

Métodos analíticos para el control de la calidad de productos derivados del cerdo ibérico

Eduardo Zamora Rojas y José Emilio Guerrero Ginel

Universidad de Córdoba

Sistemas productivos tradicionales como el del cerdo ibérico (CI) ligado a una producción extensiva en la dehesa dan lugar a productos cárnicos de alto valor añadido, vendidos y muy apreciados por todo el mundo. Distintos sistemas productivos y categorías comerciales son reconocidos por la “Norma de Calidad” del sector de cerdo ibérico para los productos derivados de este animal (BOE, 2014), dado que tienen diferentes calidades nutricionales, organolépticas, de composición, atributos naturales, distinta repercusión socioeconómica en el área de producción, etc. El establecimiento de sistemas de control de calidad estandarizados, bien establecidos y no subjetivos puede ser una herramienta útil para la diferenciación y protección de estos sistemas productivos, y por tanto, del ecosistema en los que se producen.

Diversos estudios han mostrado que la composición en ácidos grasos, vitaminas o minerales en el tejido adiposo o músculo porcino depende de la composición de la dieta ingerida por el animal, ya que estos son monogástricos (Rosenvold y Andersen, 2003; Wood y col., 2008). Esto significa que la composición de los tejidos biológicos es fiel reflejo de los alimentos metabolizados. En el caso del cerdo ibérico, a medida que aumenta el consumo de bellotas, pastos y otros recursos naturales disponibles en la dehesa (ricos en ácidos grasos insaturados) durante la fase de engorde en extensivo (montanera), mayor será la fracción de ácidos grasos insaturados frente a saturados y mejores atributos sensoriales tendrá el producto cárnico (Casillas, 1994; Cava y col., 2000; Andrés y col., 2004; Muriel y col., 2004; Petrón y col., 2004a; Ventanas y col., 2007a; Tejerina y col., 2012a). Estos productos, muy apreciados por los consumidores, tendrán, por tanto, distintas calidades en función de las características productivas, tal y como se recoge en el BOE (2014), lo que conlleva a que alcancen distintos precios tanto en el mercado español como internacional. Además, en las últimas décadas, los consumidores consideran más palatables, nutritivos y seguros aquellos productos cárnicos procedentes de sistemas productivos extensivos tradicionales que aquellos producidos en intensivo (Dransfiel y col., 2005), aunque realmente tengan poco efecto en la calidad de la carne (Bonneau y Lebret, 2010). No obstante, la producción en extensivo sí tiene un impacto en la respuesta inmunológica de los animales frente a patógenos o enfermedades dado que este sistema productivo (especialmente en cuestiones de alojamiento y manejo) tienen un efecto favorable (García-Torres y col., 2011). Esta percepción proporciona una etiqueta de producto “sostenible y natural” a los derivados del cerdo ibérico que valoran más los consumidores, y de la que se aprovechan otros productos ibéricos producidos en intensivo o de forma no vinculada a la dehesa.

Las explotaciones extensivas que producen cerdos ibéricos son más rentables que otras explotaciones en extensivo de la dehesa basadas en otras especies domésticas, debido en gran parte

al buen nicho de mercado que tienen los productos derivados de cerdo ibérico (Gaspar y col., 2008, 2009). Sin embargo, debido a la actual crisis económica y financiera, la rentabilidad del sector ha disminuido desde hace algunos años atrás. Los precios pagados al sacrificio para cada categoría comercial han ido descendiendo y convergiendo entre ellas (AEA, 2011). Esto se traduce en reducciones de los márgenes de beneficio para el ganadero y en una posición bastante difícil, principalmente para los que se basan en una producción tradicional en la dehesa de cerdos ibéricos puros, que conlleva mayores costes productivos que otros sistemas de explotación. No obstante, estas explotaciones siguen manteniendo su contribución en la socioeconomía regional, garantizando la continuidad y supervivencia de este ecosistema complejo, particular y dinámico.

El sistema de control oficial vigente para certificar el régimen alimenticio de los animales se basa en la inspección visual de los animales en las explotaciones por parte de inspectores autorizados por ISO/IEC 17020. Anteriormente, el método vigente era la determinación del perfil de ácidos grasos de muestras de grasa subcutánea fundidas por Cromatografía de Gases (CG, denominada en inglés Gas Chromatography) (BOE, 2007a). El método actual es de alto coste y requiere de personal técnico cualificado, pudiéndose además considerar como subjetivo ya que se basa en una inspección visual. El análisis GC también implica un alto coste, consume tiempo y reactivos. Además, sólo proporciona información por lotes de animales, ya que debido a sus limitaciones de precio y tiempo de análisis, sólo se realiza sobre muestras medias resultantes de fundir muestras individuales de un grupo/lote de animales. En los últimos años, han aparecido “piensos especiales” enriquecidos con ácidos grasos (principalmente oleico), vitaminas, antioxidantes y/o bacterias probióticas, con el objetivo de que los animales alcancen un perfil de ácidos grasos o calidad sensorial similar a los obtenidos en extensivo sin que los animales entren en montanera (Daza y col., 2005b; Ventanas y col., 2007b; Jurado y col., 2008; Parra y col., 2010).

Desde la década de los ochenta, distintos grupos de investigación han evaluado diferentes métodos analíticos para autentificar productos derivados del cerdo ibérico según su régimen alimenticio, mediante la determinación y caracterización de parámetros específicos y diferenciadores entre categorías. El principal objetivo de esta revisión es plasmar las distintas aproximaciones investigadas hasta la fecha para clasificar y caracterizar productos del CI según su régimen alimenticio, así como discutir las características principales de cada una de ellas. Este enfoque se debe a que el régimen alimenticio es el aspecto principal y específico del sector del CI, distinto del control analítico tradicional utilizado para controlar otros parámetros de calidad en productos cárnicos porcinos.

La Figura 1 muestra los distintos métodos analíticos investigados hasta la fecha para discriminar entre categorías comerciales relacionadas con el régimen alimenticio de los animales en

el periodo final de engorde.

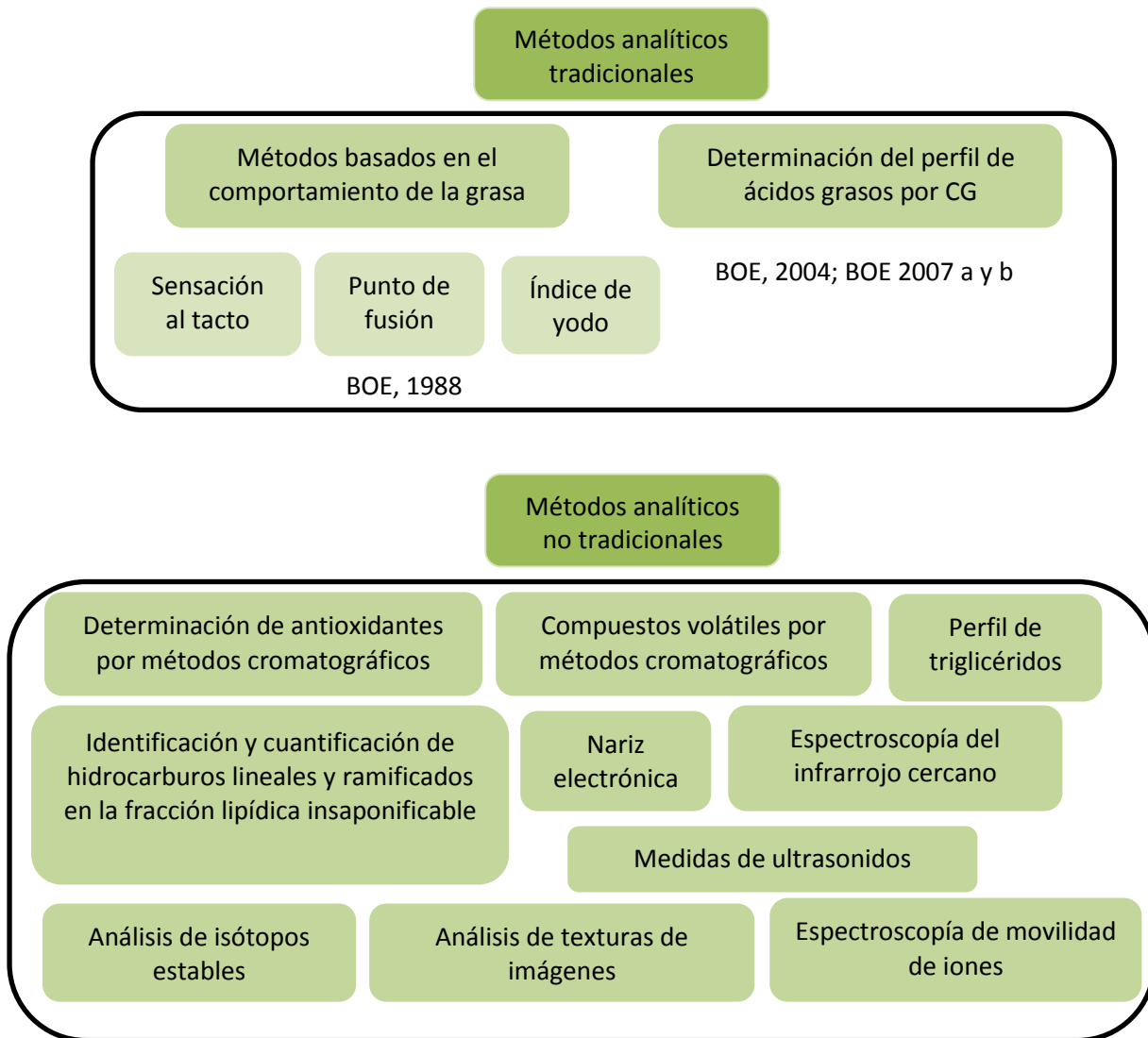


Figura 1. Métodos analíticos tradicionales y no tradicionales investigados para el control de productos derivados del cerdo ibérico.

