,10
Adhesividad (kJ)	-1,18	-1,43	0,539	0,65
Elasticidad	2,59	2,16	0,299	0,18
Masticabilidad (J)	69,20	25,40	7,079	0,0003

La dureza es una característica directamente relacionada con la estructura muscular. Las proteínas miofibrilares son degradadas por las catepsinas, junto con la degradación de colágeno van a ser indicadores de la textura del producto (Reina et al., 2013). Los cambios estructurales son más acentuados en el músculo *Semimembranosus* (parte externa) que en el *Bíceps femoris* (parte interna) y son más acentuados durante los primeros meses de proceso (Monin et al., 1997). Cuanto más proteolizadas se encuentren las proteínas miofibrilares, más tierno es el jamón curado (Arnau y Monfort, 1998).

Suele haber una relación negativa entre la dureza de las piezas y su humedad (Tabla 3). Un jamón con menor contenido de agua tiende a presentar una mayor dureza, lo cual puede explicarse por una serie de transformaciones estructurales y composicionales que ocurren durante su elaboración y maduración. Es por ello que tiene una mayor masticabilidad.

En primer lugar, la disminución del contenido de humedad implica una reducción del agua libre disponible en el tejido muscular. Esta pérdida provoca un aumento relativo de los sólidos totales,

lo que conlleva una mayor compactación de la matriz estructural del jamón. Como consecuencia, el tejido se vuelve más denso y menos flexible, lo que se traduce en un aumento de la resistencia a la deformación y, por tanto, en una mayor dureza perceptible tanto instrumental como sensorialmente (Toldrá, 2006).

Por otro lado, durante el proceso de secado y curado, la pérdida progresiva de agua favorece interacciones más intensas entre las proteínas miofibrilares, como la actina y la miosina. Estas interacciones, junto con fenómenos de desnaturalización parcial de las proteínas, contribuyen a la formación de una red estructural más rígida. A nivel macroscópico, esto se manifiesta en una textura menos jugosa y más firme, que requiere mayor fuerza para su compresión o corte (Flores y Olivares, 2014).

Además, la humedad actúa como un plastificante natural del tejido muscular. A medida que su contenido disminuye, también lo hace la capacidad del músculo para mantener una estructura blanda y flexible. Por esta razón, existe una correlación negativa entre humedad y dureza: cuanto menor es el contenido de agua, mayor es la dureza del producto (Ruiz-Ramírez et al., 2005). En conclusión, la mayor dureza observada en un jamón con menor humedad responde a una serie de mecanismos relacionados con la concentración de sólidos, la compactación estructural y la modificación de las proteínas musculares. Estos cambios son inherentes al proceso de curado y constituyen indicadores importantes de la evolución físico-química del producto.

7. CONCLUSIONES

Los productos elaborados bajo la Denominación de Origen Protegida “Jamón/ Paleta de Teruel” presentan características comunes, aunque también se diferencian en otros aspectos. Pese a elaborarse bajo unas condiciones prácticamente idénticas, como hay una gran cantidad de factores que condicionan al producto final, se observan diferencias significativas al analizarlos.

Los jamones son un producto con menor porcentaje de humedad y con mayor proporción de proteína. Estas características están directamente relacionadas con una mayor dureza y masticabilidad del producto.

Se podría concluir que conseguir la homogeneidad de estos productos es de gran dificultad debido a la gran cantidad de factores que influyen a lo largo del proceso productivo, pero que ambos pueden ser considerados de gran calidad. Con este estudio se puede ayudar al consumidor a elegir entre un producto u otro dependiendo de sus preferencias, ayudándose de factores como el aspecto, precio, composición química o textura.

8. CONCLUSIONS

The products produced under the Protected Designation of Origin ‘Jamón/ Paleta de Teruel’ have common characteristics, although they also differ in other aspects. Despite being produced under practically identical conditions, as there are a large number of factors that condition the final product, significant differences can be observed when analysing them.

The hams are less moisture and have a higher proportion of protein. These characteristics are directly related to a greater hardness and chewiness of the product.

It could be concluded that achieving homogeneity in these products is very difficult due to the large number of factors that influence the production process, but that both can be of high quality. This study can help consumers to choose between one product or the other depending on their preferences, based on factors such as appearance, price, chemical composition or texture.

9. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este Trabajo de Fin de Grado ha sido una experiencia muy valiosa tanto a nivel académico como personal. A lo largo del desarrollo del proyecto, he adquirido conocimientos específicos sobre técnicas de análisis aplicadas al jamón, que considero especialmente valioso por mi interés en el sector de jamón.

Este trabajo me ha permitido desarrollar y afianzar capacidades de trabajo de forma autónoma, así como mejorar mi organización y gestión del tiempo, aspectos fundamentales en el entorno profesional. Asimismo, he aprendido a buscar, seleccionar y comprender literatura científica relevante, lo cual ha mejorado mis habilidades de redacción académica y mi criterio crítico frente a la información técnica.

