

2011^{er} Congreso Nacional de la Carne

Libro de ponencias

I Congreso Nacional de la Carne

Organizan:



EUROCARNE
LA REVISTA INTERNACIONAL DEL SECTOR CARNICO

IRTA Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries

Título: I Congreso Nacional de la Carne. Libro de Ponencias

Autores: Varios autores.

Edita: Estrategias Alimentarias, S.L. EUROCARNE

ISBN: 84-930010-6-6

DEPÓSITO LEGAL: M-6473-2001

Estrategias Alimentarias, S.L.

Fermín Caballero, 64, 1º B

28034 Madrid - España

Tel.: 91 378 09 22 / Fax: 91 378 07 11

E-mail: eurocarne@eurocarne.com

www.eurocarne.com

Fotomecánica: Arttec, S.L.

Imprime: Gráficas Berlín, S.L.

Comité Organizador I Congreso Nacional de la Carne

Presidente

D. Luciano Casellas

Presidente de la Asociación Española de Fabricantes y Comercializadores de Maquinaria para la Industria Cárnica - AEFEMAC

Responsable Técnico-Científico

Dr. José María Monfort

Director del Centro de Tecnología de la Carne - IRTA

Vocales

D. José Ramón Velasco

Director de la revista EUROCARNE

D. Víctor Pascual

Director de la Asociación Española de Fabricantes y Comercializadores de Maquinaria para la Industria Cárnica - AEFEMAC

Índice de Anunciantes

Alkemi, S.A.	143
Antonio Villoria, S.A. (Anvisa).....	79-82
Appeyron Research, S.A.	Encarte
Barcelona Tecnología Alimentaria - Tecnocárnica	94
Bigas y Alsina, S.A.	145
Bord Bia. Alimentos de Irlanda.....	112
Certical. Certificadores de Calidad.....	22
Congreso Internacional del Jamón	114
Congreso Nacional de la Carne	146
Convenience Food Systems International B.V. Iberia	64
CSB-System España, S.L.	21
Dordal, S.A.....	66
Espera Ibérica, S.A.	10
Importadora Tudelana, S.A.	47
Ingeser. Servicios de Ingeniería y Gestión, S.A.	Interior contraportada
Intecal. Industrial Técnico Alimentaria, S.A.....	35
Kienast & Kratschmer LTDA e Ind. De Suproductos de Origen Animal. Lopesco.....	50
Maquinaria Industrial Torras, S.L.	8
Metalquimia, S.A.	Interior portada
Pic España, S.A.	24
Proing Ingeniería, S.A.....	111
Purac Bioquímica, S.A.	48
Refrigeración Casassas, S.A. Refrica	63
Roche Vitaminas, S.A.....	36
Roser Contrucciones Metálicas, S.A.	Contraportada
Segell Expres, S.L.....	144
Xuclà Mecàniques Fluvia.	93

Sumario

La trazabilidad en el sector cárnico y su gestión.

ETG jamón serrano, un ejemplo de aplicación **11**

Sistemas on-line para la determinación de la calidad del producto

Nuevos métodos de conservación de productos cárnicos **25**

**Medida de espectroscopía de independencia eléctrica
para la estimación de calidad de carne en línea** **37**

Nuevas metodologías en la conservación

de productos cárnicos **51**

Aplicación de la visión artificial y sistemas expertos.

Inteligencia artificial en la clasificación de canales

**Inspección de paquetes de salchichas Frankfurt
con visión artificial** **67**

**Manipulación de carne fresca con robots
para la fabricación de jamón cocido** **83**

Inteligencia artificial en la clasificación de canales **95**

Política de calidad y actitud del consumidor de carne

en la Unión Europea: referencia especial al caso español **115**

Perspectivas de evolución y hábitos de consumo

de carne en el mercado japonés **145**

Situación actual de la encefalopatía espongiforme

bovina (EEB) en Europa **157**

**LA TRAZABILIDAD
EN EL SECTOR CÁRNICO
Y SU GESTIÓN.**

**ETG JAMÓN SERRANO,
UN EJEMPLO DE APLICACIÓN**

D. José Ramón Godoy

La trazabilidad en el sector cárnico y su gestión. ETG Jamón Serrano, un ejemplo de aplicación

JOSÉ RAMÓN GODOY

Responsable Sector Cárnico. ECAL

Introducción

Los últimos problemas alimentarios surgidos (aceite de colza desnaturalizado, presencia de dioxinas en pollos, encefalopatía espongiiforme bovina, etc) han causado en el consumidor un sentimiento de alarma y desconfianza que debe ser de alguna manera controlado. Para ofrecer una mayor transparencia en las condiciones de producción y comercialización de la carne de vacuno y de los productos obtenidos a partir de la misma, especialmente en lo que hace referencia a rastreabilidad de los mismos, y para mitigar esta situación de desconfianza y ofrecer una mayor garantía de seguridad al consumidor, la comisión definió un reglamento (Reglamento nº 820/97), y su reglamento de aplicación (Reglamento 1141/97) para regular de manera obligatoria la trazabilidad y el etiquetado de la carne de vacuno. Este reglamento establecía las condiciones del etiquetado facultativo (artículo 14) y del etiquetado obligatorio (artículo 19) para enero de 2000.

Estos reglamentos quedaron derogados por el Reglamento nº 1760/2000 y su reglamento de aplicación (Reglamento nº 1825/2000), que regulan el establecimiento del etiquetado obligatorio desde septiembre de 2000. En este reglamento se establecen los requisitos mínimos que el etiquetado de la carne de vacuno debe incluir: la identificación de los animales de los que procedan las piezas, del matadero de sacrificio y de la sala de despiece.

Para ampliar esta información y ofrecer al consumidor otros aspectos del producto que aumenten su valor, garanticen sus calidades y ofrezcan mayor transparencia, en la etiqueta pueden reflejarse además, conceptos considerados como facultativos; para ello deberá definirse un Pliego de Condiciones propio de una ex-

plotación o asociación ganadera que establezca cuáles son estos conceptos. Este Pliego de Condiciones deberá estar aprobado por la Autoridad competente y controlado por una Entidad de Certificación independiente que cumpla con la norma sobre certificación de producto EN-45011.

La segunda parte de la puesta en marcha del reglamento se desarrollará a partir de enero de 2002, fecha en la cual el etiquetado requerirá además como datos obligatorios, la reseña del estado o país de nacimiento del animal y del estado o país de engorde del mismo.

Con estas medidas se pretende mantener un control sobre la carne durante todo el proceso, desde la procedencia de los animales a las instalaciones de procesamiento de las carnes y los centros de distribución al consumidor, con el fin de mantener en todo momento identificada cualquier pieza cárnica, desde su nacimiento hasta su entrega al consumidor final y de relacionar cada animal con sus piezas.

En todo caso, el etiquetado no omite ni condiciona la necesidad de mantener los correspondientes mecanismos de gestión de la seguridad alimentaria a través de los servicios, controles y medidas preventivas realizados por cada operador y las autoridades correspondientes.

Concepto de trazabilidad

La trazabilidad queda definida en el Reglamento 1760/2000 de la siguiente manera: “el sistema de etiquetado obligatorio garantizará una relación entre la identificación de las canales, cuartos o trozos de carne, por un lado, y por otro, cada animal o, cuando ello sea suficiente para permitir establecer la veracidad de la información que contenga la etiqueta, el grupo de animales correspondiente”.

Para garantizar la trazabilidad, todos los agentes económicos y las organizaciones implicadas en el proceso deberán disponer de un sistema de identificación y registro completo que abarque todas las fases de producción y venta. Este sistema debe garantizar permanentemente la relación entre la identificación de la carne y el animal o animales correspondientes.

Es fácil comprender que esta situación requiere una modificación en la manera tradicional de producir y comercializar los productos cárnicos en algunos casos. Es probable que se requiera un desarrollo informático tanto en explotaciones, como en mataderos, salas de despiece y puntos detallistas, y que se modifiquen de alguna manera, los mecanismos de operación propios de cada instalación: separación de animales y productos por lotes, proveedores o clientes, los sacrificios, las faenas de despiece, etc.

Trazabilidad para la explotación ganadera

Obligaciones de la explotación

- a) Llevar un registro actualizado de animales.
- b) Informar a las autoridades de traslados, nacimientos y bajas.



- c) Completar y hacer acompañar del pasaporte individual a cada animal.
- d) Informar sobre origen, identificación y destino de los animales.

Objetivos perseguidos

- a) Identificar de forma fiable al animal.
- b) Facilitar el sistema de etiquetado obligatorio de la carne en posteriores fases.
- c) Responder a las necesidades de Pliegos Facultativos de clientes.
- d) Facilitar el etiquetado facultativo de la carne en posteriores fases.
- e) Proporcionar valor añadido al producto final.

Sistemas de control de la trazabilidad en la explotación

a) Sistema manual

- Ventajas:
 - Requiere pocos medios materiales.
 - Implantación rápida.
 - Inversión baja.
- Inconvenientes:
 - Altera ritmo de trabajo habitual.
 - Afecta a la productividad.
 - Posible riesgo de fallo por factor humano.
 - Inviabile para gestionar etiquetado a medio plazo.

b) Sistema informático:

- Ventajas:
 - Se adapta al sistema de trabajo habitual.
 - Es versátil y flexible.
 - Cubre las necesidades de etiquetado a medio plazo.
- Inconvenientes:
 - Implantación más lenta.
 - Inversión mayor.

Trazabilidad en matadero, sala de despiece, fábrica y minorista

Obligaciones de la instalación

- a) Relacionar animal y producto durante todo el proceso.

Objetivos perseguidos

- a) Facilitar el etiquetado obligatorio de la carne en posteriores fases del proceso.
- b) Afrontar el etiquetado de pliegos facultativos.

- c) Facilitar el etiquetado facultativo de la carne en posteriores fases del proceso.
- d) Proporcionar un mayor valor añadido al producto.

Herramientas para los sistemas de trazabilidad

La selección de las herramientas del sistema de trazabilidad que se incorporan a la gestión del proceso debe seguir unas directrices básicas que garanticen el cumplimiento de unos objetivos establecidos:

- a) Garantizar el origen de las materias primas.
- b) Permitir rastrear hasta el origen cualquier problema surgido en cualquiera de las fases de producción.
- c) Poner freno a posibles deterioros de la imagen comercial frente a escándalos.
- d) Posibilitar la asignación de responsabilidades a cada agente.
- e) Favorecer la comercialización de los productos a corto-medio plazo.
- f) Proporcionar un valor añadido al producto.
- g) Mejorar la información al consumidor y ofrecerle mayor garantía.

Para garantizar la trazabilidad de la carne durante todo el proceso productivo se requiere el empleo y seguimiento de identificadores, registros y bases de datos.

Identificadores

Los identificadores son aquellos elementos que se encuentran de manera visible sobre el producto y que incluyen la información necesaria que permita identificar "in situ" al mismo. Deben encontrarse sobre el animal vivo, como marcado auricular (marcado oficial: crotal numerado, y marcado facultativo: código de barras o numeración identificativa en precinto plástico).

Sobre la carne, los identificadores pueden encontrarse en forma de precinto (sobre canales y piezas) o de etiqueta (sobre canales, piezas, despieces y unidades de venta).

Los elementos identificadores deben aportar una información que permita la relación entre ellos.

Registros y bases de datos

Estos registros de seguimiento y control pueden llevarse a cabo de dos maneras:

Manuales

Son más limitados, aparentemente son más económicos, requieren un mayor tiempo de gestión y son poco fiables, ya que requieren la intervención humana, aumentando las posibilidades de error.

Informatizados

Son sistemas más fiables y manejables, que pueden complementarse con otros sistemas informatizados (gestión de la producción por ejemplo), con alta capacidad de almacenamiento de información real, que se adaptan con mayor facilidad a la implantación de pliegos facultativos, y que requieren un mayor aporte económico inicial.



Modelo de sistema de control de la trazabilidad informatizado

Control en granja

Identificación del animal en granja

El animal queda identificado por el crotal oficial que incorpora un código único y otro específico para el pliego facultativo (en su caso). Estos códigos de crotales se registran mediante lectores ópticos y pasan a una bases de datos. La información de los datos de origen y la información relevante para la marca propia (en el caso de pliegos facultativos) queda registrada en la correspondiente base de datos y se relaciona con el código de identificación de cada animal.

Registro de expediciones a matadero

Se establece un sistema de registro de salidas de animales en el que se incorporan los números de los crotales (oficial y facultativo en su caso) y los pesos de los animales.

- **Identificación del animal (crotal oficial y crotal particular en su caso) → base de datos**
- **Registro de salidas de animales (fecha y matadero de destino) → base de datos**
 - **Peso de cada animal a la salida → base de datos**

Control en matadero

a) Registro de recepción en matadero

En matadero se establece un sistema de lectura automática del código identificativo de cada animal con registro simultáneo del peso.

b) Registro del sacrificio

Se registran la fecha y lugar de sacrificio y los pesos de la canal obtenidos de cada animal.

c) Identificación de las canales

Cada media canal queda identificada con una marca (precinto o etiqueta) asociada al crotal original y a su información de origen

- **Identificación de animales en la entrada**
- **Registro de entrada de animales → base de datos**
- **Peso de animales en recepción → base de datos**
- **Fecha y lugar de sacrificio (código matadero) → base de datos**
 - **Peso de las canales → base de datos**
- **Identificación de las medias canales con etiqueta o precinto (nº crotal + nº código matadero + código de cada media canal) → base de datos**

Control en salas de despiece

a) Identificación de las piezas cárnicas

- **Identificación de las medias canales en recepción**
 - **Registro de entrada de cada media canal (nº etiqueta o precinto) → base de datos**
 - **Registro de piezas obtenidas de cada media canal (control de escandallos) → base de datos**
- **Identificación de las piezas con etiqueta o precinto (nº crotal + nº código matadero + código de cada media canal + nº de código de cada pieza) → base de datos**
- **Registro del peso de cada pieza → base de datos**

Control en salas de faenado

a) Registro de recepción en las instalaciones de faenado

En la recepción se realiza una lectura automática de los códigos de las piezas, de los pesos y de la información asociada, registrándose en la base de datos correspondiente.

b) Gestión de la producción y trazabilidad

Para la gestión de la producción y aseguramiento de la trazabilidad se puede diseñar una aplicación específica que relacione las piezas de partida y los productos obtenidos de las mismas.

- **Identificación de piezas en recepción**
 - **Registro de piezas en recepción (nº etiqueta o precinto) → base de datos**
 - **Registro de productos obtenidos de cada pieza recibida → base de datos**
 - **Identificación de productos obtenidos de cada pieza con etiqueta (nº crotal + nº código matadero + código de la media canal + nº código de la pieza + nº código del producto obtenido) → base de datos**

Control en puntos de venta al público

a) Registro de recepción en puntos de venta al público

En recepción se registra cada pieza a través de la lectura automática de su código individual.

b) Control de escandallos

Para cada actividad que se realice sobre una pieza identificada en el punto de venta, habrá que mantener un registro que se integrará en el sistema de control. De



esta manera, el sistema debe ser capaz de mantener controlado el número de unidades de venta que se obtienen de cada pieza, proporcionando el mismo número de etiquetas que los escandallos hayan definido.

c) Identificación de las unidades de venta

Cada unidad de venta irá identificada mediante la correspondiente etiqueta que contiene la información exigida, asociada desde el origen. De esta manera se cierra el círculo y se garantiza que la pieza expedida en el punto de venta se corresponde con un determinado animal que ha cumplido con los requisitos establecidos en la normativa.

- **Identificación en recepción, de piezas y productos identificados**
- **Registro de operaciones ejecutadas sobre una pieza o producto**
 - **Registro del número de unidades de venta obtenidas de cada pieza o producto**
- **Identificación de unidades de venta con etiqueta (nº crotal + nº código matadero + código de la media canal + nº código de la pieza + nº código del producto obtenido + nº código de unidad de venta)**

Control de la trazabilidad en la certificación de la ETG Jamón Serrano

La trazabilidad de los jamones durante el proceso productivo es una de las exigencias que el Pliego de Condiciones del Jamón Serrano exige para la certificación del producto. Se trata de que en todo momento se pueda garantizar la ubicación de las unidades que se encuentran en el proceso, para poder mantener los controles que se exigen en dicho Pliego y para verificar que cumplen con todas las exigencias establecidas en el mismo.

El control de la trazabilidad en el proceso debe ser verificado por una entidad externa independiente que cumpla con la norma EN-45011. El jamón serrano es pionero al apostar por un proyecto en el que la responsabilidad del control recae en entidades privadas de certificación, que son independientes, objetivas, eficaces e imparciales, y que además deben estar acreditadas.

Esta es hoy la base de la política europea en materia de evaluación de la conformidad (seguridad y calidad) de los productos y consiste en la progresiva sustitución del control oficial por la capacidad de las empresas para garantizar la calidad de sus propios productos, junto con la creación de instrumentos responsables de la verificación y certificación de esa calidad.

Estos organismos establecen un programa de control y seguimiento para verificar los productos certificados para evitar situaciones de fraude a los consumidores, competencia desleal y desprestigio del producto.

El nuevo enfoque de la Unión Europea para el control de los productos se basa por tanto, en la necesidad de contar con organismos independientes, imparciales y objetivos. Esto queda garantizado por el cumplimiento de la norma EN 45011.

Para poder certificar la producción de jamón serrano en una empresa es imprescindible que se garantice a la entidad de certificación el correcto cumplimiento de los requisitos del Pliego de Condiciones. Para ello, la entidad de certificación analiza la documentación del centro de trabajo y del proceso productivo, comprueba la trazabilidad del producto desde la recepción de la materia prima hasta su etiquetado y expedición, valora el sistema de autocontrol de la propia empresa, verifica las condiciones de dicho proceso "in situ" y realiza contrastes sobre las diferentes fases del proceso y sobre el producto final.

A continuación se presentan los puntos sobre los que la entidad de certificación va a mantener el control para garantizar la trazabilidad del producto:

Recepción de la materia prima

El productor debe mantener un control intenso sobre la materia prima que se recepciona. Para garantizar la trazabilidad, deberá mantenerse un control permanente sobre las piezas que entran en el proceso, asegurando en cada momento, la localización y los días que lleva el producto en cada fase del proceso.

Los jamones son recibidos en la planta. En el caso de superar la criba inicial, entran en el proceso para la elaboración de jamón serrano, estableciéndose un sistema de registro de los parámetros que nos interesan en soporte informático o en papel.

Si el control se realiza pieza a pieza, se dotará a cada jamón de un precinto identificativo no sustituible con su código correspondiente, que acompañará a la pieza durante toda su vida en la fábrica y que se convertirá en su "carnet de identidad". En este caso, se deberá establecer un sistema informático o en papel, que relacione todos los aspectos certificables con el número de identificación del jamón durante todo el proceso. Durante la recepción de la materia prima se registrarán al menos, por cada unidad, los siguientes parámetros:

- Proveedor (legibilidad del sello del matadero).
- Fecha de entrada.
- Peso en sangre.
- Jamón con pata o sin ella.
- Temperatura interna en recepción (en una muestra aleatoria).
- Espesor de grasa del jamón (en una muestra aleatoria).
- Conformación del jamón.

En el caso de realizarse un control por lotes, se ordenarán los jamones recibidos en grupos lo más homogéneos posibles, con un rango máximo de peso de 2 kg. antes de su entrada en la fase de salado. Estos lotes deberán quedar perfectamente identificados, al tratarse de la unidad de control que el productor va a llevar durante todo el proceso.



En cada lote se definirá un número mínimo de jamones piloto o testigo, que serán los encargados de representar al resto del lote durante todo el proceso. Estos jamones testigo serán controlados durante todo el proceso. Sobre estos jamones testigo se llevará un registro de los mismos parámetros anteriormente citados.

Fase de salado

Antes de la entrada de los jamones en sal, se procederá al marcado del sello del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, en el que se indica la semana de salado y el año correspondiente. Esta señal, que deberá quedar perfectamente legible durante todo el proceso, será un indicador fiable del tiempo de permanencia del jamón en el proceso.

Durante esta fase, y ya se trate de jamones piloto individuales o lotes testigo, se procederá al control de la fecha de entrada en sal y de la fecha de salida. En este tránsito, los jamones deben mantenerse en un periodo mínimo de 0,65 días/kg. de peso y un máximo de 2 días/kg. en las condiciones de temperatura y humedad que el Pliego de Condiciones exige. Estos datos deberán quedar debidamente registrados.

Fase de postsalado

De igual manera, se establecerá un sistema de registro de los tiempos de permanencia de los jamones en la cámara de postsalado, manteniendo las condiciones de temperatura y humedad que el Pliego de Condiciones exige, durante al menos 40 días.

Fase de secado

Se establece un sistema de registro de los datos de entrada y salida en la sala de secado, manteniéndose durante 110 días como mínimo, las condiciones de temperatura y humedad referenciadas en el Pliego de Condiciones. El dato quedará registrado en cada estadillo de control del lote o de la pieza, o en la correspondiente bases de datos.

Fase de envejecimiento

En esta fase, los jamones permanecerán el tiempo necesario para alcanzar los 210 días desde la entrada en sal que el Pliego de Condiciones impone. Se registra la fecha de entrada del jamón y el peso de las piezas o lotes piloto, verificándose que se alcanzan los citados 210 días (mínimo) y una merma en el peso desde la entrada, del 33% (mínimo).

Fase de expedición

Una vez concedida la certificación para la producción anual del centro productor, se procederá a establecer un sistema que relacione el producto expedido con el des-

tino que se le da. De esta manera, se mantiene el control del proceso desde la entrada de la materia prima hasta su llegada al consumidor final en los centros de distribución. Este método de seguimiento de las piezas puede seguirse a través de los albaranes de compra, manteniendo estos registros el tiempo que se considere necesario.

Todos estos registros quedarán finalmente verificados por los técnicos de la entidad de certificación, a los que habrá de garantizar la certeza de los datos y la integridad del sistema de autocontrol en la propia fábrica. Si la inspección resultara satisfactoria, se elaboraría el correspondiente informe positivo y habría que esperar a los resultados de los ensayos analíticos para proceder a su certificación.

SISTEMAS ON-LINE PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO

**EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS ON-LINE
DE CLASIFICACIÓN DE CANALES PORCINAS**

Dr. Alejandro Diestre

**MEDIDA DE ESPECTROSPÍA
DE INDEPENDENCIA ELÉCTRICA
PARA LA ESTIMACIÓN
DE CALIDAD DE CARNE EN LÍNEA**

Dr. Jordi Elvira

Evolución de los sistemas on-line de clasificación de las canales porcinas

MARÍA FONT I FURNOLS¹, MARINA GISPERT¹
JOSEP BATALLÉ² y ALEJANDRO DIESTRE²

¹ IRTA. Centro de Tecnología de la Carne
Granja Camps i Armet, 17121 Monells (Girona)

² NORFRISA, Ctra. Nacional II, km. 707. 17457 Ruidellots (Girona)

Se presentan las consideraciones científicas y tecnológicas del sistemas de clasificación de canales porcinas de la UE como ejemplo de la evolución de los metodos *on line*, aplicables a la cadena productiva de la carne. La predicción del rendimiento en carne magra es el criterio exigido para clasificar las canales. La Administración utiliza este criterio para asegurar un pago justo en las transacciones y a su vez como un mecanismo de regulación del mercado. Por otra parte, para el mercado de la carne porcina este criterio está estrechamente relacionado con el beneficio económico que se puede obtener de una canal.

Introducción

El criterio que se ha utilizado para regular las transacciones entre productores e industriales de la carne es el rendimiento carnicero de las canales, es decir el contenido de carne magra de éstas, expresado generalmente como su porcentaje de magro. Esto ha llevado la incorporación de diversas tecnologías, capaces de estimar en la línea del sacrificio este criterio de calidad. En sus principios se basaba en medidas subjetivas, pasando posteriormente por medidas objetivas pero sin captura automática de la información, hasta llegar a los sistemas actuales de clasificación de las canales porcinas utilizando equipos con captura automática de la información.

En la UE, el sistema de clasificación de las canales porcinas se ha venido utilizando como un mecanismo de regulación de los precios entre productores e industriales. Por ello, los estados miembros deben aplicar un sistema de clasificación aprobado por la Comisión Europea que estime el porcentaje de magro de cada uno de los cerdos que son sacrificados. De esta manera, la Administración se asegura que el precio sea justo y a su vez obtiene una información objetiva de los precios en los mercados representativos que le permite aplicar medidas de ayuda (almacenamiento privado y restituciones a las exportaciones) cuando estos están por debajo de los costes productivos.

Se ha escogido este criterio de calidad porque está estrechamente relacionado con el margen económico que se puede obtener de una canal durante su transformación en los diversos productos del cerdo. Es cierto que en algunos mercados priman otros criterios cualitativos tanto o más que el porcentaje de magro de la canal, por ejemplo nuestro mercado de productos destinados a largos procesos de curación donde se penalizan las canales con alto contenido en magro, exigiendo un mínimo grado de engrasamiento. Sin embargo, esas características de engrasamiento también tendrán que ser estimadas siguiendo el planteamiento científico que discutiremos tomando como ejemplo el sistema de clasificación de canales porcinas de la UE.

Igual que en cualquier método *on line* que se aplique en una cadena productiva, la precisión en las estimaciones del porcentaje de magro de las canales es un requisito fundamental que debe aportar cada uno de los nuevos sistemas que sean adoptados. Primeramente, se debe estandarizar el método de referencia para obtener el porcentaje de magro de la canal, que será la base sobre la que se calibrarán todos los equipos. También, debemos tener presente el proceso de selección de la muestra de canales sobre la cual se realizarán los cálculos para conocer la fiabilidad de los nuevos desarrollos, así como los procedimientos estadísticos necesarios para saber la exactitud de las predicciones que se utilicen en las líneas de los mataderos.

Despiece, disección y porcentaje de magro

Tal y como señalábamos, la clasificación de las canales porcinas se basa en una estimación objetiva del porcentaje de magro. Así pues, para obtener resultados comparables entre los diferentes sistemas aplicados, debemos asegurarnos que la presentación, el peso y el contenido de magro de la canal sean definidos de manera precisa (Regulación del Consejo (EEC) N° 3220/84 y Regulación de la Comisión N° 2967/85).

Para calcular el porcentaje de magro de la canal debemos definir el peso de la canal que representa el denominador. Dado que el coste de la disección de una canal es elevado, tanto por el tiempo que conlleva como por su depreciación, los trabajos de evaluación de canales se basan en el estudio de las medias canales. En el caso del sistema de clasificación del porcino, se trabaja con las medias canales izquierdas que son preparadas siguiendo la definición de la Regulación de la Comisión N° 3513/93 según la cual la canal se define como: el animal sacrificado,



Figura 1.- Cortes obtenidos con el método de despiece de referencia (Walstra y Merkus, 1995).

desangrado y eviscerado; sin lengua, uñas, diafragma, órganos genitales, grasa pélvica y renal, ni riñones. Una vez la media canal está preparada, se procede a su despiece en 12 piezas comerciales: jamón, recorte del jamón, lomo, cuello, cabeza con papada, jarrete y pie, jarrete y mano, solomillo, espalda, parte anterior de la panceta, panceta, y parte ventral de la panceta. El peso de la canal se considera entonces como la suma de los 12 cortes obtenidos (**figura 1**). La cola no se considera en el peso de la canal y se corta entre 6ª y 7ª vértebras coxígeas.

El numerador de este cálculo o sea el peso de la carne magra, en un principio se obtenía mediante la disección de los 12 cortes de la canal. Este método se conoce como el Método de Kulmbach o método de referencia con disección completa (Scheper y Scholz, 1985). Evidentemente, la laboriosidad que implicaba (10 a 12 h por canal) hacía que los estados miembros realizaran las disecciones utilizando métodos nacionales más simplificados que luego se ajustaban con el método de Kulmbach. Sin embargo, estos ajustes originaban sesgos que fueron estudiados en un amplio ensayo en los años 1990/91 (Cook y Yates, 1992). En dicho estudio se optó por simplificar el método de disección completa de Kulmbach por un método simplificado, donde la disección fue limitada a las 4 piezas principales (jamón, lomo, espalda y panceta), que representan aproximadamente el 75 % del magro total.

El nuevo contenido de carne magra de las canales está descrito brevemente en la Regulación de la Comisión N° 3127/94, y con detalle ha sido descrito por Walstra y Merkus (1996). Así pues, el contenido en carne magra es actualmente la suma del peso del magro disecado del jamón, lomo, espalda, panceta, mas el peso

del solomillo. Dado que las clases originales estaban dentro de un porcentaje de magro de la canal que iba desde algo menos del 40% hasta algo más del 60% de magro calculado con el método de disección completa, se aplicó un factor de corrección de 1.3 por el cual se multiplica el porcentaje de magro obtenido con las cuatro piezas del nuevo método simplificado. De esta manera los intervalos por los cuales se comunicaban los eslabones productivos pudieron mantenerse.

Desarrollos tecnológicos

La evolución de las diferentes tecnologías para predecir el porcentaje de magro en los sistemas de clasificación de canales se ha encaminado en la búsqueda de nuevas técnicas que mejoren las mediciones de predicción del porcentaje de magro de la canal. En sus principios, la apreciación visual de las canales fue por mucho tiempo el método utilizado por los intermediarios para estimar el valor de una canal. Lógicamente, la subjetividad que llevan implícita estas apreciaciones las hizo obsoletas en la mayoría de los mercados. Posteriormente, se utilizaron medidas del espesor de la grasa subcutánea en la línea media de la canal es decir después de ser divididas en dos mitades. Diversos estudios indicaron que las imprecisiones propias de la división de las canales en las dos mitades representaban una fuente de error importante de las estimaciones del porcentaje de carne de la canal (Diestre y Kempster, 1985). No obstante, todavía se siguen usando medidas en la línea media dentro de UE en algunos países en mataderos de pequeño volumen de sacrificio (Método ZP).

Actualmente, en la mayoría de los mercados se utilizan las sondas de clasificación para medir los espesores de grasa subcutánea. Estas sondas miden los espesores de la grasa dorsal a distancias fijas de la línea media. El primero de estos desarrollos fue la sonda conocida como Endoscopio (Introscope) que se basa en un simple principio óptico. A partir de esta idea se desarrollaron una serie de sondas que miden también el espesor del lomo junto al espesor de la grasa dorsal (FOM, HGP, PG-200, y CGM). Las medidas de estos equipos están restringidas a la región del lomo desde el espacio entre la 3ª y la 4ª costilla contando a partir de la última, hasta el espacio entre la 2ª y la 3ª vértebra lumbar. La distancia a la cual se realizan las mediciones desde la línea media puede ser de 60 a 80 mm. Estas sondas penetran en la grasa y el músculo del lomo y miden la profundidad de ambos componentes por las diferencias de color entre estos tejidos. Posteriormente, se desarrolló un equipo que efectúa estas mediciones en base a medidas de ultrasonido (ULTRAFOM).

El AUTOFOM es un equipo de última generación para clasificación de canales en mataderos porcinos. La empresa danesa SFK Technology A/S desarrolló este equipo usando la técnica de scanner ultrasónico tri-dimensional capaz de medir hasta 3.200 espesores de grasa y músculo en canales de porcino de forma totalmente automática. Los perfiles o imágenes son captados por 16 transductores de ultrasonidos fijados en un soporte de acero en U con una distancia de 25 mm entre ellos (**figura 2**). La frecuencia de las mediciones está sincronizada con la velocidad de la línea de tal manera que se obtiene un corte transversal cada 5 mm de

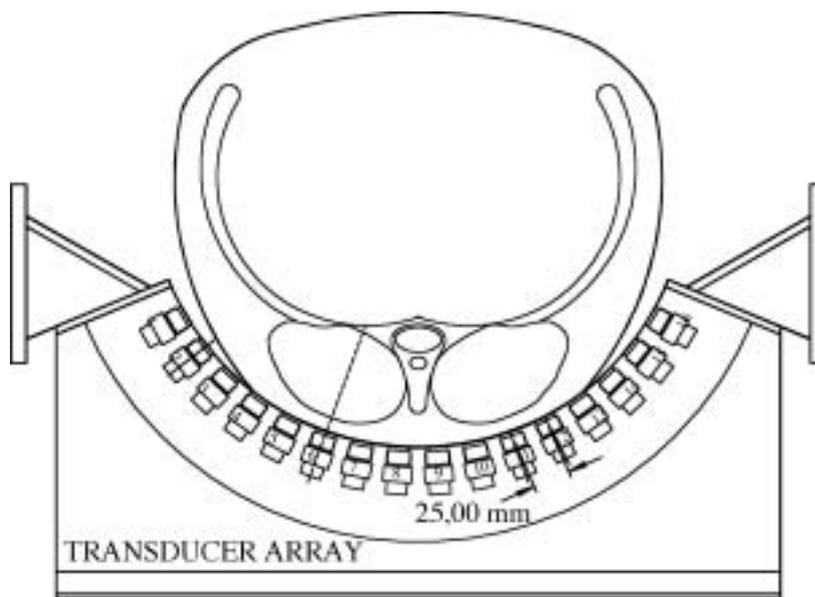


Figura 2.- Esquema de la situación de los 16 transductores en el AUTOFOM.

la longitud de la canal, con un total de 200 mediciones por transductor. En condiciones comerciales pueden clasificar hasta 1.250 cerdos por hora recogiendo un promedio de 2.000 mediciones en cada uno de ellos. La información es almacenada y el software extrae los predictores más apropiados para establecer la composición de las canales y sus piezas. Estos parámetros son utilizados en una serie de modelos desarrollados para predecir el porcentaje de magro en las canales así como el peso y la composición de los principales cortes.

En España se aprobaron las sondas FOM, HGP y PG-200 (Diestre, Gispert y Oliver, 1989), y posteriormente se aprobó una nueva ecuación solamente para el equipo FOM (Decisión de la Comisión 94/337/CE). Recientemente, se realizó un estudio cuyo objetivo fue buscar evaluar el equipo AUTOFOM en las canales porcinas españolas que comentaremos a continuación. En la **tabla 1** se presentan los principales equipos utilizados en la UE.

Equipos	Operación		Captura de datos		Invasivo	No-Invasivo
	manual	automática	manual	automática		
ZP	-		-			-
Endoscopio	-		-		-	
FOM		-		-	-	
HGP		-		-	-	
PG 200		-		-	-	
CGM		-		-	-	
ULTRAFOM		-		-		-
KO		-		-	-	
AUTOFOM		-		-		-

Tabla 1.- Principales equipos para clasificar canales porcinas.

Procedimientos estadísticos

Muestreo y exactitud

Para establecer una fórmula de predicción de y ($y_i = a + b \cdot x_i + e_i$) es muy importante, por un lado, obtener unas estimaciones precisas de los coeficientes (a y b) y de la varianza del error, lo cual se consigue con un buen muestreo. También por otro lado, es necesario evaluar la exactitud con que el porcentaje de magro (y) puede ser predicho por las medidas objetivas (x).