Los métodos basados en el comportamiento de la grasa se basan en el hecho de que los animales de “bellota” presentan un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados, como oleico o linoleico, que los animales de “cebo”, debido al efecto que el régimen alimenticio tiene en la composición grasa (Flores y col., 1988; Petrón y col., 2004a; Pérez-Palacios y col., 2009). Esta distinta composición adiposa tiene su repercusión en el comportamiento de la grasa: sensación táctil, punto de fusión e índice de yodo, entre otras características. Los avances actuales en racionamiento y las nuevas materias primas empleadas para simular las características de los productos del CI como si hubieran sido engordados en montanera, hacen que estos métodos no proporcionan información fiable para ser considerados como métodos analíticos aceptables.

El análisis por métodos cromatográficos es una de las técnicas analíticas más utilizadas para caracterizar muestras de cerdo ibérico con distintos regímenes determinando distintos parámetros/compuestos como ácidos grasos, antioxidantes, compuestos volátiles o triglicéridos.

El análisis del **perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases (CG)** era el método oficial regulado por la Norma de Calidad del sector CI hasta la primera campaña tras la entrada en vigor de la actual Norma de Calidad (BOE, 2007a) para clasificar productos ibéricos según régimen alimenticio. La anterior Norma de Calidad establecía el procedimiento de muestreo (BOE, 2004) y los valores límites de los cuatro principales ácidos grasos que deben ser determinados en grasa subcutánea (ácido oleico o C18:1, esteárico o C18:0, linoleico o C18:2 y palmítico o C16:0) para clasificar animales en los distintos regímenes alimenticios (BOE, 2007b).

Las razones para usar esta metodología como técnica de clasificación por calidad en el sector del CI procedían de los resultados obtenidos por varios autores del análisis del perfil de ácidos grasos del tejido subcutáneo de animales asociados a distintos regímenes alimenticios (Flores y col., 1988; Cava y col., 1997; Ruiz y col., 1998; Tejerina y col. 2012a). El perfil lipídico de animales engordados con “bellota” en muestras de grasa de jamones es muy diferente al correspondiente a muestras de animales engordados parcial o totalmente con piensos compuestos (para todos los ácidos grasos tanto minoritarios como mayoritarios). Entre animales alimentados exclusivamente con piensos compuestos o que combinaban recursos naturales de las dehesa con piensos compuestos sólo se observaron diferencias significativas en determinados ácidos grasos (palmítico, linoleico y oleico) (Flores y col., 1988). Ruiz y col. (1998), por su parte, indicaron que la zona de muestreo seleccionada puede influir en los resultados dado que la grasa acumulada en el músculo, y especialmente en el hígado, reflejan la ingestión de alimentos en el último periodo (semanas) de engorde, mientras las muestras de tejido adiposo subcutáneo reflejan periodos más largos de engorde (meses). Por eso, la determinación del perfil de ácidos grasos en muestras de grasa subcutánea está más directamente relacionada con la alimentación y sistema productivo que los animales han tenido durante al menos los dos últimos meses de engorde previos al sacrificio (Ruiz y Petró, 2000).

Otro aspecto a tener en cuenta es el uso generalizado que, hoy en día, se realiza de nuevas materias primas y piensos enriquecidos en ácidos grasos monoinsaturados que imitan el perfil de ácidos grasos de animales que se han alimentado con bellotas y pastos. Este fenómeno plantea a algunos autores interrogantes sobre si esta técnica analítica es adecuada (Rey y col., 2006; Delgado-Huertas et al, 2007; Pérez-Palacios y col., 2009). Además, cada año el perfil de ácidos grasos se ve afectado por diversos factores, como las condiciones agroclimáticas por su repercusión en la composición de las bellotas y pastos (Tejerina y col., 2011, 2012b) o los recursos naturales disponibles en la dehesa (Narváez-Rivas y col., 2009).

Una alternativa que algunos autores han planteado para continuar utilizando esta metodología y técnica es la de aplicar un análisis multivariante a todo el perfil de ácidos grasos en lugar de establecer unos niveles de corte para los cuatro principales, de modo que se tuvieran en cuenta todas las diferencias existentes entre regímenes (De Pedro, 2001). Además, diversos factores como el genotipo (Petrón y col., 2004a) o el periodo de montanera (Carraspiso y col., 2007) también tienen su efecto, aunque limitado, en la composición de ácidos grasos, aunque es más relevante el efecto del sistema productivo (extensivo o intensivo) o la alimentación (recursos naturales de la dehesa o piensos compuestos).

Los recursos naturales disponibles en la dehesa (principalmente bellotas y pasto) son fuentes de antioxidantes como **tocoferoles**, que se depositan en el tejido graso y muscular (Rey y col., 2006, 2010; Tejerina y col. 2012a) sin sufrir grandes alteraciones durante la digestión o metabolismo. Mientras las bellotas tienen un alto contenido en γ -tocoferol, el pasto tiene mayores concentraciones de α -tocoferol (Isabel y col., 2009; Tejerina y col. 2012a). No obstante, la concentración de estos antioxidantes en los tejidos depende de distintas variables como la variabilidad agro-climática, las especies herbáceas predominantes o la edad de las plantas. En general, se puede apreciar, según la literatura revisada, que el parámetro γ -tocoferol es más útil para discriminar productos de CI de distinto régimen alimenticio (“bellota” frente a “cebo”, incluso frente a “pienso alto oleico”), ya que no se ve afectado por una suplementación vitamínica o mineral en la dieta como es el caso del α -tocoferol (Rey y col., 2006; Isabel y col., 2009; Pérez-Palacios y col. 2009).

Las reacciones enzimáticas de lípidos y proteínas generan diversos **compuestos volátiles** como aldehídos, cetonas, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos, alcoholes, ácidos carboxílicos, ésteres, éteres, lactonas y compuestos nitrogenados que pueden ser identificados y cuantificados por métodos cromatográficos (García y col., 1991; López y col., 1992; Timón y col., 1998; Narváez-Rivas y col., 2010a, 2010b, 2012). Narváez-Rivas y col. (2012) revisa tanto la metodología utilizada para el análisis de volátiles en jamones ibéricos frescos y curados como los principales estudios realizados para caracterizar el perfil de volátiles de estos. En general, el perfil de compuestos volátiles se puede ver afectado por diversos factores como el genotipo, sexo y edad de los animales, las especies utilizadas en la elaboración/curación de los productos (Ramírez y Cava, 2007c) o el régimen alimenticio (López-Bote y col., 1992; Carraspiso y col., 2003a, 2003b; Narváez-Rivas y col., 2010b; Narváez-Rivas y col., 2011). No obstante, las diferencias encontradas en cuanto a los compuestos volátiles han sido cuantitativas y no cualitativas, aunque hay que tener en cuenta que según el tipo de muestra, músculo o grasa, y la metodología/instrumentación utilizada, los compuestos volátiles identificados y cuantificados son distintos (Narváez-Rivas y col., 2011, 2012).

Los **hidrocarburos lineales y ramificados** son compuestos presentes en la fracción lipídica insaponificable, representando menos del 1 % del total de la grasa, que se depositan en los tejidos tal y como son ingeridos por los animales ya que no sufren muchas modificaciones durante la digestión/metabolismo. El neofitadieno (hidrocarburo ramificado) es un compuesto presente en el pasto, pero no se encuentra en las bellotas o piensos (Tejeda y col., 2001). Por otra parte, los hidrocarburos lineales (n-alcano y n-alqueno) son compuestos presentes en los tejidos vegetales (Tejeda y col., 1999). No obstante, hay que tener presente que existen otras materias primas que contienen hidrocarburos que se pueden añadir en la dieta e incluso algunos hidrocarburos se generan debido a reacciones oxidativas de los tejidos (Tejeda y col., 2001). En general se ha observado que el neofitadieno, hidrocarburo ramificado, se localiza en muestras procedentes de animales que se han alimentado con pastos, independientemente de si han sido alimentados con piensos compuestos tradicionales, especiales o con bellota (Petrón y col., 2006; Pérez-Palacios y col., 2009). El escualeno ha sido identificado en piensos compuestos, por lo que una mayor concentración de este hidrocarburo ramificado se relaciona con animales de “cebo”; sin embargo, los estudios no han mostrado diferencias significativas de este último compuesto entre las distintas categorías comerciales de productos derivados del cerdo ibérico (Tejeda y col., 2001).

En general, el control de calidad de productos derivados del CI basados en la determinación de hidrocarburos es una técnica compleja y, aparentemente, sólo la determinación del compuesto neofitadieno puede ser de interés al relacionarse con la ingesta de pasto por parte de los animales y, por tanto, con la producción en extensivo en la dehesa. No obstante, hay que ser precavido en esta aproximación y tener en cuenta que la adición de pasto/hierba en la dieta de los animales en confinamiento puede dar lugar a un perfil en hidrocarburos similar al obtenido a partir de animales que han estado en montanera en la dehesa (aspecto que todavía no ha sido publicado en la literatura). Además, al igual que otros compuestos descritos anteriormente, presentes en el pasto o en la bellota y que se acumulan en los tejidos biológicos tras la ingesta de éstos, la variabilidad anual en las condiciones agroclimáticas u otros factores que afecten a la dehesa, tendrán su efecto en la concentración de hidrocarburos.

Los **triglicéridos** (TG, Triacylglycerols) son los lípidos que presentan mayor concentración (alrededor del 86 %) en el tejido adiposo del CI (Perona y col., 2005). La metodología aplicada para determinar estos compuestos es más simple que las técnicas utilizadas para determinar el perfil de ácidos grasos, tocoferoles o hidrocarburos, ya que no es necesario realizar operaciones previas al análisis como una saponificación o formación de los metil ésteres. No obstante, esta técnica es bastante compleja y costosa en cuestiones de tiempo de análisis; además, requiere de altas temperaturas y productos químicos al basarse en una técnica cromatográfica.