Durante el proceso también me enfrenté a diversos contratiempos, lo que me ayudó a desarrollar estrategias de resolución de problemas y a adaptarme a imprevistos, fortaleciendo mi capacidad de análisis y toma de decisiones. En conjunto, considero que este proyecto ha sido una excelente oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, y me ha proporcionado una base sólida para continuar mi formación y futura trayectoria profesional dentro del ámbito de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, S., (2007). Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using the FOSS FoodScan™ near-infrared spectrophotometer with FOSS artificial neural network calibration model and associated database: Collaborative study. *Journal of AOAC International* 90, 1073-1083.
- Arnau, J. y Monfort, J.M. (1998). *El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo*. Barcelona: Estrategias Alimentarias S.L.-EUROCARNE, p.52.
- Bohrer, B.M., Wang, Y., Dorleku, J.B., Campbell, C.P. y Mandell, I.B. (2024). "Pork muscle profiling: pH and instrumental color of the longissimus thoracis is not representative of pH and instrumental color of shoulder and ham muscles". *Meat Science*, 208, pp. 109380 DOI: 10.1016/j.meatsci.2023.109380.
- Diario de Teruel (2025). Diario de Teruel. Disponible en: <https://www.diariodeteruel.es/teruel/la-dop-jamon-y-paleta-de-teruel-cerro-2024-con-mas-de-450000-piezas-selladas>
- Flores, M. y Olivares, A., (2014). *Flavor and texture development in dry-cured meat products*. In: F. Toldrá, ed., *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, pp.233–241.
- García-Rey, R.M., García-Garrido, J.A., Quiles-Zafra, R., Tapiador, J. y Luque de Castro, M.D. (2004). Relationship between pH before salting and dry-cured ham quality. *Meat Science*, 67(4), pp. 625–632 DOI: 10.1016/j.meatsci.2003.12.013.
- Gobierno de Aragón, (2013). *Anuario Estadístico Agrario de Aragón 2013-2014*. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/ANUARIO_ESTADISTICO_AGRARIO_2013_2014.rar/f5080cba-85ae-26d0-f79b-b1a8f4093ff2
- Henckel, P., Karlsson, A., Oksbjerg, N. y Sørholm Petersen, J. (2000). Control of post mortem pH decrease in pig muscles: experimental design and testing of animal models. *Meat Science*, 55(1), pp. 131–138 DOI: 10.1016/S0309-1740(99)00135-7.
- Kouba, M. y Mourot, J., (2011). *A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids*. *Biochimie*, 93(1), pp.13-17. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2010.02.027>

- Lenth R (2024). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means_. R package version 1.10.1, <<https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>>. R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Development Core Team: Vienna, Austria.
- Lo Fiego, D.P., Santoro, P., Macchioni, P., De Leonibus, E. and Pinna, A., (2005). *Influence of pig genotype and slaughter weight on subcutaneous fat characteristics for Parma dry-cured ham production*. Meat Science, 69(2), pp.459–464. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.08.011>
- MAPA (2024). *Pliego de condiciones de la Denominación de Origen Protegida "Jamón de Teruel"/"Paleta de Teruel"*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-diferenciada/jamon_de_teruel_paletadeteruel_2024_12_23_tcm30-211221.pdf
- MAPA (2023). *Pliego de condiciones de la Indicación Geográfica Protegida "Cerdo de Teruel"*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-diferenciada/cerdo_teruel_2023_04_21_tcm30-659327.pdf
- Monin, G., Mejenes-Quijano, A., Talmant, A. y Sellier, P. (1987). Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. Meat Science, 20(2), pp. 149–158 DOI: 10.1016/0309-1740(87)90034-9.
- Olmos, J. V. 2006. *Atlas Monte Nevado de anatomía del jamón serrano*. Editado por: Jamones Segovia, S.A., p.22.
- Reich, G. (2005). Near-infrared spectroscopy and imaging: Basic principles and pharmaceutical applications. Advanced Drug Delivery Reviews, 57(8), pp. 1109–1143 DOI: 10.1016/j.addr.2005.01.020.
- Reina, R., Sánchez del Pulgar, J., Tovar, J., López-Buesa, P. y García, C. (2013). Quality of Dry-Cured Ham Compared with Quality of Dry-Cured Shoulder. Journal of Food Science, 78(8), pp. S1282–S1289 DOI: 10.1111/1750-3841.12203.
- Théron, L., Sayd, T., Pinguet, J., Chambon, C., Robert, N. y Santé-Lhoutellier, V. (2011). Proteomic analysis of semimembranosus and biceps femoris muscles from Bayonne dry-cured ham. Meat Science, 88(1), pp. 82–90 DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.12.006.
- Toldrá, F., 2006. Handbook of Fermented Meat and Poultry. 1st ed. Oxford: Blackwell Publishing.

Unión Europea (2012). Reglamento (UE) n.º 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea, L 343, pp. 1–29.

Van der Wal, P.G., Bolink, A.H., Merkus, G.S. 1998. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Science*, 24(1):79-84. doi: 10.1016/0309-1740(89)90009-0. PMID: 22055811.

Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I. and Whittington, F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), pp.343–358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>

Zhou, G.H., Xu, X.L. and Liu, Y., 2010. Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Science*, 86(1), pp.119–128. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.033>