

TRAZABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE VACUNO DE CALIDAD GARANTIZADA: ÚLTIMAS TECNOLOGÍAS

P. LAVÍN¹, N. PRIETO¹ y A.R. MANTECÓN¹

¹ Estación Agrícola Experimental (Consejo Superior Investigaciones Científicas).
Finca Marzanas. 24346 Grulleros (León)
[Correo e.: paz.lavin@eae.csic.es]

RESUMEN

El mercado de la carne de vacuno, cada vez más exigente y competitivo, ha sufrido importantes transformaciones en los últimos años, que han obligado a controlar todo el proceso productivo teniendo en cuenta todos los factores que intervienen, además de normalizar y estandarizar la calidad de los productos.

En este contexto y como solución a estas necesidades aparecen conceptos nuevos como es el de la trazabilidad, que ha adquirido enorme difusión como herramienta básica para garantizar la seguridad alimentaria. Los cambios indicados han sido posibles gracias al desarrollo y aplicación de las últimas tecnologías disponibles tanto en la identificación y seguimiento de los animales y los productos mediante sistemas de identificación electrónica, huellas de ADN, etc., como en la caracterización de la carne mediante la utilización de la Espectroscopia por Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (tecnología NIRS) o técnicas basadas en el análisis de imagen. Este trabajo analiza la aplicación de estas tecnologías al sector de la producción de carne de vacuno de calidad con el objetivo de garantizar su trazabilidad y caracterizar los productos obtenidos.

ABSTRACT

The beef market, ever more demanding and competitive, has undergone important changes in recent years, which have brought in controls over the whole production process, taking into account all the intervening factors, in addition to creating quality standards for the products.

In this context, and as a solution to these needs, new concepts have appeared, such as traceability, that have become extremely widespread as a basic tool for guaranteeing safety in the food industry. These changes were possible thanks to the development and application of the latest available technologies in both identification and tracing of animals and their products by means of electronic identification systems, DNA prints, etc., and in the characterization of the meat through the use of NIRS (Near Infrared Reflectant Spectroscopy) technology, or techniques based on image analysis. This paper analyses the application of these technologies to the quality beef production sector in order to guarantee traceability and characterize the end products.

Introducción

La calidad de los productos destinados a la alimentación es un tema de actualidad que preocupa a la sociedad y que día a día adquiere mayor importancia en la decisión de compra del consumidor, generando con ello un mercado creciente que demanda productos con garantía de calidad, donde el consumidor exige calidad aunque tenga que pagar por ella.

Dentro del conjunto de características que definen la calidad de un producto es la seguridad alimentaria o calidad higiénico-sanitaria el primer requisito y condición indispensable que debe cumplir un producto destinado a la alimentación. De hecho, la seguridad y garantía de calidad de los alimentos y la influencia que estos tienen sobre la salud es, en estos momentos, un tema de debate que genera gran preocupación social y ha marcado un antes y un después en la forma de producir y gestionar las empresas involucradas en la cadena alimentaria.

En este sentido, como se muestra en la figura 1, mientras que en los años setenta la legislación sobre seguridad e higiene alimentaria se centraba únicamente en el control del

producto final para asegurar que este cumplía todos los requisitos de calidad y seguridad exigidos, en la década de los años noventa las diversas crisis y alertas alimentarias producidas (utilización de hormonas y promotores del crecimiento en el engorde del ganado, suministro de antibióticos en la alimentación animal y su repercusión en la salud humana o enfermedades como la fiebre aftosa) motivaron una creciente preocupación de la población de la Unión Europea (UE) por la seguridad alimentaria, que alcanzó su punto máximo con la aparición de la conocida crisis de las «vacas locas» o Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB), que disparó la alarma social por la seguridad de los productos que consume la población.

Ante esta situación y con el objetivo de apaciguar la alarma social generada y recuperar la confianza en los productos de origen animal, en la UE se establece una política de protección a los consumidores, con leyes más estrictas en el campo de la seguridad alimentaria, con la revisión de los modelos de producción y con la puesta en marcha de controles no sólo al final de la cadena agroalimentaria, sino también a lo largo de toda ella y desde su origen (MAPA, 2002).

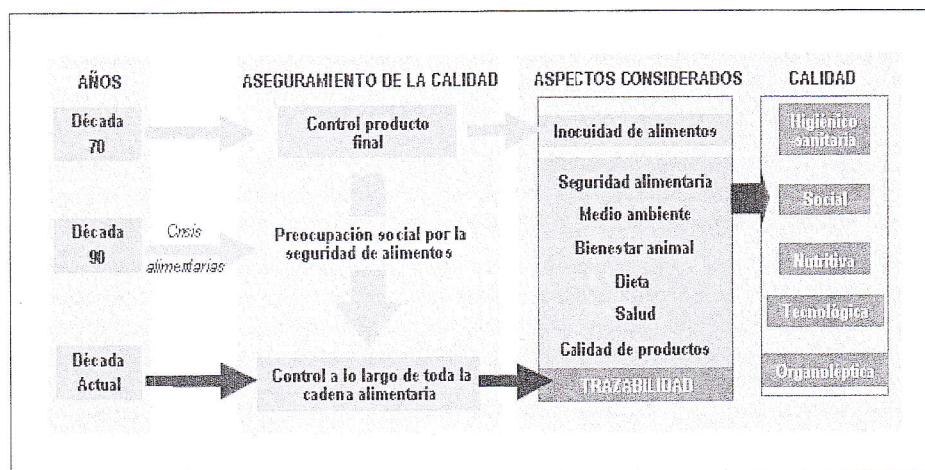


Figura 1. Evolución de la legislación y del concepto de seguridad y calidad alimentaria

Estos controles se han planteado bajo un enfoque integral con la participación de todos los sectores afectados y con el objetivo de prevenir los problemas, antes de que se manifiesten. Hay que tener en cuenta que asegurar la calidad de los productos destinados a la alimentación requiere controlar todas las etapas del sistema productivo, desde la explotación donde se produce hasta el consumidor final o lo que es lo mismo controlar su trazabilidad, principio conocido como "desde la granja a la mesa", aunque recientemente ha sido modificado este concepto por "desde la mesa a la granja".

Además, la carne de vacuno no es ajena a las corrientes actuales de una sociedad que demanda mayor información de los productos que consume. En este contexto, el concepto de calidad alimentaria ha pasado a tener un sentido más amplio y complejo que el inicial de garantía de inocuidad de los alimentos (calidad higiénico-sanitaria) o aporte de nutrientes (calidad nutritiva). Cada vez toman más fuerza aspectos como el medio ambiente, el bienestar animal (calidad social) y su relación con las condiciones de producción, transporte y faena de los animales.