Diecisiete triglicéridos han sido identificados en muestras de grasa de CI (Díaz y col., 1996; Tejeda et al, 2002; Petrón y col., 2004b; Viera-Alcaide y col., 2007, 2008; Narváez-Rivas y col., 2009; Gallardo y col., 2012), aunque la sensibilidad para determinar cada uno de ellos depende de la instrumentación utilizada. Algunos autores han estudiado y caracterizado el perfil TG de cerdos ibéricos con distintos regímenes alimenticios (Díaz y col., 1996; Tejeda y col., 2002; Petrón y col., 2004b; Viera-Alcaide y col., 2007, 2008, 2009; Gallardo y col., 2012) y genotipos (Petrón y col., 2004b; Viera-Alcaide y col., 2009) como técnica analítica para fines de autenticación. Todos los autores coinciden en que el régimen alimenticio tiene un efecto más importante respecto a la raza en el perfil TG.

En general, todos los autores en este campo han observado diferencias cuantitativas en perfiles de TG entre categorías (especialmente entre aquellas extremas); no obstante, los métodos de clasificación han mostrado tendencias relativamente discriminatorias. Como en el caso de otros parámetros revisados en esta sección, la zona de muestreo anatómica elegida para realizar el análisis puede tener su efecto en el perfil TG (Narváez-Rivas y col., 2009), dado que la actividad enzimática en la lipogénesis entre distintas partes de un músculo puede ser diferente. Además, los mismos autores han encontrado que la variabilidad anual en los recursos naturales disponibles para los animales durante la montanera tiene su efecto en los resultados. Narváez-Rivas y col. (2007) también indicaron que reacciones como la hidrólisis durante el proceso de curación pueden afectar al perfil TG.

En este momento, no hay estudios que hayan demostrado el efecto que estrategias alimenticias como “pienso alto oleico” puede tener en el perfil de triglicéridos. No obstante, dado que el análisis de TG es una medida indirecta del perfil de ácidos grasos, se pueden dar limitaciones similares a este parámetro al estudiar el perfil TG en animales alimentados con piensos especiales.

Como se muestra en la Figura 1 existen muchas otras técnicas analíticas no basadas en métodos cromatográficos que han sido investigadas para el control de calidad de productos derivados del cerdo ibérico.

La **nariz electrónica** se basa en las diferencias entre los perfiles de compuestos volátiles de las distintas categorías de cerdos ibéricos simplificando el análisis de dicho perfil frente a los métodos cromatográficos. Una nariz electrónica es un conjunto de sensores de gases con diferente selectividad, un receptor de señal (transforma la señal química en eléctrica) y un software de reconocimiento de patrones. Los sensores de gases tienen una respuesta selectiva a los compuestos volátiles producidos durante la degradación de las muestras por reacciones oxidativas.

Distintos equipos, tanto comerciales como diseñados específicamente, han sido evaluados para clasificar muestras de CI en los distintos regímenes alimenticios (González-Martín y col., 2000; Carraspiso y col., 2001; García y col., 2003, 2006; Santos y col., 2004) de una forma rápida, pero con

limitaciones. Por ejemplo, la optimización de la señal depende de factores como: gas de transporte, temperatura, humedad relativa, tiempo de recuperación de la línea base y el tamaño de la muestra. Otras consideraciones son la zona de muestreo, la conservación de las muestras, correlaciones con el vapor de agua y, por tanto, con la actividad de agua del producto.

Los instrumentos de **ultrasonidos** generan ondas de alta frecuencia que viajan a través de un material y son reflejadas entre tejidos de distinta densidad (Houghton y Turlington, 1992). Esta técnica puede ser rápida y no destructiva, lo cual resulta muy interesante para el control de calidad en la industria. Las medidas de ultrasonidos se han estudiado para determinar propiedades físico-químicas de los tejidos, rendimientos de la canal, engrosamiento dorsal o características texturales en productos cárnicos (Pathak y col., 2011). No obstante, la velocidad de ultrasonido en tejido adiposo depende en gran medida de la fracción grasa en estado sólido y líquido, la composición de ácidos grasos y la estructura del tejido, por lo que puede ser una medida interesante y útil para determinar el régimen alimenticio o genotipo de cerdos ibéricos (Niñoles y col., 2007, 2008, 2010, 2011).

Todos los estudios han demostrado que la temperatura de análisis influye en las medidas de ultrasonidos, siendo un parámetro a controlar. El uso de un aceite acoplante es necesario para realizar las medidas. Esto puede alterar el concepto de técnica no invasiva, ya que se deja un residuo sobre el animal/canal/producto. Niñoles y col. (2010) indicaron que el historial térmico (congelar, descongelar, etc.) de las muestras también tiene su efecto en las medidas, aunque realizar el análisis en el rango de temperaturas entre 10 y 25 °C proporciona datos más estables y robustos que ese efecto.

El potencial de la **tecnología de la espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS)** para el análisis de grasas animales y carnes ha sido examinado por numerosos investigadores. Existen diversas revisiones específicas relacionadas con el control de calidad de productos cárnicos mediante tecnología NIRS que van desde la predicción de parámetros químicos, físicos, tecnológicos y sensoriales, autenticación/clasificación en diferentes categorías a otros aspectos relacionados con la seguridad alimentaria y vida útil, tanto en aplicaciones de laboratorio como en industria (Garrido-Varo y col., 2004, Prevolnik y col., 2004, Prieto y col., 2009 y Weeranantanaphan y col., 2011).

Estas revisiones indican que la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano tiene un alto potencial para predecir parámetros químicos en productos cárnicos, principalmente grasa, proteína y humedad, al igual que clasificar estos productos en distintas categorías. En contraste, la tecnología NIRS tiene una limitada capacidad predictiva para estimar parámetros tecnológicos y sensoriales, debido principalmente a la necesidad de manipular las muestras para su análisis NIRS, la heterogeneidad de los productos cárnicos, la baja precisión de los métodos de referencia como a la

subjetividad de los evaluadores de los paneles de cata.

En el caso concreto de la aplicación de la tecnología NIRS a productos derivados del cerdo ibérico, el primer artículo en este campo fue publicado por De Pedro y col. (1992) donde se demostró el potencial del análisis NIRS para desarrollar modelos multivariantes cuantitativos que permiten predecir el perfil de ácidos grasos en muestras de grasas de CI fundidas utilizando el modo de transmisión. Estos resultados iniciales permitieron el avance en este campo, aunque posteriores publicaciones obtuvieron mejores resultados en cuanto a la predicción del perfil de ácidos grasos en muestras de grasas de cerdo ibérico fundidas mediante el empleo de monocromadores trabajando en transflectancia junto con el uso de algoritmos multivariantes de regresión (PLS) en vez del análisis por transmisión y el desarrollo modelos lineales de regresión (García-Olmo y col., 2001, 2002; González-Martín y col., 2002a, 2003; Fernández-Cabanás y col., 2007; Pérez-Marín y col., 2007a, 2010a).

Posteriormente, el interés científico se orientó al desarrollo de aplicaciones más simples, rápidas y no destructivas para su implantación en la industria, al igual que ocurrió con otros productos cárnicos, mostrando la viabilidad de la tecnología NIRS para analizar muestras de tejido adiposo intacto usando monocromadores equipados con fibras ópticas u otros equipos portátiles y de menor tamaño de más reciente aparición (García-Olmo y col., 1998; De Pedro y col., 2001, 2007; González-Martín y col., 2003; Pérez-Marín y col., 2009a; Zamora-Rojas y col. 2013).

Garrido-Varo y col. (2004) revisaron detalladamente los avances desarrollados con la tecnología NIRS en estudios cuantitativos para predecir el perfil de ácidos grasos en productos de cerdo ibérico (grasa fundida e intacta). Ellos indicaron que los errores más bajos obtenidos para el análisis de grasa fundida fueron obtenidos en modo de transflectancia. No obstante, posteriormente, distintos autores han confirmado la viabilidad de esta tecnología tanto en muestras de grasas fundidas, si bien resaltan la influencia que distintas fuentes de variabilidad (conocidas y no conocidas) pueden tener sobre la robustez de los modelos (Pérez-Marín y col., 2007a, 2010a), como en muestras de grasa intacta, e incluso con otras piezas de la canal como lomo (González-Martín y col., 2003, 2005; Pérez-Marín y col. 2009; Zamora-Rojas y col., 2012 y 2013) o productos derivados como salchichón (Fernández-Cabanás y col., 2011). Estas investigaciones han demostrado el potencial de la tecnología NIRS para reemplazar al análisis GC, que es caro y lento, en la cuantificación del perfil de ácidos grasos en muestras de grasa (teniendo en cuenta las limitaciones en exactitud frente a esa técnica de referencia), parámetros muy importantes en el sector del cerdo ibérico dado su uso para autentificar/clasificar canales de cerdo ibérico en distintos regímenes alimenticios; además de su posible utilización como información nutricional en el etiquetado. Pérez-Marín y col. (2009a) demostró la viabilidad de poder realizar el análisis in vivo mediante NIRS de animales ibéricos para

predecir cuantitativamente el perfil de ácidos grasos (oleico, palmítico, esteárico y linoleico). Bien es cierto que los errores de esta medida analítica frente a otros modos de análisis NIRS y formas de presentación de la muestra (a través de la piel en la canal, en una muestra de tejido subcutáneo o en la sección transversal del tejido adiposo) son mayores. Zamora-Rojas y col. (2013) demostró la viabilidad de sensores NIRS portátiles basados en sistemas micro-electromecánicos para analizar in situ en la línea de faenado canales de cerdo ibérico y determinar la concentración de los cuatro ácidos grasos principales con errores aceptables teniendo en cuenta las ventajas prácticas de este análisis frente a otras técnicas: rápido, individual para cada canal, análisis en tiempo real, reducido coste por análisis, no destructivo, no invasivo, etc.

Recientemente, De Pedro y col. (2013) propusieron emplear la tecnología NIRS para estimar cuantitativamente el índice de reposición en montanera (kg de peso vivo engordados en montanera) y así establecer unos límites de este índice para discriminar entre las distintas denominación de venta recogida en la Norma de Calidad.