Relativo al muestreo, la Regulación de la Comisión N° 2967/85 establece que este debe ser basado en una muestra representativa de la producción porcina nacional o de la producción porcina regional afectada por el método de valoración. Una muestra representativa de la producción porcina puede ser muy difícil de obtener, debido principalmente a la heterogeneidad existente. Existen muchas subpoblaciones que surgen de los diferentes sexos, pesos al sacrificio y tipos genéticos utilizados en los sistemas de producción. Las diferentes subpoblaciones pueden ignorarse completamente, seleccionando una muestra completamente al azar. En este caso es importante que éstas procedan de diferentes mataderos, productores dentro de los mataderos, etc. Dado que disecar una canal es proceso laborioso es prácticamente imposible representar al azar a todas las subpoblaciones pues el número total de canales a disecar sería muy alto. Aún así podría ocurrir que por casualidad, algunas subpoblaciones estuviesen sub-representadas o sobre-representadas en la muestra escogida. Para evitar este problema, se puede llevar a cabo un muestreo al azar pero fijando de antemano el número total de animales de cada subpoblación, ya sea igual para todas las subpoblaciones o proporcional a la distribución de éstas.

Por ello, en los estudios de clasificación es necesario diseñar completamente el muestreo, sin dejar actuar el azar. Normalmente es preferible seleccionar las canales en base a las variables de predicción (x). Si el intervalo de las variables de predicción es amplio en la muestra seleccionada se obtiene mayor exactitud en la estimación de los coeficientes a y b de la ecuación. Por esto, para garantizar un amplio intervalo de x , uno de los métodos más utilizados en el muestreo es el procedimiento 40-20-40. Este método consiste en seleccionar un 40% de los animales de la muestra con valores bajos de la variable x , un 20% con valores medios, y el 40% restante con valores altos. Los niveles para definir los diferentes grupos se obtienen a partir del valor medio para la variable x más menos un número determinado de desviaciones estándar. Las variables de selección deben ser variables de predicción. En caso de no serlo, podrían alterar a los resultados, siempre y cuando afectaran de manera significativa a la fórmula. En la **figura 3** se muestra la distribución del espesor de la grasa dorsal medido entre la 3ª y 4ª últimas costillas a 6 cm de la línea media (variable utilizada como predictora en la fórmula) en la población porcina española (línea) y en la muestra disecada (barras verticales), siendo la distribución de esta segunda 40-20-40. Esta muestra representativa de la producción nacional corresponde a un estudio reciente realizado para calibrar el equipo AUTOFOM en España.

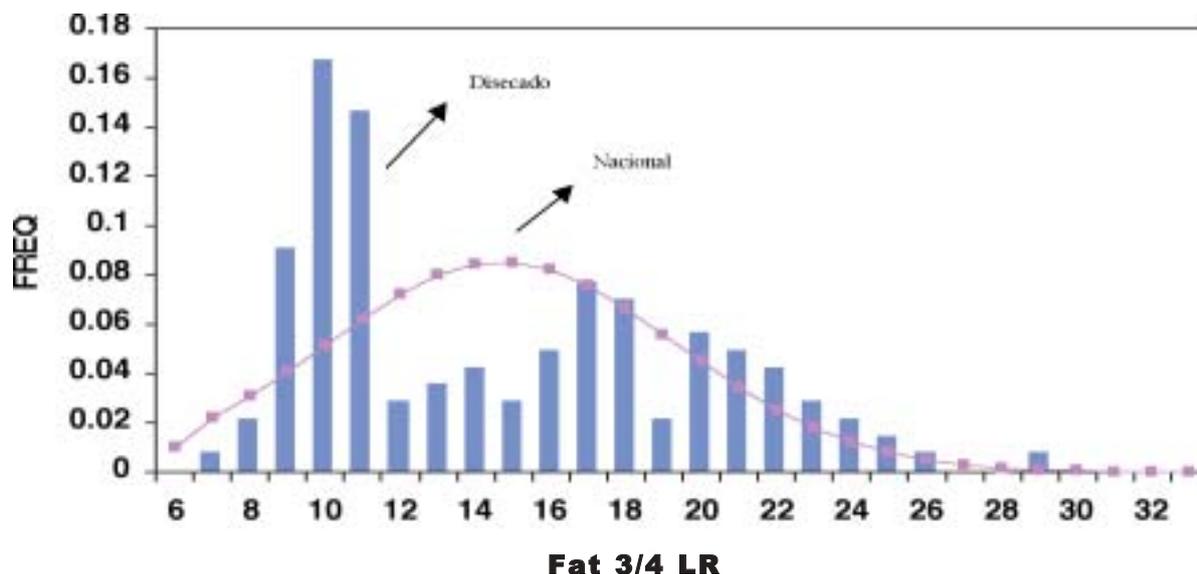


Figura 3.- Distribución del espesor de la grasa dorsal (Fat 3/4 LR) en la población y en la muestra disecada.

El tamaño de la muestra utilizada para obtener la ecuación tiene que ser lo más grande posible. La Regulación de la Comisión N° 2967/85 establece un tamaño mínimo de la muestra para la regresión lineal de 120 canales. Sin embargo, existe otra técnica de regresión, conocida como doble-regresión (Engel y Walstra, 1991a,b), en la que una parte de las canales se disecan mediante un método nacional barato y otra parte se diseca mediante el método más costoso y largo, o sea el de referencia de la CE. En este caso, la misma reglamentación citada anteriormente reduce el número mínimo de canales a disecar mediante el método de referencia de la CE a 50, mientras que las canales a disecar mediante el método nacional debe ser suficientemente alto, de manera que se pueda obtener una precisión tan buena como la obtenida utilizando la regresión lineal con una muestra de 120 individuos.

Relativo al criterio de calidad de la predicción de la fórmula, según la Reglamentación de la Comisión N° 2967/85 es el RMSE (RSD), o sea, el error residual medio, éste debe ser inferior a 2,5%. EL RMSE se calcula haciendo la raíz cuadrada de la suma de los residuales (valor de porcentaje de magro real menos valor de porcentaje de magro predicho por la ecuación) al cuadrado dividido, por los grados de libertad (tamaño de la muestra menos números de factores a estimar por la fórmula).

Regresiones y mínimos cuadrados parciales

Las predicciones del porcentaje de magro se han establecido en la mayoría de los casos mediante el uso de regresiones múltiples puesto que las formulas obtenidas funcionan bien, existe una buena documentación de esta técnica, y hay muchos programas estadísticos disponibles. A partir de las regresiones múltiples se

obtiene una ecuación en la que, introduciendo diferentes medidas objetivas se predice el porcentaje de magro de la canal. El error de la predicción que generan estas ecuaciones se define mediante el RMSE, como se ha explicado anteriormente. Sin embargo, el RMSE, no es siempre fácil de calcular y, por ejemplo en el método estadístico de los mínimos cuadrados parciales (PLS), éste puede tener diferentes posibilidades.

El PLS es un método de regresión multivariante que relaciona una o varias variables respuesta (y) con varias variables predictoras (x). Es un método muy utilizado para encontrar ecuaciones de predicción cuando las variables predictoras son muchas y están correlacionadas entre ellas, ya que en este caso la regresión lineal múltiple no es efectiva. Particularmente, el PLS se utiliza para encontrar la ecuación de predicción del porcentaje de magro para equipos como el AUTOFOM. De todas las medidas del AUTOFOM (2000 de media por canal), el software selecciona algunos puntos situados en zonas determinadas, con valores característicos de espesor de grasa y músculo así como los puntos próximos a éstos. En total selecciona 127 puntos que corresponden a las variables predictoras (x). Estas variables están altamente correlacionadas entre ellas. El PLS reduce las 127 variables x a unas pocas variables latentes t, las cuales no están correlacionadas entre ellas y explican la mayor parte de la variación en la respuesta. También encuentra otras variables latentes a partir de las variables respuesta. Este procedimiento estadístico escoge los sucesivos factores ortogonales que maximizan la covarianza entre los dos tipos de variables latentes mediante diferentes algoritmos. Con el PLS se obtienen coeficientes de regresión para las diferentes variables predictoras. Algunos coeficientes no son significativos, por lo que algunas variables pueden eliminarse del modelo (SAS User's Guide, 2000). La medida de error con el PLS puede darse en función del RMSE de predicción (RMSEP) o bien por el estadístico PRESS (suma de los cuadrados residuales de predicción). Sin embargo, la relación entre ambos no está clara.

En el año 2000 se realizó un estudio de calibración del AUTOFOM para España en el matadero *Frigoríficos del Nordeste, S.A.* (NORFRISA). Se seleccionaron un total de 144 canales (71 machos enteros y 73 hembras y castrados) según el método de selección 40-20-40, siguiendo la distribución de espesor de grasa que se presenta en la **figura 3**. La ecuación final obtenida para estimar el porcentaje de magro de la canal con el AUTOFOM utilizó un total de 35 variables (de las 127 iniciales) y fue la siguiente:

$$y = 59.730720 - 0.071305 x_1 - 0.083445 x_2 - 0.064846 x_3 - 0.063702 x_4 - 0.066525 x_5 - 0.052607 x_6 - 0.057327 x_7 - 0.076291 x_8 - 0.060650 x_9 - 0.049228 x_{10} - 0.056895 x_{11} - 0.070219 x_{12} - 0.069913 x_{13} - 0.079212 x_{14} - 0.063921 x_{15} - 0.060827 x_{16} - 0.063108 x_{17} - 0.067504 x_{18} - 0.067564 x_{19} - 0.068291 x_{20} - 0.057452 x_{21} - 0.059113 x_{22} - 0.077067 x_{23} - 0.069915 x_{24} - 0.075445 x_{25} + 0.032977 x_{26} + 0.032874 x_{27} + 0.029973 x_{28} + 0.028460 x_{29} + 0.025665 x_{30} + 0.029430 x_{31} + 0.020242 x_{32} + 0.018780 x_{33} + 0.039473 x_{34} + 0.038720 x_{35}$$

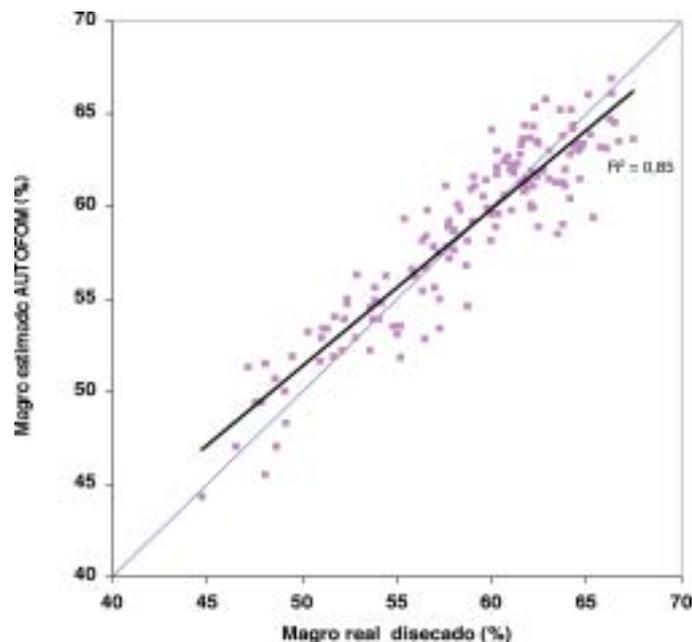


Figura 4.- Relación entre el porcentaje de magro real disecado y el estimado con el modelo obtenido por el AUTOFOM (n=144).

El porcentaje de magro medio de las canales estudiadas fue de 58.7%, con una desviación estándar de 5.22. El RMSE fue de 2.02, que cumple con los requerimientos de la CE (Reglamentación de la Comisión N° 2967/85). El error estándar de predicción (SEP), o sea, el error que se espera en la predicción de futuras canales desconocidas fue de 2.25. En la **figura 4** se presenta la relación entre el porcentaje de magro real disecado y el estimado con el modelo obtenido por el AUTOFOM. El coeficiente de determinación R^2 fue de 0.85.

Consideraciones futuras

Actualmente, se está llevando a termino un estudio (EUPIGCLASS) para mejorar la aplicación de los métodos estadísticos utilizados, así como para buscar la posibilidad de introducir nuevos desarrollos tecnológicos como metodos de referencia. En este estudio financiado por 5° Programa Marco de Investigación de la UE participan diferentes grupos que estan implicados en el desarrollo de los sistemas nacionales, empresas relacionadas con el diseño de equipos, y grupos expertos en estadística.

Primeramente, se pretende determinar los diferente tipos de errores, la robustez y la precision de los resultados de las disecciones y de los equipos de clasificación. El mejor conocimiento de los diferentes tipos de errores permitirá reducir los sesgos y construir sistemas con alta precisión. El segundo objetivo es resolver los principales problemas estadísticos con los se encuentra la aplicación de la normativa de clasificación de canales porcinas de la CE. Tanto los modelos, las estimaciones, como sus validaciones estan siendo examinadas por diferentes proce-

dimientos estadísticos. En el tercer objetivo se pretende buscar un método indirecto que pueda reemplazar a las costosas disecciones. Este objetivo pretende ser alcanzado con técnicas de imágenes de Resonancia Magnética Nuclear (NMRI), rayos X con tomografía computarizada (Y Ray CT), y con imágenes de visión de corte analizados con software.

Referencias

- **Reglamentación del Consejo EC N° 3220/84** por el que se determina el modelo comunitario de la clasificación de las canales de cerdo.
- **Reglamentación de la Comisión N° 2967/85**, que establece las modalidades de la aplicación de la parrilla comunitaria de clasificación de las canales porcinas.
- **Reglamentación del Consejo N° 3513/93** que modifica la Regulación N° 3220/84.
- Reglamentación de la Comisión N° 337/94 por la cual se modifica la Decisión 88/479 relativa a la clasificación de las canales porcinas en España.
- **Cook, G L y Yates C M. 1992.** A report to the Commission of the European Communities on Research concerning the harmonisation of methods for grading pig carcasses. (Mimeog. 21 pp).
- **Diestre A y Kempster A J. 19??** The estimation of pig carcass composition from different measurements with special reference to classification and grading. *Anim. Prod.* 41: 383-391.
- **Diestre, A, Gispert, M y Oliver, M A.** 1989. The evaluation of automatic probes in Spain for the new scheme for pig carcass grading according to the EC regulations. *Anim. Prod.* 48: 443-448.
- **Engel, B. y Walstra, P.** 1991a. A simple method to increase precision or reduce expense in regression experiments to predict the proportion of lean meat of carcasses. *Anim. Prod.* 53: 353-359.
- **Engel, B. y Walstra, P.** 1991b. Increasing precision or reducing expense in regression experiments by using information from a concomitant variable. *Biometrics* 47: 13-20.
- **SAS User's Guide.** 2000. <http://www.sas.com/rnd/app/papers/plsex.pdf>. Consultado en noviembre del 2000.
- **Scheper, J y Scholz, W.** 1985. DLG-Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf. *Arbeitsunterlagen DLG* 31 pp.
- **Walstra, P y Merkus G S M.** 1995. Procedure for the assessment of the lean meat percentage as a consequence of the New Reference Dissection Method in pig carcass classification. *DLO-Research Institute for Animal Science and Health (ID-DLO)* 22 pp.

Medida de espectroscopia de independencia eléctrica para la estimación de calidad de carne en línea

JORDI ELVIRA¹, M^a ÁNGELS OLIVER², JACINT ARNAU², IDOIA GOBANTES²,
PERE RIU³, NARCIS GRÈBOL⁴ y JOSEP M^a MONFORT²

¹ NTE, S.A., Can Malé, s/n. 08186. Barcelona, Spain.

² IRTA-CTC. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries.
Centre de Tecnologia de la Carne. Granja Camps i Armet. 17121 Monells, Girona, Spain.

³ Departament of Electronic Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya.
Jordi Girona, 1-3, Mòdul C4. 08034 Barcelona, Spain.

⁴ Esteban Espuña, S.A. Mestre Turina, 39-41, 17800 Olot, Girona, Spain.

Introducción

El Centro de Tecnología de la Carne del IRTA y la empresa NTE han trabajado desde el año 1994 en el uso de la medida de impedancia eléctrica para la determinación de la calidad de carne. Esta medida permite obtener información on-line de la calidad de carne a procesar. El trabajo conjunto ha abarcado actividades que van desde la investigación básica hasta el desarrollo de equipos de demostración. Durante los últimos tres años se han realizado una serie de validaciones industriales de dos equipos y durante el año 2001 se acabará la validación industrial de un tercer equipo. En estas validaciones industriales han participado tres empresas: IMPERIAL , N.V.; ESTEBAN ESPUÑA, S.A. y KARL SCHNELL, GmbH. Los tres equipos utilizan la espectroscopia de impedancia eléctrica con tecnología desarrollada por NTE con la colaboración de la UPC (Universidad Politècnica de Catalunya). Dos de los tres equipos permiten evaluar la calidad de la carne y el tercero permite determinar la composición de carne picada en mezcladora.

Tecnología de espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)

La impedancia eléctrica de un medio es el cociente entre la caída de tensión detectada y la corriente inyectada, en el dominio de la frecuencia, aportando de esta forma información sobre la oposición que presenta un medio al paso de una corriente eléctrica. La impedancia eléctrica (Z) que presenta un medio biológico depende de la frecuencia de la señal de corriente eléctrica que atraviesa dicho medio y es en general un número complejo que se suele escribir de la siguiente manera:

$$Z = \text{Re}(Z) + j\text{Im}(Z)$$

donde la parte imaginaria de la impedancia ($\text{Im}(Z)$), o reactancia, típicamente presenta un valor negativo en materiales biológicos, que indica efectos capacitivos debidos a la presencia de membranas celulares en el medio. La parte real de la impedancia ($\text{Re}(Z)$) es también llamada resistencia.

Algunos equipos disponibles en el mercado hoy en día miden la conductividad eléctrica, a la que es inversamente proporcional la resistencia. Es decir, si sólo se realiza la medida de la conductividad eléctrica perdemos la información incluida en la parte imaginaria de la impedancia eléctrica.

Cuando se realiza un barrido en frecuencia de la impedancia eléctrica de un medio biológico, se observa un comportamiento en la parte real de la impedancia eléctrica como el que se presenta en la **figura 1**. Esta caída es debida a fenómenos de relajación dieléctrica y para tejidos musculares ocurre en un mar-

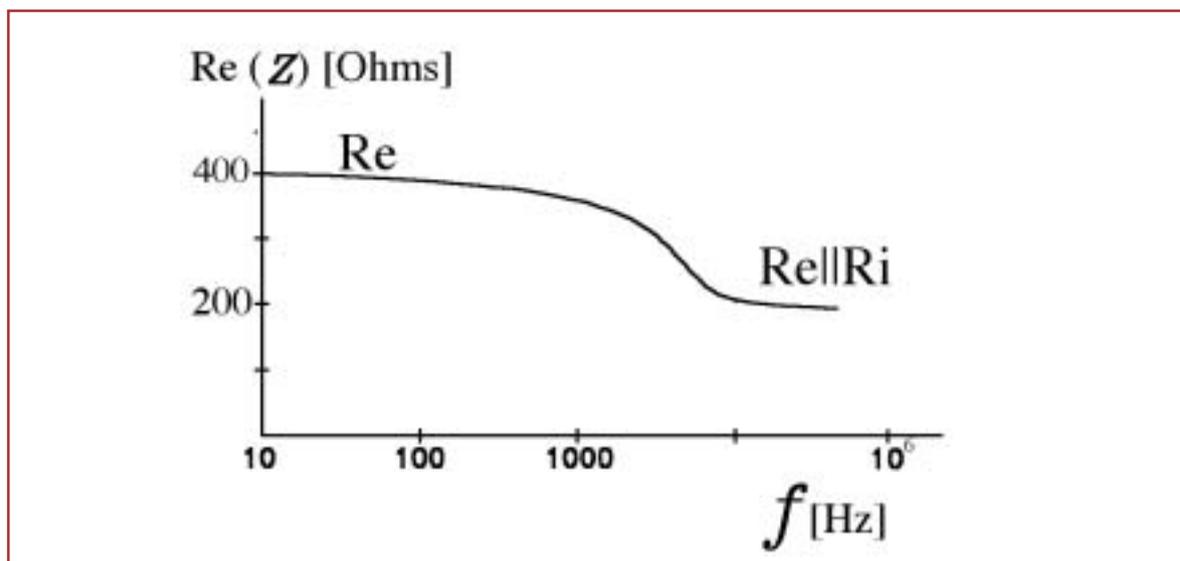


Figura 1.- $\text{Re}(Z)$ de un tejido biológico en función de la frecuencia de la señal (f).

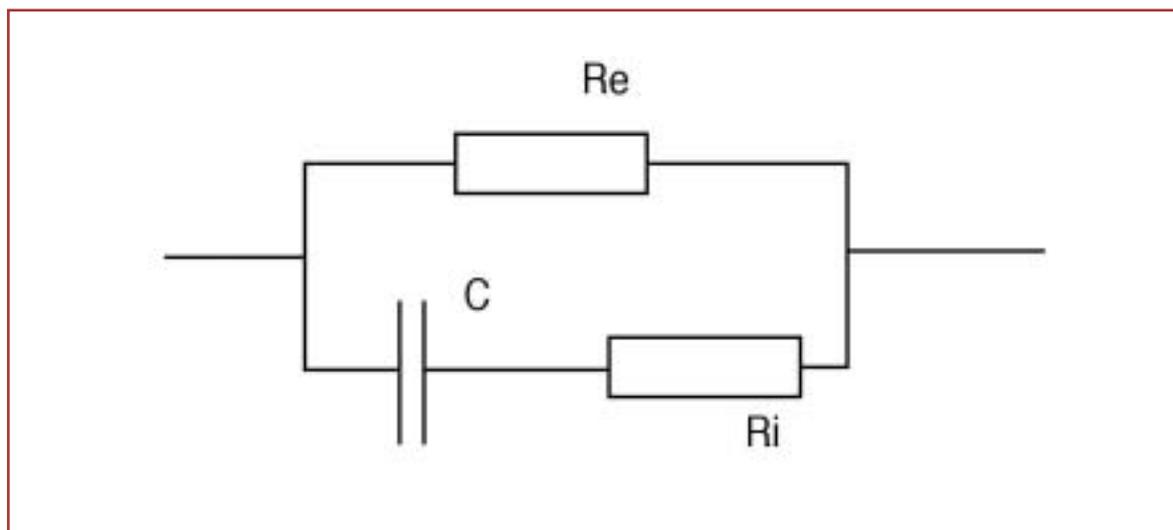


Figura 2.- Circuito equivalente de un tejido biológico.

gen de frecuencias que va desde 20 a 200 kHz dependiendo del tipo y estado del tejido. Los valores a baja y a alta frecuencia se pueden modelar con un circuito eléctrico simple (**figura 2**). Este modelo simple es un circuito equivalente del medio biológico, donde R_e representa la resistencia de la parte extracelular del medio, R_i la resistencia de la parte intracelular y C la capacidad equivalente de la membrana celular.

Este circuito equivalente modela la caída de la impedancia con la frecuencia (**figura 1**). Cuando la frecuencia de la señal de corriente inyectada en el circuito es baja (por debajo de 50 kHz), el condensador C tiene una impedancia alta, sólo permitiendo el flujo de corriente a través de R_e . Si esa frecuencia es alta (por encima de 500 kHz), el condensador se convierte en un cortocircuito y la corriente fluye por ambas resistencias (R_e y R_i).

Hasta aquí hemos descrito la parte real de la impedancia eléctrica con un modelo sencillo. Sin embargo, si queremos realizar una espectroscopia completa del medio biológico, debemos tener en cuenta la parte imaginaria. Habitualmente los valores medidos de parte real y de parte imaginaria se representan en un diagrama de plano complejo, también llamado diagrama de Argand, que resulta de representar la parte imaginaria en función de la parte real de la impedancia eléctrica (**figura 3**) y da lugar a un arco de circunferencia para materiales biológicos. En este margen de frecuencias, para tejidos biológicos, esta relajación, debida a la capacidad de las membranas celulares, se denomina relajación β . Si el medio fuera un dieléctrico homogéneo, esa figura sería un semicírculo perfecto. Los materiales dieléctricos presentan otros fenómenos de relajación en márgenes frecuenciales distintos a los que utilizamos en la Espectroscopia de Impedancia Eléctrica (EIE) (10 kHz a 10 MHz): En la banda de GHz (microondas) aparece la relajación dipolar de moléculas de agua (principio utilizado en los hornos de microondas) y a muy bajas frecuencias (Hz) aparece la relajación debida a dobles capas iónicas en las membranas y otros mecanismos interfaciales.

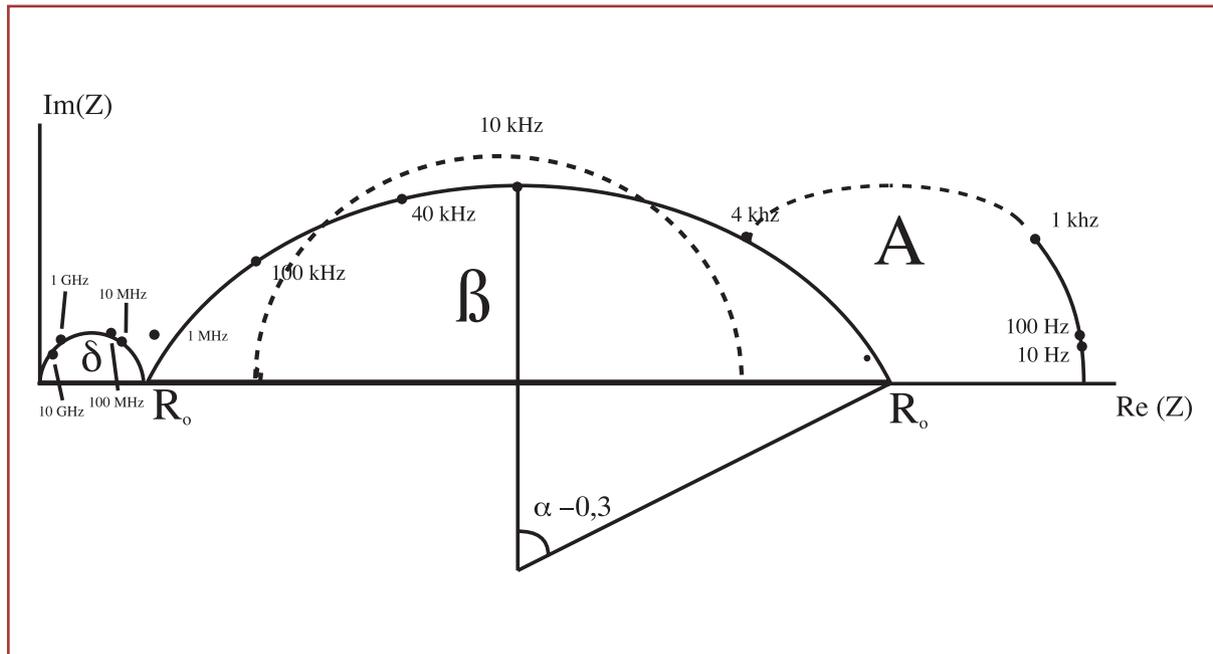


Figura 3.- Figura de Cole-Cole: Im(Z) en función de Re(Z) a diferentes frecuencias de corriente eléctrica. Los tres arcos que aparecen en la figura corresponden a tres fenómenos diferentes: dispersión A (efecto de counterion); dispersión β (características capacitivas de las membranas celulares) y dispersión δ (relajación dipolar de moléculas de agua).

La figura resultante de la relajación b no es un semicírculo completo como hemos comentado anteriormente, sino que es un arco que corresponde a un círculo con el centro por debajo del eje de resistencia. Un modelo matemático para dicha figura fue propuesto por k. Coley y R.Cole en 1941 [R 1]:

$$Z(f) = R_{\infty} + \frac{R_0 - R_{\infty}}{1 + \left[j \frac{f}{f_c} \right]^{1-\alpha}}$$

donde Z es la impedancia eléctrica que depende de β, que es la frecuencia de la corriente inyectada, R_{∞} la resistencia a una frecuencia teóricamente infinita, es decir suficientemente grande, donde la relajación desaparece, R_0 la resistencia a una teórica frecuencia cero, es decir a una frecuencia suficientemente baja donde la relajación empieza a darse, f_c la frecuencia característica, que es aquella frecuencia a la que la componente imaginaria de la impedancia eléctrica es máxima y a un parámetro de la desviación respecto a un semicírculo completo. Estos parámetros dependen de la composición del medio biológico. R_0 y R_{∞} son equivalentes a R_e , y R_i en paralelo con R_e del modelo en la **figura 2**. La ventaja principal de usar este modelo es que los valores teóricos de las dos regiones extremas de la **figura 1** con menos error que midiéndonlos directamente.

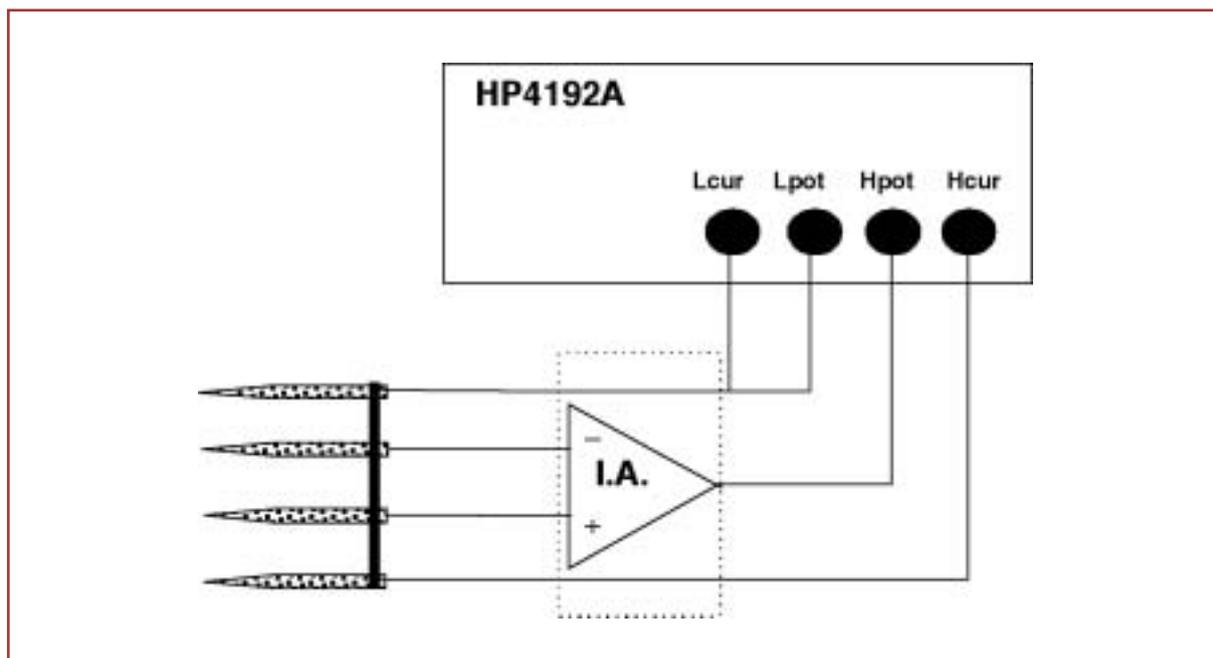


Figura 4.- dibujo esquemático del escáner de impedancia eléctrica, donde Lcur es Low current; Lpot: Low potential; Hpot: High potential; Hcur: High current; HP4192A: analizador de impedancias e IA: amplificador de instrumentación.

Los desarrollos realizados hasta la fecha por IRTA y NTE en el campo de la espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE) han sido protegidos por tres patentes españolas y una europea ([R 1], [R 2], [R 3], [R 4] y [R 5]) con la previsión de presentar otra durante este año.

Equipos de EIE para determinación de calidad de carne

NTE ha construido dos equipos de EIE para la determinación de calidad de carne:

1. Escáner de laboratorio. Este escáner permite realizar un barrido completo en frecuencia de la impedancia eléctrica de una canal o de un jamón a la entrada de fábrica. Básicamente consta de un analizador de impedancia eléctrica *Hewlett Packard HP4192A*, una electrónica de adaptación y electrodos de 4 puntas como se indica esquemáticamente en la **figura 4**. Todo este sistema está controlado por un programa específico desarrollado por NTE que permite obtener los parámetros eléctricos del barrido que se han indicado en la sección anterior.
2. Escáner portátil para uso en cadena. Aunque el escáner de laboratorio podría ser utilizado en la línea, se decidió desarrollar un sistema más fácil de transportar y usar aunque no realizara un barrido tan completo. Sin embargo, este sistema sí que debía aportar un mínimo de prestaciones que fueran útiles en ambiente industrial. El escáner portátil que aquí presentamos fue un desa-

rollo que simplificó al máximo el escáner de laboratorio para poder ser utilizado en instalaciones industriales. El escáner portátil pesa 700 gr incluidos los electrodos. La pantalla del sistema presenta los parámetros eléctricos de interés industrial que más adelante se indican en este artículo y además se guarda en memoria toda la información del barrido. Después de las medidas, la información se puede volcar en un ordenador personal.

Equipos de EIE para determinación de composición de carne picada

Un sistema de Espectroscopia de Impedancia Eléctrica (EIE) está siendo validado industrialmente. Este sistema va acoplado a una mezcladora de la empresa Karl Schnell GmbH. El sistema consiste de una parte electrónica y cuatro electrodos instalados dentro de la mezcladora. Se están realizando pruebas con distintas concentraciones de grasa y se está valorando la capacidad del sistema para determinar la composición cuantitativa en humedad, proteínas y grasa.

Validación industrial de los equipos de EIE

Los equipos de Espectroscopia de Impedancia Eléctrica (EIE) se desarrollaron con el objetivo de poder detectar carne PSE a la llegada de la materia prima a la industria. La carne con baja capacidad de retención de agua y pérdidas por goteo debida a la incidencia de carne PSE, es uno de los mayores problemas de la industria cárnica en España. La incidencia de carne marcadamente PSE (pálida, blanda y exudativa) en canales comerciales se estima en un 6,5 %, siendo sin embargo la incidencia de carne moderadamente PSE no despreciable (47,1%) como se indica en la referencia [R 6]. La carne PSE presenta un alto porcentaje de pérdidas por goteo en carne fresca y elevadas mermas de cocción en la producción de jamón cocido.

Durante el diseño de las pruebas de validación industrial se decidió incluir la valoración de la capacidad de los equipos en determinar calidad de carne en general y que pudiese incluir la detección de carne DFD. La carne DFD aumenta el riesgo de crecimiento de patógenos y de putrefacción de carne y productos cárnicos [R 7], produce importantes problemas tecnológicos y defectos en la textura de jamón curado [R 8], [R 9].