Bajo este marco y para satisfacer esta demanda, se crean numerosas marcas de calidad, la mayoría de ellas de carácter regional y amparadas bajo distintivos de calidad, tanto públicos como privados, que pretenden ser un mecanismo diferenciador en un mercado, por otra parte, sumamente competitivo, con gran capacidad de sustitución en el consumo de carne entre especies o razas, y donde, para incrementar la demanda de los productos, es necesario aprovechar tanto la valorización de los productos tradicionales como la búsqueda de nuevos atributos en los productos clásicos. En este sentido, hay que tener en cuenta que la mayoría de estas marcas se localizan en zonas de montaña o dehesa, buscando el máximo aprovechamiento de los recursos propios disponibles en sistemas de pastoreo y con animales pertenecientes a razas autóctonas.

A este respecto, España y más concretamente la Comunidad de Castilla y León no es ajena a este planteamiento; de hecho, en la actualidad existe un número importante de producciones de carne de vacuno amparadas bajo algún distintivo de calidad. Así, por ejemplo, existen indicaciones geográficas protegidas como la "Carne de Ávila" y la "Carne de Morucha de Salamanca", marcas de garantía como la "Ternera de Aliste", la "Carne de Cervera y de la Montaña Palentina", la "Ternera Charra" y la "Carne de Pinares-El Valle" y marcas asociadas a un Pliego de Etiquetado Facultativo como "Valles del Esla", cuyo centro de producción se encuentra en la montaña de León. En este sentido, conviene señalar que Castilla y León, con amplia tradición ganadera, ocupa el primer puesto a nivel nacional, con el 23.6% del censo de ganado bovino y 1.6 millones de cabezas, y donde el consumo de carne de vacuno en los hogares (12.7 kg/habitante) es de 5 kg por encima de la media nacional (7.8 kg/habitante) (MAPA, 2005).

Para apoyar y controlar estos sistemas alternativos de producción de carne de vacuno, es necesario caracterizar y tipificar la carne obtenida y desarrollar métodos de análisis que permitan realizar controles rutinarios de un producto tan heterogéneo como el que nos ocupa, cuya calidad está determinada por gran variedad de factores *ante* y *post mortem* (Lawrie, 1985; Kinsman *et al.*, 1994).

El objetivo de este trabajo es analizar la aplicación, al sector de la producción de carne de vacuno de calidad, de las últimas tecnologías disponibles para garantizar su trazabilidad, tanto en la identificación y seguimiento de los animales y de los productos mediante sistemas identificación electrónica, huellas de ADN, etc., como en la caracterización de la carne mediante la utilización de la Espectroscopia por Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (tecnología NIRS) o técnicas basadas en el análisis de imagen.

Para ello se aborda en una primera parte el fundamento de la trazabilidad analizando, al mismo tiempo, todos los requisitos mínimos necesarios para establecer un sistema de trazabilidad en la producción de carne de vacuno, pasando posteriormente a revisar aquellos mecanismos diferenciadores con la aplicación de las últimas tecnologías disponibles.

El presente trabajo ha sido desarrollado gracias a la experiencia acumulada en la colaboración de más de una década, a través de varios proyectos con las empresas Valles del Esla, SA y NEAL, SA, dedicadas a la producción de carne de vacuno de calidad y trazabilidad garantizada.

Concepto de trazabilidad

El concepto de 'Trazabilidad' o 'Rastreabilidad' aplicado a la carne se define como "el sistema que garantiza una relación entre la identificación de la carne y el animal del que procede, a través de todas las etapas de producción, transformación, distribución y venta" (Real Decreto 1698/2003).

La "trazabilidad", aunque su uso se ha generalizado en los últimos años, es un término nuevo, que surgió en 1996 en Europa como respuesta a las exigencias de los consumidores, y con el objetivo de recuperar la confianza de estos hacia el consumo de carne de vacuno y, con ello, paliar el efecto que tuvieron las distintas crisis sanitarias sobre el consumo. Hay que tener en cuenta que, ante una crisis alimentaria, la primera reacción observada en el consumidor, es reducir o evitar durante un cierto tiempo, el consumo del producto implicado, ocasionando con ello grandes pérdidas económicas para todos los sectores afectados (AESA, 2004; CE, 2005).

La implantación de un sistema de trazabilidad obliga a reconstruir la historia de un producto y, por lo tanto, controlar tanto las

entradas como las salidas del sistema de producción. De forma esquemática y como se muestra en la figura 2, podemos subdividir la trazabilidad en:

- *Trazabilidad hacia atrás*, en la que se realiza un seguimiento con la identificación de los proveedores y de los medios empleados en la producción.
- *Trazabilidad del sistema de producción o del proceso*.
- *Trazabilidad hacia delante*, en la que se realiza un seguimiento con la identificación de los clientes, los productos o lote de productos obtenidos.

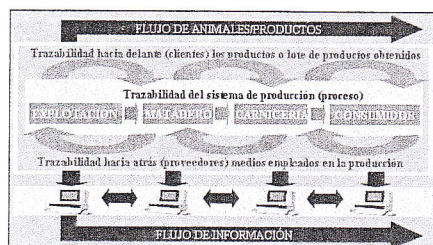


Figura 2. Esquema de trazabilidad con los flujos de productos y de información generados

Es evidente que para la correcta implantación de un sistema de trazabilidad, es imprescindible asociar de forma sistemática, el flujo físico de animales o productos (entradas, salidas) al flujo de información, lo que implica la producción de una cantidad importante de información (registros).

La gestión de la información generada en el proceso de trazabilidad a lo largo de todos los eslabones de la cadena, pasa por las etapas de *identificación* (animales o productos), *registro* y *conservación de la información*. De esta manera, se puede recuperar en un momento determinado la información requerida relativa a los animales, productos o lotes. Si alguna de estas etapas falla, el sistema de trazabilidad perderá toda su utilidad, por lo que todas las herramientas que

faciliten el proceso serán de gran ayuda. En este sentido, los sistemas informáticos unidos a nuevas tecnologías, como la identificación electrónica, facilitan la automatización de los procesos de captura, registro y transmisión de la información, evitando errores de transcripción y facilitando el trabajo.

La trazabilidad es una herramienta fundamental, ya que su correcta aplicación permite la garantía de alimentos sanos y seguros a lo largo de toda la cadena alimentaria, al disponer rápidamente de la historia del alimento. Las utilidades o ventajas que presenta la aplicación de la trazabilidad a la cadena alimentaria se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Ventajas de la implantación de sistemas de trazabilidad en los distintos sectores implicados.

Sectores	Ventajas
Ganadero y fabricante	Mayor <i>transparencia</i> (producción y comercialización). Permite y agiliza la <i>localización de un lote problemático</i> , de manera que el resto de la producción no se vea afectado. Ayuda en la <i>gestión de la empresa</i> .
Consumidor	Mayor <i>información</i> para decidir consumir o no un producto (confianza, tranquilidad y seguridad). Mayor <i>tranquilidad, confianza y sensación de seguridad</i> .
Autoridad sanitaria	Control de <i>movimientos de animales y productos</i> . Control de <i>ayudas públicas</i> . Control de la <i>calidad alimentaria</i> evitando prácticas fraudulentas. Ayuda a <i>individualizar responsabilidades</i> en problemas de seguridad de los alimentos. Permite localizar los elementos <i>origen del problema e inmovilizar rápidamente los productos inseguros</i> y, si fuera necesario, retirarlos del mercado.