Otra aplicación NIRS en el sector del cerdo ibérico que ha sido ampliamente evaluada, dada la particularidad del sector en cuanto a las categorías comerciales definidas en la legislación española, se basa en el análisis NIRS y desarrollo de modelos multivariantes cualitativos como sistema de clasificación/autenticación de canales de cerdos ibéricos según régimen alimenticio (Garrido-Varo y col., 2004). Estos modelos se fundamentan en el uso de toda la información espectral, es decir, la información utilizada para discriminar entre categorías no sólo se basaría en la información química relacionada con los cuatro ácidos grasos principales, sino que otras características particulares de cada categoría serían consideradas en los modelos al estar recogidas en el espectro (esta es una aproximación similar a la propuesta alternativa al análisis GC para los 4 ácidos grasos principales presentada por De Pedro (2001) que propone utilizar todo el perfil lipídico para considerar otras posibles características vinculadas al régimen alimenticio). Diversos estudios han clasificado cualitativamente muestras de grasa fundida según régimen alimenticio con altos porcentajes de muestras correctamente clasificadas (Hervás y col., 1994; De Pedro y col., 1995; García-Olmo y col., 2009; Arce y col., 2009). Por otra parte, Zamora-Rojas et al (2012a) utilizaron un sensor portátil MEMS-NIRS para clasificar in-situ en la línea de faenado canales de cerdo ibérico analizadas de forma no destructiva ni invasiva en distintas categorías comerciales con un alto porcentaje de canales correctamente clasificadas.

En otro ámbito, la tecnología NIRS en el sector del CI también ha sido evaluada para clasificar músculos (*M. masseter*) de cerdo ibérico en función del genotipo (Duroc frente a Ibérico), con unos resultados muy prometedores al usarse modelos de clasificación basados en redes neuronales (Del Moral y col., 2009). Por otra parte, Guillén y col. (2010) realizaron un estudio similar al anterior para

discriminar músculo de cerdo ibérico frente a porcino blanco (15 individuos de cada raza) utilizando redes neuronales y máquina de vectores soporte, con los que obtuvieron resultados muy prometedores. Además, también se han evaluado el potencial de la tecnología NIRS para determinar la composición química (grasa, proteína, humedad) de carne fresca y curada de cerdo ibérico (Fernández-Cabanas y col., 2007; Gaitán-Jurado y col., 2008; González y col., 2002a,b, y c, 2005 y 2009; Ortiz-Somovilla y col. 2007; Zamora-Rojas y col. 2011, 2012b).

Cada elemento tiene una concentración de **isótopos estables** característica o natural. La composición isotópica es como una marca digital que se mantiene a través de toda la cadena alimentaria (atmósfera-suelo-plantas-animales) sin sufrir muchos cambios, sólo aquellos debidos a la síntesis de tejidos; por lo tanto, la composición en isótopos de las alimentos ingeridos por los animales se acumulan y reflejan en los tejidos de éstos. Considerando estos principios, las investigaciones realizadas en este ámbito para la autenticación de productos CI según régimen alimenticio se basan, en general, en determinar la composición de isótopos estables característica de los principales compuestos o sustancias naturales ingeridas por los cerdos para reconstruir su dieta (Recio, 2007, 2010). Sin embargo, cada isótopo tiene una selectividad diferente para reconstruir la dieta, ya que están involucradas distintas rutas metabólicas. Además, se debe tener en cuenta que cada zona de producción o localización tendrá una composición característica para unos mismos elementos, es decir, la concentración de isótopos estables de una bellota y, por tanto, de un animal que las ha ingerido puede ser distinta según las condiciones agroclimáticas de la zona de producción u otros factores que afecten a la misma.

Análisis de texturas (algoritmos matemáticos de reconocimiento de patrones) de imágenes a escala de grises, visibles y de resonancia magnética (MIR, Magnetic Resonance Imaging) han sido evaluados para estudiar el patrón de infiltración de la grasa en el tejido porcino y poder abrir nuevas estrategias de clasificación de productos derivados del cerdo ibérico. Hasta la fecha, los resultados más interesantes se han obtenido con imágenes MIR donde los cambios texturales pueden estar relacionados con la composición de la grasa, es decir, régimen alimenticio de los animales (Pérez-Palacios y col., 2010, 2011). Imágenes MRI se han utilizado también para determinar el nivel de veteado (Cernadas y col., 2002; Antequera y col., 2003; Ávila y col., 2007) y características sensoriales (Antequera y col., 2003; Cernadas y col., 2005) de productos cárnicos. Además, se ha evaluado como técnica de control de la difusión de NaCl en carne (Hansen y col., 2008) o para controlar el proceso de curación en el jamón (Antequera y col., 2007).

El principio medido con **espectroscopía de movilidad de iones** (IMS, Ion Mobility Spectroscopy) es la movilidad relativa frente al tiempo de los iones que constituyen la muestra. Esta técnica analítica determina los compuestos volátiles y semivolátiles, mediante una separación de

gases, de los iones resultantes expuestos a un campo electrónico de baja intensidad a presión ambiente (Armenta y col., 2011). Esta técnica electroforética gaseosa es una herramienta rápida y barata para caracterizar compuestos, aunque la preparación de las muestras puede conllevar bastante tiempo, uso de productos químicos y altas temperaturas de trabajo. Esta técnica se ha evaluado para clasificar muestras de tejido adiposo según régimen alimenticio con porcentajes aceptables de acierto (Alonso y col., 2008).

Resulta interesante mencionar que el número de octubre del año 2013 de la revista “Solo Cerdo Ibérico” recoge una revisión de las principales técnicas analíticas anteriormente citadas (neofitadieno, tocoferoles, ácidos grasos, isótopos estables, sensoriales y NIRS) para clasificar cerdos ibéricos en función de su alimentación.

Reflexiones generales sobre los métodos analíticos utilizados en el control de calidad de productos derivados del cerdo ibérico

La mayoría de los métodos requieren de un procedimiento de preparación de muestra donde se destruye la misma y se usan distintas sustancias químicas. No ocurre lo mismo con el método empleado para la sensación táctil, medida por ultrasonidos o la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano y la adquisición de imágenes por resonancia magnética. La mayoría de las técnicas analíticas, sobre todo las basadas en métodos cromatográficos, son lentas lo cual limita su implantación en el diseño de sistemas de control de calidad/autenticación en tiempo real. MRI es un caso especial, ya que, aunque no es un análisis destructivo y es relativamente rápido, el instrumento evaluado es de altas prestaciones (alto precio) y, por tanto, no adecuado para aplicaciones industriales. En general, todos los procedimientos revisados tienen en común la alta inversión en instrumentación a realizar, aunque no tan elevada como en MRI. Los equipos NIRS y de ultrasonidos pueden ser los de menor coste, aunque varía según las características del instrumento.

Aparte de las características descritas en la Tabla 1, se debe tener en cuenta que la mayoría de estas técnicas analíticas pueden verse afectadas por la variabilidad anual de los recursos naturales disponibles en la dehesa. Además, se ha puesto de manifiesto que la zona anatómica elegida para realizar el muestreo puede tener efecto en los resultados. Por lo tanto, se deben establecer correctamente protocolos o procedimientos de muestreo para minimizar estos efectos.

En general, la mayoría de las investigaciones utilizan un número reducido de muestras y, normalmente, de “bellota” y “cebo”, que son categorías de calidad extremas. Factores como variabilidad anual o territorial no han sido, en general, incluidos en el diseño experimental. No obstante, dado el volumen de publicaciones y los resultados publicados, la determinación del perfil de ácidos grasos o hidrocarburos mediante técnicas cromatográficas y la espectroscopía de reflectancia del infrarrojo cercano pueden ser considerados como los métodos que presentan

resultados más robustos.

Consumidores, legisladores y, en general, todos los participantes en la cadena productiva del sector del cerdo ibérico (productores, industriales y comerciales) están interesados en nuevos métodos fiables y de bajo coste que permitan asegurar la calidad de los productos derivados. Como se ha descrito, existen un gran número de técnicas con sus ventajas y limitaciones para la autenticación de productos de CI según régimen alimenticio.

Tabla 1. Características de las distintas técnicas analíticas aplicadas a la caracterización y clasificación de productos de cerdo ibérico según régimen alimenticio.

Técnica	Análisis	Tiempo de análisis	Respeto medioambiente	Temperatura de trabajo	Necesidad personal cualificado	Costes	Otras características
Sensación táctil	No destructivo	-	Si	Temperatura ambiente	Si / No	-	Subjetivo
Punto de fusión	Destructivo	-	Si	-	No	Bajo coste	
Índice de yodo	Destructivo	-	No (requiere químicos)	Temperatura ambiente	Si	Bajo coste	
Perfil de ácidos grasos – técnica cromatográfica	Destructivo	Tiempo de purga/extracción: 14-15 min Análisis GC: 20 min Es necesario un tiempo de recuperación	No (químicos y gas de transporte son necesarios)	Análisis GC requiere altas temperaturas controladas (220 °C)	Si	~20.000 € (GC instrumentación) 12,86 € por muestra *	Tamaño de muestra pequeño. Algunos autores usan horno microondas en vez de la saponificación para la extracción de metil ésteres.

* Precio público en el “Laboratorio Agroalimentario de Córdoba” de la Junta de Andalucía - España (2011).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Características de las distintas técnicas analíticas aplicadas a la caracterización y clasificación de productos de cerdo ibérico según régimen alimenticio (continuación).