Para poder valorar la capacidad de los equipos y de la tecnología se decidió incluir en las pruebas de validación tanto comparación con otros predictores de calidad de carne como con la valoración sensorial final del producto.

El equipo instalado en la mezcladora de la empresa KS se está validando actualmente y comparando con medidas alternativas de composición de carne picada. Este artículo presenta parte de los resultados que se están obteniendo en estas pruebas.



Escáner de laboratorio

Material y métodos

Las dos últimas pruebas de validación fueron llevadas a cabo en diferentes mataderos, en el Centro de Tecnología de la Carne del IRTA y en la empresa ESPUÑA [R 10]. En la primera prueba se seleccionaron 95 jamones PSE y normales de canales comerciales y se añadieron además 9 jamones DFD seleccionados en ESPUÑA. Estas canales se seleccionaron en mataderos de tal manera que incluyeran la suficiente variedad que se utiliza en canales comerciales en España. En la segunda se seleccionaron 60 jamones PSE, normales y DFD de canales comerciales.

En la primera se realizaron medidas con los equipos de EIE y con otros equipos que predicen calidad de carne a 45 minutos en matadero (pH y conductividad), 24 horas en IRTA (peso, conformación del jamón, grosor de grasa, grasa subcutánea, grasa visual, grasa externa, pH) y 36 horas a la llegada a la empresa (pH y medidas de EIE). Las medidas de EIE se realizaron en varias regiones del jamón, siendo seleccionadas dos regiones con información significativa: región del músculo *Semimembranosus* y la región del músculo *Biceps femoris*. Los jamones pasaron a procesarse de manera estándar como jamones curados y la calidad final del producto se evaluó por un panel. En la segunda se siguió el mismo proceso exceptuando las medidas finales de calidad de producto.

Resultados y discusión

El objetivo final de la primera prueba era determinar la potencialidad de la tecnología para detectar carne con características PSE, DFD y otros parámetros tanto de calidad de materia prima como de producto acabado para el jamón curado.

Los resultados finales de la prueba fueron que el parámetro cociente de R_4 y R_0 (llamado K) medido en el *Semimembranosus* da información sobre calidad de carne PSE, normal o DFD considerando como referencia el pH a 45 minutos como predictor de carne PSE y el pH último (medido a más de 24 horas) como predictor de carne DFD. El parámetro K, cuando se considera que los jamones con $K > 0,7$ son PSE tiene un 81,8% de aciertos respecto al pH a 45 minutos ($pH < 5,85$). Cuando se considera pH a 45 minutos de carne de mayor capacidad de retención de agua ($pH > 6,1$) y el parámetro K de carne de calidad $< 0,3$, el porcentaje de aciertos es de 88,5 %.

Otro resultado de la prueba es la capacidad del parámetro R_4 medida en *Biceps femoris* para proporcionar información sobre grasa intramuscular. Si consideramos un valor de > 56 ohmios en la muestra de la prueba, el 84,2% de las muestras se clasifican con un valor de grasa estimada visualmente superior a 2,5 en una escala de 5 puntos.

Las estimaciones de calidad de producto final dieron como resultado que el parámetro K permitía detectar el 69,2 % de los jamones con problemas de pastosidad.

La segunda sesión de pruebas tenía como objetivo primordial comprobar los valores umbrales de K determinados para detección de carne PSE, DFD y de grasa intramuscular. Los resultados obtenidos en la segunda prueba confirmaron los valores umbrales determinados comparados con pH a 45 minutos, pH último y grasa visual.

Escáner portátil

Material y métodos

La última prueba de validación se realizó en diferentes mataderos, en el Centro de Tecnología de la Carne del IRTA y en la empresa ESPUÑA [R 10]. En esta prueba se seleccionaron 60 jamones PSE, normales y DFD de canales comerciales. Estas canales se seleccionaron en mataderos de tal manera que incluyeran la suficiente variedad que se utiliza en canales comerciales en España.

Se realizaron medidas alternativas de calidad de carne a 45 minutos en matadero (pH y conductividad), 24 horas en IRTA (peso, conformación del jamón, grosor de grasa, grasa subcutánea, grasa visual, grasa externa, pH) y 36 horas a la llegada a la empresa (pH y medidas de EIE).

Las medidas de EIE se realizaron en dos regiones con información significativa: región del músculo *Semimembranosus* y la región del músculo *Biceps femoris*, que ya se habían seleccionado en las pruebas de validación del escáner de laboratorio.

Esta prueba tenía por objeto determinar qué diferencias importantes se daban al utilizar el escáner portátil desarrollado respecto al escáner de laboratorio. El escáner de laboratorio debía dar información más precisa a priori porque realiza un barrido más completo.

Resultados y discusión

Los resultados de la prueba confirmaron que el parámetro cociente de R_4 y R_0 (llamado K) medido en el *Semimembranosus* da información sobre calidad de carne PSE, normal o DFD considerando como referencia el pH a 45 minutos como predictor de carne PSE y el pH último (medido a más de 24 horas) como predictor de carne DFD. El parámetro K, cuando se considera que los jamones son PSE tiene un 83,3% de aciertos respecto al pH a 45 minutos ($\text{pH} < 5,85$, condición de carne PSE). Cuando se considera pH a 45 minutos de carne de mayor capacidad de retención de agua ($\text{pH} > 6,1$), el porcentaje de aciertos utilizando K es de 81,8 %.

Conclusiones

De los resultados obtenidos con los escáners portátil y de laboratorio evaluados industrialmente, se puede concluir:



- Ambos son herramientas válidas para la detección de carne PSE (aciertos de 81% a 83% comparando con pH 45 minutos) teniéndose en cuenta que la medida se realiza a la recepción de la materia prima.
- La Espectroscopia de Impedancia Eléctrica (EIE) permite clasificar jamones en función de su grasa intramuscular en el músculo *Bíceps femoris* (84% de aciertos en la estimación de alta grasa intramuscular respecto a valoración visual de grasa).
- El escáner de laboratorio estima con mayor acierto los casos PSE, pero según los primeros resultados, el escáner portátil tiene un porcentaje de aciertos suficientemente alto (83%) como para ser útil para la industria.
- La Espectroscopia de Impedancia Eléctrica (EIE) permite la detección de jamones que dan problemas de pastosidad al final de la producción de jamón curado con un acierto del orden del 70%.

Estado de otros estudios

Actualmente se están realizando dos estudios de validación adicionales que se describen a continuación:

- Validación de escáner instalado en mezcladora. Este sistema se ha instalado en una mezcladora de la firma KS y se está colaborando con ésta en la calibración del equipo. Las pruebas de validación cubren en estos momentos el uso del equipo en carne picada con distintos contenidos de grasa. El sistema ha presentado correlaciones de 0,9 en cantidad de agua y grasa, y de 0,88 en contenido de proteína.
- Validación de escáner portátil en proceso de jamón cocido. Se están realizando pruebas en el proceso estándar utilizado en la compañía IMPERIAL, N.V. Los resultados no están disponibles, pero se ha podido comprobar que las muestras con parámetro K dentro de un cierto rango, tienen mayor acumulación de agua en los cortes.

Agradecimientos

Parte de este trabajo ha estado sufragado por los fondos del proyecto MIM-Q (Multi-frequency Impedance Measurements Technology for Meat Quality Control, project no. IN20719I de la Comisión Europea). Agradecemos al INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) por la concesión de una beca postdoctoral para la Dra. Idoia Gobantes.

Referencias bibliográficas

- [R 1] **Foster, K., Schwan, H.** (1989) Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 17, 25-97.

- [R 2] **Patente española 9300378/1** Procedimiento para determinar la composición de sustancias de naturaleza cárnica (25/2/1993).
- [R 3] **Patente española 9601238/2.** Aparato para controlar la calidad tecnológica de la carne (4/6/1996).
- [R 4] **Patente española 9700501/0.** Procedimiento para determinar la composición de sustancias de naturaleza cárnica (6/3/1997).
- [R 5] **Patente europea 098500064[.5].** Procedimiento para determinar la composición de sustancias de naturaleza cárnica (7/10/98).
- [R 6] **Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guardia, M.D., Coll, C., Siggins, K., Harvey, K., Diestre, A.** (2000). A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, 55, 97-106.
- [R 7] **Guerrero, L., Arnau, J. y Garriga, M.** (1991). Roschinkerherstellung: Rohstoff-Qualitätskontrolle als Massnahme zur Minderung der Verluste. *Fleischwirtschaft*, 71 (9), 962-964.
- [R 8] **Arnau, J., Maneja, E., Guerrero, L.** (1990). Influencia de la calidad de la carne en el jamón cocido y jamón curado. *Anaporc*, 88, 60-63.
- [R 9] **Guerrero, L., Gou, P., Alonso, P., Arnau, J.** (1996). Study of the physicochemical and sensorial characteristics of dry cured hams in three pig genetic types. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70, 526-530.
- [R 10] **Oliver, M.A., Gobantes, I., Arnau, J., Elvira, J., Riu, P., Grèbol, N. y Monfort, J.M.** Evaluation of the Electrical Impedance Spectroscopy (EIS) equipment for ham quality selection. *Meat Science* (Aceptado, Diciembre 2000).



NUEVAS METODOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS

Dra. Margarita Garriga

Nuevos métodos de conservación de productos cárnicos

MARTA HUGAS, MARGARITA GARRIGA y JOSEP MARÍA MONFORT

IRTA. Centro de Tecnología de la Carne. CeRTA
Granja Camps i Armet, s/n
17121 Monells • Girona

Las técnicas tradicionales de conservación de los alimentos se basan en limitar o prevenir el crecimiento microbiano utilizando factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos, tales como la temperatura, la actividad de agua, el potencial redox, el pH, la ausencia de oxígeno, los conservantes, etc. La utilización combinada de distintos factores inhibidores puede resultar más ventajoso que la utilización individual de los mismos. Leistner & Gorris (1995) propusieron el efecto barrera para ilustrar que tanto en los alimentos más tradicionales como en los más novedosos, la combinación apropiada de diferentes métodos de conservación, no superables por los microorganismos presentes, aportaría mejoras en la estabilidad microbiana de los alimentos.

En la última década, las investigaciones sobre la utilización de nuevas tecnologías complementarias o alternativas a las tradicionales, térmicas, en el procesado de alimentos, se han visto incrementadas en respuesta a la creciente demanda de los consumidores de productos de aspecto "fresco y natural". La conservación de alimentos mediante la utilización de métodos no térmicos nace del concepto de que no sólo es importante la vida útil de los mismos sino que también lo es la calidad.

El desarrollo de la sociedad hacia nuevos sistemas de producción animal, de comercialización, de producción y de distribución de alimentos facilita la aparición de nuevos microorganismos patógenos de carácter emergente. La aparición de estos patógenos y el consiguiente riesgo de intoxicaciones alimentarias requiere el desarrollo de metodologías alternativas de conservación en carne y productos cárnicos.

A pesar de los recientes progresos en tecnología de alimentos con la introducción de nuevos sistemas de seguridad como el sistema de análisis de peligros y control de puntos críticos, el problema de la seguridad microbiológica de los alimentos sigue sin resolverse. El número de enfermedades e intoxicaciones de origen alimentario sigue creciendo. Hay que tener en cuenta que las mayores intoxicaciones de origen alimentario (listeriosis, salmonelosis, campilobacteriosis y colitis hemorrágica) han ocurrido en los últimos diez años. Por lo tanto, es preciso desarrollar la aplicación de nuevas tecnologías de conservación que minimicen la presencia de microorganismos patógenos en los alimentos y concretamente en carne y productos cárnicos. Las tecnologías de conservación más actuales son: irradiación, altas presiones, bioconservación y tratamiento óhmico.

Irradiación

El nombre de irradiación de alimentos lleva a la mayoría de la gente a pensar inmediatamente en la radiación nuclear. Aparte de la conexión obvia con la bomba atómica, la radiación nuclear es asimismo un miedo asociado con la industria de la energía nuclear. Afortunadamente todos los miedos de la energía nuclear no tienen nada que ver con la irradiación de alimentos.

La asociación equivocada de la irradiación de alimentos con la radiación nuclear es tan grande que los expertos culpan al nombre de la técnica de todos los miedos irracionales al proceso. Les gustaría cambiar el nombre, a fin de eliminar la asociación tan frecuente con la radiación nuclear, por otros como pasteurización en frío (EEUU) o ionización (Francia).

Por otra parte, a los detractores de la tecnología les encanta el nombre. Dado que todas las evidencias científicas apoyan la seguridad de los alimentos irradiados, el nombre es la herramienta más efectiva de la influencia negativa. Proliferan los chistes sobre alimentos luminosos o alimentos radioactivos alimentando los miedos a esta tecnología.

La irradiación de alimentos no es una tecnología nueva. De hecho es mucho más antigua y ha sido estudiada más en profundidad que otras tecnologías de conservación. Es una técnica muy utilizada en todo el mundo para esterilizar equipamientos y suministros médicos. En los EE.UU se utilizó por primera vez en alimentos para inactivar el parásito *Trichinella spiralis* de músculos de cerdo contaminados.

Los astronautas americanos han sido alimentados con productos irradiados desde 1972, cuando la tripulación del Apolo 17 seleccionó jamón como el primer alimento irradiado de vuelo. Las personas inmunocomprometidas también se benefician de la ingestión de alimentos irradiados dado que les ayuda a disminuir el riesgo de infecciones bacterianas.

Actualmente la irradiación de alimentos ha sido aprobada en más de 40 países para algunos alimentos concretos. La mayoría de estos países irradian las especias para inactivar bacterias, esporas y hongos. Otros productos comúnmente irradiados son: patatas y cebollas, cereales y harina, fruta fresca y carne de pollo.



¿Qué es la irradiación? Para entender esta palabra es preciso definir primero el término radiación como “La emisión y propagación de energía en forma de ondas: por ejemplo la emisión de ondas electromagnéticas o de sonido que según la frecuencia se clasifican en radiofrecuencia, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma”.

Aspectos tecnológicos

La irradiación de alimentos es un medio físico de procesar alimentos que incluye la exposición de los mismos a rayos gamma, rayos X o electrones. Todas ellas se denominan radiaciones ionizantes porque son capaces de excitar electrones fuera de sus órbitas en los átomos o en las moléculas.

Los alimentos son irradiados bien con irradiación gamma de una fuente de radioisótopos o con electrones o rayos X mediante un acelerador de electrones. Aunque se pueden utilizar diferentes equipos para producir diferentes tipos de radiación ionizante, los cambios producidos en los alimentos son los mismos. Las únicas diferencias prácticas radican en el poder de penetración y por tanto en las dimensiones y la densidad de los alimentos a irradiar.

El grado de cambio físico y químico producido cuando el alimento es expuesto a irradiación de alta energía se determina por la energía absorbida y se clasifica en los siguientes términos:

Radidación

Es el tratamiento del alimento con una dosis de radiación ionizante suficiente para reducir el número de bacterias patógenas viables no esporuladas hasta niveles indetectables. Es un tratamiento con dosis relativamente bajas (0.1-8 kGy). Se refiere principalmente a los tratamientos de pasteurización por irradiación particularmente para eliminar un patógeno específico.

Radurización

Es el tratamiento de un alimento con una dosis de radiación ionizante suficiente (0.4-10 kGy) para incrementar su calidad o vida útil mediante la reducción del número de microorganismos alterantes viables.

Radapertización

Es el tratamiento de un alimento con una dosis de radiación ionizante para reducir el número de microorganismos alterantes viables hasta conseguir una esterilización virtual (10-50 kGy).

Un comité de expertos conjuntos de la OMS y la FAO se pronunció sobre la seguridad de la irradiación de alimentos en 1970. En 1980 el comité concluyó que la irradiación hasta una dosis máxima de 10 kGy no suponía ningún peligro toxicológico, microbiológico ni nutricional.

Las radiaciones ionizantes son letales para las bacterias. Para la inmensa mayoría de las bacterias, la diana de la inactivación es el cromosoma. La mayoría de estudios

indican que el daño al ADN microbiano que comporta la pérdida de la capacidad de reproducción es una causa primaria de la letalidad aunque también se producen daños en otras estructuras moleculares (ej. membranas) que pueden promover la inactivación.

La proporción de una población bacteriana que sobrevive a una dosis de irradiación dependerá de la sensibilidad intrínseca de un microorganismo a la misma, de su estadio de crecimiento, de la dosis de irradiación y de su potencial de reparación de daños causados.

La resistencia a la irradiación sigue generalmente la secuencia:

Gram negativos < gram positivos u hongos < esporas = levaduras < virus

En general las bacterias son más resistentes a las radiaciones ionizantes en estado de congelación y también en deshidratación.

Ventajas de la irradiación

- Conserva los alimentos a diferentes niveles, determinados por el tratamiento. Es especialmente efectiva para el control de los microorganismos alterantes de origen alimentario.
- Descontamina el alimento de bacterias patógenas, levaduras, hongos e insectos. Esta descontaminación puede mejorar la calidad higiénica de los alimentos y evitar posible peligros para la salud.
- Controla la maduración, senescencia y germinación de la fruta fresca y de los vegetales.
- Puede alterar la composición química para la mejora de la calidad.
- No produce residuos tóxicos en los alimentos.
- Mantiene las propiedades nutritivas de los alimentos.
- Mantiene las propiedades sensoriales y obtiene mejores resultados que algunos procedimientos alternativos.
- Puede sustituir procedimientos como la fumigación o disminuir las concentraciones de nitritos en carnes curadas y/o evitar que se produzcan micotoxinas en los alimentos.

Desventajas

- La irradiación afecta los alimentos de diferentes maneras, rompe las moléculas largas como la celulosa en carbohidratos más pequeños.
- La irradiación de las grasas crea radicales libres que oxidan la grasa y favorecen la rancidez del alimento.
- Dosis altas de irradiación pueden producir alteraciones del aroma.
- Puede romper proteínas y destruir algunas vitaminas como la A, B, C y E.

Existe la falsa creencia de que un tratamiento con radiación ionizante pueda convertir un producto de baja calidad o alterado en un producto de alta calidad enmascarando los aromas desagradables aunque hay que tener en cuenta que la irradiación no puede enmascarar los aromas desagradables de los productos alterados.



La irradiación de los alimentos al igual que otros métodos de conservación tiene un número de limitaciones. Una manera de superarlas es combinarla con otras barreras u obstáculos para el crecimiento bacteriano como la temperatura, el envasado en atmósferas modificadas o vacío y/o otros métodos.

Legislación

Para promover la introducción mundial de la irradiación de alimentos es necesario desarrollar leyes nacionales e internacionales y procedimientos reguladores a fin de incrementar la confianza entre las naciones de que los alimentos irradiados en un país y exportados a otro, son irradiados con dosis standard y aceptables, con buena salubridad y buena práctica higiénica.

Las recomendaciones en 1980 al Comité Conjunto de Expertos y en 1983 del Codex Alimentarius crearon un impacto positivo en las legislaciones de las naciones. Las normas del Codex General para alimentos irradiados sirven como modelo para los países individuales; incorporando sus previsiones en la legislación nacional se protegerá a los consumidores y se facilitará el comercio internacional.

El etiquetaje es un factor importante relacionado con la armonización de los productos irradiados. Algunos países exigen que los alimentos sean etiquetados con el símbolo verde de radura y palabras como irradiado, tratado por irradiación, radura, protegido por ionización o tratado por irradiación; otras naciones exigen solamente el símbolo de radura sin palabras descriptivas y finalmente existen otros países que no requieren ningún etiquetaje especial.

En los EE.UU. la Food and Drug Administration (FDA) ha aprobado la irradiación del trigo y el polvo de trigo, de patatas blancas, especias, preparaciones enzimáticas deshidratadas, carne de cerdo, fruta fresca y carne de pollo.

De todas las técnicas de procesado de alimentos, la irradiación ha sido objeto de los análisis más prolongados y exhaustivos. Comités independientes de científicos están de acuerdo en que la irradiación es segura, si es aplicada de manera correcta.

La irradiación de alimentos puede ejercer un papel importante al contribuir a incrementar la calidad higiénica de los alimentos y facilitar el comercio de alimentos seleccionados aunque no es la solución total. Nunca sustituirá las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) ni tampoco proporcionará la única respuesta a las enfermedades de origen alimentario.

El efecto combinado de la irradiación y otras barreras o modos de conservación puede ser utilizado para asegurar la seguridad microbiana y para evitar el desarrollo de cambios sensoriales y químicos desagradables en algunos alimentos.

Altas presiones

La tecnología de las altas presiones aplicada a la industria alimentaria es relativamente joven, aunque desde hace más de un siglo se ha venido utilizando en la producción de cerámica, acero y aleaciones.

La aplicación de elevadas presiones hidrostáticas en el procesado de alimentos, sólidos o líquidos, consiste en someter al alimento a presiones que oscilan en

tre las 4.000 y 9.000 atmósferas. La presión aplicada es uniforme, de manera que no existen zonas en un producto que “escapen” al tratamiento y por lo tanto la conservación es uniforme y a diferencia del tratamiento térmico, el tratamiento por alta presión no es tiempo/masa dependiente y por lo tanto se reduce el tiempo de procesado.

En una breve descripción las fases del proceso serían las siguientes:

- 1.- Envasar el alimento en películas plásticas (tipo EVOH o PVOH),
- 2.- Cargar en el equipo que normalmente contiene el medio que transmitirá la presión, generalmente agua con una cierta cantidad de aceite soluble para lubricar y como anticorrosivo,
- 3.- Iniciar el programa de presurización a la temperatura programada previamente. Dependiendo del alimento a tratar y de la temperatura de proceso escogida el alimento es sometido a alta presión por un periodo de tiempo determinado,
- 4.- Finalizado el mismo se descompresiona la cámara y se retira el producto.

Desde un punto de vista industrial sería interesante desarrollar un proceso de presurización continuo a unos costos razonables, sin embargo las dificultades técnicas de fabricar cilindros que aguanten presiones muy elevadas ha limitado la comercialización de la tecnología de las altas presiones.

Efectos biológicos de las altas presiones

Las bacterias, los hongos y las levaduras son relativamente sensibles a la presurización por debajo de los 7.000 bares (1 bar =1 atmósfera = 0,1 MPa), pero las esporas bacterianas, especialmente de *Clostridium*, son bastante resistentes. En cuanto a la efectividad intervienen diversas variables como: la magnitud de la presión, el tiempo y la temperatura de presurización, el tipo de microorganismo y su fase de crecimiento, el medio de suspensión y la presencia de sustancias antimicrobianas.

En general la destrucción celular aumenta cuando se incrementa la presión, el tiempo y la temperatura de presurización, en un medio de suspensión con bajo contenido sólido y en presencia de antimicrobianos. Las bacterias Gram negativas son más sensibles que las Gram positivas y cuando están en fase de crecimiento exponencial son más sensibles que en fase estacionaria. Dentro de una misma especie no todas las cepas son igualmente resistentes y la reducción de la carga microbiana está directamente relacionada con la presión aplicada.

Las altas presiones inducen toda una serie de cambios morfológicos, bioquímicos y genéticos en los microorganismos. La desestabilización de la integridad funcional y estructural de la membrana citoplasmática provoca la destrucción celular. Existen indicios de que las células bacterianas son menos sensibles a la presurización entre 20-30°C, pero se convierten en extremadamente sensibles por encima de los 35°C debido a las transiciones de fase de los lípidos de la membrana (Kalchayanand y col. 1998). Aunque la muerte celular tiende a incrementarse con el tiempo de presurización, el efecto global no es mayor.

En carne fresca picada presurizada a 200-300 MPa a 20°C durante 20 minutos se retrasó el crecimiento microbiano de 2-6 días en almacenamiento posterior a 3°C



(en aire o al vacío). El tratamiento a 400 y 450 MPa inactivó completamente los microorganismos ensayados (*Pseudomonas*, *Lactobacillus*, coliformes) a excepción de la microbiota total que se redujo de 3 a 5 logaritmos (Carlez y col. 1994). Sin embargo después de un periodo de latencia que dependió de la intensidad de la presión aplicada se detectaron células de *Pseudomonas* que recuperaron la viabilidad después del estrés por presión.

El fenómeno del estrés microbiano tiene connotaciones diversas; por un lado es posible que la inactivación por la presión sea sobrevalorada debido a que los microorganismos estresados no hayan sido determinados según el método de siembra y recuento. Por el otro lado el estrés bacteriano puede ayudar a prolongar el tiempo de almacenamiento refrigerado de los alimentos presurizados.

Patterson & Kilpatrick (1998) investigaron el efecto combinado de las altas presiones y el calor en la inactivación de cepas muy resistentes a la presión: *Staphylococcus aureus* NCTC10652 y *Escherichia coli* O157:H7 NCTC12079, en carne de pollo y leche UHT. La aplicación simultánea de ambos procesos resultó más letal que cada tratamiento por separado, observándose una resistencia distinta según el sustrato y el microorganismo ensayado. Los beneficios de la combinación de las altas presiones con temperaturas moderadas en términos de calidad, vida útil y seguridad podrían extenderse a muchos productos cárnicos de alto valor y sensibles al calor, así como a comidas preparadas de carne. La aplicación de altas presiones puede ser de especial interés para aquellos productos ya procesados, susceptibles de ser recontaminados en el loncheado. El jamón cocido loncheado o el salami son excelentes candidatos para la aplicación de esta tecnología de "pasteurización" por altas presiones.

Un aspecto importante de esta tecnología es la inactivación de los enzimas, mientras que los nutrientes y el flavor se mantienen, lo que proporciona a los alimentos presurizados un aspecto de frescor. Hay que valorar sin embargo el tiempo y la presión; la textura y el color de los alimentos ricos en proteínas como serían los productos cárnicos resultan menos afectados con presurizaciones que no superen los 345 MPa durante 15 minutos. Sin embargo dicha presión puede resultar del todo insuficiente para la destrucción de ciertos microorganismos patógenos, ya que según Kalchayanand y col. (1998) para disminuir en 8 logaritmos la población de algunos patógenos como *Escherichia coli* O157:H7 y *Staphylococcus aureus* en tampón fosfato, fue necesario presurizar a 700 MPa durante 15 minutos a 20°C. Dado que no resulta factible utilizar esta presión tan elevada para conservar alimentos ricos en proteínas y almidones sin alterar su textura y color será necesario combinar junto con la alta presión otros procesos. Diversos estudios (Mertens y Deplace, 1993, Palou y col. 1997) han puesto de manifiesto que el efecto antimicrobiano de las altas presiones se puede incrementar combinando varios métodos de conservación como pH bajo, dióxido de carbono, ácidos orgánicos y bacteriocinas. Kalchayanand y col. (1994) demostraron que las bacteriocinas de las bacterias lácticas son bactericidas para bacterias Gram positivas y Gram negativas subletalmente dañadas y determinaron que tanto las altas presiones como los pulsos eléctricos, al inducir daños subletales en las células bacterianas, demuestran una eficiencia bactericida mayor en combinación con las bacteriocinas (Garriga et al, 2000).

Bioconservación

Cuando hablamos de bioconservación (Stiles, 1996; Aymerich y col, 1998) nos referimos a: Incremento de la vida útil y de la seguridad de los alimentos utilizando su microflora natural o controlada y/o sus productos antibacterianos. La bioconservación puede ser aplicada en alimentos y sistemas cárnicos por cuatro métodos básicos:

- (i) Adición de cepas bacterianas que crecen rápidamente o producen sustancias antagonistas. Este método ofrece una manera indirecta de incorporar bacteriocinas en un producto alimentario. Su éxito depende de la capacidad del cultivo para crecer y producir bacteriocinas en el alimento bajo condiciones ambientales y tecnológicas (temperatura, pH, ingredientes etc..). Puesto que la carne no puede ser pasteurizada antes de añadirle un cultivo de bacterias del ácido láctico (BAL), las BAL para la bioconservación deben ser capaces de competir con la microbiota natural de la carne.
- (ii) Adición de sustancias antagonistas purificadas. Con este sistema la dosificación de bacteriocinas es más precisa y por lo tanto más predecible. No obstante, su aplicación queda limitada por las leyes nacionales de aditivos alimentarios.
- (iii) Adición del licor de fermentación o un concentrado de un microorganismo antagonista. Este modo evita la utilización de un compuesto purificado y por lo tanto la obligación de declarar su presencia en el etiquetado.
- (iv) Adición de BAL mesófilas como una protección fallo-seguro contra abusos de temperatura. En este caso, la cepa bioprotectora se mantendrá en las concentraciones iniciales en condiciones de refrigeración. Bajo condiciones de abuso de temperatura, la cepa crecerá de forma competitiva frente a las bacterias patógenas evitando riesgos de salud.

Las BAL bacteriocinogénicas que son psicrótrofas tienen un buen potencial para ser usadas en la bioconservación de la carne y de los productos cárnicos. Una característica interesante de los cultivos bioconservadores es su capacidad para producir el compuesto deseado "in situ", por lo que es importante tener en cuenta que la producción de los agentes antimicrobianos depende de la composición del entorno: pH, temperatura, potencial redox, presencia de organismos competidores, efectos aditivos etc.

Actualmente muchos son los grupos de investigación de todo el mundo que están trabajando en antimicrobianos naturales, de entre ellos las bacteriocinas, para aplicación en alimentos. Las bacteriocinas de las bacterias lácticas son producidas por microorganismos reconocidos como GRAS (Generally Recognized As Safe). Por el momento únicamente la bacteriocina nisina está aprobada para su uso en determinados alimentos, aunque diversos productos comerciales como Alta y Microgard, aprobados también para su uso como aditivos son fermentos de bacterias de grado alimentario con propiedades antibacterianas en alimentos. Para que en un futuro las bacteriocinas sean aprobadas como aditivos de uso alimentario será imprescindible disponer de resultados de eficacia probada en productos y en este sentido y desde hace algunos años en el IRTA se está investigando



con éxito sobre el control de listeria en productos cárnicos cocidos y curados (Hugas y col. 1995, 1998, Monfort y col. 1996).

Más recientes son las investigaciones que combinan la tecnología de las altas presiones y las bacteriocinas (Garriga y col. 1999). Como modelo cárnico se ha utilizado un homogeneizado de jamón cocido (1:3) en donde se han inoculado diferentes bacterias patógenas: *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Escherichia coli* o alterantes: *Lactobacillus sakei* CTC746, *Leuconostoc carnosum* CTC747 en presencia de bacteriocinas (nisina, sakacina K, enterocina A, B y pediocina AcH). Las muestras fueron tratadas a 400 MPa durante 10 minutos a 17°C en un piloto industrial Alstom (Nantes, Francia) y se determinó la supervivencia de las distintas bacterias a lo largo del almacenamiento en refrigeración hasta los 60 días.

Las cepas de *Staphylococcus aureus* ensayadas fueron muy resistentes a la presión y no se observaron diferencias importantes entre las distintas muestras con o sin bacteriocina. Utilizando otros microorganismos diana, el tratamiento con altas presiones consiguió disminuir la población en más de 6 logaritmos, sin embargo durante el almacenamiento se detectó, en general, una recuperación de las células supervivientes, hasta los niveles de inicio en el caso de las bacterias Gram positivas o hasta 10^3 - 10^4 ufc/g en *Salmonella* y *E.coli*. Cabe destacar que en presencia de nisina el recuento de supervivientes después del tratamiento por alta presión y hasta los 61 días de almacenamiento en refrigeración se mantuvo por debajo del nivel de detección (2 log₁₀ ufc/g), en el caso de *L.sakei* CTC746 y *Leuconostoc carnosum* CTC747 (bacterias lácticas productoras de limo en productos cárnicos cocidos), *Salmonella* y *E.coli*. En el caso de *Listeria monocytogenes* las bacteriocinas sakacina K, enterocinas A, B y pediocina AcH fueron más efectivas que la nisina. Los resultados obtenidos apuntan que la inclusión de determinadas bacteriocinas incrementa la letalidad de la alta presión moderada (400 MPa) y lo más importante, permite extender la vida útil del producto. Nuevos experimentos están en curso para valorar estos efectos en jamón cocido loncheado.

Tratamiento óhmico

A pesar de que el concepto de calentamiento óhmico no es nuevo, esta tecnología ha tenido un interés limitado. Una de sus primeras aplicaciones comerciales fue para la pasteurización de leche en los EEUU. Posteriormente, debido a la falta de materiales apropiados para la fabricación de electrodos inertes y para el control del proceso, esta tecnología cayó en desuso.

La evolución en el diseño de procesos y materiales, juntamente con la necesidad de aumentar la velocidad de calentamiento de alimentos ha devuelto el interés por esta tecnología. Este interés se origina a partir de las ventajas específicas que ofrece el calentamiento óhmico.

La tecnología del calentamiento óhmico está comercialmente disponible (El Consejo de la Electricidad del Reino Unido ha desarrollado un calentador óhmico y ha cedido la explotación a APV Internacional). El proceso en sí, todavía no es totalmente conocido.

Principios del calentamiento óhmico

La tecnología del calentamiento óhmico se basa en el calor generado debido a la resistencia eléctrica que se origina cuando una corriente eléctrica (I) pasa a través de un material de resistencia (R_{el}) generándose calor y causando un incremento de temperatura. Una corriente eléctrica puede pasar a través de la mayor parte de los alimentos y biomateriales de los que se requiere un calentamiento puesto que contienen agua y constituyentes iónicos como sales y ácidos. Asumiendo que los alimentos son materiales puramente resistentes, la velocidad local de generación de energía viene dada por la ley de Ohm:

$$Q = I^2 R_{el} = k E_f^2$$

Donde Q es la velocidad de generación de calor, I la intensidad de la corriente eléctrica, R_{el} es la resistencia, E_f es el campo eléctrico total y κ es la conductividad eléctrica.

La capacidad de generación de calor no está directamente relacionada a la velocidad de calentamiento, debido principalmente a la capacidad de calor del fluido o mezcla de partículas con un líquido. El calor se genera en la profundidad del producto y viene regido por la conductividad eléctrica (normalmente uniforme en las diferentes partes del producto) y por el tiempo de permanencia en el equipo de calentamiento. Por lo tanto, la propiedad crítica que afecta a la generación de calor es la conductividad eléctrica, que normalmente aumenta con la temperatura en la mayoría de materiales sólidos.

La conductividad eléctrica de la mayoría de alimentos sólidos aumenta de repente alrededor de los 60°C, lo que puede explicarse por el deterioro de las membranas celulares. La relación entre la conductividad eléctrica y la temperatura se convierte en lineal cuando se aplica el calentamiento óhmico. Puesto que la conductividad eléctrica está relacionada con la concentración de los constituyentes iónicos, puede ser alterada por la adición de sales en la fase líquida y/o bañando las partículas en soluciones de sal. La diferencia en la conductividad eléctrica entre el líquido y las partículas sólidas puede producir resultados interesantes cuando la suspensión es procesada por calentamiento óhmico.