Aunque evidentemente, una seguridad del 100% es imposible de obtener, existiendo siempre un riesgo de contaminación por microorganismos, anteriormente a la implantación de los sistemas de trazabilidad, en el caso de detectarse un problema sanitario, era prácticamente imposible determinar el origen y, en consecuencia, exigir responsabilidades. En la actualidad, con la implantación de sistemas de trazabilidad, cada eslabón de la cadena tiene su parte alícuota de responsabilidad en la seguridad de los alimentos, lo que permite incrementar la transparencia y disminuir, en gran medida, el efecto económico negativo sobre el sector, al mismo tiempo que permite dar más información al consumidor sobre la carne que consume.

Con todo lo indicado, la implantación de sistemas que garanticen la trazabilidad de los productos se ha considerado imprescindible en la Unión Europea y, aunque en un princi-

pio afectaba sólo al sector de la carne de vacuno, en la actualidad es obligatorio para todos los productos alimenticios.

Requisitos mínimos de los sistemas de trazabilidad en el sector de la carne de vacuno

Dentro del contexto de trazabilidad, la explotación ganadera es el primer eslabón de la cadena alimentaria y, por lo tanto, ha pasado de ser únicamente una actividad dedicada a la cría de animales y a la obtención de productos a ser considerada una empresa alimentaria con todas las obligaciones y responsabilidades que ello supone; si bien el ganadero decidirá la intensidad del sistema de trazabilidad que aplica a su explotación, evidentemente, una vez cum-

plidas con todas las exigencias legislativas o requisitos mínimos.

Los *requisitos mínimos* que debe cumplir de forma obligatoria un sistema de trazabilidad ganadera son permitir identificar los medios empleados en la producción o elaboración de alimentos (proveedores) y el destino de los productos resultantes de la actividad ganadera (clientes).

Esto supone, como se presenta en la figura 3, que el ganadero tiene que, a través de un adecuado sistema de registros de la información (de forma individual y particular para cada explotación), poder identificar en todo momento tanto los medios empleados en la producción (alimentos, medicamentos, ani-

males, etc.) como el destino de los productos resultantes de su actividad ganadera (animales, productos, cadáveres, residuos, etc.).

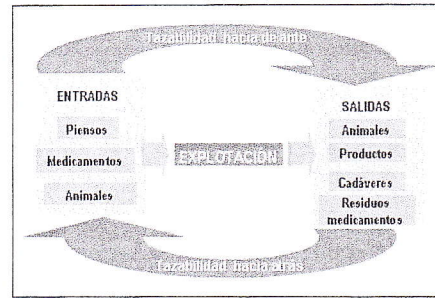


Figura 3. Requisitos mínimos de un sistema de trazabilidad ganadera

Tabla 2. Trazabilidad hacia atrás (identificación de proveedores) y trazabilidad hacia adelante (identificación de los clientes).

Trazabilidad hacia atrás (identificación de proveedores)		
Entrada productos	Entrada de información	Registros entrada
Animales	Fecha del transporte, vehículo y conductor; condiciones del transporte, origen, número de identificación del animal, raza	Certificado sanitario de origen animales Libro explotación
Alimentos (piensos)	Proveedor (nombre y dirección), fecha de entrada, vehículo, conductor, cantidad, tipo, identificación o lote	Albarán, factura
Medicamentos veterinarios	Fecha de administración, producto, dosis, forma aplicación, periodo de espera, veterinario, n.º colegiado, n.º receta	Libro de Medicamentos Receta
Productos con fines higiénicos	Fecha de administración, producto, dosis, forma aplicación, periodo de espera	Albarán, factura
Visitas	Fecha, matrícula, persona, motivo	Libro de visitas
Trazabilidad hacia adelante (identificación de clientes)		
Salida productos	Salida de información	Registros salida
Animales vivos	Fecha del transporte, vehículo y conductor, condiciones del transporte, destino, número de identificación del animal, raza	Salida de animales
Productos: leche	Fecha, código de la cisterna	Salida de productos Albarán y facturas
Medicamentos	Fecha de administración, producto, dosis, forma aplicación, periodo de espera, veterinario, n.º colegiado, n.º receta	Registro del botiquín (n.º receta, n.º colegiado)
Cadáveres	Fecha y destino	Registro del crematorio
Residuos: medicamentos, basura, abono	Fecha y destino	Registro de salida

En la tabla 2 se presenta un esquema de la asociación del flujo de productos y de información generada en la explotación ganadera, con los registros necesarios, tanto para la identificación de proveedores como de clientes. La información mínima obligatoria registrada será el nombre y dirección de proveedores y clientes y naturaleza de los productos que le han suministrado, indicando la fecha de suministro.

Asimismo, tanto los proveedores como los clientes, deberán tener sus propios registros de entradas y salidas, de forma que la trazabilidad debe permitir, por ejemplo, conocer el camino recorrido por el pienso desde que se produce hasta que llega a la granja.

Para garantizar la trazabilidad de la carne de vacuno, la Unión Europea estableció de forma obligatoria, el **sistema de identificación y registro de ganado bovino** [Reglamento (CE) 1760/2000], efectivo desde septiembre de 2000 y el **sistema de etiquetado de carne de vacuno** [Reglamentos 1760/2000, 1825/2000, 270/2002 y Real Decreto 1698/2003, de 12 de diciembre (BOE)]. Todos estos reglamentos se han plasmado, en la práctica, en el desarrollo de un sistema integral de control que, desde el sector primario a la transformación, permite garantizar el origen de la carne que llega a los consumidores. De esta forma, se han puesto en marcha instrumentos de ayuda en la gestión, que permiten satisfacer las exigencias de la trazabilidad, como son:

- La identificación de los animales (marcas de identificación, documento individual de identificación o pasaporte).
- El control y el registro de explotaciones (libro de registro de explotación, entradas y salidas de animales, base de datos informatizada).
- El control y el registro de movimientos de animales (entre explotaciones y desde la explotación de origen hasta el matadero).

- El control y registro de los procesos de sacrificio, faenado, despiece, transformación y distribución comercial hasta el consumidor final de la carne o el elaborado cárnico.
- El etiquetado de productos.

Para garantizar la trazabilidad de la carne, los animales son identificados en los primeros días de vida en la explotación, mediante dos crotales idénticos con un número de registro, que se les coloca uno en cada oreja a modo de pendientes. Al mismo tiempo, el ganadero debe notificar el nacimiento del animal a la autoridad competente en los primeros días de vida. Estos crotales, junto con el documento de identificación bovina (carné de identificación del animal), acompañarán al animal durante toda su vida hasta que es sacrificado en el matadero.