Técnica	Análisis	Tiempo de análisis	Respeto medioambiente	Temperatura de trabajo	Necesidad personal cualificado	Costes	Otras características
Determinación de antioxidantes (α - y γ -tocoferoles) – técnica cromatográfica	Destructivo	Tiempo de purga: 14-15 min Análisis HPLC: 20 min Es necesario un tiempo de recuperación	No (son necesarios hexano, etanol y un gas de transporte)	Análisis GC requiere altas temperaturas controladas	Si	~50.000 € (HPLC instrumentación) 20-30 € por muestra [^]	Tamaño de muestra pequeño (5 g). Combinación de distintas técnicas: saponificación, HPLC fase reversa, GC. Compuestos en bajas concentraciones.
Compuestos volátiles – técnica cromatográfica	Destructivo	Tiempo de purga: 14-15 min Análisis GC: 20 min Es necesario un tiempo de recuperación	No (químicos y gas de transporte son necesarios)	Temperatura de la muestra durante la purga: 45°C Análisis GC entre 40°C y 225°C	Si	~130.000 € (HS-GC-MS instrumentación)	Tamaño de muestra pequeño (0,5-3 g)

[^] Estimación calculada por la Dra. Ana Rey de la Universidad Complutense de Madrid – España (2011).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Características de las distintas técnicas analíticas aplicadas a la caracterización y clasificación de productos de cerdo ibérico según régimen alimenticio (continuación).

Técnica	Análisis	Tiempo de análisis	Respeto medioambiente	Temperatura de trabajo	Necesidad personal cualificado	Costes	Otras características
Identificación y cuantificación de hidrocarburos lineales y/o ramificados – técnica cromatográfica	Destructivo	Tiempo de purga: 14-15 min Análisis GC: 20 min Es necesario un tiempo de recuperación	No (químicos y gas de transporte son necesarios)	Análisis GC requiere altas temperaturas controladas	Si	~20.000-90.000 € (GC o GC-MS instrumentación)	Tamaño de muestra pequeño. Estos compuestos están en muy pequeñas concentraciones
Perfil de triglicéridos –técnica cromatográfica	Destructivo	Tiempo de purga: 14-15 min Análisis GC: 20 min Tiempo de recuperación es necesario	No (es necesario utilizar hexano y un gas de transporte)	Gas de transporte: 320 °C Análisis GC: 350 °C	Si	~30.000-50.000 € (GC o HPLC instrumentación)	Tamaño de muestra pequeño
Nariz Electrónica	Destructivo	Alrededor de 30 min, según el instrumento. Hay distintas etapas: baño de extracción, exposición a los sensores y tiempo de recuperación.	No (necesita un gas de transporte)	Temperatura del baño de extracción entre 30 y 50 °C. Temperatura del gas de transporte 250 °C	Si	~80.000-90.000 €	Posibilidad de miniaturizar los instrumentos. Pequeño tamaño de muestra: ~5 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Características de las distintas técnicas analíticas aplicadas a la caracterización y clasificación de productos de cerdo ibérico según régimen alimenticio (continuación).

Técnica	Análisis	Tiempo de análisis	Respeto medioambiente	Temperatura de trabajo	Necesidad personal cualificado	Costes	Otras características
Medidas de ultrasonido	No destructivo No invasivo	Relativamente rápido	Si (un aceite acoplante es necesario)	Se requiere controlar la temperatura	Si	~24.000 €	Puede realizar análisis <i>in situ</i>
Espectroscopía de Infrarrojo Cercano	No destructivo No invasivo (aunque depende del modo de análisis)	Depende de la instrumentación utilizada y el modo de análisis (entre milisegundos a 1-2 minutos)	Si	Temperatura variable entre 5°C y 40°C	No es necesario un perfil técnico para realizar análisis de rutina (sólo es necesario un simple entrenamiento) Personal cualificado es necesario para desarrollar los modelos de calibración y su mantenimiento.	~17.000-70.000 € (depende del instrumento) 4 € por muestra ⁺	Instrumentación versátil y flexible. Multi-parámetro (químico/físico) Aproximaciones cualitativas y cuantitativas

⁺ Precio público en el laboratorio del “Servicio Centralizado de Apoyo a la Investigación” de la Universidad de Córdoba – España (2011).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Características de las distintas técnicas investigadas para la clasificación de productos ibéricos según régimen alimenticio (continuación).

Técnica	Análisis	Tiempo de análisis	Respeto medioambiente	Temperatura de trabajo	Personal cualificado	Costes	Otras características
Isótopos estables	Destructivo	>3 horas	No (químicos y gas transporte son necesarios)	max: 850 °C min: 196 °C	Si	~90.000 € (GC-MS instrumentación) 77-110 € por muestra (según isótopo) ^º	Tamaño de la muestra: 15-25 g. Combina GC, combustión, criogénesis y MS.
Imágenes por Resonancia Magnética	No destructivo No invasivo	Relativamente rápido	Si	Temperatura ambiente	Personal altamente cualificado	~1.000.000 € (Instrumentación clínica)	Posibilidad de realizar imágenes 3D. Las imágenes son inherentemente ruidosas. Multi-parámetro (sensorial, vetado, distribución NaCl)
Espectroscopía de Movilidad de Iones	Destructivo	> 40 minutos: preparación de muestra 2 minutos para análisis	Nitrógeno puro como gas de transporte es necesario	150 °C	Asistencia técnica profesional	~60.000 €	Posibilidad de miniaturización. Tamaño de muestra: 1 g

^º Precio público en el laboratorio del “Servicio General de Análisis de Isotopos Estables” de la Universidad de Salamanca - España (2007).

Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

- AEA. (2011). Competencia y cadena de valor en la producción y distribución de productos ibéricos en Andalucía. Agencia de Defensa de la Competencia de Andalucía. Analistas Económicos de Andalucía.
www.economiaandaluza.es/sites/default/files/Informe%20Productos%20Ib%C3%A9ricos.pdf.
Accedido el 12/01/2013.
- Alonso, R., Rodríguez-Estévez, V., Domínguez-Vidal, A., Ayora-Cañada, M.J., Arce, L., y Valcárcel, M. (2008). Ion mobility spectrometry of volatile compounds from iberian pig fat for fast feeding regime authentication. *Talanta*, 76, 591-596.
- Andrés, A.I., Vaca, R., Ventanas, J., Thovar, V., y Ruiz, J. (2004). Sensory characteristics of iberian ham: Influence of salt content and processing conditions. *Meat Science*, 68, 45-51.
- Antequera, T., Muriel, E., Rodríguez, P.G., Cernadas, E., y Ruiz, J. (2003). Magnetic resonance imaging as a predictive tool for sensory characteristics and intramuscular fat content of dry-cured loin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 268–274.
- Antequera, T., Caro, A., Rodríguez, P.G., y Pérez, T. (2007). Monitoring the ripening process of iberian ham by computer vision on magnetic resonance imaging. *Meat Science*, 76, 561–567.
- Arce, L., Domínguez-Vidal, A., Rodríguez-Estévez, V., López-Vidal, S., Ayora-Cañada, M.J., y Valcárcel, M. (2009). Feasibility study on the use of infrared spectroscopy for the direct authentication of iberian pig fattening diet. *Analytica Chimica Acta*, 636, 183-189.
- Armenta, S., Alcalá, M., y Blanco, M. (2011). A review of recent, unconventional applications of ion mobility spectrometry (IMS). *Analytica Chimica Acta*, 703, 114-123.
- Ávila, M.M., Durán, M.L., Antequera, T., Palacios, R., y Luquero, M. (2007). 3D reconstruction on MRI to analyze marbling and fat level in iberian loin. *Pattern Recognition and Images Analysis*, 4477, 145-152.
- BOE. (2014). Real Decreto 4/2014, de 10 de enero, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibérico.
- BOE. (2004). Orden PRE/3844/2004. Orden, de 18 de noviembre, por la que se establecen los métodos oficiales de toma de muestras en canales de cerdos ibéricos y el método de análisis para la determinación de la composición de ácidos grasos de los lípidos totales del tejido adiposo subcutáneo de cerdos ibéricos. BOE nº 283.
- BOE. (2007a). Real Decreto 1469/2007, de 2 de noviembre, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos. BOE nº 264.

- BOE. (2007b). Orden APA/3653/2007. Orden, de 13 de diciembre, por la que se publican los valores de ácidos grasos aplicables a las designaciones de alimentación «bellota» y «recebo», para la campaña 2007-2008. BOE nº 300.
- Bonneau, M., y Lebret, B. (2010). Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science*, 84, 293-300.
- Carraspiso, A.I., Ventanas, J., Jurado, A., y García, C. (2001). An electronic nose to classify iberian pig fats with different fatty acid composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78 (4), 415-418.
- Carraspiso, A.I., Jurado, A., y García, C. (2003a). Effect of crossbreeding and rearing system on iberian ham volatile compounds. *Food Science and Technology International*, 9 (6), 421-426.
- Carraspiso, A.I., Bonilla F., y García, C. (2003b). Effect of crossbreeding and rearing system on sensory characteristics of iberian ham. *Meat Science*, 65, 623-629.
- Carraspiso, A.I., Jurado, A., Martín, L., y García, C. (2007). The duration of the outdoor rearing period of pigs influences iberian ham characteristics. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 46, 105-115.
- Casillas, M. (1994). Metodologías de caracterización de grasa de cerdo Ibérico para el control de calidad de sus productos. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- Cava, R., Ruiz, J., López-Bote, C., Martín, L., García, C., Ventanas, J., y Antequera, T. (1997). Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the iberian pig. *Meat Science*, 45 (2), 263-270.
- Cava, R., Ventanas, J., Ruiz, J., Andrés A.I., y Antequera, T. (2000). Sensory characteristics of iberian ham: Influence of rearing system and muscle location. *Food Science Technology International*, 6, 235-242.
- Cernadas, E., Duran, M.L., y Antequera, T. (2002). Recognizing marbling in dry-cured iberian ham by multiscale analysis. *Pattern Recognition Letter*, 23, 1211-1321.
- Cernadas, E., Carrión, P., Rodríguez, P.G., Muriel, E., y Antequera, T. (2005). Analyzing magnetic resonance images of iberian pork loin to predict its sensorial characteristics. *Computer Vision and Image Understanding*, 98, 345-361.
- Daza, A., Mateos, A., Rey, A.I., y López-Bote, C.J. (2005a). Feeding level in the period previous to the late fattening phase influences fat composition at slaughter in free-ranged iberian pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 59, 277-236.