El calentamiento por transferencia de calor tiene problemas técnicos cuando el tamaño de la partícula es mayor de 2.5 cm, debido a que es necesario sobrecalentar la parte líquida para que el interior de la partícula sólida llegue a la temperatura deseada, lo que provoca destrucción de nutrientes y pérdida de flavor.

El calentamiento óhmico opera por el paso de una corriente eléctrica a través de un alimento con una alta resistencia a la conductividad. En la práctica se utilizan corrientes alternas de baja frecuencia (50-60 Hz) y una potencia de 5 Kw.

Las placas para el calentamiento óhmico, los refrigeradores y los tubos se esterilizan antes de empezar el proceso mediante una solución de sulfato sódico de la misma conductividad que el alimento que se va a procesar. El tanque de recepción, el de almacenaje y las tuberías se esterilizan por vapor.



Factores a considerar

- **Concentración:** Un 20-70% de partículas. En el calentamiento por intercambio de calor no se puede superar el 40% debido a que la fase líquida se calienta antes que la sólida.
- **Tamaño:** Hasta 1in³ de diámetro. Si superan este límite tienen que ser formas largas y flexibles.
- **Forma:** Cubos, esferas, discos, espirales.
- **Densidad y viscosidad del medio:** Tiene que ser uniforme, por lo tanto hay que evitar los alimentos grasos. La elaboración de la salsa es esencial para que aporte fluidez al sistema. Si la concentración de partículas es alta, la salsa debe ser poco viscosa y viceversa. Si la concentración es alta y el medio muy viscoso se colapsa el sistema.
- **Conductividad de la mezcla:** Las partículas con baja conductividad se calientan antes que las salsas más líquidas. Si las partículas se calientan demasiado, cuando salgan del intercambiador de calor se calentará el líquido por transferencia de calor. Un alto contenido en grasa, aceite, aire, alcohol y hielo, suele ser problemático. Los materiales no conductores generan un sobrecalentamiento a su alrededor.

Aplicaciones

Las aplicaciones potenciales son sobre todo en platos precocinados como: salsas de queso y tomate no batidas (sin aire añadido); gambas, fresas, moras o kiwi en almíbar; pollo oriental; productos de pasta (la pasta al revés de los vegetales, la fruta y la carne, durante el proceso no pierde agua sino que la absorbe); productos cárnicos en combinación con derivados de leche. La carne esterilizada por tratamiento óhmico no tiene por que quedar marrón ni blanda y puede seguir teniendo una apariencia de carne cruda si no se realiza ningún tratamiento de pre-procesado.

Referencias

- **Aymerich, M. T., Hugas, M. & Monfort, J. M.** (1998). Review: Bacteriocinogenic lactic acid bacteria associated with meat products. *Food Science and Technology International* 4, 141-158.
- **Biss, C.H., Coombes, S.A., & Skudder, P.J.** (1989). The development and application of ohmic heating for the continuous processing of particulate foodstuffs. In: *Process Engineering in the Food Industry*, edited by R.W. Field and J.A. Howell, pp.17-27. Essex, U.K. *Elsevier Applied Science Publishers*.
- **Carlez, A., Rosec, J.P., Richard, N. & Cheftel, J.C.** (1994). Bacterial growth during chilled storage of pressure treated minced meat. *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 27: 48-54.
- **Garriga, M., Carmona, M.A., Aymerich, T., Costa, S., Monfort, J.M. & Hugas, M.** (1999). Combined effect of high hydrostatic pressure and bacteriocins on the bacterial viability in a meat model. En *Proceedings European Conference on Emerging Food Science and Technology* p.95. Tampere (Finlandia).

- **Garriga, M., Aymerich, T., Costa, S., Monfort, J.M. y Hugas, M.** 2000. Las altas presiones en combinación con bacteriocinas como nueva tecnología de conservación en productos cárnicos. *Eurocarne* 87:59-63.
- **Hugas, M., Garriga, M., Aymerich, M. T. & Monfort, J. M.** (1995). Inhibition of Listeria in dry fermented sausages by the bacteriocinogenic Lactobacillus sake CTC494. *Journal of Applied Bacteriology* 79, 322-330.
- **Hugas, M., Pagés, F., Garriga, M. & Monfort, J. M.** (1998). Application of the bacteriocinogenic Lactobacillus sakei CTC494 to prevent growth of Listeria in fresh and cooked meat products packed with different atmospheres. *Food Microbiology* 15, 639-650.
- **Kalchayanand, N., Sikes, T., Dunne, C. P. & Ray, B.** (1994). Hydrostatic pressure and electroporation have increased bactericidal efficiency in combination with bacteriocins. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 4174-4177.
- **Kalchayanand, N., Sikes, A., Dunne, C. P. & Ray, B.** (1998). Factors influencing death and injury of foodborne pathogens by hydrostatic pressure-pasteurization. *Food Microbiology* 15, 207-214.
- **Leistner, L. & Gorris, L. G. M.** (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science and Technology.* 6, 42-46.
- **Mertens, B. & Deplace, G.** (1993). Engineering aspects of high pressure technology in the food industry. *Food Technology* 47, 164-169.
- **Monfort, J. M., Hugas, M., Pagés, F. & Garriga, M.** (1996). Comparación de diferentes lactobacilos productores de bacteriocina sobre el crecimiento de Listeria en salchichones. *Eurocarne* 48, 51-55.
- **Palaniappan, S. & Sastry, S.K.** (1991). Electrical conductivities of selected solid foods during ohmic heating. *J. Process Engineering,* 14, 221-236.
- **Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G., Welti, J. & Swanson, B.G.** (1997). Combined effect of water activity on high hydrostatic pressure inhibition of Zygosaccharomyces bailii. *Lett. Appl. Microbiol.* 24, 417-420.
- **Parrot, D.L.** (1992). Use of ohmic heating for aseptic processing of food particulates. *Food Technnology.* 46 (12), 68-72.
- **Patterson, M. F. & Kilpatrick, D. J.** (1998). The combined effect of high hydrostatic pressure and mild heat on inactivation of pathogens in milk and poultry. *Journal of Food Protection* 61, 432-436.
- **Stiles, M.E.** (1996). Biopreservation by lactic acid bacteria. *Ant. van Leeuw.* 70:331-345.
- **Stirling, R.** (1987). Ohmic heating – a new process for the food industry. *Power Engineering Journal,* 1 (6), 365-371.

APLICACIONES DE LA VISIÓN ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CLASIFICACIÓN DE CANALES

**INSPECCIÓN DE PAQUETES
DE SALCHICHAS FRANKFURT
CON VISIÓN ARTIFICIAL**

**MANIPULACIÓN DE CARNE FRESCA
CON ROBOTS PARA LA FABRICACIÓN
DE JAMÓN COCIDO**

D. José Ramón Perán

**LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EN LA CLASIFICACIÓN DE CANALES**

D. Antonio Bahamonde

Inspección de paquetes de salchichas Frankfurt con visión artificial

EUSEBIO DE LA FUENTE, FÉLIX M. TRESPADERNE, JOSÉ R. PERÁN

Instituto de Tecnologías Avanzadas de la Producción
E.T.S. Ingenieros Industriales • Pº del Cauce, s/n • 47011 Valladolid
Telf.: +34 983 42 33 56 • Fax: +34 983 42 33 58
eusfue@eis.uva.es

En este artículo se presenta un sistema automático para el control de calidad de paquetes de salchichas integrado por dos equipos de visión artificial. Uno de ellos, con cámara de color, tiene por objeto la detección de todos aquellos paquetes que presenten algún tipo de defecto: falta de alguna unidad en el paquete, paquetes parcialmente aplastados, puntos negros y pérdida de vacío en el envase. Como los paquetes, procedentes del pasteurizador, llegan de forma totalmente aleatoria, es necesario un reposicionamiento previo para que todo paquete presente a la cámara de control el lado transparente de su envoltorio. Para ello se ha instalado otro equipo de visión, previo al control de calidad, que es el encargado de comandar un sencillo sistema mecánico para giro y volteo de los paquetes. El sistema desarrollado inspecciona el 100% de la producción disponiendo de 0.4 seg. por paquete y muestra como incluso en aplicaciones donde se requiere gran capacidad de procesamiento se pueden desarrollar soluciones de bajo coste basadas en PC.

Introducción

La fuerte competitividad y las crecientes demandas en calidad hacen necesaria una inspección de la totalidad de la producción para asegurar que esta llega al cliente cumpliendo unas determinadas normas. Esta verificación de la calidad es especialmente importante en el caso de la producción de alimentos.

Los sistemas automáticos de visión artificial son una alternativa rentable y segura para realizar muchos tipos de tareas de inspección visual. Estos sistemas se han convertido en accesibles para muchas aplicaciones, e integrables en sistemas automáticos de producción, siendo utilizados por la mayoría de las empresas que lideran los mercados industriales debido a su rentabilidad, flexibilidad y adaptación al concepto de calidad ISO 9000.

La visión artificial ha sido aplicada con éxito en un amplio rango de procesos industriales donde el aspecto visual de los productos es un indicador útil de si su fabricación se esta llevando a cabo correctamente¹. Existen además equipos de visión que permiten controlar un proceso comprobando a través de la información visual si se está operando dentro de los parámetros nominales.

De cualquier forma, los sistemas automáticos de visión resultan imprescindibles cuando el entorno hace que la inspección por operadores humanos sea inviable. La visión por ordenador posibilita el inspeccionar productos que son fabricados a elevadas velocidades o que están localizados en entornos donde el calor, polvo, ruido o atmósferas corrosivas hacen imposible un seguimiento con operadores humanos. En este artículo se presenta un sistema automático para la inspección de paquetes de salchichas tipo Frankfurt. Esta debe llevarse a cabo a la salida de un pasteurizador donde se alcanza una temperatura y humedad elevada, muy incómodas para un operador humano.

Las salchichas de tipo Frankfurt son fabricadas y empaquetadas al vacío en envoltorios de plástico. A continuación, los paquetes de salchichas sufren un proceso de pasteurizado y son finalmente apilados en cajas de cartón para ser distribuidos para el consumo. Las imperfecciones del proceso de fabricación hacen que puedan aparecer distintos tipos de defectos tales como pérdida de vacío en los paquetes, falta de elementos, etc. La presencia de estos defectos hacen necesario la introducción de un proceso de inspección en el producto acabado que rechace todos aquellos paquetes defectuosos antes de ser introducidos en cajas para su distribución.

En la actualidad el control de calidad es llevado a cabo por un buen número de inspectores humanos que tienen que manipular e inspeccionar una gran cantidad de productos debido a la alta velocidad de producción de la línea. La inspección tiene que ser llevada a cabo en un entorno hostil de alta humedad y calor. Todos estos condicionantes hacen que la inspección mediante operadores humanos sea cara y no perfectamente fiable.

Frente a esta alternativa manual, un sistema automático va a presentar grandes ventajas, aparte de su capacidad para trabajar en entornos poco favorables:

- Los sistemas automáticos evalúan de forma objetiva. En la inspección con operadores humanos esta objetividad no está garantizada ya que diferentes individuos evalúan de diferente forma. La aceptación de los paquetes de salchichas se hará sobre un umbral de rechazo que cambiará con cada inspector. Incluso es bastante dudosa la constancia de este umbral para un mismo inspector. De esta forma, resulta imposible una salida de productos con calidad uniforme.
- Por otra parte, las prestaciones de los inspectores humanos bajan notablemente en tareas repetitivas. La inspección de paquetes de salchichas a la salida de la línea de producción requiere observar sistemáticamente el mismo tipo de escena resultando una tarea muy pesada. La fatiga que aparece en el operario origina una evaluación poco consistente de la calidad.
- Otra ventaja de los sistemas automáticos es que tienen un coste de operación muy bajo si se compara con los crecientes costes laborales de operadores hu-



manos. Estos resultan especialmente elevados si se requiere hacer una inspección 100% de la producción en líneas de alta velocidad. Por el contrario, el coste de instalación de muchos sistemas de visión, como el que presentamos a continuación, es bajo pues utilizan una arquitectura de tipo PC.

- Finalmente, los sistemas automáticos permiten un almacenamiento fácil de la información sobre la producción. Esta puede utilizarse posteriormente, tras ser analizada, para la toma de decisiones a nivel de dirección. El sistema desarrollado almacena el historial de los distintos tipos de fallos que han aparecido a la salida de la línea de producción. Esta información es valiosa, por ejemplo, para analizar la conveniencia de determinadas mejoras en la línea.

Aunque todas estas razones justifican perfectamente la sustitución de los operadores humanos por un sistema de inspección automático no hay que olvidar en ningún momento que la flexibilidad que presenta el sistema visual humano excede con mucho las posibilidades de los sistemas de visión artificial actuales. Sólo el conocimiento a priori de lo que se está buscando y un control cuidadoso de la iluminación hacen que el sistema automático de visión pueda llevar a cabo su tarea con eficiencia y fiabilidad.

Trabajos previos

En los últimos años, se han presentado en la literatura especializada en inspección de alimentos varios sistemas automáticos. El control de calidad de pescado, por ejemplo, ha sido abordado por Bengoetxea² y Bardin³. Para detectar la piel negra y manchas de sangre en filetes de bacalao, Bengoetxea empleó características de reflectividad espectral. Una técnica diferente basada en histogramas de regiones rectangulares fue desarrollada por Bardin para la detección de las manchas de sangre.

Aunque las imágenes en nivel de gris proporcionan un nivel de información adecuado para muchas aplicaciones industriales, el control de calidad mediante procesamiento de imágenes en color está adquiriendo un papel preponderante. Esto queda especialmente patente en la inspección de alimentos, donde los defectos a menudo aparecen como ligeras variaciones en el color que no son detectables por los sistemas monocromos. En control de calidad de frutas, han sido desarrollados varios sistemas basados en color para clasificar por madurez y calidad¹. Otro sistema en color para el control del tueste en líneas de producción de galletas ha sido presentado por nosotros⁴. La inspección de pollos empleando imágenes de color fue abordada por⁵. Su sistema permitía detectar la decoloración en la piel de los pollos pero para poder alcanzar un procesamiento en tiempo real (un pollo cada 2 segundos) necesitaba un costoso hardware. No es fácil encontrar sistemas destinados al tratamiento en tiempo real de imágenes en color de alimentos con equipos estándar en lugar de caros sistemas dedicados.

La necesidad de una elevada potencia computacional ha sido precisamente la barrera que más ha obstaculizado la aplicación de los sistemas de inspección de color. El sistema de inspección de color que presentamos en este artículo puede lle-

var a cabo una compleja tarea de inspección sin necesidad de un hardware especializado. El sistema permite a una velocidad de 0,4 seg por paquete la detección de defectos tales como pérdida de vacío en el paquete, falta de alguna salchicha, paquetes parcialmente aplastados, inclusiones extrañas y salchichas defectuosamente colocadas en el paquete.

Sistema para el posicionamiento automático de los paquetes de salchichas

Las salchichas Frankfurt se presentan en envoltorios de plástico de siete unidades. Puesto que la inspección se lleva a cabo al final del proceso productivo, ésta va a estar condicionada por las características del envoltorio de plástico. Los paquetes de plástico presentan dos lados: uno totalmente impreso con el nombre de producto, código de barras, composición, etc. y otro completamente transparente sin ningún tipo de impresión. El proceso de inspección lógicamente debe llevarse a cabo analizando el contenido del paquete por el lado

transparente pues el lado impreso no deja ninguna opción a la percepción de su contenido.

Como los paquetes procedentes del proceso de pasteurización llegan al puesto de control colocados de una manera totalmente aleatoria, se precisa un sistema de posicionamiento previo. Este primer sistema estará encargado de colocar todos los paquetes descansando sobre su lado impreso de forma que muestren la cara transparente a la cámara de control de calidad. Además, ya con objeto de facilitar el empaquetado final del producto en cajas de cartón, todos los paquetes deberán ir con las salchichas orientadas

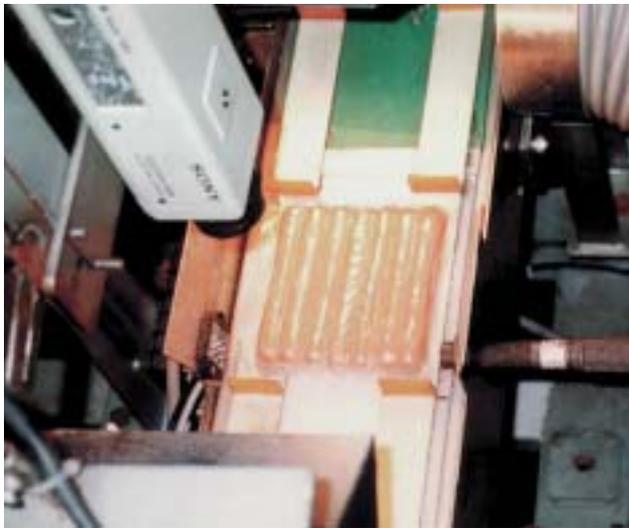


Figura 1.- El control de calidad es llevado a cabo inspeccionando el contenido por la parte transparente del paquete.

en el sentido de avance de la cinta. El sistema de reposicionamiento estará integrado por un equipo de visión capaz de inferir la posición del paquete y un sencillo mecanismo para giro y volteo de los paquetes que ejecuta las ordenes del sistema de visión.

A la salida del pasteurizador los paquetes son secuenciados mediante unos cepillos que evitan que el paso de producto se haga amontonadamente. Los paquetes discurren por un camino de rodillos confinados por dos bordes y son detenidos por un tope neumático para adquirir una imagen de cada paquete. El análisis de esta imagen permitirá determinar la posición del paquete y por tanto la secuencia de movimiento que se precisan para colocar al paquete en la posición

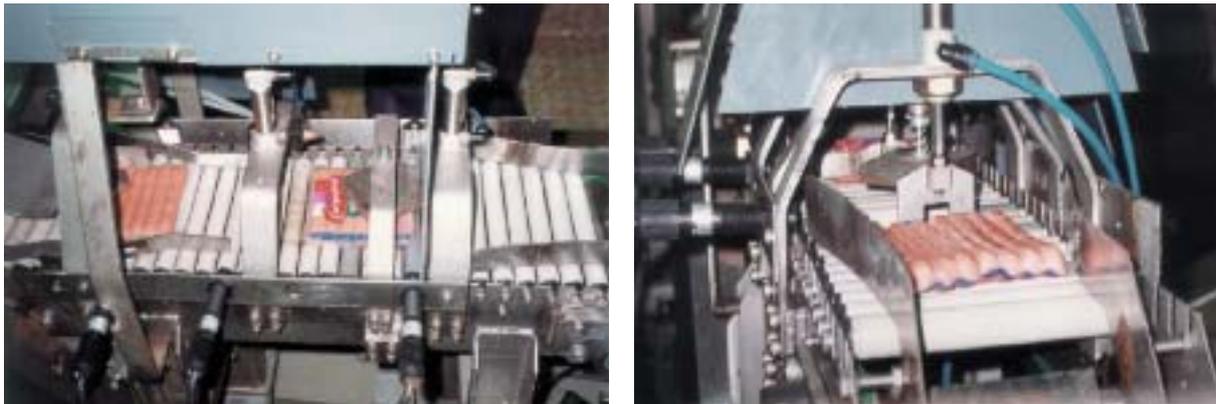


Figura 2.- a) Los paquetes procedentes del pasteurizador no presentan una posición predeterminada.
b) Paquete correctamente colocado a la salida del posicionador.

deseada, es decir, mostrando su cara transparente y con las salchichas orientadas en la dirección de la cinta.

En estas circunstancias, el diseño de un sistema de visión artificial no es un proceso trivial. Aparecen serias dificultades en el análisis de estas imágenes debido a varios factores. En primer lugar el procesamiento no debe ser muy pesado computacionalmente pues sólo se dispone de 0.4 seg. por paquete. Otro problema es la gran cantidad de reflejos que generan los envoltorios de plástico y que pueden enmascarar los defectos que se están buscando. Finalmente hay que tener en cuenta también que en la misma línea de fabricación se empaquetan las salchichas bajo distintas marcas y por tanto los paquetes pueden presentar apariencias muy diferentes.

En primer lugar, para evitar la influencia de la iluminación externa se ha apantallado la zona de inspección y ha sido iluminada con una fuente circular de luz difusa. Este tipo de iluminación permite obtener una imagen de calidad reduciendo al máximo la aparición de brillos en los paquetes. Puesto que el tiempo de procesamiento para la imagen es muy bajo, el sistema debe buscar una característica que le permita inferir rápidamente la posición del paquete.

Esta característica debe estar presente en todos los paquetes empaquetados aunque sean bajo distintas marcas o carátulas y además esta característica debe ser localizada fácilmente en regiones muy definidas de la imagen para evitar el procesamiento de la imagen completa⁶.

Análisis de imagen del sistema posicionador

La única característica que se mantiene invariante entre las presentaciones de las distintas marcas es el código de barras. Este siempre aparece en la misma posición, en la parte baja central del lado impreso. Para localizar el código de barras fácilmente, los paquetes de salchichas, que discurren por un camino de rodillos son confinados por dos bordes y detenidos por un tope comandado por un cilindro neumático vertical. En ese momento se adquiere una imagen en la que es inmediata la determinación de la posición del código de barras independientemente de la presentación del paquete. Se trata de verificar si el código



Figura 3.- Contornos detectados en las ventanas de análisis. El código de barras genera un elevado número de contornos en la ventana donde aparece.

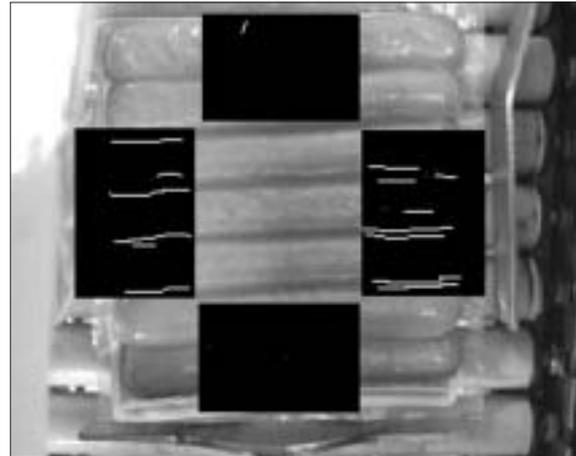


Figura 4.- Los contornos en las ventanas izquierda y derecha de las ventanas de análisis indican que los paquetes deben ser rotados 90°.

de barras aparece en alguna de las cuatro ventanas en la imagen (**figura 3**). Estas ventanas son ligeramente mayores que el área que presenta el código de barras para tolerar las variaciones que pudieran presentarse en la posición de parada del paquete.

Si el código de barras aparece en la ventana derecha o izquierda, éste presentará las barras horizontalmente. Por tanto, en estas ventanas sólo estamos interesados en la detección de líneas horizontales para determinar si el código de barras aparece en su interior. Para estos fines se empleará una derivada vertical en la ventana izquierda y derecha.

Análogamente, una derivada horizontal será perfectamente válida para determinar si el código de barras aparece en la ventana superior o inferior. Estas derivadas han sido calculadas empleando una máscara 2x1 con objeto de evitar una computación más pesada que retrasara los resultados. La posición del código de barras vendrá determinada por aquella ventana que presente un mayor número de píxeles de contorno⁶. Una vez que se ha determinado la ventana que contiene el contorno, la secuencia de movimientos que debe hacerse sobre el paquete para colocarlo en la posición deseada es inmediata.

Se ha supuesto hasta ahora que los paquetes muestran necesariamente el código de barras en alguna de las cuatro ventanas de análisis. Esto no siempre es cierto. Algunos paquetes proceden del pasteurizador mostrando ya el lado transparente. En este caso el código de barras no será detectado en ninguna de las ventanas. No obstante, se puede establecer una nueva estrategia para abordar estos casos. Cuando el número de píxeles de contorno determinado por las derivadas no exceda un umbral predeterminado en ninguna de las cuatro ventanas concluiremos que no aparece ningún código de barras y por tanto el paquete se encuentra mostrando el lado transparente.

Además podremos ver si el paquete precisa ser girado para colocar las salchichas en el sentido de avance de la línea. Los valles existentes entre las salchichas generan unos contornos mucho más dispersos que en los códigos de barras pero



que serán válidos para determinar la posición del paquete. Si aparecen una serie de contornos en la ventana superior e inferior significará que el paquete no precisa de ningún movimiento. Mientras que si aparecen en las ventanas izquierda y derecha (**figura 4**) será indicativo de que se precisa una rotación de 90° puesto que las salchichas están orientadas perpendicularmente al avance de la cinta.

Sistema para el control de calidad de los paquetes de salchichas

Una vez que todos los paquetes muestran el lado transparente y están orientados para su empaquetado final en cajas, puede llevarse a cabo el control de calidad. Los tipos de fallos a detectar son muy numerosos y con características muy variadas y van desde la pérdida de vacío hasta pequeñas inclusiones pasando por la falta de alguna unidad en el paquete, falta de alguna porción de salchicha, salchichas rotas, paquetes aplastados parcialmente, salchichas montadas dentro del paquete y paquetes mal posicionados en la cinta. Aparecen por otra parte, debido a pequeños desajustes en el proceso de fabricación otro tipo de imperfecciones que no son consideradas importantes como coloraciones ligeramente distintas entre lotes (tonalidad adquirida en el proceso de ahumado) y pequeñas abolladuras. Estas derivas en la coloración no tienen ninguna trascendencia de cara al consumidor pues los humanos tenemos muy mala memoria para el color, sin embargo son especialmente conflictivas a la hora de determinar unos umbrales de fallo en la coloración⁷.



Figura 5.- Los paquetes que muestran a la cámara su lado impreso deben ser volteados cuando descenden hacia el sistema de control de calidad.

Análisis de imagen del sistema de control de calidad

La señal de adquisición de imagen es proporcionada por una fotocélula que da la orden siempre que un paquete llega a una determinada posición. No obstante debido a pequeños retrasos aleatorios en las comunicaciones fotocélula-autómata-tarjeta de adquisición y a que el paquete se encuentra en movimiento, la posición de éste en la imagen puede variar significativamente. El primer paso consistirá por tanto en la identificación del paquete dentro de la imagen.

La manera más inmediata de llevar a cabo esto sería mediante una sencilla técnica denominada binarización mediante la cual se separan los píxeles pertene-

cientes al paquete de salchichas que presentan valores ligeramente inferiores a aquellos que pertenecen a los de la cinta de color blanco. No obstante esta técnica genera gran cantidad de regiones espurias derivadas de la aparición de sombras, manchas sobre la cinta y especularidades sobre el paquete. Además, esta posibilidad se muestra extremadamente sensible a cualquier variación en la iluminación por mínima que esta sea.

El empleo del color ofrece posibilidades igualmente sencillas y mucho más robustas para aislar el paquete de salchichas del resto de la imagen. Una combinación lineal entre las bandas cromáticas muchas veces permite resaltar las características de interés en una imagen facilitando enormemente la segmentación. En este caso la sustracción de las bandas roja y verde genera una nueva imagen donde los pixels del paquete presentan valores mucho más elevados que los del fondo. Efectivamente, en la imagen original todos aquellos pixels que pertenecían al paquete de salchichas presentan una componente roja con un valor muy superior a la verde mientras que aquellos pertenecientes al fondo presentan valores muy similares en ambas componentes por tratarse de una zona acromática. La imagen así generada presenta un histograma marcadamente bimodal en la que los pixels más claros corresponden al paquete de salchichas y los pixels más oscuros corresponden al fondo. La segmentación de la imagen se puede llevar a cabo entonces fiablemente mediante una binarización con un umbral fijo. Una binarización con un umbral fijo no implica en este caso ningún riesgo ante las posibles variaciones en la iluminación que afectarán de manera similar a la componente roja y verde siendo la resta de ambas prácticamente insensible a esta perturbación. La validez del resultado viene avalada además por la enorme anchura del valle en el histograma R-G⁷.

Una vez segmentada la imagen, el paquete de salchichas se aproxima a un rectángulo. En la imagen la cinta de cangilones que transporta el paquete se desplaza paralela al eje horizontal de la imagen. Esta situación garantiza que los paquetes empujados por los cangilones de la cinta aparecerán en la imagen todo momento en posición horizontal. Esto supone que el paquete se podrá aproximar con mucha aproximación por un rectángulo con base horizontal. El sencillo análisis de la imagen binaria dentro de esta banda proporciona las aristas izquierda y derecha del rectángulo. Este proceso de determinación de las aristas del rectángulo es muy rápido y en un Pentium II se lleva a cabo en menos de 0.05 seg.

Definido este rectángulo estamos en condiciones de proceder al análisis del paquete pues este se encuentra perfectamente localizado. No obstante, dado el escaso tiempo de que se dispone, 0.4 seg por paquete, si se quiere llevar a cabo la inspección sin necesidad de recurrir a un hardware especializado hay que recurrir a técnicas de procesamiento que sean fiables y poco complejas.

El sistema de iluminación

La especularidad que presenta el envoltorio de plástico de los paquetes agravada por el agua que aparece sobre su superficie procedente de la etapa de pasteurización hacen que haya que estudiar con cierto detenimiento la iluminación de la escena.

Debido a la fuerte reflectancia que presenta la superficie del paquete resulta inmediato desechar cualquier técnica de iluminación de tipo frontal que no haría



sino proyectar sobre la cámara una cantidad inadmisibles de brillos que enmascararían cualquier característica que apareciera sobre el paquete. Por contra, una iluminación oblicua evita que los rayos procedentes de la fuente de iluminación se reflejen sobre el captador. El sistema requerirá del concurso de dos fuentes de luz simétricamente dispuestas respecto de la cámara para garantizar una escena homogéneamente iluminada.

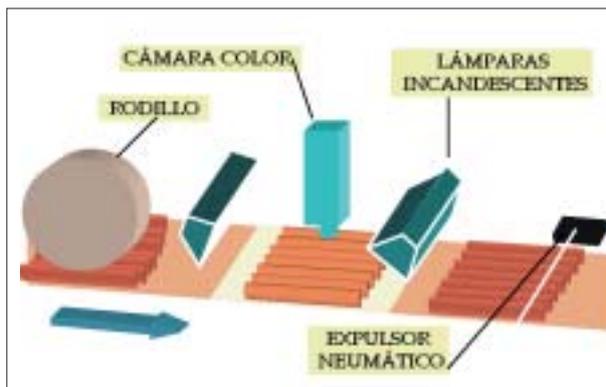


Fig 6.- Esquema del sistema de control de calidad.

En principio la altura de los focos respecto de la cinta por la que discurren los paquetes será la mínima, con el único requisito de que la escena permanezca suficientemente iluminada. Esto garantizará que no se refleje ningún brillo sobre la cámara. Sin embargo no nos interesa llegar a este extremo pues precisamente la aparición de brillos nos pueden ser muy útiles para detectar fallos que se manifiestan por un cambio extraño en la normal de la superficie del paquete. No debemos olvidar que se pretende detectar también fallos como paquetes golpeados o salchichas montadas o aplastadas dentro del paquete que no se caracterizan mas que por irregularidades en la superficie del paquete. Parecería por tanto interesante no reducir tanto la distancia de los focos a la cinta y aumentarla hasta que fuera inminente la aparición de brillo en un paquete aceptable. En esta situación cualquier pequeña irregularidad en la superficie de un paquete se pondría de manifiesto por un brillo.

Como fuentes de iluminación se ha empleado dos focos incandescentes de 300 W. Se ha desechado el empleo de lámparas de luz fría pues estas fuentes de luz proporcionan una luz muy difusa que no resulta válida para poner de manifiesto los fallos en el relieve mediante brillos.

Área de análisis

Existen una serie de fallos como pueden ser la falta de una o varias salchichas, la pérdida de un trozo de salchicha, etc. que pueden detectarse por inspección dimensional del paquete ya que se manifiestan por una disminución del área que presenta el paquete ante la cámara. Como no existe ningún tipo de fallo que se caracterice por producir un aumento en la superficie del paquete es lógico plantear el problema de la siguiente forma. Fijamos una plantilla rectangular con las dimensiones de un paquete aceptable. Ajustamos esa plantilla al paquete que tenemos en la imagen definido por el rectángulo obtenido anteriormente. Para lograr un buen ajuste lo más sencillo es ubicar el centro de esta plantilla rectangular en el centro del rectángulo que define el paquete. Y finalmente comprobamos si dentro de esta plantilla hay algo que no sea salchicha. El rectángulo inicialmente obtenido no puede ser considerado como perfecto pues es precisamente en los bordes del paquete de salchichas donde se presentan más especularidades que hacen que ocasionalmente la aproximación poligonal obtenida se desvíe ligeramente de su contorno real. No obstante el centro

de este rectángulo resulta perfectamente válido para ubicar la plantilla de análisis, especialmente si esta se reduce mínimamente en sus dimensiones con objeto de absorber las pequeñas derivas que puedan existir. Esta pequeña disminución de la plantilla no supone ninguna pérdida de detalle significativa pues únicamente evita el análisis de las zonas más periféricas, zonas que por otra parte son difícilmente inspeccionables por la enorme cantidad de brillos que presentan ante la cámara. Las **figuras 7 a 10** muestran en su parte derecha el área analizada.

Detección de pérdida de vacío

El control de calidad tiene que tener capacidad para detectar cualquier tipo de porosidad en el paquete que supondrá la pérdida del vacío que garantiza su conservación. Esta pérdida de vacío puede ser originada por malas soldaduras del plástico o picaduras de este en el proceso de producción.

Para la detección de este defecto se hace pasar a todos los paquetes por un sistema de rodillos previo al sistema de inspección visual automática que comban el paquete (**figura 6**). Este movimiento hace que penetre el aire en aquellos paquetes que presenten el más mínimo poro, y que las salchichas que aparecen en el interior del paquete pierdan esa apariencia compacta y se desunen originando la aparición de intersticios entre ellas. En estos paquetes, el plástico aparece, a la salida del sistema de rodillos despegado de las salchichas presentando una superficie irregular que origina brillos. Es decir, la pérdida de vacío será delatada tanto por la aparición de píxeles oscuros originados por los intersticios que aparecen en las salchichas como por la aparición de píxeles brillantes derivados de los brillos que origina el plástico al perder esa estructura ceñida a las salchichas.

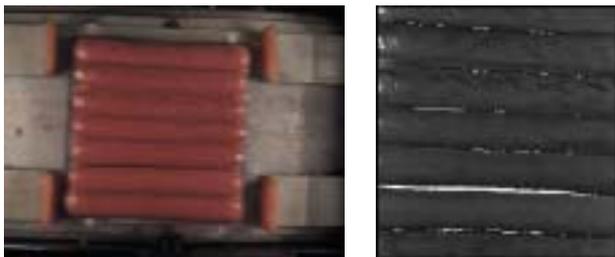


Figura 7.- La aparición de espacios entre las salchichas del paquete es indicativo de pérdida de vacío.