Los datos del animal se registran en una base de datos informatizada (nacional) en la cual están registradas todas las explotaciones bovinas existentes en el territorio nacional, así como los mataderos y todos los animales bovinos y sus movimientos. Esta base permite conocer, en un momento dado, los datos individuales de todos los animales presentes en cualquier explotación de España y todas las explotaciones por las que ha pasado un animal a lo largo de su vida (nacimiento o importación, hasta sacrificio o exportación).

El sistema se completa con el *etiquetado obligatorio* para la carne de vacuno, que debe incluir datos suficientes para saber la carne que se está adquiriendo y quién se hace responsable de ella. Esta información se presenta en etiquetas individuales (cuando la carne se comercializa en bandejas) y a través de un rótulo o cartel (cuando se despacha al corte).

En las etiquetas debe aparecer información del **número de referencia del animal** —que corresponde con el número de registro del

crotal que, como ya se ha comentado, es el que identificará y acompañará al animal durante toda su vida y una vez sacrificado identificará a la canal o a las piezas comerciales hasta los puntos de venta o el consumidor final—, el **país de nacimiento**, el **país de engorde**, el **lugar de sacrificio** y fecha, el **lugar de despique** y fecha, la **denominación de venta** (ternera, añejo, novillo, cebón, vaca, toro y buey), la **clasificación de la canal** (conformación y engrasamiento), la **fecha de sacrificio** y el **peso neto**.

Además, como ya se ha comentado anteriormente, toda esta información se acompaña de la elaboración de un registro de entradas y salidas en todas y cada una de las fases de producción y venta (matadero, sala de despique, almacén frigorífico y punto de venta).

De esta forma, y a modo de ejemplo, para asegurar y confirmar que un filete de ternera está trazado, el consumidor debería poder rastrear hacia atrás, a partir de los datos de la etiqueta, hasta determinar aspectos tales como el lugar y el nombre del ganadero de donde procede el animal, la raza, el número de identificación de su madre, la hora y día de sacrificio, etc.

La trazabilidad, por tanto, permite cumplir con la demanda del consumidor de tener más información de la carne que consume, pudiendo seguir el rastro a lo largo de la cadena hasta el animal de origen.

Mecanismos diferenciadores en la trazabilidad de la carne de vacuno

Existen otros requisitos adicionales a los que el ganadero o empresario se compromete de forma voluntaria, cuando quiere alcanzar una característica diferencial de sus productos, implantándolos en su empresa al ritmo o velocidad que vea conveniente.

Este mercado creciente basado en sistemas de calidad diferenciada, que ofertan productos amparados bajo algún distintivo de calidad, a parte de cumplir con la legislación obligatoria, se compromete de forma voluntaria, al cumplimiento de unos requisitos adicionales como mecanismo diferenciador. Estos distintivos, deberían ser un reconocimiento al esfuerzo realizado por los productores que respetan unas normas, a mayores, de las de obligado cumplimiento por la legislación, en relación con el bienestar animal, el medio ambiente, los sistemas tradicionales de producción y, que en definitiva, suponen un apoyo al desarrollo rural.

Para tener cabida en este mercado de la carne de vacuno, cada vez más exigente y competitivo, donde además de producir calidad hay que demostrarlo, es necesario estandarizar la calidad de los productos. En este sentido, hay que considerar que son muchos los factores que determinan la calidad de un producto (características nutritivas, organolépticas, sensoriales, tecnológicas, etc.). Además, factores como la raza, el sexo, la edad, el peso, el sistema de explotación o la alimentación de los animales infieren características propias de los productos obtenidos, determinando e influyendo en su calidad.

Estos aspectos, junto con que muchos de los atributos que determinan la calidad del alimento, no son observables por el consumidor, ni antes ni después de la compra, dificultan enormemente la valoración de la calidad del alimento y hacen que el consumidor demande información adicional del producto para afianzar su confianza y ayudar en el momento de la elección del alimento que consume. Esta demanda ha motivado una corriente de investigación y puesta a punto de herramientas que aporten información en la caracterización de los alimentos y, de esta forma, colaborar en garantizar el derecho de los consumidores a una información fiable, a partir de la cual poder hacer una elección consciente.

De esta forma, además de los datos obligatorios que permiten conocer la trazabilidad de la carne y seguir el recorrido del animal desde que nace hasta el producto final obtenido o, en el sentido inverso (lugar de nacimiento, crianza, sacrificio, venta del producto, etc.), dar información de la trazabilidad del proceso productivo, aporta datos de cómo fue producido el animal (alimentación, sanidad, etc.), atributos adicionales indispensables para vender carne con marca en sistemas de calidad diferenciada, que ayudan a aumentar el valor del producto y dar las máximas garantías al consumidor.

La trazabilidad del sistema de producción implica recoger información del plan de manejo de los animales, programa sanitario, programa de alimentación animal, así como del plan de limpieza de la explotación. Esta información, supone un avance en el esquema de trazabilidad que, si bien en la actualidad es voluntaria, no queda ninguna duda de que en un futuro próximo se implantará, amparándose en el derecho del consumidor a conocer la procedencia de los alimentos que consume, así como los procedimientos con los que han sido producidos.

Cuando una empresa u organización que comercialice carne de vacuno quiera incluir en las etiquetas de la carne con su nombre o logotipo indicaciones adicionales a las establecidas en el etiquetado obligatorio (referentes a determinadas características o condiciones de producción), deberá presentar un pliego de condiciones de *etiquetado facultativo* para ser aprobado por la autoridad competente de la Comunidad Autónoma, y certificado por un organismo independiente de control acreditado que verifique, periódicamente, que la empresa cumple con las características diferenciales del producto (alimentación, edad, peso de los animales, periodo oreo, etc.) indicadas en el pliego de condiciones.

En la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2007) se

pueden consultar todos los pliegos de etiquetado facultativo de la carne de vacuno vigentes en la actualidad en España.

Nuevas tecnologías aplicadas a la trazabilidad de la carne

Debido al auge que ha tenido en los últimos años el desarrollo de marcas de calidad, con el objetivo de avanzar un paso más en la trazabilidad, para controlar el adecuado funcionamiento y detectar posibles fallos del sistema, algunas empresas han puesto en marcha la aplicación de nuevas tecnologías como la identificación electrónica y genética de los animales, o de la tecnología NIRS (Espectroscopia por Reflectancia en el Infrarrojo Cercano) y el análisis de imagen, para la valoración de parámetros indicativos de la calidad de la carne.

La identificación electrónica de los animales es un sistema de identificación individual que, según las autoridades comunitarias, ayuda a mejorar la trazabilidad, al mismo tiempo que a garantizar los controles sanitarios, la seguridad alimentaria y evitar el fraude. Debido a ello, se está estudiando su aprobación como método oficial universal de identificación ganadera.