- Daza, A., Rey, A.I., Ruiz, J., y López-Bote, C.J. (2005b). Effects of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and α -tocopheryl acetate, on antioxidants accumulations and oxidative stability in iberian pigs. *Meat Science*, 69, 151-163.
- Daza, A., Olivares, A., Rey, A.I., Ruiz, J., y López-Bote, C.J. (2006). iberian pig production: the problems of success. *Options Méditerranéennes Série A*, 78, 163-171.
- Daza, A., López-Bote, C.J., Olivares, A., Menoyo, D., y Ruiz, J. (2007). Age at the beginning of the fattening period of iberian pigs under free-range conditions affects growth, carcass characteristics and fatty acid profile of lipids. *Animal Feed Science and Technology*, 139 (1), 81-91.
- Daza, A., Menoyo, D., y López-Bote, C.J. (2009). Carcass traits and fatty acid composition of subcutaneous, intramuscular and liver fat from iberian pigs fed in confinement only with acorns or a formulated diet. *Food Science and Technology International*, 15 (6), 563-569.
- De Pedro, E., Garrido, A., Bares, I., Casillas, M., y Murray, I. (1992). Application of near infrared spectroscopy for quality control of iberian pork industry. En K.I. Hildrum, R. Isaksson, T. Naes, y A. Tandberg (Eds.), *Near infrared spectroscopy bridging the gap between data analysis and NIR applications*, (p. 345-348). Ellis Horwood, UK.
- De Pedro, E., Casillas, M., y Miranda, M. (1997). Microwave oven application in the extraction of fat from the subcutaneous tissue of iberian pig ham. *Meat Science*, 45(1), 45-51.
- De Pedro, E. (2001). Calidad de las canales y de los productos del cerdo ibérico: técnicas de control y criterios de calidad. En C. Buxadé (Ed.), *Porcino Ibérico, aspectos claves*, (p. 589-621). Mundiprensa, Madrid.
- De Pedro, E., Núñez, N., García, J., Aparicio, D., Campos, M.I., y Pérez, M. (2007). Implementing near infrared spectroscopy in the iberian pig industry. *Options Méditerranéennes Série A*, 76, 225-228.
- De Pedro-Sanz, E., García-Casco, J.M., Serrano, A., Zamora-Rojas, E., Garrido-Varo, A. Guerrero-Ginel, J.E., Pérez-Marín, D. y Núñez-Sánchez, N. (2013). Predicting Acorn-Grass Weight Gain Index using non-destructive Near Infrared Spectroscopy in order to classify Iberian pig carcasses by feeding regime. *Aceites y Grasas*, 64 (2), 210-218
- Del Moral, F.G., Guillén, L.G., O'Valle, F., Martínez, L., y Del Moral, R.G. (2009). Duroc and iberian pork neural network classification by visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 90, 540-547.
- Delgado-Huertas, A., De Pedro-Sanz, E., García-Olmo, J., y Reyes, E. (2007). 15N/14N ratio and quality

- control of iberian pig carcasses. *Options Méditerranéennes Série A*, 76, 213-217.
- Díaz, I., García-Regueiro, J.A., Casillas, M., y De Pedro, E. (1996). Triglyceride composition of fresh ham fat from iberian pigs produced with different systems of animal nutrition. *Food Chemistry*, 55 (4), 383-387.
- Dransfield, E., Ngapo, T.M., Nielsen, N.A., Bredahl, L., Sjöden, P.O., Magnusson, M., Campo M.M., y Nute, G.R. (2005). Consumer choice and suggested price for pork as influenced by its appearance, taste and information concerning country of origin and
- Fernández-Cabanás, V.M., Garrido-Varo, A., García-Olmo, J., De Pedro-Sanz, E., y Dardenne, P. (2007). Optimisation of the spectral pre-treatments used for iberian pig fat NIR calibrations. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 87, 104-112.
- Fernández-Cabanás, V.M., Polvillo, O., Rodríguez-Acuña, R., Botella, B., y Horcada, A. (2011). Rapid determination of the fatty acid profile in pork dry-cured sausages by NIR spectroscopy. *Food Chemistry*, 124 (1), 373-378.
- Flores, J., Birón, C., Izquierdo, L., y Nieto, P. (1988). Characterization of green hams from iberian pigs by fast analysis of subcutaneous fat. *Meat Science*, 23, 253-262.
- Gaitán-Jurado, A.J., Ortiz-Somovilla, V., España-España, F., Pérez-Aparicio, J., y De Pedro-Sanz E.J. (2008). Quantitative analysis of pork dry-cured sausages to quality control by NIR spectroscopy. *Meat Science*, 78(4), 39-399.
- Gallardo, E., Narváez-Rivas, M., Pablos, F., y Marcus-Jurado, J. (2012). Subcutaneous fat triacylglycerols profile from iberian pigs as a tool to differentiate between intensive and extensive fattening systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 1645-1651.
- Gamero-Pasadas, A., Viera-Alcaide, I., Ríos, J.J., Graciani Constante, E., Vicario, I.M., y León-Camacho, M. (2006). Characterization and quantification of the hydrocarbons fraction of the subcutaneous fresh fat of iberian pig by off line combination of High performance liquid chromatography and gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1123, 82-91.
- García, C., Berdagué, J.L., Antequera, T., López-Bote, C., Córdoba, J.J., y Ventanas, J. (1991). Volatile components of dry-cured iberian ham. *Food Chemistry*, 41, 23-32.
- García, M., Horrillo, M.C., Santos, J.P., Aleizandre, M., Sayago, I., Fernández, M.J., Arés, L., y Gutiérrez, J. (2003). Artificial olfactory system for the classification of iberian hams. *Sensors and Actuators B*, 96, 621-629.
- García, M., Aleizandre, M., Gutiérrez, J., y Horrillo, M.C. (2006). Electronic nose for ham discrimination. *Sensors and Actuators B*, 114, 418-422.

- García-Olmo, J., De Pedro, E., y Garrido-Varo, A. (1998). Methodological aspects on near infrared analysis of iberian pig fat using interactance-reflectance fiber optic mode. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 6, 307-312.
- García-Olmo, J., Garrido-Varo, A., y De Pedro, E. (2001). The transfer of fatty acid calibration equations using one set of unsealed liquid standardisation samples. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 9, 49-62.
- García-Olmo, J. (2002). Clasificación y autenticación de canales de cerdo ibérico mediante espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS). Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- García-Olmo, J., De Pedro, E., Garrido, A., Paredes, A., Sanabria, C., Santolalla, M., Salas, J., García-Hierro, J.R., González, I., García-Cachan, M.D., y Guirao, J. (2002). Determination of the precision of the fatty acid analysis of iberian pig fat by gas chromatography. Results of a mini collaborative study. *Meat Science*, 60, 103-109.
- García-Olmo, J., Garrido-Varo, A., y De Pedro, E. (2009). Classification of real farm conditions iberian pigs according to regime with multivariate models developed by using fatty acids composition or NIR spectral data. *Grasas y Aceites*, 60 (3), 233-237.
- García-Torres, S., Tejerina, D., y Ortega, E. (2011). Innate immune response of blood neutrophils in iberian pigs under different production systems. *Livestock Science*, 138, 304-307.
- Garrido-Varo, A., García-Olmo, J., y Pérez-Marín, M.D. (2004). Analysis of Fats and Oils. En C. Roberts, J. Workman y J. Reeves (Eds.) *Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture*, (pp. 487-558). Agronomy, Crop Science and Soil Science Societies of America, Madison, WI, USA.
- Gaspar, P., Mesías, F.J., Escribano, M., y Pulido, F. (2008). Gross output and livestock sales in modelling in spanish extensive farms using PLSR. 107th EAAE Seminar «modelling of agricultural and rural development policies».
- Gaspar, P., Mesías, F.J., Escribano, M., y Pulido, F. (2009). Sustainability in spanish extensive farms (Dehesas): an economic and management indicator based evaluation. *Rangeland Ecology & Management*, 62 (2), 153-162.
- González-Martín, I., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., Marqués-Macías, E., y Sanz-Poveda, F. (1999). Use of isotope analysis to characterize meat from iberian breed swine. *Meat Science*, 52, 437-441.
- González-Martín, I., Pérez-Pavón, J.L., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., y Álvarez-García, N. (2000). Differentiation of products derived from iberian breed swine by electronic olfactometry

(electronic nose). *Analytica Chimica Acta*, 424, 279-287.

González-Martín, I., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., y Sánchez-González, C. (2001). Differentiation of dietary regimen of iberian swine by means of isotope analysis of carbon and sulphur in hepatic tissue. *Meat Science*, 58, 25-30.

González-Martín, I., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., Álvarez-García, N., y Lázaro, S.M. (2002a). Determination of fatty acids in subcutaneous fat of iberian breed swine by near infrared spectroscopy. A comparative study of the methods for obtaining total lipids: solvents and melting with microwaves, *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 10, 257-268.

González-Martín, I., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., y Álvarez-García, N. (2002b). Mineral analysis (Fe, Zn, Ca, Na, K) of fresh iberian pork loin by near infrared reflectance spectrometry. Determination of Fe, Na and K with a remote fibre-optic reflectance probe. *Analytica Chimica Acta*, 468, 293-301.

González-Martín, I., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., Álvarez-García, N., y Hernández Andaluz, J.L. (2002c) On-line non destructive determination of proteins and infiltrated fat in iberian pork loin by near-infrared spectrometry with a remote reflectance fibre optic probe. *Analytica Chimica Acta*, 453, 281-288.

González-Martín, I., González-Pérez, C., Hernández-Méndez, J., y Álvarez-García, N. (2003). Determination of fatty acids in the subcutaneous fat of iberian breed swine by near infrared spectroscopy (NIRS) with a fiber-optic probe. *Meat Science*, 65, 713-719.

González-Martín, I., González-Pérez, C., Álvarez-García, N., y González-Cabrera, J.M. (2005). On-line determination of fatty acid composition in intramuscular fat of iberian pork loin by NIRS with a remote reflectance fibre optic probe. *Meat Science*, 69, 243-248.