Detección de otros defectos

Llegado a este punto solo tenemos que explorar el contenido de la escena dentro un rectángulo determinado por el tamaño de la plantilla y centrado en el paquete detectado. Si aparecen píxeles con colores que no se encuentran dentro de un intervalo de



Figura 8.- La aparición de brillos extraños en una zona indica que el paquete ha sido dañado en esa zona.

variación del color salchicha es una indicación de que existe alguna imperfección. Si dichos píxeles son oscuros será indicativo de alguna inclusión extraña, alguna mancha de grasa o de pérdida de vacío manifestada en este último caso por la aparición de intersticios entre las salchichas del paquete. Los píxeles que se salen del intervalo por ser extremadamente claros son indicativos de que el



paquete presenta algún tipo de defecto superficial. Se establece un umbral de aceptación para evitar desechar paquetes que si bien presentan ligeras abolladuras tienen una presencia perfectamente aceptable desde el punto de vista del consumidor.

Para la determinación del intervalo aceptable de colores, se ha considerado que en una imagen el color de un pixel perteneciente a un paquete aceptable sigue una distribución normal. Conociendo la media y la varianza podemos fijar un intervalo de colores lícitos centrado en la media y con una anchura adecuada.

No obstante, ocasionalmente aparecen ligeras desviaciones en el color entre distintos lotes de salchichas debido a pequeños desajustes en el proceso de ahumado. Estas derivas en la coloración no tienen ninguna trascendencia de cara al consumidor pues los humanos tenemos muy mala memoria para el color, sin embargo es especialmente conflictiva a la hora de determinar unos umbrales de fallo en la coloración. Estas desviaciones en el color no tendrían ninguna trascendencia si solo se pretendiera la determinación de fallos significativos (pérdida de vacío, falta de unidades, salchichas montadas...). Sin embargo, a la hora de detectar pequeños defectos como puntos oscuros, pequeñas manchas de óxido, etc. esta oscilación del color hace que el sistema fracase si se opera con un intervalo de aceptación fijo.

Es preciso por tanto considerar esta perturbación y dotar al sistema de una capacidad de autoajuste. Esto se ha llevado a cabo considerando los valores máximos de los histogramas de los paquetes aceptables y deslizando el intervalo de aceptación en consonancia cada cierto número de paquetes

Detección de paquetes mal colocados para su empaquetado

El sistema de inspección automática que presentamos debe no solamente rechazar aquellos paquetes que presenten alguna deficiencia de fabricación sino también aquellos que aparezcan mal posicionados pues el sistema de control de calidad es el estadio previo al embalaje. Los paquetes que por alguna deficiencia en el sistema de giro vienen colocados presentando la cara trasparente a la cámara pero con las salchichas perpendiculares al avance de la cinta, generan multitud de y son fácilmente detectables. También puede ocurrir que en lugar de un fallo en el mecanismo de giro de los paquetes este se haya producido en el de volteo mostrando el paquete su cara impresa. En esta situación tampoco existe ningún problema en la detección pues cualquier carátula presenta varias características que contrastan con los colores aceptables. Estos colores extraños se salen con mucho del intervalo de colores tolerado.

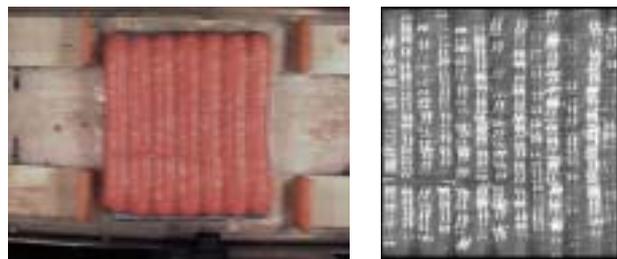


Fig.9.- Los paquetes mal posicionados son fácilmente detectados por el gran número de brillos que muestran



Fig. 10.- La falta de elementos o paquetes con unidades mal colocadas son defectos que también pueden ser detectados.

Conclusiones

Se ha presentado un sistema completo destinado a la inspección de paquetes de salchichas Frankfurt. El sistema integra dos equipos de visión artificial: uno cuyo objetivo es posicionar los paquetes para poder llevar a cabo el control de calidad y un segundo equipo que es el que lleva a cabo realmente este control. Este segundo equipo tiene capacidad para detectar una gran variedad de defectos incluida la pérdida de vacío.

El sistema completo ha sido verificado en una línea de producción industrial y se ha mostrado completamente fiable en la detección de pérdida de vacío, falta de unidades en los paquetes, salchichas mal posicionadas y paquetes parcialmente aplastados. La detección de pequeños puntos puede hacerse también de manera muy fiable

siempre que estas aparezcan con un área mínima en la imagen.

El sistema de visión presentado permite la inspección de la totalidad de la producción a un bajo coste pues ha sido desarrollado totalmente sobre PC. El sistema muestra también una alta flexibilidad pues es capaz de procesar paquetes envasados bajo distintas presentaciones sin tener que realizar ningún reajuste en el programa.



Figura 11.- Vista de conjunto del sistema de control de calidad donde se aprecia en primer plano el tubo de salida de los paquetes defectuosos.

Referencias

1. **T.S.Newman and A.K.Jain**, *A survey of automated visual inspection*, *Computer Vision and Image Understanding* Vol 61, N. 2, pp.231-262, March 1995.
2. **Bengoetxea, K.**, *Lighting setup in the automatic detection of ventral skin and blood spots in cod fish fillets*, in *Fish Quality Control by Computer Vision* pp. 121-150, Dekker, New York, 1991.
3. **Bardin, E.**, *Laboratory work using the DT 2851 Frame Grabber: Application of computer vision to inspection of fish*, in *Fish Quality Control by Computer Vision* pp. 225-244, Dekker, New York, 1991.
4. **Eusebio de la Fuente, F. M. Trespaderne y J.R. Perán**, *Sistema de Visión Color para el Control del Tueste en el Proceso de Fabricación de Galletas*. *Int. Conference on Automatic Control PADI2*. Piura. (Perú) Abril 98.
5. **Daley, W. and Carey, R.A.**, *Color machine vision for defect detection (algorithms and techniques)*, in *Proceedings of International Robots and Vision Automation Conference*, October 1991, Detroit.
6. **Eusebio de la Fuente, F. Miguel Trespaderne y J.R. Perán**, *A real time vision system for sausage pack inspection*, *4th Int. Conference on Quality Control by Artificial Vision*, Takamatsu (Japón), Nov. 1998.
7. **Eusebio de la Fuente, F.M.Trespaderne y J.R. Perán**, *Color Vision System for Quality Control in the Manufacturing of Frankfurt Type Sausages*, *Int. Conf. on Quality Control by Artificial Vision*, Le Creusot, France, pp.336-338, Mayo 1997.

Manipulación de carne fresca con robots para la fabricación de jamón cocido

EUSEBIO DE LA FUENTE, FÉLIX M. TRESPADERNE, JOSÉ R. PERÁN

Instituto de Tecnologías Avanzadas de la Producción
E.T.S. Ingenieros Industriales • Pº del Cauce, s/n • 47011 Valladolid
Telf.: +34 983 42 33 56 • Fax: +34 983 42 33 58
eusfue@eis.uva.es

En este artículo se presenta una célula robotizada destinada a la fabricación de jamón cocido. Esta célula lleva a cabo de forma totalmente automática la manipulación e introducción en moldes de piezas de jamón fresco deshuesado. El sistema desarrollado consta de un par de cintas, una mesa giratoria y tres robots con sus respectivos equipos de visión dedicados al corte y aprehensión de las piezas cárnicas.

Los jamones procedentes de unas cubas de salmuera son descargados sobre una cinta transportadora. Un primer sistema de visión sobre esta cinta permite determinar la posición de la pieza (si la pieza descansa sobre su cara externa o interna). Esta información se transfiere a una cinta transportadora controlada que opera de forma que todos los jamones queden descargados en la mesa giratoria mostrando su cara interna. Una vez descargados, un sistema de visión 3D permite la obtención numérica del volumen de la pieza para llevar a cabo un recorte si esta presentara un peso excesivo. Esa información tridimensional es utilizada para proporcionar la trayectoria a un robot de corte. Un segundo robot se encarga de capturar y almacenar la porción cortada cortado. Finalmente un tercer robot, guiado por un sistema de visión, recoge la pieza de la mesa y la introduce en el molde para su cocción.

Introducción

Las necesidades actuales de fabricación requieren a menudo el empleo de células flexibles. Con el objeto de introducir flexibilidad en el proceso de fabricación, se han creado las células robóticas de montaje. Estas células pueden programarse automáticamente para llevar a cabo montajes mecánicos basados en modelos geo-

métricos de los elementos a ensamblar. Sin embargo, hay procesos que precisan manipular piezas irregulares con una forma no definida. Tal es el caso de los productos alimentarios que normalmente presentan un alto grado de variabilidad y son trasladados a los puestos de envasado mediante sistemas que no controlan su posición ni orientación¹. En estos entornos no estructurados, la mayoría de los robots actuales no son aplicables. Este es el motivo de que las líneas de fabricación de productos alimentarios contengan todavía una elevada carga manual aunque las tareas consistan en operaciones simples y repetitivas. El desarrollo de sistemas robóticos para la manipulación estos productos con un elevado grado de variabilidad es de una importancia crucial².

La clave para la automatización de estos procesos radica en la introducción de capacidades sensoriales externas y su integración en la manipulación del robot. La integración sensorial se considera desde hace tiempo como un paso fundamental para aumentar la versatilidad y el dominio de aplicación de los robots. Sin embargo, hasta la fecha no se ha mostrado como una alternativa viable económicamente para la automatización de la mayoría de las aplicaciones de manipulación de alimentos.

De entre las numerosas posibilidades sensoriales, las cámaras CCD de visión han revolucionado el sector de la robótica basada en sensores. La visión artificial se perfila como alternativa muy atractiva pues imita el sentido humano de la visión y permite la medición sin contacto. Además los sensores para visión es una tecnología bien desarrollada y los sistemas para el procesamiento de imagen están abaratándose permitiendo que el procesamiento en tiempo real sea una alternativa viable para la integración en un sistema robótico.

En un intento por contribuir al campo de la manipulación de productos alimentarios, este artículo presenta un sistema destinado a la completa automatización del proceso de fabricación de jamón cocido. La célula desarrollada permite la manipulación de piezas deshuesadas de jamón fresco.

La manipulación automática de carne fresca no es una tarea sencilla porque se trata de un producto blando y escurridizo. Estas problemáticas cualidades se ven acentuadas para el caso de la fabricación de jamón cocido. En este caso, la carne presenta unas características que la hacen aún más escurridiza debido a que ha si-



Figura 1.- Piezas de jamón deshuesadas listas para moldear. En las imágenes se puede apreciar la alta variabilidad del producto.



do previamente tratada en una solución salina durante varias horas. Si además tenemos en cuenta que las piezas tienen un peso considerable pues cada jamón deshuesado pesa alrededor de 7 Kg concluiremos que resulta imprescindible para llevar a cabo la manipulación de manera automática de este producto la determinación precisa de la posición y forma de las piezas,.

Existen otras especificaciones del proceso de fabricación como que las piezas de jamón deben introducirse en el molde en una posición preestablecida y que la masa de carne introducida en el molde debe ser de 7 Kg. con una oscilación máxima de 50 gramos. Es evidente que la automatización del proceso supone una tarea realmente complicada. En este sentido ha sido preciso dotar a los tres robots que integran la célula de capacidad sensorial por medio de tres sistemas de visión, uno de ellos tridimensional.

El proceso actual de fabricación

El proceso de fabricación de jamón cocido consta de un conjunto de tareas que comienzan por el deshuese de los jamones. Esta tarea se lleva a cabo de forma completamente manual. Una vez que el tocino y los huesos se han eliminado de la pieza, ésta es introducida en unos tanques con salmuera. Durante varias horas, la carne permanece en estos tanques animados con un movimiento rotatorio. Después, las piezas son extraídas de la solución salina y cada pieza es pesada. Aquellas que superen los 7 kg. se les corta una porción que las lleve a este peso se introducen manualmente en un molde de aluminio. Si la pieza no alcanza el peso indicado se la añade al ser introducida en el molde una porción de jamón que la sitúe en el peso deseado.

Los moldes son conducidos a un horno de vapor donde se lleva a cabo la cocción. Finalmente las piezas cocidas se extraen de los moldes y son empaquetadas.

Descripción de la célula automática de moldeo

La célula automática, partiendo de las piezas deshuesadas, deberá proporcionar los jamones introducidos en los moldes listos para su cocción en el horno de vapor. Esto supondrá llevar a cabo varias operaciones sobre la pieza: pesado, corte y captura del recorte si la pieza tiene un peso excesivo o bien adición de un recorte si la pieza carece del peso suficiente y finalmente identificación de la pieza, captura e introducción en el molde.

Sistema de cintas transportadoras

En primer lugar, los jamones frescos deben ser transportados desde los tanques de salmuera a la mesa rotatoria donde serán manipulados, Para ello se ha empleado una cinta transportadora industrial con control de velocidad. El control de velocidad permite secuenciar las piezas de jamón que serán moldeadas.

Un sistema de visión sobre esta primera cinta permite determinar la posición de la pieza. Se trata de establecer simplemente si la pieza descansa sobre su cara externa o interna. Este sistema opera basándose en que la cara externa de las piezas de jamón, al ser el soporte del tocino, presentan un porcentaje mucho mayor de superficie grasa que la cara interna. La posición de la pieza es transferida a una segunda cinta controlada que opera de forma que todos los jamones queden descargados en la mesa giratoria descansado sobre su cara externa. Para ello esta segunda cinta puede girar en ambos sentidos: girará en sentido contrario de la primera si la pieza debe darse la vuelta o en el mismo sentido si no precisa de reposicionamiento. De cualquier forma, la segunda cinta tiene una velocidad de avance ligeramente superior a la primera con objeto de extender la pieza de jamón al máximo, evitando que las piezas se plieguen sobre ellas mismas.

Además, esta segunda cinta tiene la capacidad de deslizarse hacia atrás cuando la pieza va a ser descargada desde la segunda cinta a la mesa donde será manipulada. El propósito de este movimiento de retroceso es también evitar que la pieza se pliegue. Una pieza bien extendida posibilita su correcta identificación por parte del sistema de visión y hace más sencilla su posterior captura por el robot.



Figura 2.- Piezas procedentes de los tanques de salmuera. Observese que van aleatoriamente posicionadas.

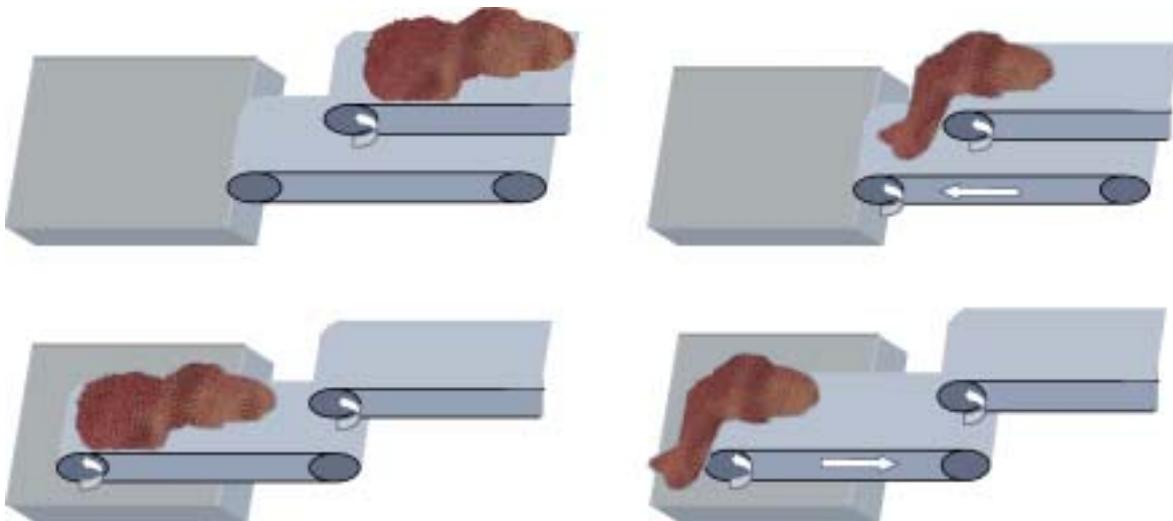


Figura 3.- Funcionamiento del sistema de cintas. La segunda cinta, ligeramente más rápida que la primera, puede deslizarse con objeto de liberar adecuadamente la pieza sobre la mesa de moldeo.



Control del peso

Una vez depositada la pieza sobre la mesa de manipulación la primera operación que se lleva a cabo es el pesado. La masa de las piezas que se introduzcan en el molde debe ser de 7 Kg. con una tolerancia permitida de 50 gramos.

En aquellos jamones que presenten un peso superior, se realizará un corte para retirar la masa sobrante. Como el corte debe ser preciso dada la estrecha franja de peso tolerada se ha empleado un robot (ABB IRB 2000) provisto de un cuchillo accionado neumáticamente.

Para la determinación de la trayectoria de corte se ha empleado un sistema de visión 3D en el que un haz plano láser barre la superficie de la pieza. La proyección de este haz es recogida por una cámara y enviada a un sistema informático, el cual a través de la reconstrucción de las sucesivas proyecciones, obtiene la representación tridimensional de la pieza. De esta representación se puede obtener el volumen que junto con la masa establecida en el pesaje permitirán determinar la densidad media de la pieza. El cálculo de la trayectoria de corte se limita básicamente a determinar, con los datos de densidad media y descripción 3D de la pieza, el plano horizontal por debajo del cual se deja una masa de 7 Kg.

Lógicamente esta operación genera un recorte que debe ser recogido. La captura de la porción cortada de la pieza es efectuada por un robot como el de corte pero equipado con un efector de ventosas. El trozo es clasificado en un almacén de trozos según su peso.

Aquellas piezas de jamón cuya masa no alcance los 7 Kg. deseados no sufrirán corte alguno y el defecto de masa se completará añadiendo en el momento de la introducción en el molde una porción con el peso adecuado procedente del almacén de trozos.

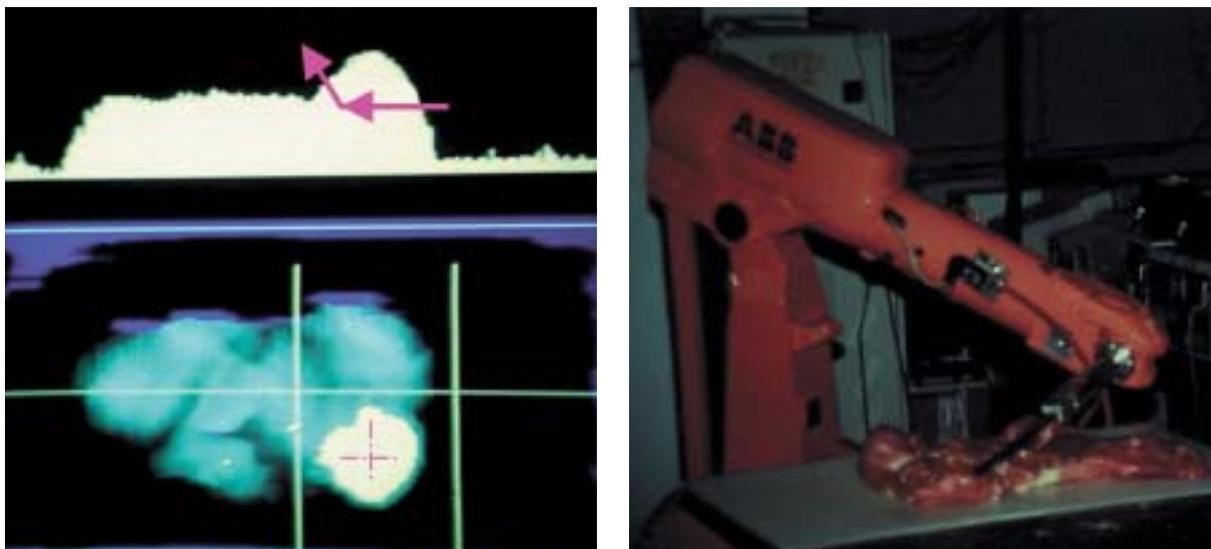


Figura 4.- Representación tridimensional de la pieza con la trayectoria para el corte y robot de corte.

Introducción en el molde

Aunque el sistema de cintas de descarga se diseñó para presentar las piezas en la mesa rotatoria de la manera más adecuada posible, tras el corte será preciso algún tipo de sensor para su posterior captura e introducción en el molde.

Las formas que presentan las piezas son muy irregulares debido al proceso manual de deshuese y a la naturaleza del propio producto. El tamaño de las piezas es también muy variable ya que los animales proceden de distintos suministradores y de distintas zonas geográficas. Estos condicionantes y especialmente la naturaleza escurridiza del producto hacen que sea necesario a la hora de automatizar el proceso un sistema de visión que guíe con precisión al robot en la manipulación de la pieza.

Puesto que el jamón debe introducirse en el molde en una posición determinada, el sistema de visión debe identificar las diferentes partes de la pieza como paso previo al establecimiento de la trayectoria de aprehensión.

El sistema de visión está integrado por:

1. Una cámara SONY CCD monocromo con una resolución de 756 x 581 píxeles fijada a 1.4 metros por encima de la mesa.
2. Una tarjeta digitalizadora bus VME que dispone de 2 MB de memoria y permite la captura de imágenes en tiempo real con acceso total al procesador durante la operación.

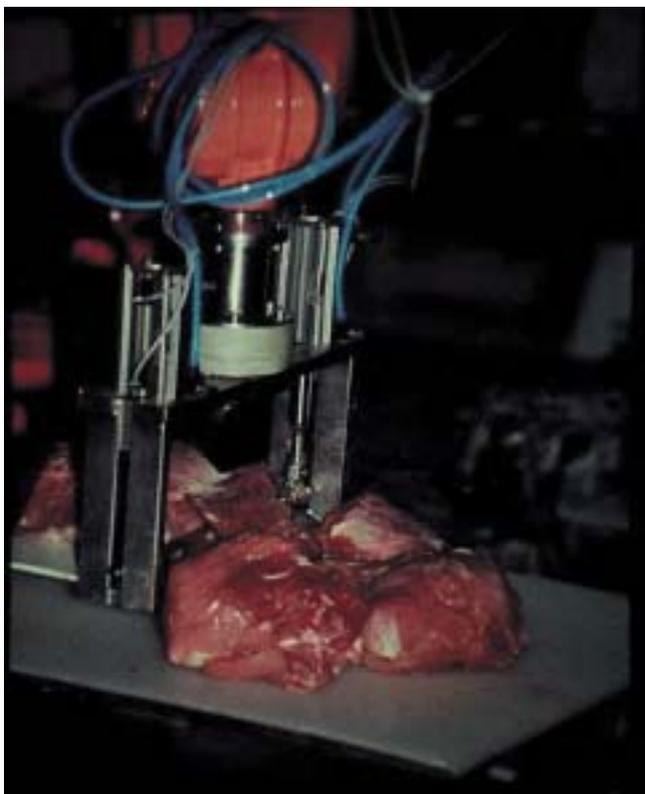


Figura 5.- Captura de la pieza para ser introducida en el molde.

3. Un computador industrial con una CPU 68030. El computador es el responsable del control de alto nivel de las tareas del robot. Recibe información tanto desde el sistema de visión como del controlador del robot.

El robot para la captura e introducción de la pieza en el molde es también un ABB IRB 2000. Incorpora en este caso como efector final un manipulador neumático. La parte inferior del manipulador se introduce deslizando por debajo de la parte más liviana del jamón (correspondiente a la zona de la tapa) favorecido por la escurridiza superficie que presentan las piezas.

Al finalizar la trayectoria de introducción dispara unos actuadores neumáticos que evitan que la pieza resbale al ser levantada para introducirse en el molde. Todo este proceso es guiado por un sistema de visión.

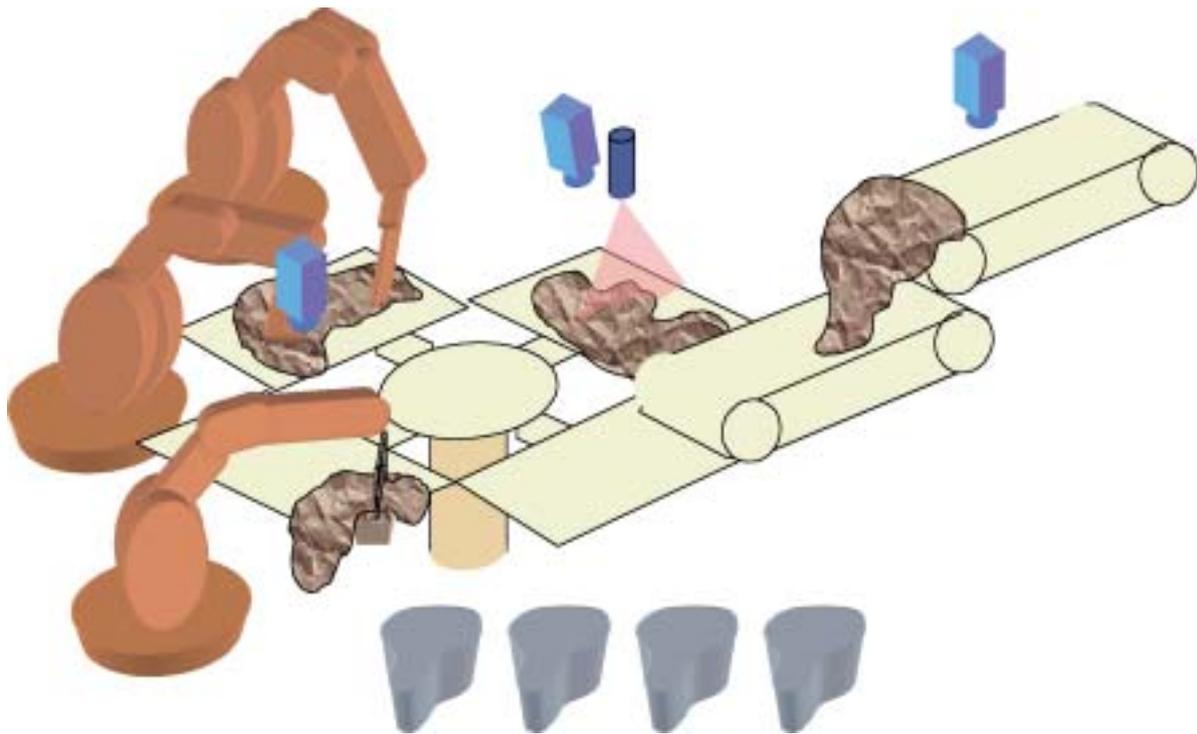


Figura 6.- Esquema general de la célula de moldeo.

Visión artificial

El sistema de cintas descarga las piezas teniendo únicamente en cuenta que muestren la cara interior. Por tanto, éstas aparecen en la mesa de moldeo sin más garantía que esa. No van a presentar una posición predefinida que posibilite su manipulación automática a ciegas. Por otra parte se ha indicado que la variabilidad del tamaño es muy grande. Si se pretende automatizar el proceso de moldeo con estos condicionantes, lo primero que debe abordarse es la determinación de dónde se encuentra exactamente la pieza y cuál es su figura para ser capturada

Para llevar a cabo esta tarea se puede emplear un sistema de visión artificial y tratar de extraer mediante el software adecuado el contorno de cada pieza. Resulta imprescindible el conocimiento del contorno de la pieza para llevar a cabo con éxito su aprehensión. Sin embargo, la extracción de dicho contorno en la imagen no es sencilla.

Los numerosos brillos que aparecen en la escena y la similitud cromática entre las zonas de grasa de los jamones y la superficie blanca de la mesa sobre la que descansan hacen que la detección de contornos sea realmente complicada⁴. Las técnicas clásicas para detección de bordes generan contornos abiertos que a menudo se desvían hacia el interior del borde real de la pieza debido fundamentalmente al bajo contraste entre la mesa y las superficies grasas del jamón.

Procesamiento de imagen

Para determinar de manera fiable los bordes de la pieza a partir de la imagen capturada se propone el empleo de un modelo deformable. Los modelos de contornos deformables, propuestos por Kass [3] han sido utilizados en muchas aplicaciones especialmente en imágenes médicas. Los contornos deformables ofrecen un enfoque razonable para abordar el problema de detección de bordes debido a que la presencia de los contornos depende no sólo del gradiente en puntos específicos sino también de su distribución espacial. El contorno deformable es una curva que evoluciona bajo la influencia de fuerzas internas procedentes de la misma curva y fuerzas externas calculadas a partir de los datos de la imagen. Las fuerzas internas actúan como una restricción de suavidad y las fuerzas externas guían el contorno deformable hacia las características de la imagen que son de interés.

Este método parece particularmente adecuado para trabajar con imágenes donde faltan contornos como aquellos que no aparecen por el bajo contraste entre las superficies grasas y la mesa. El modelo de contornos evoluciona bajo la acción de fuerzas internas y externas. La curva es atraída por el mínimo local del potencial, lo que significa el máximo del gradiente, esto es, los contornos, pero el modelo es restringido para favorecer la formación de curvas suaves evitando la entrada dentro de la figura de la pieza por desaparición de algunos contornos.

Debido al procesamiento inherentemente local de la imagen en el entorno del contorno, este modelo proporciona una solución al problema de segmentación que puede ejecutarse en tiempo real. La precisión del contorno extraído puede incrementarse añadiendo nuevos elementos de control sobre la curva aunque esto lógicamente también aumenta el tiempo de cálculo.

Piezas no aceptables

A veces en el proceso de fabricación, especialmente debido al movimiento rotatorio de los tanques de salmuera, se desgarran las fibras de carne y algunas piezas se dividen en dos trozos que no son aceptables para ser moldeados automáticamente. La presencia de estos fragmentos que no corresponden a piezas completas es detectada por una excesiva contracción del contorno. En este caso estas piezas son barridas por el manipulador del robot y caen desde la mesa a un contenedor de piezas rechazadas.

Como en el proceso de fabricación se desprenden de los jamones pequeños trozos de carne, también puede ocurrir que junto con las piezas de jamón se deposite sobre la mesa algunos de estos fragmentos. Esto no entraña ningún riesgo para la determinación del contorno de la pieza por parte del sistema de visión puesto que estos contornos son muy pequeños o muy débiles frente a la fuerza de contracción de la curva y el contorno deformable los sobrepasa encogiéndose hacia el interior.

Trayectoria para la captura de las piezas

Una vez que se ha detectado el contorno de la pieza el sistema de visión debe determinar cómo debe capturar el robot la pieza que descansa sobre la mesa para introducirla en el molde.



Para ello en primer lugar se calculan los ejes de inercia del contorno obtenido. A continuación se computan las áreas en los extremos del eje de inercia mínimo. Este cálculo permite determinar de forma fiable la zona de captura de la pieza. Se escoge para ello la zona con menor área que corresponde a la parte más liviana de la pieza. De esta forma se evita que el jamón deslice sobre la mesa cuando el manipulador del robot sea introducido por debajo para su aprehensión.

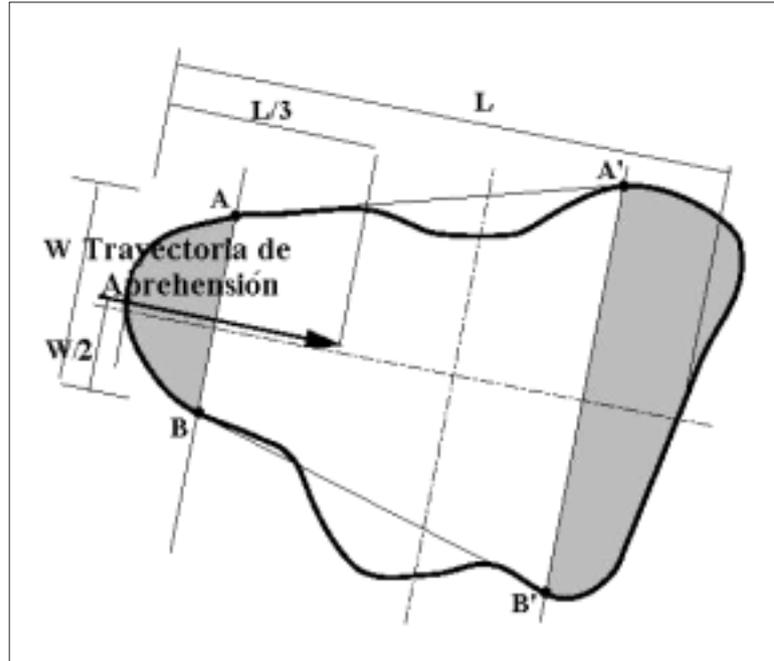


Figura 7.- Trayectoria que debe seguir el robot para la captura de la pieza.

Puesto que los jamones son introducidos en una posición predeterminada en los moldes, no sólo debe establecerse el área de captura sino también es preciso identificar las diferentes partes de la pieza. La identificación del jamón se lleva a cabo analizando la convexidad de los segmentos de contorno AA' y BB'. Si la apariencia del segmento superior AA' es cóncava y la del contorno inferior BB' es convexa (esto es si la mayoría de los puntos del segmento superior se encuentran bajo la línea recta AA' y la mayoría de los puntos del segmento inferior se encuentran bajo la línea recta BB') indica que la pieza no necesita ninguna rotación cuando sea introducida en el molde. Si por el contrario, si el segmento de contorno AA' es convexo y el segmento BB' es cóncavo entonces se precisa una rotación de 180° antes de ser introducida la pieza en el molde.

Una vez que se ha determinado la zona de captura y la necesidad de una posible rotación, se envía la trayectoria al robot para que proceda a la aprehensión de la pieza y la introduzca en el molde. La trayectoria de captura comienza dos centímetros por fuera de la pieza y sigue una dirección paralela al eje de inercia mínimo. La longitud más adecuada para la captura ha sido determinada experimentalmente como L/3 siendo L la longitud de la pieza sobre el eje de inercia mínimo. Recorrida esa distancia se disparan los actuadores neumáticos que capturan la pieza y el robot dirige la pieza hacia el molde, localizado en una posición fija, donde es introducida.

La introducción en el molde no es compleja pero sí que requiere de la imitación de la forma de proceder de los operadores humanos. Esto es, introducir la zona de la babilla y luego plegar sobre ella la tapa antes de liberar la pieza de los actuadores neumáticos.

Conclusiones

En este artículo se ha presentado una célula robotizada guiada por sensores de visión para la manipulación de carne fresca. El sistema ha sido desarrollado para automatizar el proceso de jamón cocido. Se ha puesto especial atención en el diseño de un componente visual robusto con objeto de manipular con éxito un producto tan escurridizo como la carne. Se ha demostrado que los sistemas de visión proporcionan fiabilidad a las tareas robóticas de manipulación de unos productos que por su alta variabilidad son muy difícilmente procesables de forma automática.

El algoritmo de visión presentado resulta muy adecuado para ser aplicado para la automatización de productos cárnicos ya que tolera una gran variabilidad tanto en su posicionamiento como en la forma de las piezas.