En la actualidad, los sistemas utilizados en identificación animal son dispositivos pasivos de radiaciones electromagnéticas no ionizantes, de gran longitud de onda (entre 1-3.000 m) y baja frecuencia (entre 0,03-300 MHz), que pueden ser programados con un código numérico o alfanumérico de identificación, y ser colocados o introducidos en el cuerpo de los animales para ser leído a distancia mediante una unidad de lectura de radio-frecuencia.

En el ganado vacuno, el dispositivo identificador (chip, microchip, *transponders* o trans-

pondedor) más utilizado, en la actualidad, consiste en un bolo cerámico que contiene el microchip en el interior (Caja *et al.*, 1999).

En la tabla 3 se pueden observar los distintos tipos de transpondedores utilizados en la identificación de los animales.

Tabla 3. Tipos de transpondedores utilizados en identificación animal.

Características	
Crotales	Recubiertos de material plástico. Forma de botón. Colocación en las orejas (pieza hembra de los crotales tradicionales).
Inyectables	Encapsulados en un material no poroso, normalmente cristal. Se inyectan en el cuerpo del animal (subcutánea). Cápsulas de cerámica con transpondedores en el interior.
Bolos	Administración oral (rumiantes). Permanece en el retículo-rumen durante toda la vida.
Discos, medallas y hebillas	Recubiertos de material plástico. Colocación en patas y cuello mediante cintas.

El bolo se administra vía oral con la ayuda de un aplicador y permanece en el pre-estómago (retículo-rumen) del animal hasta que es sacrificado en el matadero.

La lectura de la información almacenada en el microchip se realiza mediante un lector (transceptor) que emite una débil señal de radio que activa el microchip, de forma que éste devuelve la información que ha sido grabada y se visualiza en una pantalla que posee el lector.

La identificación electrónica ofrece muchas ventajas sobre los métodos tradicionales, como los crotales o los tatuajes (que necesitan un registro manual de los datos), facilitando la informatización automática de los datos y con ello la gestión de la explotación. Al mismo tiempo permite:

- Dinamizar la identificación confiable y segura de los animales dentro de una explotación ganadera, garantizando el cumplimiento de las normativas sobre identificación animal y evitando posibles fraudes.
- Mejorar el bienestar de los animales en su manejo a la hora de realizar inspecciones, controles, transporte, etc.

- Lograr una perfecta trazabilidad, lo que conlleva mayor seguridad.
- Optimizar los procesos relacionados con una explotación ganadera.
- Fomentar la incorporación de tecnología al sector ganadero, tanto intensivo como extensivo.

Una vez que el animal llega al matadero, se realiza la lectura del bolo mediante una antena colocada en un lugar de paso, de forma que se accede a toda la información almacenada del animal en la base de datos, procediéndose al sacrificio y posterior impresión de etiquetas, identificadas mediante un código de barras y generadas directamente por el sistema informático, evitando de esta forma errores en la transcripción de la información. A partir de ahí, las canales y demás productos se etiquetan, acompañando esta identificación a los productos obtenidos de cada animal hasta los puntos de venta.

Errores involuntarios en la línea de matanza a la hora de poner las etiquetas en las piezas comerciales, o fraudes en los puntos de venta, pueden determinar fallos en la trazabilidad de los productos.

Para controlar el adecuado funcionamiento y detectar posibles fallos del sistema de trazabilidad, se han desarrollado procedimientos de control basados en *la identificación genética de los animales*, que permiten verificar el origen de los productos que se venden con la marca de la empresa, disponiendo de esta forma de un método de auditoría de este sistema.

Esta metodología, basada en el uso de marcadores moleculares de ADN, como certificadores de la identidad del animal, de la canal y de sus piezas comerciales, ofrece una vía muy interesante, ya que el ADN es ubicuo y exclusivo de cada individuo (huella de ADN). El procedimiento de control consiste en una tarjeta de identidad que se realiza a cada animal, donde se recoge la información que identifica al animal y que sirve como soporte a la muestra biológica (sangre tomada a los animales en los primeros meses de vida) de la que posteriormente se extraerá el ADN.

Aunque en el proceso de puesta a punto de esta metodología se ha valorado la utilización de distintos tipos de muestra biológica de los animales (sangre, pelo, cartílago de la oreja), se ha optado, teniendo en cuenta las características del sistema de control de la empresa, por la utilización de muestras de sangre.

Una vez personalizada la tarjeta con los datos del animal y la muestra biológica, se plastifica para su mejor conservación, evitando de esta forma su deterioro.

La verificación de la exactitud del origen (animal de procedencia) de la carne (control de errores en los dispositivos de trazabilidad) se realiza tomando muestras de carne de la canal en la línea de sacrificio en el matadero (control de la transferencia de la información del bolo a la etiqueta) o de carne en el punto de venta, ya sean carnicerías o restaurantes (control de errores de las etiquetas o fraudes). Las muestras de carne tomadas a los animales que se pretende auditar se contrastarán con la muestra de sangre almacenada en la tarjeta de identidad del animal.

En el laboratorio se realiza la extracción y purificación del ADN de las muestras de carne y de la sangre para detectar las posibles fuentes de error, utilizando protocolos estandarizados (Arana *et al.*, 2002). Este sistema nos permitirá conocer si las muestras contrastadas pertenecen al mismo animal o no y, así, detectar errores y evitar fraudes.

El esquema de control indicado que combina la identificación electrónica y genética, mediante la elaboración de un carné de ADN de los animales, se ha puesto en práctica en la empresa Valles del Esla con la finalidad de asegurar la trazabilidad de los productos, y ha demostrado ser un método válido para establecer el origen de la carne (Egozcue *et al.*, 2006).

En definitiva, la tendencia actual es que año a año, se van incorporando con más fuerza al sector productivo e industrial, las últimas tecnologías disponibles, como herramientas para asegurar y caracterizar la calidad del producto final por métodos, técnicas o analíticas que permiten caracterizar, clasificar y tipificar los productos mediante controles rutinarios. Entre las tecnologías que están alcanzando gran difusión en el sector, se encuentra la *Espectroscopia por Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS)* para evaluar de forma objetiva, aspectos relacionados con la calidad de la carne.

La determinación de parámetros químicos (proteína, grasa, humedad, etc.) es importante para establecer la calidad de la carne desde el punto de vista nutritivo. Además, la proporción y el tipo de ácidos grasos —especialmente la proporción de ácidos grasos saturados— suscita especial interés por la repercusión negativa que tiene en la salud del consumidor. Por otra parte, características como el color, la capacidad de retención de agua y la textura son parámetros que tanto la industria como el consumidor tienen en consideración a la hora de valorar un tipo de carne y que, por lo tanto, determinan, en cierto sentido, su calidad.