González-Martín, I., Fernández Bermejo, C., Hernández-Hierro, J.M., y Sánchez-González, C.I. (2009). Determination of hydroxyproline in cured pork sausages and dry-cured beef products by NIRS technology employing a fiber-optic probe. *Food Control*, 20, 752-755.

Guillén, A., Del Moral, F.G., Herrera, L.J., Rubio, G., Rojas, I., Valenzuela, O. y Pomares, H. (2010). Using near-infrared spectroscopy in the classification of white and Iberian pork with neural networks. *Neural Computing and Applications*, 19, 465-470.

Hervás, C., Garrido, A., Lucena, B., García, N., y De Pedro, E. (1994). Near infrared spectroscopy of iberian pig carcasses using an artificial neural network. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2, 177-184.

Houghton, P.L., y Turlington, L.M. (1992). Application of ultrasound for feeding and finishing animals:

A review. *Journal of Animal Science*, 70, 930-941.

- Isabel, B., Cordero, G., López-Bote, C., y Daza, A. (2009). Tocopherol content, weight loss and instrumental color analysis of iberian dry-cured ham as affected by rearing and feeding systems. *Grasas y Aceites*, 60 (3), 248-254.
- Jurado, A., García, C., Timón, M.L., y Carraspiso, A.I. (2008). Improvement of dry-cured iberian ham sensory characteristics through the use of a concentrate high in oleic acid for pig feeding. *Iris Journal of Agricultural and Food Research*, 47, 195-203.
- Jurado, J.M., Jiménez-Lirola, A., Narváez-Rivas, M., Gallardo, E., Pablos, F., León-Camacho, M. (2013). Characterization and quantification of 4-methylsterols and 4,4-dimethylsterols from iberian pig subcutaneous fat by gas chromatography–mass spectrometry and gas chromatography–flame ionization detector and their use to authenticate the fattening systems. *Talanta*, 106, 14-19.
- Keranen, V.T.J., y Makynen, A.J. (2008). Double integrating sphere system for optical parameter determination of industrial suspensions. *Proceedings of SPIE*, 7022, 70220T.
- Lemus-Flores, C., Ulloa-Arvizu, R., Ramos-Kuri, M., Estrada, F.J., y Alonso, R.A. (2001). Genetic analysis of Mexican hairless pig populations. *Journal of Animal Science*, 79(12), 3021-3026.
- López, M.O., de la Hoz, L., Cambero, M.I., Gallardo, E., Reglero, G., y Ordóñez, J.A. (1992). Volatile compounds of dry hams from iberian pigs. *Meat Science*, 31, 267-277.
- López-Bote, C.J. (1998). Sustained utilization of the iberian pig breed. *Meat Science*, 49, S17-S27.
- López-Bote, C.J., y Rey, A.I. (1998). Procedimiento para diferenciar la alimentación del cerdo ibérico durante el cebo. Patente española P200501998.
- López-Bote, C.J., Isabel, B., y Daza, A. (2002). Partial replacement of poly- with monounsaturated fatty acids and vitamin E supplementation in pig diets: effect on fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular fat and on fat and lean firmness. *Animal Science*, 22, 349-358.
- Narváez-Rivas, M., León-Camacho, M., y Vicario, I.M. (2009). Fatty acid and triacylglycerol composition of the subcutaneous fat from iberian pigs fattened on the traditional feed: “montanera” effect of anatomical location and length of feeding. *Grasas y Aceites*, 60 (3), 238-247.
- Narváez-Rivas, M., Gallardo, E., Ríos, J.J., y León-Camacho, M. (2010a). A tentative characterization of volatile compounds from iberian dry-cured ham according to different anatomical locations. A detailed study. *Grasas y Aceites*, 61 (4), 369-377.
- Narváez-Rivas, M., Vicario, I.M., Alcalde, M.J., y León-Camacho, M. (2010b). Volatile hydrocarbon

profile of iberian dry-cured hams. A possible tool for authentication of hams according to the fattening diet. *Talanta*, 81, 1224-1228.

- Narváez-Rivas, M., Pablos, F., Jurado, J.M., y León-Camacho, M. (2011). Authentication of fattening diet of iberian pigs according to their volatile compounds profile from raw subcutaneous fat. *Analytical Bioanalytical Chemistry*, 399, 2115-2122.
- Narváez-Rivas, M., Gallardo, E., y León-Camacho, M. (2012). Analysis of volatile compounds from iberian hams: a review. *Grasas y aceites*, 63(4), 432-454.
- Nieto, R., y Aguilera, J.F. (2009). Uso del análisis isotópico del carbono y del nitrógeno en la trazabilidad de productos derivados del cerdo ibérico. *Anales*, 22 (1), 105-123.
- Niñoles, L., Clemente, G., Ventanas, S., y Benedito, J. (2007). Quality assessment of iberian pigs through backfat ultrasound characterization and fatty acid composition. *Meat Science*, 76, 102-111.
- Niñoles, L., Sanjuan, N., Ventanas, S., y Benedito, J. (2008). Ultrasonic and sensory characterization of dry-cured ham fat from iberian pigs with different genetics and feeding backgrounds. *Meat Science*, 80, 896-902.
- Niñoles, L., Mulet, A., Ventanas, S., y Benedito, J. (2010). Ultrasonic assessment of the melting behavior in fat from iberian dry-cured hams. *Meat Science*, 85, 26-32.
- Niñoles, L., Mulet, A., Ventanas, S., y Benedito, J. (2011). Ultrasonic characterization of B. femoris from iberian pigs of different genetics and feeding systems. *Meat Science*, 89, 174-180.
- Ortiz-Somovilla, V., España-España, F., Gaitán-Jurado, A.J., Pérez-Aparicio, J., y De Pedro-Sanz, E.J. (2007). Proximate analysis of homogenized and minced mass of pork sausages by NIRS. *Food Chemistry*, 101(3), 1031-1040.
- Pérez-Marín, D., Garrido-Varo, A., De Pedro, E., y Guerrero-Ginel, J.E. (2007a). Chemometric utilities to achieve robustness in liquid NIRS calibrations: application to pig fat analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 87, 241-246.
- Pérez-Marín, D., De Pedro-Sanz, E., Guerrero-Ginel, J.E., y Garrido-Varo, A. (2009a). A feasibility study on the use of near infrared spectroscopy for prediction of the fatty acid profile in live iberian pigs and carcasses. *Meat Science*, 83, 627-633.
- Pérez-Marín, D., Sánchez, M.T., Paz, P., Soriano, M.A., Guerrero, J.E., y Garrido-Varo, A. (2009b). Non-destructive determination of quality parameters in nectarines during on-tree ripening and postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 52 (2), 180-188.

- Pérez-Marín, D., Fearn, T., Guerrero-Ginel, J.E., y Garrido-Varo, A. (2010a). Robustness in pig fat NIRS calibrations by orthogonal projection. *Chemometrics and Intelligent laboratory Systems*, 100 (1), 36-40.
- Pérez-Palacios, T., Ruiz, J., Tejeda, J.F., y Antequera, T. (2009). Subcutaneous and intramuscular lipid traits as tools for classifying iberian pigs as a function of their feeding background. *Meat Science*, 81, 632-640.
- Pérez-Palacios, T., Antequera, T., Durán, M.L., Caro, A., Rodríguez, P.G., y Ruiz, J. (2010). MRI-based analysis, lipid composition and sensory traits for studying iberian dry cured hams from pigs fed with different diets. *Food Research International*, 43, 248-254.
- Pérez-Palacios, T., Antequera, T., Durán, M.L., Caro, A., Rodríguez, P.G., y Palacios, R. (2011). MRI-based analysis of feeding background effect on fresh iberian ham. *Food Chemistry*, 16, 1366-1372.
- Perona, J.S., y Ruiz-Gutiérrez, V. (2005). Quantitative lipid composition of iberian pig muscle and adipose tissue by HPLC. *Journal of Liquid Chromatography & related Technologies*, 28 (15), 2445-2457.
- Petrón, M.J., Durán, L., Ávila, M., Cernadas, E., y Antequera, T. (2003). A computer vision system to discriminate iberian pigs from ham images. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2 (5), 549-557.
- Petrón, M.J., Antequera, T., Muriel, E., Tejeda, J.F., y Ventanas, J. (2004a). Linear hydrocarbons content of intramuscular lipids of dry-cured iberian ham. *Meat Science*, 66, 295-300.
- Petrón, M.J., Muriel, E., Timón, M.L., Martín, L., y Antequera, T. (2004b). Fatty acids and triacylglycerols profiles from different types of iberian dry-cured hams. *Meat Science*, 68, 71-77.
- Petrón, M.J., Muriel, E., Tejeda, J.F., Ventanas, J., y Antequera, T. (2006). Effect of duration of the montanera diet on the hydrocarbon fraction of intramuscular lipids from iberian dry-cured ham; characterization by gas chromatography. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 86, 1040-1045.
- Prado, N., Fernández-Ibáñez, V., González, P., y Soldado, A. (2011). On-site NIR spectroscopy to control the shelf life of pork meat. *Food Analytical Methods*, 4, 582-589.
- Prevolnik, M., Candek-Potokar, M., y Skorjanc, D. (2004). Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality. A review. *Czech Journal of Animal Science*, 49, 500-510.
- Prieto, N., Roehe, R., Lavín, P., Batten G., y Andrés, S. (2009). Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality. A review. *Meat Science*, 83, 175-186.