En esta célula experimental los sistemas de percepción visual y la manipulación se han combinado en lazo abierto con objeto de evitar un costoso hardware especializado. No obstante, el sistema lleva a cabo las tareas de captura con un elevado porcentaje de éxito que ronda el 95%. La célula ha sido verificada en una línea de producción experimental y se ha mostrado adecuada para la manipulación de piezas irregulares de carne con grandes variaciones en su tamaño. La línea desarrollada es capaz de procesar un jamón cada 7 segundos.

Referencias

1. **Y.F.Li and M.H.Lee.** Applying Vision Guidance in Robotic Food Handling. *Robotics and Automation magazine*. Vol.3, num.1. Marzo 1996.
2. **T.D.Jerney,** Replacing touch labor with robots in food packaging. *Proc. Int.Conf.Robots and Vision Automat.* pp.81-88,Detroit.Apr.1993.
3. **M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos,** Snakes: Active contour models. *Int. J. Computer Vision*, pp. 215-220,1992.
4. **E. de la Fuente, F.M. Trespaderne and J.R. Perán.** A deformable contour model to identify irregular pieces of meat. *Int. Conference on Quality Control by Artificial Vision.* pp. 339-341, May 1997.

La Inteligencia Artificial en la clasificación de canales

A. BAHAMONDE, F. GOYACHE, J.J. DEL COZ, J.R.QUEVEDO, S. LÓPEZ, J. ALONSO

Centro de Inteligencia Artificial.
Universidad de Oviedo en Gijón
Campus de Viesques, E-33271 Gijón (Asturias)
e-mail: antonio, juanjo, quevedo, secun, jalonso, ranilla, oluaces@aic.uniovi.es

Serida-Censyra-Somió
Camino de los Claveles, s/n, E-33208 Gijón (Asturias)
e-mail: felixgg@princast.es

En este artículo se presentan las técnicas de Inteligencia Artificial que se pueden utilizar para construir un sistema de calificación morfológica de bovinos. Se ilustran los pasos a seguir para obtener un calificador automático de canales con los que nos permitieron realizar un sistema capaz de calificar animales vivos de la raza Asturiana de los Valles. En ambos casos se parte de imágenes digitales con las que se puede medir las longitudes, áreas y ángulos relevantes, pero también elaborar representaciones fieles de los conceptos que intervienen directamente en los razonamientos empleados por los expertos al explicar su proceder. Las técnicas de Aprendizaje Automático nos permiten sintetizar el conocimiento de estos expertos en un formato que es a la vez comprensible por una máquina y también por las personas. Esto permite construir calificadores automáticos capaces de realizar su tarea eficazmente y, además, explicarla racionalmente. Finalmente se concluye con una descripción de las perspectivas que abre, en el campo de las industrias cárnicas, la investigación que aquí se presenta.

Introducción

La Inteligencia Artificial (IA en lo que sigue) es la parte de las Ciencias de la Computación que trata de simular en una computadora comportamientos que en los seres humanos no dudaríamos en calificar de inteligentes.

No cabe duda de que uno de los procesos que identificamos más frecuentemente con la inteligencia humana es la capacidad de aprendizaje, por esto, las

La investigación que se describe en este artículo ha sido subvencionada en parte por los proyectos PRIAE-AGR-03 (Principado de Asturias) y IFD97-1633 (CICYT-FEDER). Los autores quieren asimismo manifestar su agradecimiento a la Asociación de Criadores de la raza Asturiana de los Valles (ASEAVA) y a la dirección y técnicos de la Empresa Asturiana de Servicios Agrarios (EASA), empresa encargada del control del programa de carne de calidad *Carne Asturiana Calidad Controlada*, cuya colaboración ha resultado inestimable en todo momento.

técnicas que buscan que las máquinas aprendan (aprendizaje automático, AA en adelante) es uno de los temas centrales de la IA. Uno de los precursores de la IA, Alan Turing (1950) proponía la construcción de una máquina niño. De esta forma, se planteaba una estrategia para conseguir que una computadora, dotada de una fuerte predisposición para aprender, fuese capaz de desarrollar, por sí misma, una inteligencia y unos conocimientos como los de un humano adulto.

Pero, ¿qué significa que una máquina aprenda?. Esencialmente lo mismo que cualquier otro agente aprenda: que sea capaz de realizar una tarea con más destreza que antes del periodo de aprendizaje o entrenamiento. No nos sorprende cuando un animal aprende a hacer alguna pirueta o una labor que nos resulta útil, pero nos resistimos a aceptar esa capacidad en las máquinas.

Desde un punto de vista quizás excesivamente abstracto, las máquinas aprenden, cuando son capaces de memorizar un conjunto de instrucciones y luego las siguen fielmente: los programas de nuestras computadoras tienen esta misión. Pero, en el AA no nos referimos a este tipo de aprendizaje en el que el esfuerzo intelectual lo realiza una persona: el programador. Estamos interesados en que sea la propia máquina quien se programe a sí misma. Luego, por supuesto, la máquina seguirá los dictámenes de su programa y esto, esperamos que nos resulte útil, como cuando los animales aprenden. En otras palabras, los algoritmos de AA tratan de sintetizar conocimiento a partir de una fuente de información desorganizada. Estos algoritmos producen pues programas capaces de llevar a cabo tareas útiles para nosotros.

El papel que juegan los algoritmos de AA es, en cierto sentido, el de transcribir un conocimiento no estructurado pero que resulta relativamente accesible, para convertirlo en un conjunto de instrucciones computables y, por tanto, en conocimiento organizado. Desde otro punto de vista podemos decir que el AA trata de clonar el comportamiento para que sea reproducible por una computadora.

Conviene diferenciar, desde un punto de vista conceptual muy general, las diferencias entre las técnicas que se presentan en este artículo y las de Ingeniería del Conocimiento, en sentido amplio, que permiten construir sistemas basados en el conocimiento como es el caso de los llamados Sistemas Expertos.

Desde un punto de vista operativo, el AA nos permite construir sistemas basados en el conocimiento a partir de indicaciones sobre qué tipo de respuestas esperamos frente a un conjunto dado de entradas posibles. Por supuesto, se usará AA siempre que se pueda disponer a una batería de muestras de entradas/salidas que formarán los conjuntos de entrenamiento y en el supuesto de que no conozcamos otra forma de construir directamente un sistema basado en el conocimiento. Estas son las especificaciones que debe cumplir un problema para que sea abordado usando este tipo de técnicas. Obsérvese que en los Sistemas Expertos, por el contrario, se dispondría del conocimiento obtenido directamente del modo en que el experto nos describe su actividad.

En este artículo abordaremos cómo se puede plantear la calificación de canales de bovinos usando las técnicas del AA que, como veremos, incluyen otras cuestiones relevantes de la IA como es la representación del conocimiento. Para ilustrar los pasos a seguir con los canales de bovinos, veremos los métodos y resul-



tados obtenidos por nuestro grupo en la calificación morfológica de estos mismos animales en vivo (López et al. 2000; Goyache et al., 2000). El artículo finalizará con unas conclusiones y la descripción de las líneas de investigación futuras que vemos en este campo.

Distintos tipos de algoritmos de Aprendizaje Automático

Existen muchos tipos de algoritmos o funciones de aprendizaje. Una clasificación habitual es la que distingue los posibles modos en que se pueden dar los conjuntos de entrenamiento y las propias funciones de predicción. En este artículo seguiremos el planteamiento más usual. Los conjuntos de entrenamiento serán conjuntos de ejemplos de acciones sabias que en el pasado fueron ejecutadas por expertos y que recopilamos en los llamados conjuntos de entrenamiento. Cada uno de estos ejemplos está descrito por un conjunto de atributos con uno singular llamado clase del ejemplo. Los atributos son las propiedades que en cada ejemplo tendrán un valor y que, de esta forma, define un ejemplo concreto de actuación.

Continuando con el planteamiento habitual del AA, lo que devuelven los algoritmos de aprendizaje son otros algoritmos o funciones computables, en general, conocimiento capaz de predecir la clase de casos (ejemplos en los que no conocemos su clase) que no habían sido vistos durante el periodo de entrenamiento. Este punto de vista es el que se recoge en la **figura 1**.

Conceptualmente, los algoritmos de AA hacen el mismo papel que los métodos de regresión que a partir de una muestra (así se llaman en este contexto los conjuntos de entrenamiento) sintetizan una función (a menudo lineal) que nos estimará el valor de la variable que queremos predecir (la clase) en función de las demás (los atributos que definen los ejemplos). Sin embargo, el AA va más allá pues el aba-

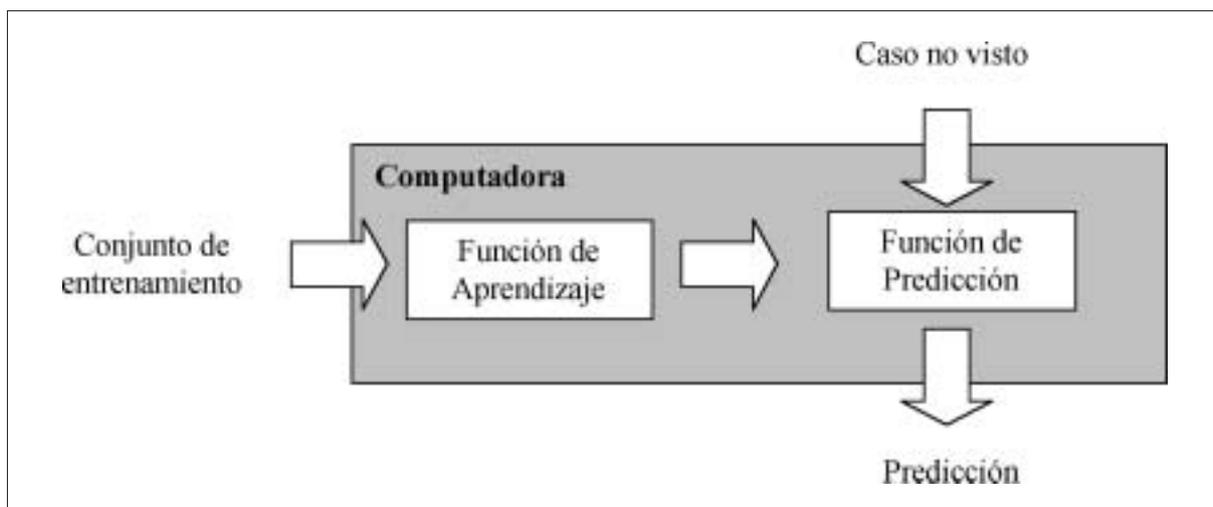


Figura 1.- El papel de los algoritmos de Aprendizaje Automático en la gestión del conocimiento.

Simple regresión

$$MG = -3.13787 + 0.0882 V2 + 1.41 V3$$

para todos los casos

Salida de SAFE

$$MG = +4.96*V3+0.657*V1+0.094*V2-11.030 \quad \text{si } V3 \in [1.43,1.65] \text{ \& } V1 \in [1.5,3.17]$$

$$MG = +0.523*V1+3.530 \quad \text{si } V2 \in [62.57,68.7] \text{ \& } V1 \in [1.96,4.5] \text{ \& } V3 \in [1.58,2.2]$$

$$MG = +5.519 \quad \text{si } V2 \in [69.33,75.26] \text{ \& } V3 \in [1.51,1.8]$$

$$MG = +1.113*V3+0.054*V2+0.269 \quad \text{si } V2 \in [62.57,87.9] \text{ \& } V1 \in [3.66,5.41] \text{ \& } V3 \in [1.21,2.21]$$

Tabla 1.- Fórmulas que se obtienen por simple regresión lineal múltiple y por medio del sistema de aprendizaje automático SAFE para calificar la ampulosidad o musculatura general (MG) de un bovino de aptitud cárnica. Nótese que SAFE proporciona 3 funciones lineales mientras que la regresión, obviamente, sólo calcula 1. Las variables utilizadas representan la redondez de la grupa en vista lateral (v1), en vista posterior (v2) y la redondez de la espalda en vista frontal (v3).

nico de posibilidades de las funciones predictoras es bastante más sofisticado que en la regresión.

El uso de las técnicas de IA que se propone en este artículo incluye formas de vincular a las medidas relevantes de una canal, una clasificación en una escala cualitativa como es el caso de la calificación SEUROP, o en general una calificación numérica. Lo habitual cuando la clase a predecir es un número, es obtener de los sistemas de AA un conjunto de reglas que especifican en sus condiciones, en qué casos se deben aplicar las fórmulas, a menudo lineales, que aparecen en las conclusiones de las reglas. Así, en lugar de disponer de una única función lineal, los sistemas de AA proporcionan un conjunto de estas funciones que, por tanto, son capaces de aproximar a cualquier función suficientemente regular no necesariamente lineal.

Para ilustrar este aspecto, consideremos (**tabla 1**) la respuesta de SAFE (Quevedo, Bahamonde, 1999; su nombre es un acrónimo de Sistema de Aprendizaje de Funciones a partir de Ejemplos) cuando le pedimos que aprenda a realizar una tarea muy similar a la que nos ocupa. Se trata de la calificación lo que llamamos la ampulosidad de un animal de la raza Asturiana de los Valles (Cima, 1986), entendiéndolo por tal, la falta de ángulos en sus formas; en otras palabras, una apreciación de la musculatura general (MG) que presenta y que se manifiesta en lo redondeado de sus perfiles. Aquí las calificaciones son 1 para animales con una pobre musculatura y 9 para animales con formas muy redondeadas. Aunque luego se explicarán algunos detalles más sobre las características generales de SAFE, en la **tabla 1** se detallan las fórmulas inducidas a partir de un conjunto de entrenamiento construido a partir de los juicios de expertos calificadoros de la Asociación de Criadores de la raza Asturiana de los Valles (ASEAVA).

Por supuesto, existen otras familias de algoritmos que aprende a partir de ejemplos y que genéricamente podemos etiquetar como aquellas que no devuelven funciones explícitas. Este es el caso de las redes de neuronas artificiales (RNA) y de los sistemas que seleccionan los casos más representativos de los conjuntos de entrenamiento y que con su ayuda clasifican o califican a los demás elementos del dominio siguiendo un razonamiento basado en casos también llamado de



evaluación del vecino más próximo, o evaluación difusa o borrosa. En la siguiente sección se discutirán las razones por las que hemos elegido algoritmos de determinadas familias en nuestro planteamiento de la calificación de bovinos.

Una explicación detallada de los principios y métodos del AA puede encontrarse en textos como (Nilsson, 1998; Rich and Knight, 1991; Quinlan, 1993a; Michalski, Bratko, and Kubat, 1998).

Ingeniería del conocimiento y recolección de datos

La representación del conocimiento es una cuestión central en la IA. En términos generales, por representación nos referimos a la traducción de algo tan inmaterial como el conocimiento a un sistema formal de símbolos que pueda ser almacenado en una computadora. Los sistemas basados en el conocimiento son entonces programas que tratan con esos sistemas de símbolos para solucionar problemas prácticos. En el caso del AA se deben manejar conocimiento tanto como entrada (aunque no estructurado) como de salida en la forma de funciones de predicción computables.

Si esperamos aprender a calificar características morfológicas, debemos en primer lugar representar los atributos relevantes que tienen que ver con cada característica, por ejemplo, la característica musculatura general (aludida en la **tabla 1**) debe ser entendida como una medida de lo redondeado que sea el cuerpo del animal. En particular, lo que es evaluado por nuestros calificadores es la abundancia o no de redondeces en la grupa y espalda, características que son también de una gran importancia en la calificación de canales. Así, para representar este concepto, usamos tres atributos que cuantifican numéricamente la convexidad o grado de redondez de la grupa en vistas lateral y posterior y la espalda en vista frontal. El problema es cómo cuantificar estos conceptos de manera que resulten útiles para deducir, a partir de esos 3 números, y de forma coherente con las valoraciones de los expertos, una valoración de la característica que hemos llamado musculatura general.

Necesitamos, por tanto, fórmulas matemáticas para resumir la redondez de un perfil y también, por supuesto, ser capaces de evaluar estas fórmulas para cada uno de los animales. Pero incluso con esto sólo tendríamos la mitad de lo necesario para compilar los conjuntos de entrenamiento. Debemos añadir, a cada terna de números que miden la redondez del animal, la valoración que a nuestros expertos le merece esa característica. Estos 4 valores, en el caso de la musculatura general, son un ejemplo de entrenamiento y representan una actuación, la de calificar esta característica, que esperamos ser capaces de aprender a reproducir.

Para conseguir ese objetivo, el primer paso consistió en definir las características que debían ser calificadas (Goyache et al., 1999) y que deberían tener un carácter lineal (ICAR, 1995). Este paso no sería necesario en la calificación de canales bovinas puesto que la definición de los caracteres viene dado por la normativa oficial. Posteriormente, los 4 expertos calificadores que iban a dar las califacio-

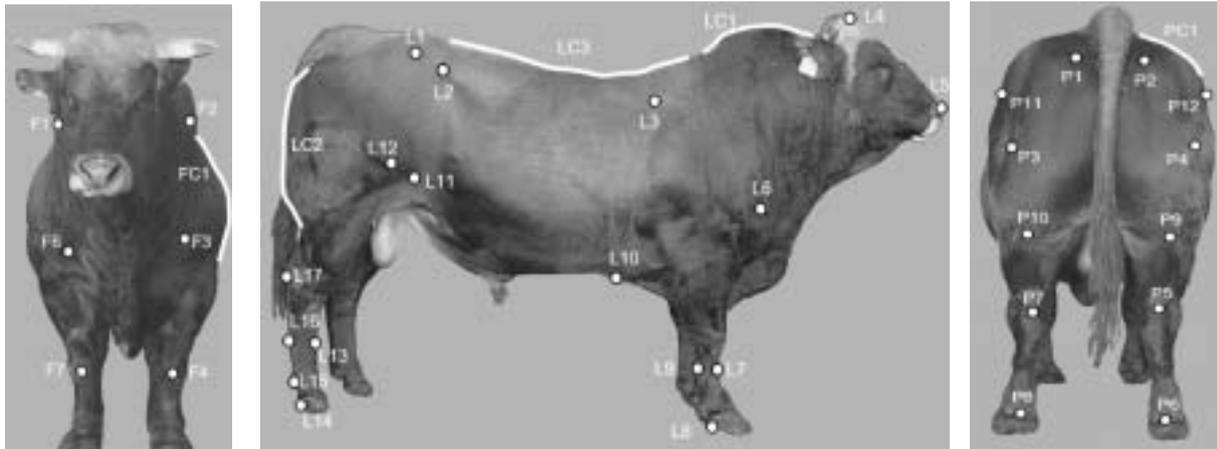


Figura 2.- Muestra de las 3 fotos digitales (frontal, lateral y posterior) que se obtuvieron para cada animal calificado. Pueden observarse los puntos y los perfiles marcados sobre las fotos.

nes de las que aprendería nuestro sistema informático, fueron entrenados en la práctica del nuevo sistema con un conjunto de 50 animales (18 machos y 32 hembras) para uniformizar las interpretaciones de las características a calificar. Este paso tampoco es necesario para la calificación de canales porque en Asturias y en el resto de España existe un buen número de calificadores entrenados en la normativa SEUROP.

Finalmente, para construir el sistema de calificación morfológica utilizamos un total de 260 calificaciones realizadas por nuestros 4 expertos. Las calificaciones se refieren a una colección de 65 animales de la raza Asturiana de los Valles: 21 machos (7 de menos de 2 años y 14 de más de 3 años) y 44 hembras (11 novillas y 33 vacas multíparas) diferentes de los 50 animales utilizados para uniformizar los criterios de calificación. Con todos estos datos junto con las medidas y elaboraciones de las medidas zoométricas se construyeron los conjuntos de entrenamiento.

La colección de animales incluidos en los experimentos puede ser considerada representativa de la raza. Esto es necesario, obviamente para evitar un sesgo en el muestreo, ya que queremos aprender a calificar a todo tipo de animales. De hecho, nuestros 65 animales incluyen toda la variabilidad morfológica de la raza y van desde animales calificados de excelentes hasta animales con una pobre conformación.

La clase u objetivo del aprendizaje para cada animal y cada característica fue la media de la calificación de los expertos. Para completar los ejemplos de entrenamiento con los valores de los atributos que representan cada característica se utilizaron 3 fotos digitales de cada animal: frontal, lateral y posterior. Cada imagen contiene una referencia con una longitud conocida que nos permitirá medir en centímetros a partir de las fotos. El procesamiento de estas imágenes en nuestro sistema necesita que un operador marque (ver **figura 2**) un conjunto de puntos significativos del animal (en la última versión son necesarios 37 puntos) y perfiles (5 en esta versión).

La precisión alcanzada por las medidas digitales fue comprobada con éxito al compararla con medidas tomadas con un bastón de Lydtin sobre un grupo de



animales especialmente seleccionados al efecto y sobre objetos inanimados de un tamaño similar al de los ejemplares de Asturiana de los Valles. Además, no se observó ningún sesgo debido a la subjetividad del operador que marcó los puntos en las imágenes.

Las 22 características incluidas en el sistema de calificación de ASEAVA pretenden evaluar los desarrollos muscular y esquelético de los animales. Aunque la mayoría de estas características hacen referencia a rasgos anatómicos, hay 3 que se consideran para obtener una evaluación general, en opinión de los expertos, del animal como productor de carne. Estas 3 características son la armonía de conjunto, musculatura general y compacidad.

La **tabla 2** describe cada una de estas características especificando el rango de puntuaciones y la media y desviación estándar (d.e.) de las calificaciones de nuestros 4 expertos en los 65 animales del experimento. Obsérvese, que en esta tabla se resumen 260 (65 x 4) hojas de calificación y, dado que cada una de ellas contiene calificaciones de las 22 características, en total, se tienen 5.720 calificaciones individuales.

Característica	Abrev.	Puntuación		Media	d.e.
		1	9		
Desarrollo muscular					
convexidad de la espalda	CE	Cóncava	Convexa	6.15	1.31
desarrollo de los lomos	DL	Delgado y corto	Grueso y largo	5.89	1.39
convexidad de la grupa	CG	Escasa	Muy convexa	5.87	1.36
profundidad del muslo	PM	Corta	Larga	6.32	1.13
curvatura de la nalga	CN	Cóncava	Convexa	6.12	1.23
anchura del muslo	AM	Estrecho	Ancho	5.74	1.44
armonía de conjunto	AC	Anguloso	Armonioso	6.18	1.41
musculatura general	MG	Poco musculado	Muy musculado	6.02	1.38
compacidad	CO	No compacto	Compacto	6.10	1.48
Desarrollo esquelético					
anchura del pecho	AP	Estrecho	Ancho	5.85	1.33
alzada a la cruz	AC	Baja	Alta	5.75	1.26
profundidad torácica	PT	Poco profundo	Profundo	6.07	1.26
profundidad del vientre	PV	Profundo	Agalgado	5.91	1.13
longitud del tronco	LT	Corto	Largo	6.08	1.24
longitud de la grupa	LG	Corto	Largo	5.97	1.18
inclinación lateral de la grupa	ILG	Isquiones bajos	Isquiones altos	6.19	0.84
inclinación posterior de la grupa	IPG	Empinada	Plana	6.33	1.18
anchura entre isquiones	AI	Estrecha	Ancha	5.36	1.24
anchura entre ancas	AA	Estrecha	Ancha	6.02	1.20
línea dorsolumbar	LDL	Cóncava	Muy convexa	6.28	0.80
tamaño de la cabeza	TC	Pequeña	Grande	5.37	0.85

Tabla 2.- Características consideradas en el sistema de calificación morfológica lineal para valorar el desarrollo muscular y esquelético.

Implantación y control de un sistema de calificación

Un sistema de calificación tanto de vivo como de canales no tiene como misión la de sustituir a los expertos que realizan estas tareas, pero sí el facilitar su trabajo haciéndolo más eficiente y eficaz. Así, el sistema de calificación morfológica en vivo que desarrollamos para ASEAVA está pensado, por las características de manejo propias de la raza Asturiana de los Valles, para que sea ejecutado por calificadores humanos. El objetivo de este sistema era servir de herramienta para poner a punto este nuevo sistema de calificación y, posteriormente, construir a partir de él, un sistema de control periódico de los calificadores que permita uniformizar criterios así como corregir desviaciones individuales de cada uno de ellos. En la siguiente sección discutiremos las características peculiares del sistema de calificación de canales.

La puesta en marcha efectiva del sistema de calificación en vivo necesitaba asegurar que las características a evaluar están siendo comprendidas por los calificadores de una manera adecuada y que, además sus evaluaciones son coherentes con las mediciones que objetivamente se pueden realizar sobre los animales. Este planteamiento, que de alguna forma también se puede hacer para la calificación de canales, se resume, esquemáticamente, en la **figura 3**.

Para servir entonces a los objetivos de la implantación y control del sistema se han realizado los experimentos aludidos en la sección anterior. Desde el punto de vista técnico, lo esencial en estos experimentos es apreciar el grado de linealidad, con respecto a las medidas objetivas de cada una de las características objeto de calificación, y, por otra parte, la coherencia de los datos.

Un primer intento de llevar a cabo este análisis nos conduce a calcular los coeficientes de correlación para juzgar la coherencia y linealidad de las puntuaciones de nues-

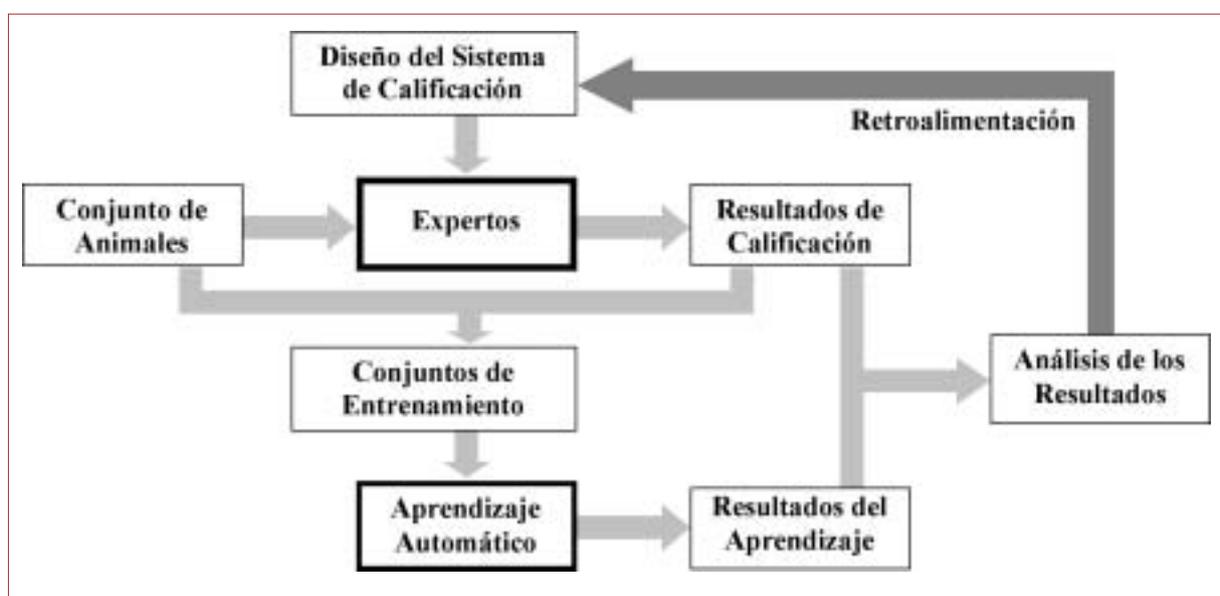


Figura 3.- Mecanismo de retroalimentación en el que interviene el aprendizaje automático para servir tanto para la puesta en marcha de un sistema de calificación morfológica (vivo o canal) como para su posterior control.



tros expertos. Desgraciadamente esta no es una buena opción ya que no es fácil encontrar un umbral capaz de discriminar, por su coeficiente de correlación, las características que están siendo razonablemente evaluadas por nuestros expertos y las que deberían ser reformuladas o incluso eliminadas de las hojas de calificación. La razón geométrica es que un conjunto de puntos que define dos o más funciones lineales parciales puede ser forzado a ser visto como una única función lineal si ésta es la única herramienta de la que se dispone para explicar el comportamiento de las relaciones numéricas. La **figura 4** ilustra una situación de este tipo en la que el coeficiente de correlación del conjunto completo de puntos es verdaderamente muy alto: 0,96. Nótese que aumentando el ángulo que forman los dos segmentos podríamos hacer disminuir la correlación y sería difícil establecer en qué punto habría que empezar a considerar que lo más adecuado sería pensar que la nube de puntos no es lineal; aunque, de hecho, nunca lo fue.

Esta característica resulta de especial importancia en el caso de la calificación de canales bovinas. La metodología SEUROP debe aplicarse a una gran tipología de canales (ligeras, pesadas, vacuno mayor), que inevitablemente influyen en el resultado de la clasificación. Es probable que el mismo calificador se autocorrija según el tipo de canales que está calificando pudiendo no ser comparables dos clasificaciones "U" de dos canales diferentes (una pesada y otra ligera). La **figura 4** ilustra este problema que no puede ser resuelto con las técnicas de análisis habituales pero sí mediante la aplicación de algoritmos de AA.

Por todo lo anterior, hemos utilizado en los experimentos de AA sistemas que por una parte tengan como resultado reglas de regresión, como las vistas en la **tabla 1**. Pero, para evitar el sesgo en los resultados debido al tipo de algoritmos utilizados, también añadimos un sistema de una familia muy diferente como es el caso de BETS (*Best Examples in Training Sets*) (*del Coz et al., 1999a y 1999b; Luaces et al., 1999; Bahamonde et al., 1997*). Los sistemas usados tienen las siguientes características:

- SAFE: construye reglas de regresión (ver **tabla 1**) que se aplican utilizando un mecanismo de mínima distancia: cada caso no visto se resuelve utilizando la fórmula lineal de la regla cuyas condiciones o bien las cumpla completamente o bien sean las que más se aproximan. Es un algoritmo del Centro de Inteligencia Artificial de la Universidad de Oviedo en Gijón. Su referencia es (*Quevedo, Bahamonde, 1999*).
- Cubist: Como el sistema anterior, construye reglas de regresión pero, en este caso, sus condiciones cubren todas las posibilidades. Se trata de un sistema comercial, su referencia es (*Cubist, 2000*).

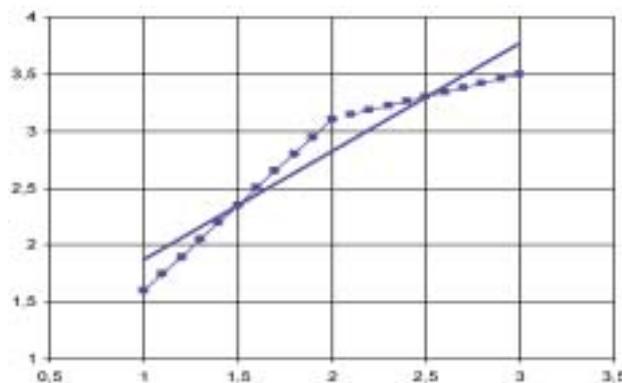


Figura 4.- Las variables representadas en estos ejes están altamente correlacionadas (0,96 es su coeficiente de correlación), pero su relación está dada por una función es sólo parcialmente definida como lineal: para valores del eje horizontal que estén por debajo o por encima de 2.

Característica	Cubist		SAFE		M5'		BETS		Cor.
	Error	Fun.	Error	Fun.	Error	Fun.	Error	Prot.	
CE	0.63	1.93	0.62	1.29	0.64	1.20	0.71	12.8	0.86
DL	0.98	1.67	0.97	1.97	0.88	4.11	0.93	11.9	0.70
CG	0.87	1.00	0.87	1.23	0.87	1.00	1.07	9.70	0.64
PM	0.62	1.06	0.60	2.40	0.59	4.62	0.78	10.8	0.84
CN	0.85	2.12	0.77	1.75	0.75	4.94	0.63	9.80	0.64
AM	0.58	1.00	0.65	1.07	0.56	1.00	0.79	12.3	0.90
AC	0.74	3.40	0.72	3.37	0.79	5.38	0.60	15.2	0.83
MG	0.84	3.09	0.83	4.17	0.78	5.55	0.86	10.8	0.73
CO	0.71	1.15	0.76	2.71	0.77	3.03	0.87	13.1	0.82
AP	0.56	1.00	0.58	3.22	0.56	1.00	0.66	12.8	0.80
AC	0.46	1.00	0.45	2.21	0.46	1.00	0.54	12.8	0.88
PT	0.50	1.00	0.50	1.05	0.50	1.00	0.55	14.6	0.85
PV	0.52	1.00	0.52	2.09	0.52	1.00	0.58	14.2	0.79
LT	0.54	1.00	0.55	1.26	0.54	1.00	0.71	13.6	0.86
LG	0.63	1.00	0.63	1.00	0.63	1.00	0.72	14.2	0.68
ILG	0.46	1.00	0.46	1.00	0.46	1.00	0.50	15.1	0.64
IPG	0.64	1.00	0.66	1.40	0.64	1.00	0.69	14.6	0.61
AI	0.83	2.00	0.85	1.02	0.80	2.00	0.89	15.7	0.57
AA	0.61	1.00	0.61	2.83	0.60	1.00	0.76	14.15	0.80
LDL	0.49	1.75	0.53	1.54	0.46	2.97	0.46	15.2	0.65
TC	0.50	1.98	0.51	1.00	0.48	3.12	0.61	9.50	0.61
Medias	0.64	1.57	0.64	1.94	0.64	2.36	0.71	12.74	

Tabla 3.- Errores absolutos medios cometidos por el aprendizaje de cada sistema en cada una de las 22 características consideradas para los animales en vivo, ver tabla 2, y el número de funciones necesarias (en el caso de BETS prototipos). El método usado para la estimación de estos valores fue el *leaving-one-out*. La última columna indica los coeficientes de correlación entre las clases y los atributos que representan cada característica en los conjuntos de entrenamiento.

- M5': También construye reglas de regresión que cubren todas las posibilidades. El sistema está basado en el M5 (*Quinlan, 1993a*) y su referencia es (*Wang and Witten, 1997*).
- BETS: Selecciona del conjunto de entrenamiento una pequeña cantidad de ejemplos representativos o prototipos. Con ellos, por interpolación, calcula los valores de los nuevos casos que se le presenten. Se trata de un algoritmo del Centro de Inteligencia Artificial de la Universidad de Oviedo en Gijón. Sus referencias son (*del Coz et al., 1999a y 1999b*).

Las redes de neuronas artificiales podrían haberse usado también en este experimento. Pero dado que requieren la definición *ad hoc* de elementos clave para su funcionamiento como son la topología de la red a entrenar en cada uno de los 22 problemas de aprendizaje, para evitar el sesgo debido a lo adecuado o inadecuado de estas definiciones, optamos por no incluirlas en este estudio.