Los métodos analíticos convencionales que se utilizan para la determinación de estos parámetros, requieren mucho tiempo, material específico para su determinación, así como reactivos que encarecen y complican el proceso, además de ser contaminantes (Calvo *et al.*, 1997; Cozzolino *et al.*, 2000). Dada esta situación, el sector cárnico es consciente de la necesidad de buscar métodos de análisis alternativos que permitan subsanar esta situación y, así, mejorar la evaluación de la calidad de la canal y de los productos cárnicos.

En este sentido, durante las dos últimas décadas ha emergido un nuevo concepto de valoración de parámetros indicativos de la calidad de la carne, basado en la denominada Espectroscopía por Reflectancia en el Infrarrojo Cercano, también conocida como tecnología NIRS. Este procedimiento consiste, esencialmente, en la irradiación de la muestra que se quiere analizar, con energía infrarroja a longitudes de onda comprendidas entre los 1 100 y 2 500 nm (figura 4), la cual en función de su composición, absorbe

una determinada cantidad de energía, obteniéndose un espectro de absorbancia específico de cada muestra. La tecnología NIRS es conocida como huella espectral, ya que el espectro NIRS de una muestra, tiene un perfil de absorción único y diferencial, de ello su comparación con la huella dactilar que se utiliza para la identificación de las personas.

Conviene destacar que es una técnica analítica objetiva, fiable, con un bajo coste de mantenimiento y que necesita poca cantidad de muestra. Además, es sumamente respetuosa con el entorno, ya que no sólo permite la recuperación y reutilización de la muestra empleada, sino que, además, no consume reactivo químico alguno para realizar los análisis, lo que resulta especialmente interesante en una sociedad preocupada por las cuestiones del respeto medioambiental. No obstante, esta tecnología requiere de personal especializado y de tiempo para llevar a cabo las calibraciones; sin embargo, una vez realizadas, permite hacer los análisis de forma rápida, principal ventaja de esta técnica.

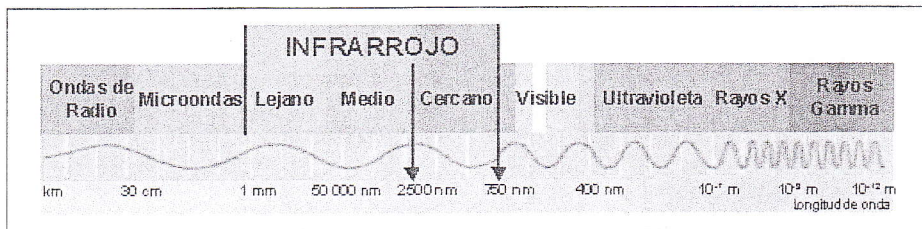


Figura 4. Espectro electromagnético

Esta tecnología es utilizada por las industrias farmacéuticas y de nutrición animal (fabricación de piensos) en el control de calidad, pero su empleo está menos extendido en otras actividades industriales. En el sector de producción de carne, el principal interés de la tecnología NIRS reside en que el espectro infrarrojo obtenido, contiene una enorme cantidad de información asociada con la composición química y ciertos parámetros

físicos de la carne. Hoy día, gracias a la sofisticación de los espectrofotómetros, a la ayuda de programas informáticos y avanzados procedimientos matemáticos, es posible obtener e interpretar correctamente esta información en unos pocos segundos. Esta propiedad permite la caracterización de alimentos y productos, como la carne, de forma instantánea, de manera que la tecnología NIRS puede ser un método adecuado para el

control de calidad de la carne (composición química, propiedades físicas y características sensoriales).

En este sentido, cabe señalar que son varios los trabajos citados en la literatura científica que han utilizado esta tecnología para estimar parámetros químicos de carne de diferentes especies (Sanderson *et al.*, 1997; Alomar *et al.*, 2003). Sin embargo, existe muy poca información sobre la capacidad de esta tecnología para estimar las características físico-químicas de muestras de carne de reducida variabilidad, como sería aquella amparada bajo una figura de calidad, la cual debe garantizar una homogeneidad en su composición y propiedades para satisfacer las expectativas de los consumidores.

La búsqueda de homogeneidad implica que este tipo de carne, probablemente, presente un rango estrecho de variación de sus características, tanto químicas como físicas, aspecto de gran importancia desde la perspectiva de la aplicación de la tecnología NIRS, ya que podría dificultar la obtención de modelos de predicción fiables. Además, hasta la actualidad, no existen trabajos que hayan empleado la tecnología NIRS para caracterizar carne de buey, ya que la oferta de este tipo de carne es casi nula (Martínez *et al.*, 1999; Varela *et al.*, 2003).

Con el objetivo de estudiar la capacidad de la Espectroscopia por Reflectancia en el Infrarrojo Cercano para predecir parámetros físico-químicos indicativos de la calidad de la carne de vacuno (buey y ternera), amparada bajo la marca de calidad de "Valles del Esla", se planteó este trabajo. La metodología utilizada ha sido descrita por Prieto *et al.* (2006).

Los bueyes, de acuerdo con la legislación (BOE, 2003), son machos castrados mayores de 48 meses cuya carne, por efecto de la castración, tiene una mayor infiltración de grasa, lo que le otorga unas características organolépticas peculiares (Field, 1971; Picard *et al.*, 1995). A este respecto, conviene señalar que la castra-

ción de ganado bovino fue una práctica habitual en el pasado, cuando los animales se utilizaban para trabajos relacionados con la agricultura pero, más tarde, dejó de realizarse como resultado de la mecanización agraria. Sin embargo, en tiempos recientes, la producción de machos castrados de edades relativamente avanzadas está recobrando cada vez más interés (Destefanis *et al.*, 2003) ya que, bajo la denominación de carne de buey, se agrupan carnes rojas muy apreciadas por el consumidor, de sabor fuerte y abundante infiltración grasa, que se consumen principalmente en restaurantes especializados.

El espectro medio de absorbancia en el infrarrojo cercano de las muestras de carne de 53 bueyes (53 ± 0.5 meses y 813 ± 10.9 kg de peso vivo) y de 67 terneros (11.6 ± 0.20 meses y 442.5 ± 8.55 kg de peso vivo), utilizadas en el presente trabajo para estimar las ecuaciones de predicción de los parámetros de interés, vienen reflejados en la siguiente figura.