- Ramírez, M.R., y Cava, R. (2007a). Effect of Iberian x Duroc genotype on dry-cured loin quality. *Meat Science*, 76 (2), 333-341.
- Ramírez, M.R., y Cava, R. (2007b). Carcass composition and meat quality of three different Iberian-Duroc genotype pigs. *Meat Science*, 75, 388-396.
- Ramírez, M.R., y Cava, R. (2007c). Volatile profiles of dry-cured meat products from three different Iberian x Duroc genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1923-1931.
- Ramírez, M.R., y Cava, R. (2008). Effect of Iberian x Duroc genotype on composition and sensory properties of dry-cured ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (4), 667-675.
- Recio, C. (2007) Método de identificación de productos alimenticios. Patente española nº 20070210.
- Recio, C. (2010). Método isotópicos como herramienta para determinar la alimentación aportada al cerdo ibérico. (GC-IRMS de ácidos grasos y otras técnicas). *Sólo Cerdo Ibérico*, 23, 29-45.
- Rey, A.I., Daza, A., López-Carrasco, C., y López-Bote, C.J. (2006). Feeding iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in longissimus dorsi muscle and backfat. *Meat Science*, 73, 66-74.
- Rey, A.I., López-Bote, C.J., Daza, A., y Lauridsen, C. (2010). Accumulation and evolution of tocopherols in dry-cured hams from iberian pigs as affected by their feeding and rearing system. *Food Chemistry*, 123, 1170-1175.
- Rodríguez-Sánchez J.A., Ripoll, G., y Latorre, M.A. (2010). The influence of age at the beginning of Montanera period on meat characteristics and fat quality of outdoor iberian pigs. *Animal*, 4 (2), 289-294.
- Rosenvold, K., y Andersen, H.J. (2003). Factors of significance for pork quality. A review. *Meat Science*, 64, 219-237.
- Ruiz, J., Cava, R., Antequera, T., Martín, L., Ventanas, J., y López-Bote, C. (1998). Prediction of the feeding background of iberian pig using the fatty acid profile of subcutaneous, muscle and hepatic fat. *Meat Science*, 49 (2), 155-163.
- Ruiz, J., y Petrón, M.J. (2000). Métodos para la clasificación de la materia prima. En J. Ventanas (Ed.), *Tecnología del jamón ibérico: de los sistemas tradicionales a la explotación racional del sabor y el aroma*. (p. 131-160). Mundi-Prensa, Madrid.
- Santos, J.P., García, M., Aleizandre, M., Horrillo, M.C., Gutiérrez, J., Sayago, Fernández, M.J., y Arés, L. (2004). Electronic nose for the identification of pig feeding and ripening time in iberian hams. *Meat Science*, 66, 727-732.

- Serrano, M.P., Valencia, D.G., Nieto, M., Lázaro, R., y Mateos, G.C. (2008a). Influence of sex and terminal sire line on performance and carcass and meat quality of iberian pigs reared under intensive production systems. *Meat Science*, 78 (4), 420-428.
- Serrano, M.P., Valencia, D.G., Fuentetaja, A., Lázaro, R., y Mateos, G.G. (2008b). Effect of gender and castration of females and slaughter weight on performance and carcass and meat quality of iberian pigs reared under intensive management systems. *Meat Science*, 80 (4), 1122-1128.
- Serrano, S., Perán, F., Jiménez-Hornero, F.J., y Gutiérrez de Ravé, E. (2012a). Multifractal analysis application to the characterization of fatty infiltration in iberian and white pork sirloins. *Meat Science*, 93(3), 723-732.
- Serrano, A., De Pedro, E., Morera, C., Vázquez, P., Moreno, A., Garrido-Varo, A., Guerrero, J.E., Pérez-Marín, D.C., Fernández-Cabanás, V.M., García-Olmo, J., Núñez-Sánchez, N. (2012b). Individual characterization of Iberian pig through NIRS technology: implementation in Sierra de Sevilla S.A. Proceeding of the 7th International Symposium on the Mediterranean Pig. *Options Méditerranéennes*, 101, 615-619.
- Soto, E., de la Hoz, L., Ordóñez, J.A., Herranz, B., Hierro, E., López-Bote, C.J., y Cambero, M.I. (2009). The feeding and rearing systems of iberian pigs affect the lipid composition and texture profile of dry-cured loins. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18, 78-89.
- Soto, E., de la Hoz, L., Ordóñez, J.A., Herranz, B., Hierro, E., López-Bote, C.J., y Cambero, M.I. (2010). Volatile profile and sensory characteristics of dry-cured loins as affected by feeding level in the period previous to the late fattening phase and by rearing system of iberian pigs. *Journal of Muscle Foods*, 21 (4), 636-657.
- Tejeda, J.F., Antequera, T., Ruiz, J., Cava, R., Ventanas, J., y García, C. (1999). Unsaponifiable fraction and n-alkane profile of subcutaneous fat from iberian ham. *Food Science & Technology International*, 5, 229-233.
- Tejeda, J.F., Antequera, T., Martín, L., Ventanas, J., y García, C. (2001). Study of the branched hydrocarbon fraction of intramuscular lipids from iberian fresh ham. *Meat Science*, 58, 175-179.
- Tejeda, J.F., Gandemer, G., Antequera, T., Viau, M., y García, C. (2002). Lipid traits of muscles as related to genotype and fattening diet in iberian pigs: total intramuscular lipids and triacylglycerols. *Meat Science*, 60, 357-360.
- Tejeda, J.F., García, C., Antequera, T., y Ventanas, J. (2005). Método de control analítico de la carne de cerdo. Patente española P9901519.
- Tejerina, D., García-Torres, S., Cabeza de Vaca, M., Vázquez, F.M., y Cava, R. (2011). Acorns (*Quercus*

rotundifolia Lam.) and grass as natural sources of antioxidants and fatty acids in the montanera feeding of iberian pig: intra and inter annual variations. *Food Chemistry*, 124, 997-1004.

Tejerina, D., García-Torres, S., Cabeza de Vaca, M., Vázquez, F.M. y Cava, R. (2012a). Effect of production system on physical-chemical, antioxidant and fatty acids composition of Longissimus dorsi and Serratus ventralis muscles from iberian pigs. *Food Chemistry*, 133 (2), 293-299.

Tejerina, D., García-Torres, S., de Vaca, M.C., Vázquez F.M., y Cava, R. (2012b). Study of variability in antioxidant composition and fatty acids profile of Longissimus dorsi and Serratus ventralis muscles from iberian pigs reared in two different Montanera seasons. *Meat Science*, 90 (2), 414-419.

Timón, M.L., Ventanas, J., Martín, L., Tejeda, J., y García, C. (1998). Volatile compounds in supercritical carbon dioxide extract of iberian ham. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 5143-5150.

UCO-ASICI. (2009). Plan estratégico para el sector porcino ibérico. www.iberico.com/pestrategico.php. Accedido el 2/12/2011.

Ventanas, S., Ruiz, J., García, C., y Ventanas, J. (2007a). Preference and juiciness of iberian dry-cured loin as affected by intramuscular fat content, crossbreeding and rearing system. *Meat Science*, 77, 324-330.

Ventanas, S., Ventanas, J., Tovar, J., García, C., y Estévez, M. (2007b). Extensive feeding versus oleic acid and tocopherol enriched mixed diets for the production of iberian dry-cured hams: Effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits. *Meat Science*, 77 (2), 246-256.

Verbeke, W., Pérez-Cueto, F.J.A., de Barcellos, M.D., Krystallis, A., y Grunert, K.G. (2010). European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Science*, 84, 284-292.

Viera-Alcaide, I., Vicario, I.M., Graciani Constante, E., y León-Camacho, M. (2007). Authentication of fattening diet of iberian pig according to their triacylglycerols profile from subcutaneous fat. *Analytica Chimica Acta*, 596, 319-324.

Viera-Alcaide, I., Vicario, I.M., Escudero-Gilete, M.L., Graciani Constante, E., y León-Camacho, M. (2008). A multivariate study of the triacylglycerols composition of the subcutaneous adipose tissue of iberian pig in relation to the fattening diet and genotype. *Grasas y Aceites*, 59 (4), 327-336.

Viera-Alcaide, I., Narváez-Rivas, M., Vicario, I.M., Graciani-Constante, E., y León-Camacho, M. (2009). Different fattening systems of iberian pig according to 1-alkene hydrocarbon content in

subcutaneous fat. *Grasas y Aceites*, 60 (1), 68-76.

- Weeranantanaphan, J., Downey, G., Allen, P., y Sun, D.W. (2011). A review of near infrared spectroscopy in muscle food analysis: 2005-2010. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 19, 61-104.
- Wood, J.D. (1984). Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. En J. Wiseman (Ed). *Fats in animal nutrition*, (p. 407-436). Butterworths, London, U.K.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughers, S.I., y Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science*, 78, 343-358.
- Zamora-Rojas, E., Garrido-Varo, A., De Pedro-Sanz, E., Guerrero-Ginel, J.E., y Pérez-Marín, D. (2011). Monitoring NIRS calibrations for use in routine meat analysis as part of iberian pig-breeding programs. *Food Chemistry*, 129, 1889-1897.
- Zamora-Rojas, E., Garrido-Varo, A., De Pedro-Sanz, E., Guerrero-Ginel J.E. y Pérez-Marín, D.C. (2013). Prediction of fatty acids content in pig adipose tissue by near infrared spectroscopy: At-line versus in-situ analysis. *Meat Science*, 95 (3), 503-511
- Zamora-Rojas, E., Pérez-Marín, D.C., De Pedro-Sanz, E., Guerrero-Ginel, J.E., y Garrido-Varo, A. (2012b). Handheld NIRS analysis for routine meat quality control: database transfer from at-line instruments. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 114, 30-35
- Zamora-Rojas, E., Pérez-Marín, D.C., De Pedro-Sanz, E., Guerrero-Ginel, J.E. y Garrido-Varo, A. (2012a). In-situ Iberian pig carcass classification using a micro-electro-mechanical system (MEMS)-based near infrared (NIR) spectrometer. *Meat Science* 90, 636-642.
- Zamora-Rojas, E., Garrido-Varo, A., De Pedro-Sanz, E., Guerrero-Ginel, J.E. y Pérez-Marín, D.C. (2011). Monitoring NIRS calibrations for use in routine meat analysis as part of Iberian pig breeding program. *Food Chemistry* 129, 1889-1897.