Los resultados obtenidos se resumen en la **tabla 3**. Aquí se recogen, para cada sistema de aprendizaje dos informaciones: el error y el número de funciones. El error



es una estimación del que se cometería para casos no vistos. El método de estimación empleado fue el leaving-one-out que consiste en entrenar al sistema dejando un ejemplo fuera (de todas las maneras posibles) y aplicando lo aprendido al caso separado; la media, en valor absoluto, de los errores así obtenidos es el valor que se muestra en cada celda de la tabla. Nótese que fueron realizados 1430 (65 x 22) aplicaciones de cada uno de los 4 sistemas de aprendizaje; lo que hace un total de 5.720 procesos de AA. La segunda columna, para cada algoritmo, recoge el número medio de funciones que se necesitaron para aprender a calificar cada característica; el método utilizado para su estimación fue el mismo que el usado para el error absoluto medio. En el caso de BETS, en lugar del número de funciones se recoge el de prototipos.

Debe notarse que la diferencia de puntuación de los sistema de AA con la media de los expertos calificadores es de aproximadamente 0,6 puntos, que es una desviación despreciable teniendo en cuenta que las desviaciones estándar de las calificaciones (**tabla 2**) de los calificadores expertos supera holgadamente el punto en la mayor parte de los casos. Estos resultados abren interesantes perspectivas para el caso de la calificación automática de canales bovinas.

La conceptualización de las canales

Desde un punto de vista abstracto, la calificación de canales (Vallejo et al., 1993) tiene bastantes elementos análogos a la calificación morfológica en vivo. De hecho, en algunos casos estamos en presencia de las mismas características a valorar; especialmente en las distancias entre referencias óseas. En los aspectos musculares, fundamentalmente, se trata de cuantificar convexidades de perfiles y de estimar volúmenes. En la **tabla 4** se recogen las características relevantes para determinar la clasificación SEUROP de una canal de bovino.

Sin embargo, existe una diferencia esencial entre las calificaciones en vivo y en canal. En vivo, se distinguen aspectos de la morfología; esto permite considerar varias posibilidades sobre el uso al que se destinarán los animales: venta como reproductores, valoración de cruces que mejoren las cualidades de sus descendientes, o venta para carne.

Por otra parte, la calificación de canales es única, no tiene subcalificaciones útiles en sí mismas. Aunque podría ser usada (y de hecho lo es) como retroalimen-

<ul style="list-style-type: none">• Peso de la canal• Sexo• Dimensiones y compacidad<ul style="list-style-type: none">- Longitud de la canal- Profundidad del pecho- Profundidad del flanco- Compacidad de la canal	<ul style="list-style-type: none">• Valoración de los perfiles<ul style="list-style-type: none">- Pierna en vista exterior- Morrillo- Pierna en vista lateral- Espalda en vista lateral- Tapa• Valoración del desarrollo muscular en<ul style="list-style-type: none">- Pierna- Cadera- Lomo- Delantero
--	---

Tabla 4.- Las características que se consideran para inducir la calificación SEUROP de las canales de bovinos. En algunos casos, su representación final, desde el punto de vista computacional, necesita varios atributos numéricos que describen cada una de estas características.

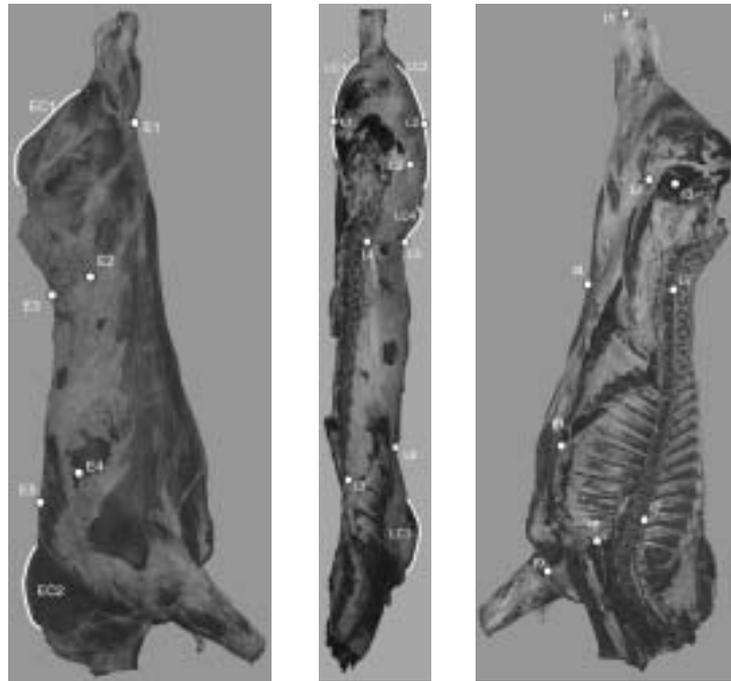


Figura 5.- Fotos exterior, lateral e interior de una canal con los puntos y curvas marcadas para elaborar 39 atributos numéricos de los cuales se aprende la calificación SEUROP.

tación a una política de manejo y de selección genética del ganadero. Pero lo esencial de la calificación de canales es su importancia económica que debe ser aplicada en condiciones industriales de forma automatizada y segura. Desde este punto de vista parece esencial desarrollar la capacidad de poder asignar a una canal una etiqueta de valoración como en el caso SEUROP. Desde el punto de vista del AA se trata de un solo problema de aprendizaje: los atributos que representan las características de la **tabla 4** deben predecir la calificación de las canales.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el planteamiento que estamos siguiendo en este momento para construir un sistema de calificación de canales de bovinos es el siguiente. Hemos tomado 3 fotos digitales de cada canal analizada. Sobre ellas definimos, como en el caso de animales vivos y usando la experiencia ganada con ellos, unos atributos cuantificables a partir de las mediciones que se pueden hacer sobre las fotos. Esto supone definir 21 puntos y 5 curvas en el conjunto de las 3 fotos (ver **figura 5**).

Paralelamente también aprendemos a calificar el engrasamiento de las canales. Aquí los atributos a considerar están relacionados con el grado de cobertura observado en las fotos digitales, medidos por nuestra aplicación informática mediante la contabilidad de los cambios de color.

Volviendo a la calificación SEUROP, con los puntos y las curvas marcadas en las fotos de las canales construimos 39 atributos numéricos a los que añadimos las calificaciones medias de cada canal de nuestros 3 expertos de EASA, empresa en-

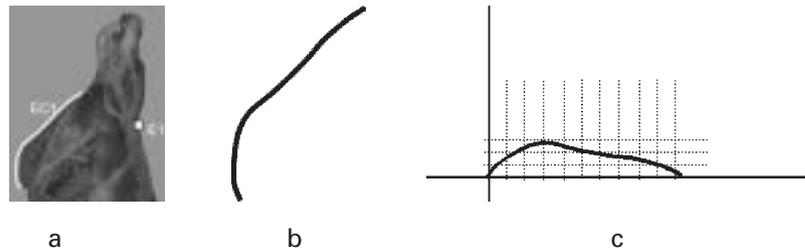


Figura 6.- Perfil de una canal, curva que lo define y función que se utiliza para cuantificar la convexidad del perfil.

cargada del control del programa de carne de calidad "Carne de Asturias Calidad Controlada". De esta forma se construye el conjunto de entrenamiento. En las características en las que se pretende hacer una valoración del desarrollo muscular de algunas regiones tratamos de utilizar dimensiones que recojan la idea del volumen que se puede apreciar en la conjunción de las 3 fotos.

Volviendo a la calificación SEUROP, con los puntos y las curvas marcadas en las fotos de las canales construimos 39 atributos numéricos a los que añadimos las calificaciones medias de cada canal de nuestros 3 expertos de EASA, empresa encargada del control del programa de carne de calidad "Carne de Asturias Calidad Controlada". De esta forma se construye el conjunto de entrenamiento. En las características en las que se pretende hacer una valoración del desarrollo muscular de algunas regiones tratamos de utilizar dimensiones que recojan la idea del volumen que se puede apreciar en la conjunción de las 3 fotos.

Un comentario especial merece la cuantificación que hacemos de los perfiles. Aquí, como ocurre con la morfología en vivo se trata de medir convexidades, frecuentemente de las mismas regiones anatómicas. Dado un perfil, como el EC1 de la **figura 6.a**, consideramos la curva que lo delimita (**b**) como una función de una variable referida a unos ejes coordenados con origen en el extremo izquierdo de la curva (**c**).

Entonces se puede calcular la curvatura de cada punto ($x, y = f(x)$) de esta curva mediante la fórmula:

$$\text{curvatura } (x) = \frac{d^2y/dx^2}{(1+(dy/dx)^2)^{3/2}}$$

Como no disponemos de la fórmula explícita de la curva, aproximamos los valores de las derivadas usando los valores de la función en un entorno de cada punto. Finalmente, para resumir la convexidad de la curva en el intervalo considerado por el perfil, calculamos la media de las curvaturas en una sucesión de puntos equidistantes y que dividen la curva en un número dado (e igual para todos los casos) de subintervalos iguales.

Para poner a punto todo el mecanismo de aprendizaje y asegurar la fidelidad de las representaciones de las características que determinan la calificación de la

Característica		Media	d.e	Correlación con nota SEUROP	
Peso canal		258.9	87.7	0.26	
Valoración de los expertos	Puntuaciones				
	1	9			
Perfiles	Cóncavo	Convexo			
Pierna vista exterior			5.4	2.3	0.87
Morrillo			5.1	1.8	0.59
Pierna vista lateral			6.1	2.1	0.94
Espalda vist lateral			5.8	2.1	0.91
Tapa			6.0	2.2	0.93
Desarrollo muscular	Muy pobre	Muy musculado			
Pierna			6.4	2.0	0.93
Cadera			6.2	2.1	0.94
Lomo			5.8	2.0	0.92
Delantero			6.0	2.0	0.90
Nota SEUROP			4.2	1.2	

Tabla 5.- Descripción estadística de los datos de 156 canales analizadas por los 3 expertos de EASA. Además del peso de las canales se incluyen las características de las canales que normalmente se asocian con apreciaciones subjetivas: las valoraciones de perfiles y de desarrollos musculares. La última columna da cuenta de la correlación de cada una de estas características con la calificación SEUROP.

canal, hemos pedido a nuestros 3 expertos que valoren (de 1 a 9, como en las calificaciones en vivo) las características en las que pudieran aparecer elementos subjetivos de apreciación: los perfiles y los desarrollos musculares. Como además tenemos los pesos de las canales analizadas, elaboramos la **tabla 5** en la que se recogen las medias de las apreciaciones de los expertos en cada una de estas características, la desviación estándar y la correlación con la calificación final SEUROP traducida a una escala numérica.

Perspectivas de futuro y conclusiones

En breve esperamos contar con resultados para las canales al menos tan satisfactorios como los obtenidos para la calificación de vivo. Nuestra confianza se basa en estar utilizando las mismas técnicas de conceptualización que en vivo y, además, el disponer de unos expertos capaces de explicar sus criterios de evaluación.

Las altas correlaciones con la nota SEUROP que aparecen en esta **tabla 5** deben ser interpretadas como los pesos que los expertos asignan a cada una de esas características en la construcción de la nota final. El trabajo a realizar entonces por los sistemas de IA será la representación computacionalmente operativa de esas características; en realidad sería suficiente con llegar a representar alguna de las que tienen una alta correlación. Los resultados obtenidos en la calificación morfológica (ver **tabla 3**) nos hacen prever unos excelentes resultados en la calificación de las canales.

A partir de los trabajos en marcha sobre calificación de canales usando las técnicas de IA explicadas en este artículo se podrían abordar distintos proyectos que, esquemáticamente listamos a continuación.

Se podría construir un sistema industrial de ayuda a la calificación de canales que permitiría a los expertos poder realizar su tarea más eficientemente, mediante "calificaciones a distancia" a partir de fotos que se realizarían en el momento del



pesaje de las canales y, a ser posible, de la forma más automática. Además estas calificaciones estarían respaldadas por cuantificaciones numéricamente fiables, con lo cual se aumentaría también la eficacia de los calificadores y se dispondría de justificaciones objetivas para hacer frente a posibles reclamaciones.

- Se podría construir un sistema de entrenamiento y control periódico de los calificadores de canales siguiendo la metodología usada en el desarrollo del sistema de calificación para animales vivos.
- Sería factible elaborar criterios de calificación concretos, detallados y especializados en ciertos tipos de canales como, por ejemplo las canales ligeras, cuya ubicación en las normativas generales no resulta evidente.

Desde el punto de vista técnico

- Se podrían incorporar sistemas de visión algo más sofisticados que facilitasen la toma de datos requiriendo una menor interacción del operador al marcar puntos y curvas.
- Se podrían utilizar sistemas de estereovisión que permiten hacer reconstrucciones en 3D de los objetos. De esta forma se pueden abordar cálculos de volúmenes con una gran precisión hasta llegar a permitir estimaciones de pesos y medidas de los despieces comerciales de las canales.

Por lo que se refiere, en general a las posibilidades de la IA en este campo podemos destacar como objetivos de investigación

- Estudiar las relaciones entre las morfologías en vivo y las canales de los mismos animales de tal forma que se pudiese predecir, a partir de las medidas zoométricas en vivo y de sus conceptualizaciones, el valor de las canales y un cierto número de sus características comercialmente más interesantes.
- Llevar la cadena vivo canal a un eslabón más lejos: la calidad de la carne obtenida. Aquí caben dos puntos de vista: intentar vincular cualidades de vivo o de las canales a la estimación de la calidad de la carne, lo que parece difícil, y deducir la calidad comercial de la carne a partir de sus propiedades físico-químicas.

Bibliografía

- **Bahamonde, A., de la Cal, E. A., Ranilla, J., Alonso, J. (1997):** Self-organizing symbolic learned rules. *Lecture Notes in Computer Science, LNCS N° 1240*, 536-545. Springer-Verlag. Berlin.
- **Cima, M. (1986):** Estudio biotipológico de las razas bovinas autóctonas del Principado de Asturias. *Graficas Summa*, Oviedo.
- **Cubist (2000):** Release 1.08, <http://www.rulequest.com/cubist-info.html>.
- **Del Coz, J. J., Luaces, O., Quevedo, J.R., Alonso, J., Ranilla, J., Bahamonde, A. (1999a):** Self-Organizing Cases to Find Paradigms. *Lecture Notes in Computer Sciences*, Springer-Verlag, Vol. 1606, 527-536.
- **Del Coz, J.J., Bahamonde, A. (1999b):** Mapas autoorganizados con atributos discretos. *CAEPIA'99-TTIA'99 VIII Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial - III Jornadas de Transferencia Tecnológica de Inteligencia Artificial - Libro de Actas - Vol. I*, pp. 117-124.

- **Goyache, F., Villa, A., Baro, J.A., Alonso, L.** (1999): Aplicación de un sistema de calificación morfológica continua en la raza Asturiana de los Valles. *FEA-GAS*, 16: 54-68.
- **Goyache, F., del Coz J.J., Quevedo, J.R., López, S., Alonso, J., Ranilla, J., Luaces, O., Alvarez, I., Bahamonde, A.** (2000): Using artificial intelligence to design and implement a morphological assessment system in beef cattle. *Informe técnico del SERIDA-CENSYRA del Principado de Asturias en Somió y del Centro de Inteligencia Artificial de la Universidad de Oviedo en Gijón*.
- **ICAR**, (1995): Recording Guidelines: Appendices to the international agreement of recording practices. Section 5: Conformation recording. Rome, Italy / RVN, Arnhem, the Netherlands.
- **López, S., Goyache, F., Quevedo J.R., Alonso, J., Ranilla, J., Luaces, O., Bahamonde, A., and del Coz, J.J.** (2000): Un sistema inteligente para calificar morfológicamente bovinos de la raza Asturiana de los Valles. *Revista Iberoamericana de la Inteligencia Artificial* 10: 5-17.
- **Luaces, O., Alonso, J., De La Cal, E. A., Ranilla, J., & Bahamonde, A.** (1998): Machine Learning usefulness relies on accuracy and self-maintenance. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Springer-Verlag, Vol. 1416, 448-457.
- **Luaces, O., del Coz, J. J., Quevedo, J.R., Alonso, J., Ranilla, J. and Bahamonde, A.** (1999): Autonomous Clustering for Machine Learning. *Lecture Notes in Computer Sciences, LNCS No. 1606*, pp. 497-506, Springer-Verlag, Berlín.
- **Michalski, R.S., Bratko, I., and Kubat, M.** (Ed.) (1998): Machine Learning and Data Mining, Methods and Applications. *John Wiley and Sons Ltd.*, Chichester, England.
- **Nilsson, N.J.** (1998): Artificial Intelligence: a New Synthesis. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, USA.
- **Quevedo, J. R., Bahamonde, A.** (1999): Aprendizaje de Funciones Usando Inducción sobre Clasificaciones Discretas. *CAEPIA'99-TTIA'99 VIII Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial - III Jornadas de Transferencia Tecnológica de Inteligencia Artificial - Libro de Actas - Vol. I*, 64-71.
- **Quinlan, J. R.** (1993a). C4.5: Programs for Machine Learning. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- **Quinlan, J. R.** (1993b): Combining instance-based and model-based learning. En *Proceedings Tenth International Machine Learning Conference*, Amherst, MA, Morgan Kaufmann.
- **Rich, E., and Knigh, K.** (1991): Artificial Intelligence (second edition). *McGraw-Hill*, New York, NY, USA.
- **Turing, A.M.**, (1950): Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- **Vallejo, M., Gutiérrez J.P., Cima, M., Cañón, J., Alonso, L., Revuelta J.R. and F. Goyache,** (1993): Características de las canales de las razas bovinas asturianas. III. Valoración cuantitativa y predicción tisular de canales en la raza Asturiana de los Valles. *Arch Zootec* 42: 29-40.
- **Wang Y., & Witten I.H.** (1997). Inducing of Model Trees for Predicting Continuous Classes. En *Proceedings of the European Conference on Machine Learning*. Prague, Czech Republic, pp 128-137.

**POLÍTICA DE CALIDAD Y ACTIVO
DEL CONSUMIDOR DE CARNE DE LA UE:
REFERENCIA ESPECIAL AL CASO ESPAÑOL**

D. Julian Briz

Política de calidad y actitud del consumidor de carne en la Unión Europea: Referencia especial al caso español

JULIÁN BRIZ ESCRIBANO, CATEDRÁTICO U.P.M.
ISABEL DE FELIPE BOENTE, PROFESORA TITULAR U.P.M.

E.T.S.I.A. 28040 Madrid
E-mail: jbriz@eco.etsia.upm.es

Antecedentes

En estos momentos de turbulencia por los que vuelve a pasar el sector cárnico europeo, especialmente el vacuno, el mercado español se ha visto involucrado directamente por los casos de EEB, que hasta ahora no se habían detectado. Por ello, tiene una importancia primordial el análisis de la actitud del consumidor, el conocer sus reacciones.

Tradicionalmente las políticas empresariales han tenido un enfoque hacia el producto, analizando sus costes, características y proceso de elaboración. Hoy día en los mercados desarrollados el enfoque es hacia el consumidor. En el Boletín "Meat New Zealand", nº 18, de Otoño de 2000, se recomienda que en las estrategias comerciales del sector cárnico el consumidor ha de colocarse al principio de todo y no al final de la cadena alimentaria como suele hacerse.

El presente trabajo se basa en el Proyecto FAIR de Investigación del IV Programa Marco de la U.E. (nº CT 950046), en el que han participado los autores y que fue desarrollado de 1996 – 1998, con participación de Alemania, Reino Unido, España, Italia, Irlanda y Suecia. El estudio abarca un amplio espectro, desde el análisis de las políticas de calidad a las acciones institucionales, tanto públicas como privadas. Se realizó además un trabajo de campo con 500 entrevistas telefónicas seleccionadas al azar en cada uno de los países miembros.

La iniciativa y, en buena medida, la financiación de las políticas de calidad, pueden hacerse a través de instituciones y fondos públicos (España e Italia) o mediante aportaciones totales o parciales de los agentes que participan en la cadena alimentaria, caso de Alemania, Reino Unido, Irlanda y Suecia.

La calidad recoge aspectos de seguridad de los alimentos, bienestar de los animales, trazabilidad, etiquetado y denominaciones de origen, producciones ecológicas y aplicación de hormonas, entre otros.

La armonización de la legislación entre los Estados miembros ha sido el "reconocimiento mutuo", mediante el cual lo vigente en un país debe ser aceptado por todos.

En el presente trabajo exponemos algunos de los elementos más significativos de las políticas de calidad en el sector cárnico, así como el comportamiento del consumidor. Hemos de llamar la atención de que en el periodo en que este trabajo se realizó, el consumo de carne tenía una relativa estabilidad en nuestro país, y el consumidor mostraba confianza en el producto. Desde el mes de noviembre pasado la situación ha cambiado, aunque son circunstancias temporales, y el interés se centra en la capacidad de recuperación de la imagen.

Políticas de calidad en el sector cárnico de la UE

La política de calidad en la UE (**figura 1**), es la conjunción de las acciones de varias Direcciones Generales (DG I, II, VI, XII, XXIV). Además de la política comunitaria, existen las políticas nacionales enfocadas hacia la calidad en el sector cárnico, que pueden tener diversas modalidades: diseñar y aplicar las políticas desde la propia Administración, aprobar, coparticipar o simplemente establecer una organización privada que realice dichas funciones.

En el trabajo aparecen diversas formas organizativas tales como instituciones privadas (MLC, CMA) que cubren sus gastos de funcionamiento mediante aportaciones de sus miembros y pueden en parte ser repercutidos en el consumidor final (caso del Reino Unido y Alemania) y en parte asumidos por la propia industria. A veces la iniciativa proviene de los propios agricultores que financian los programas a través de cuotas o por servicios específicos (caso de Suecia), pudiendo traspasarse a los consumidores finales total o parcialmente.

En países como Italia y España la política de calidad es regulada por instituciones públicas y los gastos se cubren vía impuestos. No obstante hay programas de asociaciones profesionales (ASOCARNE entre otras) que participan en la mejora de calidad y son apoyadas por sus miembros asociados. En Irlanda la política de calidad está a cargo de un ente semiestatal (Bord Bia). En todo caso es el propio mercado el que va exigiendo una normativa de calidad y se trata de satisfacer las preocupaciones del consumidor y responder a los problemas de escándalos alimentarios. En muchos casos las políticas nacionales centran sus esfuerzos en promocionar los productos del país y apoyar a las propias empresas.

A nivel global de la UE, la política de calidad tiene dos vertientes: una obligatoria y otra voluntaria. De forma esquemática, los programas obligatorios de-

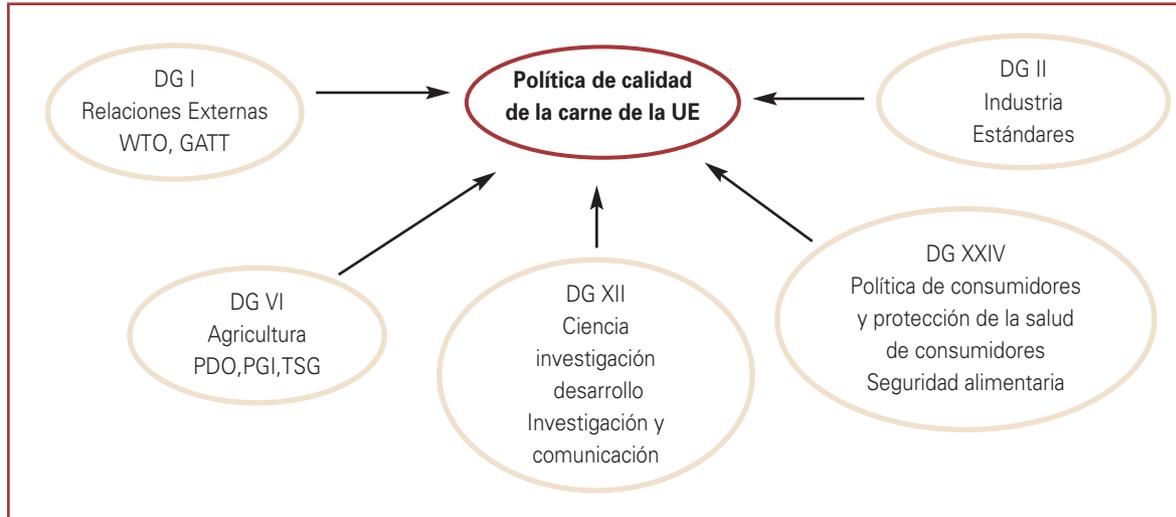


Figura 1.- Organización de la política de calidad de la carne de la UE.

sarrollados en el sector cárnico tratan de evitar las distorsiones en el mercado interno ocasionadas por las regulaciones nacionales de los Estados miembros. Los aspectos más significativos abordados se refieren al empleo de hormonas, la trazabilidad y el bienestar animal.

Las políticas de calidad voluntarias o recomendadas surgieron a raíz de los problemas derivados de los mercados, cuando en los años ochenta había grandes volúmenes de producto para almacenar como consecuencia de la intervención administrativa. El premio a la calidad, la apreciación de la producción ecológica y la denominación de origen fueron, entre otras, medidas encaminadas hacia ese fin.

La producción en calidad más que en cantidad se estimuló a través de los "sellos de calidad", incorporando el aspecto tradicional y de origen. En otras palabras, las políticas comunitarias en calidad de carne han tratado de facilitar el funcionamiento del mercado interno europeo, mantener las rentas de los productores, estimular la demanda a través de la promoción y calidad, establecer la identificación y el etiquetado y naturalmente proteger al consumidor, aunque en este último aspecto han existido críticas muy serias porque han predominado los grupos de intereses económicos sobre la salud de los ciudadanos.

La iniciativa privada resulta esencial para el buen funcionamiento de una política de calidad alimentaria. Las acciones existentes se orientan hacia el mercado o al propio sector, siendo en muchos casos obligatorias de facto. Aunque no hay una legislación que obligue a su cumplimiento pueden ser esenciales para la supervivencia de la empresa. A título de ejemplo y de forma genérica podemos mencionar el caso de los códigos de barras, que aún siendo voluntarios se han impuesto, al ser condición necesaria para comercializarse en la gran mayoría de los supermercados que utilizan los visores ópticos.

En el Reino Unido la pertenencia a programas de agricultores es condición necesaria para abastecer ciertos mataderos y cadenas de supermercados. En Irlan-

	Alemania	Irlanda	Italia	España	Suecia	Reino Unido
1	Detallistas independientes/ carniceros	Carniceros en supermercado	Detallistas independientes/ carniceros	Detallistas independientes/ carniceros	Detallistas independientes/ carniceros	Carniceros en supermercado
2	Carniceros en supermercados	Detallistas independientes/ carniceros	Carniceros en supermercado	Carniceros en supermercado	Carniceros en supermercado	Detallistas independientes/ carniceros
3	Grupos de consumidores	Opinión propia	Departamento de Salud	Departamento de Salud	Periódicos	Opinión propia
4	Revistas	Informes	Amigos	Grupos de consumidores	Opinión propia	Periódicos
5	Reportajes	Representantes de granjeros	Grupos de consumidores	Opinión propia	Amigos	Gobierno
6	Amigos	Periódicos	Informes	Gobierno	Tabla seguridad alimentaria	Etiquetado

Fuente: Becker, Benner y Glitsch, 1998

Tabla 1.- Fuentes de mayor confianza para información sobre seguridad de la carne.

da la situación no es tan extrema y los ganaderos se afilian por motivos éticos o comerciales pero no por dificultades de acceso a ciertos clientes.

A medida que la cadena comercial alcanza un mayor grado de integración vertical hay mayor demanda por parte de la distribución en productos homogéneos, y la operatividad se extiende a nivel nacional más que regional siendo en consecuencia más necesaria la agrupación de los productores.

Otra dimensión de las políticas de calidad es la confianza que despiertan en los consumidores. Los resultados del estudio desarrollado muestran que el primer grupo de confianza lo tienen los carniceros, estando las instituciones públicas o profesionales en distinta posición según los países (**tabla 1**).

Los carniceros tienen ante sí un reto de supervivencia en el mercado y deben aprovechar la confianza que el consumidor tiene en ellos, como estación final en el canal de comunicación, interpretando sus deseos y adaptando las innovaciones técnicas y de gestión para satisfacerle, siempre desde la honestidad profesional.

Aquellos países que no tienen unos estándares de calidad asentados, pueden obviar el problema a través de una buena formación profesional de los carniceros, que a su vez tienen la flexibilidad de atender individualmente los deseos de sus clientes mediante los cortes adecuados. Un ejemplo de estas posibilidades de acción lo muestra el estudio realizado en el Reino Unido a través de la "Meat and Livestock Commission" y las grandes cadenas de supermercados.



Aunque en muchos casos los organismos de la administración pública no gozan de la confianza de los consumidores, su papel es fundamental en la defensa del bienestar común, siendo esencial el debate sobre la responsabilidad del sector público y el privado en la seguridad alimentaria.

Por tanto, hay una buena oportunidad para ganarse la confianza de los consumidores, coordinando las actividades públicas y privadas. El sector detallista que goza de la mayor confianza debe transmitir las acciones de la Administración, colaborando activamente en su implementación y diseño junto a los industriales y los propios ganaderos.

Estudios del comportamiento del consumidor europeo de carne en la UE

Condicionantes de la demanda de carne en la UE

La demanda europea de carne se ve condicionada por una serie de factores entre los que podemos destacar:

- a) La **capacidad adquisitiva** de la población. Nos encontramos en un área con elevado nivel de renta, donde la alimentación cada vez ocupa una parte menos significativa en el conjunto del gasto. Tradicionalmente la carne se ha venido considerando como un bien superior, es decir que el consumo aumenta en relación a la renta, sin embargo el comportamiento depende de los tipos de carne y los diferentes países. Así, mientras el vacuno ha venido ocupando un lugar preferente, el porcino y el pollo estaban en posición secundaria, exceptuando situaciones de pánico y desconfianza. En cuanto al cordero varía según los países, así en los del área mediterránea es más apreciado que en los del norte, entre ellos el Reino Unido donde ha venido siendo un bien inferior.
- b) La **demografía** es otro capítulo de gran interés. La población europea experimenta un escaso o nulo crecimiento demográfico, elevado nivel de envejecimiento, con una inmigración creciente, lo que hará cambiar los hábitos de consumo significativamente en los próximos años. Además el tamaño de la unidad familiar ha disminuido, las familias tienen menos niños y aumenta el número de personas que viven solas bien por ruptura matrimonial o por la capacidad financiera para vivir independientes.
- c) Los **aspectos culturales** son cada vez más importantes. La mayoría de los europeos han realizado viajes al extranjero y están sometidos a campañas de promoción, experimentando nuevos hábitos de consumo. El caso de la comida rápida y las franquicias ha impulsado el consumo de hamburguesas. El incremento del tiempo de ocio da una mayor importancia a la presentación y preparación de los alimentos. Muchas técnicas culinarias tradicionales que emplean determinados tipos o cortes de carnes no satisfacen las nuevas necesidades. En este sentido la presentación de productos elaborados de gran variedad y capacidad de conservación es fundamental. Es aquí donde el vacuno se presenta en desventaja respecto al porcino o el aviar.

	Tiende a empeorar	Tiende a mejorar	Ninguna
Carne fresca	45	32	23
Pescado fresco	32	38	31
Verduras frescas	28	44	28
Fruta fresca	28	46	27
Comidas precocinadas	25	43	32
Huevos	24	39	37
Alientos enlatados	23	38	39
Leche fresca	21	42	36
Pan y productos de panadería	21	49	30
Alimentos congelados	18	49	
Queso	17	48	

Fuente: Intenational Research Associates (INRA): Eurobarómetro 47.0, 20 de marzo de 1997

Tabla 2.- Percepción de la calidad alimentaria en la UE 15 en % de contestaciones.

d) **Nutrición y salud.** Las nuevas formas de vida son más sedentarias, y las necesidades energéticas de la población están disminuyendo. La esperanza de vida está aumentando y el impacto de la dieta en la salud está siendo más apreciado, lo que nos lleva a cambios en los tipos de alimentación. Incluso antes del problema de las vacas locas, se estaba produciendo un cambio de la carne roja a carne blanca por cuestiones de salud, como el nivel de colesterol.

e) **Medio ambiente y bienestar animal.** La preocupación del consumidor en estos ámbitos es creciente. La preferencia por lo ecológico y lo más natural, está abriendo un campo nuevo en el sector de carnes, aunque hay países más sensibles que otros. También interesa el respeto al medio ambiente y aparecen las connotaciones "verdes" que implican un buen uso de los recursos naturales, la no contaminación, el reciclado. Se incluye también en este área el buen trato a los animales, que tiene además dimensiones económicas considerables, tanto en el proceso productivo como en los aspectos mercantiles. Países como Suecia o el Reino Unido son exponentes bien claros en este campo.

f) La **seguridad alimentaria** es otro área de indudable actualidad e interés en el sector cárnico. Vienen siendo frecuentes los escándalos alimentarios, que van desde la Escherichia coli, las dioxinas; o la BSE (o EEB) que tanto impacto ha tenido en el Reino Unido y de forma más reciente está azotando en Francia con algunos casos en España. La cadena alimentaria se resiente y se debe tomar las precauciones adecuadas. Los industriales tratan de aplicar métodos de elaboración con garantías suficientes. A su vez los distribuidores intentan mantener la confianza de sus clientes, todos ellos en colaboración con la Administración.

Llama la atención la indolencia en organismos públicos y privados para haber adoptado medidas preventivas eficaces. La UE ha tardado en reaccionar en el caso de la EEB y el gobierno británico necesitó varios años para reaccionar ante una



	Tiende a empeorar	Tiende a mejorar	Ninguno
Alemania	62	24	14
Grecia	60	30	11
Bélgica	53	24	23
Francia	51	29	21
Italia	45	28	27
Portugal	42	40	18
Luxemburgo	39	32	29
Dinamarca	36	35	30
Irlanda	35	43	22
Austria	34	37	29
Países Bajos	34	38	27
Reino Unido	32	33	35
Finlandia	29	24	46
España	29	54	18
Suecia	25	27	48

Fuente: International Research Associates (INRA); Eurobarómetro 47.0, 20 de marzo de 1997

Tabla 3.- Tendencias del mercado.

situación que se desbordó ante la evidencia de los hechos y el clamor social. Situación similar se acusa en España al declararse los casos de EEB.

En España, escándalos alimentarios como el caso de la desnaturalización del aceite de colza sirvieron para implantar medidas higiénico-sanitarias que durante años se venían discutiendo sin éxito. De forma similar, la identificación de casos de EEB en Galicia, Castilla-León y Asturias, por el momento, ha servido de catalizador entre el gobierno Central y las CCAA para diseñar un plan de trabajo que aborde el problema con eficacia, salvando las anteriores reticencias. Las críticas de la oposición y los sectores económicos más afectados vienen siendo muy duras, pero lo cierto es que la crisis actual ha venido incubándose en la última década, y no es fácil resolver en unos meses lo que debe ser el fruto de medidas continuas y coordinadas entre todos.