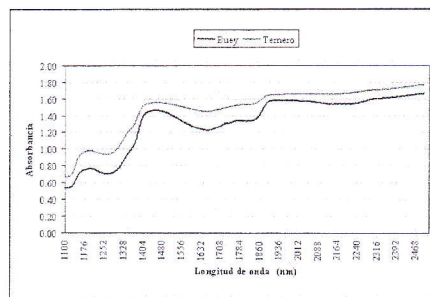


Figura 5. Espectro medio de absorbancia de las muestras de carne de buey y de ternera en el infrarrojo cercano

Los coeficientes de determinación (R^2) de las ecuaciones desarrolladas con las muestras de carne de buey y de ternera para estimar el contenido de los diferentes parámetros químicos vienen reflejados en la figura 6. Como se puede observar, las ecuaciones de predicción del contenido de Materia Seca (MS), Proteína (P), Grasa (GB) y Energía Brutas (EB) presentaron coeficientes de determinación superiores a 0.8 en las muestras de carne de

buey y superiores a 0.75 en las de ternera, indicando que los espectros NIR explicaban una gran parte de la variabilidad química contenida en el grupo de muestras de calibración, siendo, por tanto, el porcentaje explicado de la variabilidad química de las muestras mayor en la carne de buey.

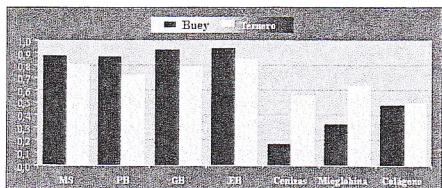


Figura 6. Coeficientes de determinación (R2) de las ecuaciones de predicción de la composición química de muestras de carne de buey y de ternera

Para evaluar la capacidad de predicción de cada una de las ecuaciones, se calculó el cociente entre la desviación estándar de los datos de referencia y el error estándar de predicción para el grupo de muestras, conocido como estadístico RPD. Teniendo en cuenta que, dentro del ámbito de la tecnología NIRS, se acepta que la capacidad de predicción de una ecuación es razonable, si el valor de este cociente se encuentra por encima de 2.5 (Williams y Sobering, 1993), cabe decir que, en muestras de carne de buey, éste fue aceptable para el contenido de Proteína, Grasa y Energía Brutas. Para el contenido de Materia Seca, aunque el estadístico RPD no superó el 2.5, estuvo muy próximo a ese valor (ver figura 7).

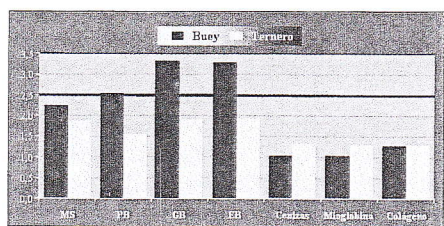


Figura 7. Capacidad de predicción (RPD) de las ecuaciones desarrolladas para estimar la composición química de las muestras de carne de buey y de ternera

Sin embargo, en las ecuaciones desarrolladas con carne de ternera el valor del estadístico RPD fue inferior a 2.0 para todos los parámetros, posiblemente como consecuencia de menor variabilidad de los datos químicos de referencia.

En relación con la escasa capacidad de predicción del contenido de cenizas, mioglobina y colágeno en ambos tipos de muestras, conviene señalar que pudo ser debida a varias causas. En el caso de las cenizas pudo deberse, en parte, a que los minerales no absorben radiación en el infrarrojo cercano, a pesar de que éstos pueden ser estimados indirectamente a partir de sus asociaciones con los componentes orgánicos de la carne, en el presente estudio no fue posible.

En cuanto a la mioglobina, pudo ser consecuencia de que las diferentes formas en las que puede encontrarse esta proteína absorben energía en la región visible. Lamentablemente, el espectrofotómetro InfraAlyzer 500 de Bran+Luebbe, que se utilizó en el presente trabajo, sólo mide la absorbancia en la región infrarroja, por lo que no se dispuso de información de la región visible. En relación con el colágeno, la baja exactitud de las ecuaciones pudo deberse a una falta de diferenciación entre éste y el resto proteínas, tal y como han citado otros autores previamente (Downey y Hildrum, 2004).

En relación con la estimación de los parámetros físicos de las muestras de carne de buey y de ternera, cabe decir que sólo se obtuvieron coeficientes de determinación altos ($R^2 > 0.8$; Figura 8) para el índice de luminosidad y el índice de amarillo en muestras de carne de ternera, siendo considerablemente mayor al obtenido en las muestras de carne de buey. Estos bajos coeficientes de determinación en la carne de buey, pudieron deberse a un rango más estrecho de los valores de referencia en este tipo de carne. El resto de los parámetros estudiados presentaron coeficientes de determinación inferiores a 0.7 para ambos tipos de carne.

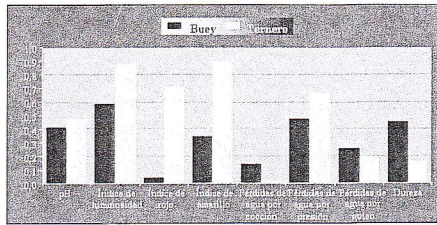


Figura 8. Coeficientes de determinación (R2) de las ecuaciones de predicción de los parámetros físicos de las muestras de carne de buey y de ternera

En cuanto a la capacidad de predicción de las ecuaciones, son el índice de amarillo y el índice de luminosidad de la carne de ternera los que presentaron los estadísticos RPD más altos, siendo en el caso del índice de amarillo superior a 2.5. Sin embargo, el resto de los parámetros no pudieron estimarse en medida alguna, a partir de los espectros NIR, en los dos tipos de muestras. Posiblemente, esto fue debido a bajas precisiones en los métodos de referencia y a un rango estrecho de los datos. Además, en el caso de la dureza y de la capacidad de retención de agua, el haber recogido los espectros de muestras de carne picada pudo haber repercutido negativamente en las predicciones.

Este estudio ha puesto de manifiesto la posibilidad de estimar adecuadamente, a partir del espectro de absorbancia en el infrarrojo cercano de muestras de carne amparadas bajo la marca "Valles del Esla", parámetros de gran interés para el consumidor, como el contenido de proteína, grasa, energía y humedad (Prieto *et al.*, 2006). Además, esta tecnología también permite estimar, con exactitud aceptable, algunos parámetros indicativos del color (p. ej. luminosidad), aplicación de gran importancia, ya que el color es el primer criterio que utiliza el consumidor para evaluar la calidad del producto en el momento de la compra. La tecnología NIRS podría, por tanto, ser una herramienta de gran utilidad en los sistemas de control de calidad y tipificación de la carne.

Además de los métodos indicados, tecnologías como la basada en el análisis de imagen, pueden ser una herramienta de gran ayuda en la caracterización de la canal y de la carne de vacuno (Allen, 2000; Lu y Tan, 2004).

En la actualidad, las canales de ganado vacuno se clasifican siguiendo la normativa Europea [Reglamento (CEE) núm. 1186/90 del Consejo] según su conformación (SEURO) y estado de engrasamiento (12345). Esta clasificación la realizan técnicos cualificados que han obtenido una autorización específica para el desempeño de esta actividad. Sin embargo, a pesar de la cualificación de los técnicos, la valoración realizada no deja de ser subjetiva y, por tanto, sujeta a las limitaciones de este tipo de métodos.

La aplicación del análisis de imagen para la clasificación de las canales, permite disponer de un sistema objetivo y automático para clasificar y valorar las canales, que sirva de apoyo a la evaluación subjetiva, que es el método de referencia aceptado, sirviendo de ayuda al clasificador, permitiendo mayor transparencia y mejorando la objetividad.

Al mismo tiempo, el análisis de imagen es una herramienta que permite evaluar el color de la canal y de la carne, y estimar, de forma objetiva y automática, la grasa intramuscular (Gerrard *et al.*, 1996; Mendizábal y Goñi, 2001). En este sentido, es importante destacar que, desde el punto de vista del consumidor, un aspecto determinante en la elección de carne de vacuno es el color, al mismo tiempo que la grasa intramuscular es uno de los aspectos que más influye en las características sensoriales de la carne.

Todos estos sistemas que permiten una clasificación automática y objetiva de las canales y de la carne, están basados en el análisis de vídeo-imagen, mediante máquinas que toman imágenes de la canal o de la pieza de carne, con 1 o más cámaras, obteniendo información de longitudes, áreas, volúmenes, ángulos y color (Laconte, 2000; Vote *et al.*, 2002). De esta forma, una vez procesados

todos estos datos, es posible estimar la conformación, el estado de engrasamiento, el rendimiento de la canal y de sus piezas comerciales o aspectos como el color o la distribución de la grasa intramuscular en una pieza de carne.

Conclusiones

La utilización conjunta de las técnicas descritas en este trabajo (identificación electrónica

y marcadores moleculares de ADN) evidencian la posibilidad de garantizar la trazabilidad de la carne de vacuno. Además, el empleo de la tecnología NIRS o la aplicación del análisis de imagen son herramientas que permiten obtener información y ayudan a clasificar, de forma más homogénea y objetiva los productos e informar al consumidor, no sólo de cómo se obtiene la carne, sino también de características indicativas de su calidad y en definitiva lograr una carne de alto valor en el mercado.

Referencias

- AESA. 2004. Guía para la aplicación del sistema de trazabilidad en la empresa agroalimentaria. Agencia Española de Seguridad Alimentaria. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, España.
- Allen P. 2000. Automatic grading and classification of beef carcasses. *Meat Automation*, 1: 30-34.
- Alomar D., Gallo C., Castañeda M., Fuchslocher R. 2003. Chemical and discriminant analysis of bovine meat by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Science*, 63: 441-450.
- Arana A., Soret B., Lasa I., Alfonso L. 2002. Meat Traceability using DNA markers: application to the beef industry. *Meat Science*, 61: 367-373.
- BOE. 2003. Real Decreto n.º 1698/2003, de 12 de diciembre, por el que se establecen disposiciones de aplicación de los Reglamentos comunitarios sobre el sistema de etiquetado de la carne de vacuno. BOE n.º 304, de 20 de diciembre de 2003.
- Caja G., Conill C., Nehring R., Ribó O. 1999. Development of a ceramic bolus for the permanent electronic identification of sheep, goat and cattle. *Computers and Electronics in Agriculture* 24: 45-63.
- Calvo C., López M., Sánchez B., Dios A., Sánchez L. 1997. Predicción de las características de composición de la carne de ovino gallego mediante espectroscopía infrarroja cercana. *ITEA*, 18(2): 658-660.
- CE, 2005. De la granja a la mesa. Por una alimentación sana para los consumidores europeos. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- Cozzolino D., Murray I., Scaife J.R., Paterson R. 2000. Study of dissected lamb muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy for composition assessment. *Animal Science*, 70: 417-423.
- Destefanis G., Brugiapaglia A., Barge M.T., Lazzaroni C. 2003. Effect of castration on meat quality in Piemontese cattle. *Meat Science*, 64: 215-218.

- Downey G., Hildrum K.I. 2004. Analysis of Meats. En: Al-Amoodi, L., Craig, R., Workman, J. & Reeves III, J. (editores). Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture. American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 599-632.
- Egozcue J., Lavin P., Soret B., Arana, A. 2006. Ox meat traceability: practical implementation using electronic identification and molecular markers. 2nd Seminar of the Scientific-Professional Network on Mediterranean Livestock Farming. CIHEAM-IAMZ. CITA, Zaragoza, España.
- Field R.A. 1971. Effect of castration on meat quality and quantity. *Journal of Animal Science*, 32: 849-858.
- Gerrard D.E., Gao X., Tan J. 1996. Beef marbling and colour score determination by image processing. *Journal of Food Science*, 61: 145-148.
- Kinsman D.M., Kotula A.W., Breidemstein B.C. 1994. Muscle foods. Chapman & Hall, New York, USA.
- Laconte R. 2000. A visual or automated future for beef grading? *Meat Automation*, 1: 26-27.
- Lawrie R.A. 1985. The conversion of muscle to meat. En: *Meat Science*. Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 96-118.
- Lu W., Tan J. 2004. Analysis of image-based measurements and USDA characteristics as predictors of beef lean yield. *Meat Science*, 66: 483-491.
- MAPA. 2002. Libro Blanco de la carne de vacuno. Secretaría General y Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- MAPA. 2005. La alimentación en España. Secretaría General y Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- MAPA. 2007. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, [www.mapa.es/es/ganaderia/ganaderia.htm, consulta: 12-3-2007].
- Martínez A., García J., Noval G., de Diego V., Castro P. Osoro K. 1999. Efecto de la castración en los crecimientos y características de la canal en terneros de raza Asturiana de los Valles y raza Asturiana de la Montaña manejados en pastoreo. *ITEA*, 20: 26-28.
- Mendizábal J.A., Goñi V. 2001. Aplicación de la técnica de análisis de imagen en la determinación de la calidad de la canal y de la carne. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 16(1): 99-108.
- Picard B., Robelin J., Geay Y. 1995. Influence of castration and postnatal energy restriction on the contractile and metabolic characteristics of bovine muscle. *Annales de Zootechnie*, 44: 347-358.
- Prieto N., Andrés S., Giráldez F.J., Mantecón A.R., Lavín, P. 2006. Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of chemical composition of oxen meat samples. *Meat Science*, 74: 487-496.
- Sanderson R., Lister S.J., Dhanoa M.S., Barnes R.J., Thomas C. 1997. Use of near infrared reflectance spectroscopy to predict and compare the composition of carcass samples from young steers. *Animal Science*, 65: 45-54.

- Varela A., Oliete B., Moreno T., Portela C., Carballo J.A., Sánchez L., Montserrat L. 2003. Calidad de la carne de machos enteros y castrados de raza Rubia Gallega sacrificados con 24 meses. Archivos de Zootecnia, 52: 347-358.
- Vote D.J., Belk K.E., Tatum J.D., Scanga J.A., Smith G.C. 2002. On-Line prediction of beef tenderness using a computer vision system equipped with a BeefCam™ Module. Animal Science Research Report. Colorado State University, Fort Collins, CO.
- Williams P.C., Sobering D.C. 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 1: 25-32.