Los costes económicos que acarrearán muchas medidas higiénico-sanitarias explican la resistencia empresarial a su implantación. No obstante es una visión ali-corta, ya que los riesgos de escándalos alimentarios, además de connotaciones morales y responsabilidades jurídicas conllevan el desplome de los mercados y la falta de confianza del consumidor lo que provoca la ruina de muchas empresas.

Percepción de la calidad de carne en la UE

De acuerdo con un estudio del Eurobarómetro, en 1997, el 45% de los consumidores de carne europeos piensa que ésta es cada vez peor (**tabla 2**).

Un punto esencial es la falta de información y la desconfianza hacia la carne. En dicho trabajo Alemania aparece en primera posición en cuanto a la falta de confianza en la calidad de la carne. Irlanda e Italia están en una posición intermedia mientras Suecia y España aparecen como los más confiados en esa calidad (**tabla 3**).

La confianza en la calidad comprende varios escenarios, desde los atributos intrínsecos del producto al control en el proceso productivo y de elaboración.

Las características o atributos del producto recogen aquellos elementos que se utilizan como indicadores técnicos para evaluar su calidad tal como la percibe el consumidor. Dichas características se pueden evaluar con procedimientos analíticos estandarizados (incluyendo los análisis sensoriales) y pueden ser contrastadas por terceras partes.

Las características del proceso productivo y de elaboración implican también una dimensión de calidad para el consumidor. En el caso de la carne nos referimos al sistema de alimentación, por ejemplo, ahora que están en debate los piensos que incorporan harinas de carne, las hormonas o antibióticos. También la referencia a la carne ecológica, el respeto medioambiental, el buen cuidado de los animales y su bienestar son dimensiones, como hemos dicho, a tener en consideración.

La información que se ofrece al consumidor es parte importante a la hora de tener o no confianza. Podemos distinguir entre: información oculta, es decir que existe en una etapa del proceso productivo, pero no se comparte en el resto de la cadena alimentaria, información compartida cuando está disponible entre empresas del sector, pero que no llega al final de la cadena, e información pública es decir disponible para todos incluidos los consumidores.

Habitualmente se consideran varias características en las diferentes categorías de productos:

- a) Nutritivas: recogen el contenido de hidratos de carbono, proteínas, grasas, digestibilidad, fibra, colesterol, etc.
- b) Higiénico-sanitarias, tales como posibles contaminantes, bacterias, aditivos.
- c) Ligadas al proceso elaborador: capacidad de retención de agua, pH, color.
- d) Sensoriales, tales como sabor, olor, ternura, jugosidad, textura.

Preferencias del consumidor europeo de carne fresca

Para conocer dichas preferencias y como se mencionó anteriormente, se llevó a cabo una encuesta en 1997 en los seis países participantes en el proyecto, con objeto de identificar las percepciones y expectativas de los consumidores respecto a la calidad de la carne y el proceso de toma de decisión en la compra así, como los factores que influyen en la misma. Los datos básicos fueron las 500 encuestas telefónicas llevados a cabo por Market Research Center mediante muestreos aleatorios en cada país. Las cuestiones se elaboraron en base a unas sesiones de grupo (focus group) realizadas también en cada país, abordándose los tres tipos de carne fresca: vacuno, porcino y pollo.

Teniendo en cuenta la frecuencia del consumo en los hogares consultados se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En Italia e Irlanda se prefiere el vacuno y el pollo al cerdo, mientras que alemanes y suecos consumen más cerdo que vacuno o pollo.
- En el Reino Unido existe un consumo moderado tanto de porcino como de vacuno siendo elevado en pollo.
- En Suecia las frecuencias de consumo son elevadas en todo tipo de carne.



	ALEMANIA	IRLANDA	ITALIA	ESPAÑA	SUECIA	REINO UNIDO
VACUNO						
1º lugar	origen, lugar	color, lugar magrura, origen	color, lugar	color, lugar	color, origen etiqueta	color, magrura
2º lugar	color, magrura	marmolado, etiqueta	origen	magrura, origen, marmolado, etiqueta	marmolado	lugar, marmolado, etiqueta
3º lugar	marmolado, etiqueta	precio	marmolado, etiqueta magrura	precio	magrura	precio, origen
4º lugar	precio		precio		lugar, precio	
PORCINO						
1º lugar	lugar	color, magrura, lugar	color, lugar	color, lugar	color, origen	color, magrura
2º lugar	color, magrura, origen	origen	origen, marmolado, etiqueta, magrura	origen, marmolado, etiqueta, magrura	etiqueta	lugar
3º lugar	marmolado, etiqueta	marmolado, etiqueta	precio	precio	marmolado	marmolado, etiqueta, precio
4º lugar	precio	precio			magrura	origen
5º lugar					lugar	
6º lugar					precio	
POLLO						
1º lugar	color, lugar, magrura, origen, etiqueta	color	color	color, lugar	origen	color
2º lugar	precio	magrura, lugar	lugar, origen	magrura	etiqueta	magrura
3º lugar		origen, etiqueta	magrura, etiqueta	etiqueta, origen	color	lugar, etiqueta
4º lugar		precio	precio	precio	precio, magrura, lugar	precio
5º lugar						origen

Fuente: Cálculos propios

Tabla 4.- Diferencias significativas en la utilidad de señales para predecir la calidad de la comida – Resultados de un Test.

Durante el último quinquenio, el estudio muestra una caída sustancial del consumo de vacuno en Reino Unido, Alemania e Irlanda. En porcino, llama la atención el fuerte descenso en Alemania y el aumento considerable de la frecuencia de consumo de pollo en países como Italia, Reino Unido e Irlanda.

Es de anotar que la caída en el consumo de vacuno se ha producido especialmente en consumidores de mayor edad que tienen menos niños en el hogar. Las mujeres han reducido el consumo de vacuno más que los hombres. Si estructuramos los consumidores en tres niveles, bajo, medio y alto, los grandes consumidores provienen esencialmente de hogares familiares grandes con elevado poder adquisitivo y un número de niños superior a la media.

En cuanto a la calidad del producto para el consumo, en el caso del vacuno, el color se apreció como una característica esencial, exceptuando Alemania, donde resultan fundamentales las características extrínsecas relacionadas con "país de origen", seguidas de la magrura o el marmolado (**tabla 4**). En el Reino Unido y Suecia el lugar de compra no es característica significativa debido a que en gran parte las adquisiciones las hacen en híper y supermercados. Resulta curioso observar que el precio no se contempla como una característica fundamental en ningún país, especialmente en Alemania.

En relación al porcino, el lugar de compra es una característica esencial exceptuando Suecia y el Reino Unido. El color aparece como una característica de calidad, exceptuando en Alemania. De forma similar el precio no es indicativo de calidad en la mayoría de los países, exceptuando el Reino Unido.

En cuanto al pollo la situación es más heterogénea. El color es uno de los indicadores de calidad excepto en Suecia, mientras que "país de origen" es importante en Alemania y Suecia.

El lugar de compra aparece como significativo en España y Alemania. El precio figura en posición muy secundaria en todos los países en referencia a la calidad.

En relación a los atributos sensoriales, la terneza y el sabor fueron las características cualitativas más apreciadas en vacuno en todos los países, mientras que la magrura o menor contenido en grasa aparecen en lugar secundario. Resultados similares aparecen en porcino, aunque en este caso el olor es esencial para los consumidores españoles, alemanes y británicos. La importancia de la magrura fue apreciada por encima de la media por los irlandeses. En general los resultados fueron similares en pollo.

Con respecto a la identificación de la calidad podemos identificar tres grupos:

- a) Calidad extrínseca, de "búsqueda" que se identifica en el lugar de compra a través de referencias extrínsecas tales como etiquetado, lugar de origen, nombre del productor, precio.
- b) Calidad intrínseca, "experimental" relacionada con la frescura.
- c) Calidad de "credibilidad" identificada a través de la existencia de antibióticos, *Salmonella*, grasa, hormonas, colesterol u otros tales como BSE (EEB). Todos ellos inciden en lo que podríamos denominar calidad de seguridad alimentaria.

Comentando su repercusión en el estudio realizado, la "frescura" en vacuno fue apreciada significativamente en todos los países exceptuando Italia.



	ALEMANIA	IRLANDA	ITALIA	ESPAÑA	SUECIA	REINO UNIDO
VACUNO						
1º lugar	origen, fresca	frescura	alimento	frescura	frescura	frescura
2º lugar	alimento	origen	frescura	alimento, orgánico, origen	origen	etiqueta alimento
3º lugar	orgánico, productor, etiqueta	alimento, orgánico, etiqueta	origen, etiqueta, orgánico, productor	etiqueta	etiqueta	origen, orgánico
4º lugar	precio	productor	precio	productor, precio	alimento	precio
5º lugar		precio			orgánico	productor
6º lugar					precio, productor	
PORCINO						
1º lugar	frescura	frescura	alimento, fresca	frescura	frescura	frescura
2º lugar	alimento, origen, orgánico, etiqueta, productor	alimento, origen, orgánico, etiqueta	origen, orgánico, etiqueta, productor	alimento, orgánico	origen	etiqueta, orgánico, alimento
3º lugar	precio	productor	precio	origen, etiqueta	etiqueta	precio, origen
4º lugar		precio		productor, precio	alimento	productor
5º lugar					orgánico	
6º lugar					precio, productor	
POLLO						
1º lugar	frescura	frescura	alimento, fresca	frescura	frescura	frescura
2º lugar	línea libre	línea libre, origen	línea libre	línea libre alimento	origen	línea libre, etiqueta alimento
3º lugar	alimento	etiqueta, productor, alimento	etiqueta, origen, productor	etiqueta, origen	etiqueta	precio, origen
4º lugar	origen	precio	precio	productor, precio	alimento	productor
5º lugar	etiqueta				línea libre	
6º lugar	productor				productor	
7º lugar	precio				precio	

Fuente: Cálculos propios

Tabla 5.- Diferencias significativas en la utilidad de señales para predecir la seguridad – Resultados de un Test-.

Los consumidores alemanes ponen mayor énfasis en el "país de origen" para el vacuno, en tanto que los italianos valoran más la alimentación que se da a los animales, lo que resulta llamativo ya que esa información no es pública o no aparece en el etiquetado. En relación a la frescura, las preocupaciones mayores correspondían a la *salmonella* y bacterias que afectan a la carne que no es fresca. No obstante, a alemanes e italianos les preocupaba más la cuestión de EEB cuando se hablaba de seguridad alimentaria. Cabe pensar que en España la situación actual es muy diferente y sería de interés contrastar la evolución.

También la frescura resultaba de gran importancia en porcino y pollo, mientras que el precio no era indicativo de seguridad alimentaria, exceptuando el Reino Unido (**tabla 5**).

Información y confianza del consumidor en la UE

La información que se facilita en el sector cárnico europeo varía de unos países a otros, así como el uso que se hace de ella. La mayoría de los entrevistados manifiesta que habitualmente no miran las etiquetas o símbolos cuando hacen las compras, lo cual no implica que sean favorables a su existencia ya que les da una garantía de calidad. Los suecos son los que más uso hacen de esa información, especialmente en porcino, ya que sólo un 40% no lo miran. En Alemania y Reino Unido la proporción llega a un 50%. En Irlanda se comprueban más las etiquetas de pollo que de porcino y vacuno. Finalmente los españoles y especialmente los italianos no utilizan la información facilitada.

En más detalle podemos anotar que, en vacuno, para los alemanes el lugar de origen es importante, sobre todo si es o no alemán y después interesa la región donde se produce. Las marcas interesan en pollo.

Para los suecos el origen es importante en porcino y vacuno, dando prioridad al origen "Suecia" y de interés secundario los datos regionales o locales. En pollo la marca comercial es lo importante. En el Reino Unido el origen es importante, especialmente si figura "británico" o "escocés". En pollo además del origen es importante la marca del distribuidor. En España una pequeña proporción de carne fresca se vende bajo una marca o etiqueta. Por ello apenas se mencionan como importantes en vacuno y porcino aunque sí lo son en pollo. El panorama puede haber cambiado drásticamente desde noviembre de 2000, con la aparición de la EEB. Italia muestra una escasa diferenciación del producto, exceptuando el pollo por lo que los consumidores lo ignoran.

Con la información disponible, la actitud de los consumidores varía en cuanto a la confianza que le merecen las distintas fuentes. En términos generales los carniceros y detallistas independientes o ubicados en supermercados ocupan las primeras posiciones como depositarios de la confianza del consumidor. En el Reino Unido y en Irlanda confían más en su propia experiencia, mientras que en España el Ministerio de Sanidad y Consumo aparece en tercera posición. Alemanes y suecos colocan en ese lugar a las asociaciones y grupos de consumidores seguidos de la prensa. En relación a la preocupación por las hormonas, antibióticos, BSE y otros varía según países (**tabla 6**).



	ALEMANIA	IRLANDA	ITALIA	ESPAÑA	SUECIA	REINO UNIDO
VACUNO						
1º lugar	BSE, hormonas, antibióticos,	BSE, hormonas, antibióticos, <i>Salmonella</i>	BSE, hormonas, antibióticos, <i>Salmonella</i>	hormonas,	BSE, hormonas, antibióticos, <i>Salmonella</i>	BSE, hormonas, antibióticos, <i>Salmonella</i>
2º lugar	<i>Salmonella</i>	grasa/colesterol	grasa/colesterol	antibióticos, <i>Salmonella</i>	grasa/colesterol	grasa/colesterol
3º lugar	grasa/colesterol			BSE		
4º lugar				grasa/colesterol		
PORCINO						
1º lugar	antibióticos, hormonas	<i>Salmonella</i> antibióticos, hormonas	<i>Salmonella</i> antibióticos, hormonas, grasa/colesterol	<i>Salmonella</i> antibióticos, hormonas	<i>Salmonella</i> antibióticos, hormonas	<i>Salmonella</i>
2º lugar	<i>Salmonella</i>	grasa/colesterol		grasa/colesterol	grasa/colesterol	antibióticos, hormonas, grasa/colesterol
3º lugar	grasa/colesterol					
POLLO						
1º lugar	<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella</i> antibióticos, hormonas	<i>Salmonella</i> hormonas,	<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella</i>
2º lugar	antibióticos, hormonas	antibióticos	grasa/colesterol	antibióticos	antibióticos	antibióticos hormonas
3º lugar	grasa/colesterol	hormonas		grasa/colesterol	hormonas	grasa/colesterol
4º lugar		grasa/colesterol			grasa/colesterol	

Fuente: Cálculos propios

Tabla 6.- Diferencias significativas en las preocupaciones -Resultados de un Test-

Actitudes hacia el consumo de carne en España

Constituyen un aspecto esencial en el comportamiento del consumidor. Se estiman como hipótesis de funcionamiento ya que no pueden medirse directamente sino a través de expresiones verbales o comportamiento de los propios consumidores.

De forma global puede decirse que un 90% de los consumidores se manifiestan a favor del buen trato a los animales, aunque bien es cierto que la proporción

varía de unos países a otros. En cuanto al lugar de origen de la carne, la gran mayoría manifiesta su preferencia por los productos locales, siendo de especial significación en Italia, España, Alemania e Irlanda.

La frecuencia manifestada en el consumo de carne es también una consecuencia de la actitud. Dentro de las variables sociodemográficas, el tamaño del hogar aparece como una de las más significativas, en el sentido de que los más pequeños tienen menor frecuencia de consumo. Interesa también la idea que se tiene de la carne. Aquellos que la estiman de nivel superior tienen mayor frecuencia en el consumo, y caso contrario es la situación de los que piensan que la calidad hay que pagarla con más precio, que prefieren la calidad a la cantidad.

Los consumidores irlandeses estiman que la carne tiene un valor nutritivo elevado, teniendo un efecto positivo en la frecuencia de consumo. Efecto opuesto está teniendo el fenómeno de la BSE, como cabría esperar. En España se han identificado dos elementos. En primer término la correlación positiva del consumo con la situación de empleo frente a los parados, y el hecho de considerar a la carne con un elevado status nutritivo.

En el caso del porcino, el consumo se correlaciona positivamente con la dimensión de la unidad de consumo en la mayoría de los países. En Suecia el consumo de carne de porcino es inversa a la edad del individuo y el color es un elemento importante para identificar la calidad.

En pollo hay una correlación positiva también entre el consumo y la dimensión del hogar familiar. En Irlanda se considera que es una de las carnes más seguras para consumir. Para los suecos el consumo aumentó en las clases con mayor educación. En el Reino Unido lo consumen más las mujeres que los hombres, aquellos con mayor poder adquisitivo y los que buscan "frescura" en el producto. Denominador común en todos los países, se contrastó el hecho de que la carne de pollo aparece como un producto de conveniencia por su facilidad de cocinar, pero no se mostró con un nivel significativo de aceptación, es decir no se pudo demostrar de los datos obtenidos.

Perfil cuantitativo del consumidor español de carne

La información que aportamos se basa en el estudio realizado, y nos da una idea de la situación en circunstancias normales, por lo que no resulta fácil extrapolar, y en todo caso habría que contrastar con estudios posteriores en condiciones similares. Surge el interrogante sobre la capacidad de recuperación del mercado, cuándo, cómo puede lograrse y qué huella están dejando los hechos actuales.

Nuestro consumidor de carne está en proceso de cambio, lo que incide en su cuantía de ingesta. Hay una serie de factores que vienen tutelando dicha evolución y su análisis nos puede servir de base para explicar el fenómeno. Nos apoyamos para ello en la información disponible en el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que desde 1987 viene realizando una serie de encuestas directas tanto en hogares como en el sector extradoméstico.

A medio plazo se observa un cierto cambio en la tradición de hábitos de consumo de la dieta mediterránea, con un aumento de las proteínas (carne y pesca-



do) y caída en los hidratos de carbono. El efecto sustitución puede ser debido a un incremento de la renta disponible y la influencia de otras culturas.

El aumento de la esperanza de vida y la permanencia por un periodo más amplio de los hijos en el hogar actúan de elemento de inercia en nuestro consumo. Como contrapartida, otros fenómenos como la composición de la unidad familiar, el trabajo de la mujer fuera del hogar, la tasa de natalidad y el canon de belleza (en favor del tipo más delgado) juegan en favor del cambio.

Resulta ilustrativo analizar la evolución de la estructura del gasto en alimentación en las últimas cuatro décadas. En él influyen tanto el precio como la cantidad de producto consumida. En 1998 el consumo medio de carne en España fue de 65,3 kg. per cápita, lo que supuso un 23% del gasto en alimentación. Se aprecia una caída de un 0,7% en cantidad consumida, en tanto que los precios se mantuvieron relativamente estables (0,3%) en dicho año, fenómeno muy distinto de otros periodos. No obstante, en términos absolutos está aumentando el consumo de carnes, pescados, leche y derivados, bebidas alcohólicas y azúcar. Disminuyen los huevos, pan y pastas, aceites y patatas.

En términos porcentuales las carnes suponían el 17,6% en 1958, alcanzando en 1975 un 29,6%, mientras en 1998 suponían un 25,4%. Es de anotar que en los últimos años (1993-98) el consumo de carnes ha caído un 2,2%.

Como complemento a la evolución general del consumo, es necesario segmentar el mercado para identificar los factores específicos que nos permitan explicar los cambios, y en la medida de lo posible actuar para corregir los fallos. Es por ello que vamos a analizar el consumo de carne según aspectos demográficos (edad del consumidor), geográficos (por regiones), hábitos (lugares de consumo), haciendo un análisis comparativo entre los distintos tipos de carne (vacuno, porcino, pollo), cuyos efectos de sustitución son apreciables.

La evolución de la cantidad de carne y transformados comprada por el sector de hostelería y restauración se ha incrementado notoriamente, pasando de 248 millones de kg. en 1993 a 403 en 1998.

En relación al consumo de carne en los hogares, exponemos la evolución tanto en precios como en cantidad del total de carnes de bovino, pollo, ovino y cerdo. Llama la atención el hecho de que el cerdo es el único que mantiene una tendencia relativamente creciente en la cantidad consumida, aunque las variaciones interanuales son más acusadas. Los precios, en pesetas corrientes, mantienen en todos los tipos de carne una tendencia creciente, siendo también más acusadas las oscilaciones en porcino y ovino.

Otro aspecto de interés en el consumo es la distribución en términos relativos entre hogares, hostelería e institucional. Mientras en cerdo y pollo los hogares suponen un 83% y la hostelería en torno al 13%, el vacuno se encuentra en un 76% para hogar y un 21% en hostelería, siendo este un fenómeno de interés para su estudio y posibilidades de aplicación al mercado de porcino.

Un esquema ilustrativo sobre la distribución del consumo nos lo muestran las desviaciones sobre la media nacional. Los mayores niveles de consumo nos los dan los hogares sin niños, la inactividad fuera del hogar del ama de casa, la edad del ama de casa entre 50 y 54 años, el menor número de personas por hogar, espe-

cialmente los unifamiliares, las poblaciones con menos de 2000 habitantes. Como contraste aparece una correlación negativa respecto a la clase social siendo mayor el consumo en las clases bajas.

Por regiones destaca Castilla-León, seguida a gran distancia por el Noroeste. En sentido opuesto aparece Canarias, con un 3,5% por debajo de la media nacional. En cuanto a la valoración alimentaria, según el MAPA, las proteínas aportan un 14% de la energía, las grasas un 46% y los hidratos de carbono un 40%. Si lo comparamos con la dieta ideal (12-15% proteínas, 30-35% grasas y 55-60% hidratos de carbono) apreciamos unos niveles excesivos en grasas y deficitarios en carbohidratos. Este hecho debe tenerse también en consideración ante una previsible actuación social a favor de dietas más saludables.

Perfil cualitativo del consumidor español de carne

Hemos de llamar la atención sobre este capítulo, ya que se aprecian mayores cambios en términos relativos que en los aspectos cuantitativos del consumo. El consumidor español, siguiendo la tendencia europea, está preocupándose cada vez más por la repercusión de la alimentación en su salud, sin olvidar el aspecto lúdico que supone la comida como acto social. Busca una alimentación sana y natural, en tanto que los productos de calidad actúan también como un signo de prestigio social.

En el trabajo de la UE referido a España, se realizaron en total 500 encuestas, con un cierto predominio de amas de casa de edad media (de 30 a 50 años) e ingresos medios. Comentamos a continuación algunos de los aspectos más relevantes del trabajo.

En relación al consumo de carne, los encuestados consumían con mayor frecuencia carne de pollo: las dos terceras partes de los mismos lo hacen al menos dos veces por semana, y sólo un 3% no la consumen nunca. La carne de cerdo es la que se consume con menor frecuencia: sólo un tercio de los encuestados la consume dos o más veces por semana, mientras que un 24% no la consume nunca. Éste es un capítulo de interés para el sector ante la previsible campaña genérica a favor de incrementar la frecuencia del consumo.

Entre los diferentes tipos de carne, la carne de pollo presenta el consumo más estable. Predominan los consumidores que han aumentado el consumo de dicha carne sobre los que lo han disminuido. Por el contrario, en el caso de la carne de vacuno, y, más aun, en el caso de la carne de porcino, predominan los consumidores que han disminuido el consumo sobre los que lo han aumentado, elemento también significativo para analizar los motivos que les han llevado a dichas decisiones.

El principal lugar de compra de los tres tipos de carne en cuestión son las carnicerías, cuya cuota de mercado es especialmente elevada (52%) en la compra de carne de vacuno. Le siguen en importancia los supermercados, especialmente en las compras de pollo (24%).

Dentro de cada tipo de carne, el consumidor distingue una serie de características que pueden ser distintas según sea en el momento de la compra o a la hora de consumir.

En el caso específico del **vacuno**, al hacer las compras, el consumidor valora más el color y el lugar de compra. Según unas pruebas estadísticas realizadas (Wilcoxon), las características con importancia se pueden agrupar de la siguiente manera:



Lugar de compra > Lugar de origen, magrura, veteado y marca etiqueta > Precio

La **figura 1** muestra más detalles al respecto.

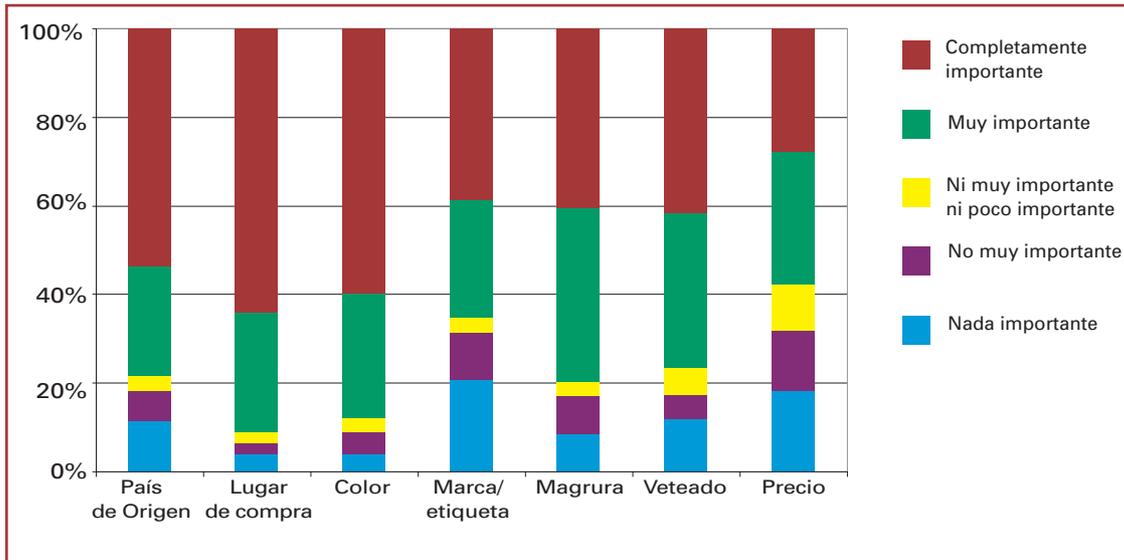


Figura 1.- Características que determinan la calidad de la carne en la tienda.

En el momento de consumo, las características percibidas por el consumidor varían sensiblemente respecto al momento de la compra. Las características más valoradas son el sabor, la terneseza y la jugosidad, según se observa en la siguiente valoración:

Sabor, terneseza y jugosidad > Color y olor > Textura > Magrura > Libre de cartílago

Esto se aprecia con más detalle en la **figura 2**.

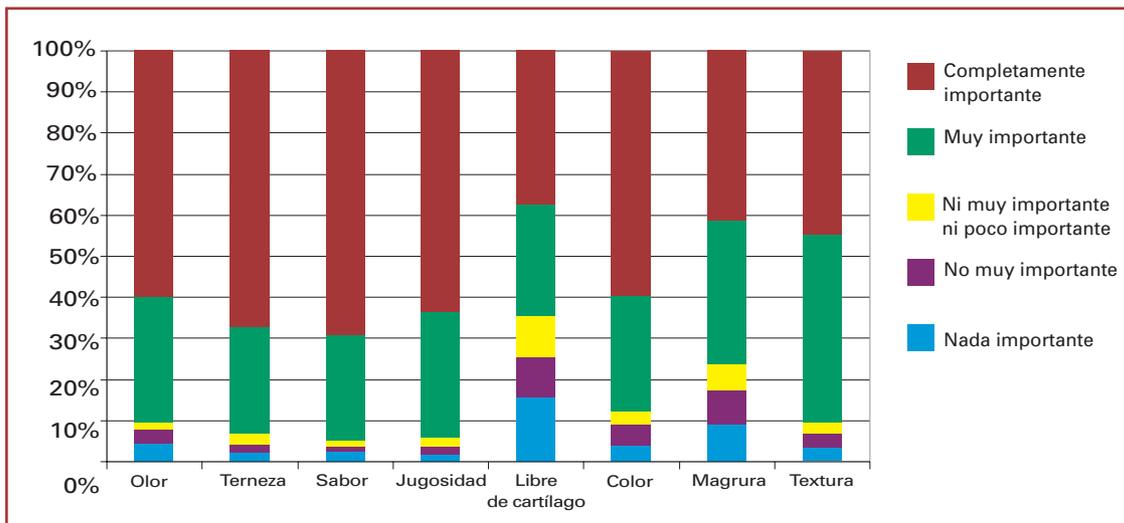


Fig. 2.- Importancia de las características de la carne en el momento de consumo.

Con relación a la sanidad de la carne y a la seguridad de su consumo, el consumidor considera más importantes una serie de parámetros según se aprecia a continuación:

**Hormonas (anabolizantes) > Antibióticos y *Salmonellas*
> Vacas locas (BSE) > Grasa y colesterol**

Como puede suponerse, la situación ha cambiado notoriamente desde finales de 2000.

A pesar de la prohibición, el uso de anabolizantes está bastante extendido. Este factor está considerado muy importante ya que el consumidor lo detecta cuando la carne suelta agua al cocinar y debido a la continua publicación de noticias al respecto en la prensa.

Refiriéndonos al **porcino**, la valoración de las características de la carne de cerdo en el lugar de la compra es muy similar a la de vacuno como muestra la siguiente escala:

**Lugar de compra y color > Magrura, marca/etiqueta, veteado
y lugar de origen > Precio**

A la hora de consumir esta carne, las principales características sí varían respecto a las de carne de vacuno, como se observa a continuación:

**Olor, sabor, ternera, jugosidad, color y textura > Magrura >
Libre de cartílago**

Con relación a la seguridad percibida en el consumo de carne, los principales factores que inquietan al consumidor son los siguientes:

***Salmonella*, hormonas y antibióticos > Grasa/colesterol**

La carne de **aviar**, y en especial el pollo, es considerada como un producto claramente diferente a la carne de vacuno y cerdo. Incluso los puntos de venta son distintos, por esto la percepción de algunas características de la carne varían bastante respecto a las otras dos, sobre todo en el consumo y en la seguridad.



La escala de valoración de las características a la hora de comprar es la siguiente:

**Color y lugar de compra > Magrura > Lugar de origen
y marca/etiqueta > Precio**

Destaca la escasa importancia del lugar de origen y la marca, en la compra de carne de ave. Al igual que en los demás tipos de carne, muchos consumidores manifiestan poco interés en el precio, en parte debido a la mala impresión que supone admitir un gran interés en este factor. Al igual que en otros países, existen en muchos casos actitudes contradictorias del consumidor frente a la calidad y la evolución efectiva del consumo.

En el caso de la seguridad, los consumidores están principalmente preocupados por la *Salmonella*, debido a los problemas que se han difundido en los medios de comunicación en los últimos años.

En términos generales y sin considerar situaciones críticas como la actual, la actitud del consumidor frente a la carne es ambigua. Por un lado, la mayoría de los consumidores considera que la carne es difícilmente sustituible, siendo una parte esencial de una buena nutrición. No obstante, una gran proporción considera que el consumo excesivo de carne o productos cárnicos puede ser perjudicial para la salud por problemas de residuos y los últimos escándalos de las *vacas locas* y el uso de hormonas. Publicaciones al respecto causan un descenso inmediato del consumo y efectos de sustitución como el caso del vacuno por el porcino después de la EEB de noviembre de 2000.

Se puede observar una segmentación del mercado de la carne dado que muchos consumidores exigen ciertas garantías de calidad y sanidad, estando dispuestos a pagar un sobreprecio por esta certificación, al tiempo que está disminuyendo la venta de carne a granel.

Los resultados de una encuesta realizada en el año 1990, muestran que los consumidores españoles consideran a la carne como un alimento no sustituible y base de una buena nutrición. En general, hay más respuestas positivas que negativas.

Según nuestro estudio, más de la mitad de los encuestados disfrutaban probando nuevas recetas, lo cual puede ser interesante para conocer los hábitos de consumo. También se aprecia que más del 75 por ciento de los encuestados valora positivamente el conocimiento de un trato humanitario hacia el ganado, aunque realmente no se tienen buenos conocimientos sobre dicho tema.

La mayoría de los consumidores considera que la carne que compran es segura. Más del 75% de los encuestados prefieren carne procedente de granjas cercanas, aunque frecuentemente no es posible conocer el origen. También es bastante bien considerado conocer el país de procedencia de la carne, así como la región de origen.

Etiquetas y marcas

Más de la mitad de los encuestados afirman que se fijan en las etiquetas nutritivas de los alimentos antes de comprarlos, aunque también un 25% de los mismos no

	Carne de vacuno	Carne de cerdo	Carne de pollo
Origen	24%	26,6%	24,2%
Etiqueta de sanidad	18%	20,4%	8,6%
Fecha de caducidad	16%	12,2%	8,6%
Ganadería ecológica	-	18,4%	17,2%
Símbolo de calidad	24%	12,2%	-
Sello de matadero	-	-	30,2%
Etiqueta de calidad de UE	-	10,2%	11,2%
Marca registrada	18%	-	-

Tabla 7.- Información deseada en las etiquetas.

lo hacen.

Los consumidores consideran que la información que debe aparecer en las etiquetas es la que se indica en la **tabla 7**.

Tradicionalmente la carne se ha vendido sin etiquetas, aunque actualmente la tendencia es a dar una mayor información al consumidor sobre lo que compra. Por otro lado, el exceso de información puede llevar a confusión.

Las etiquetas de origen y los símbolos de calidad son los más apreciados a la hora de valorar la seguridad en la carne de vacuno, mientras que en el caso de la carne de cerdo se valora también la información referida a sanidad.

La confianza de los consumidores respecto a diferentes fuentes de información sobre la seguridad de la carne es muy variada, como se observa en la **tabla 8**.

Para muchos consumidores, la fuente más fiable respecto a la seguridad son los carniceros. Entre las instituciones públicas, el Ministerio de Sanidad y Consumo es el que goza de la mayor confianza por parte de los consumidores. Destaca la posición NS/NC en el caso del porcino con 197, en tanto que en el vacuno es muy inferior.

	Carne de vacuno	Carne de porcino	Carne de pollo
Gobierno	10	16	8
Ministerio de Agricultura	8	7	5
Ministerio Sanidad y Consumo	35	18	14
Asociaciones de consumidores	26	18	12
Carniceros independientes	183	71	52
Carniceros en supermercados	85	51	45
Amigos	9	8	-
Revistas	9	5	-
Reportajes	6	13	-
Radio	-	6	-
Consejería de Salud	6	7	-
Familiares	14	7	-
En sí mismo	35	12	-
NS/NC	54	197	90

Tabla 8.- Confianza en las fuentes de información (frecuencia absoluta para un mínimo de 5 menciones).



Cambios en la cadena comercial y actitud del consumidor

La cadena comercial de la carne en España está en una etapa previa a profundos cambios, tanto por innovaciones técnicas como por la actitud de los consumidores.

El replanteamiento de nuestros modelos comerciales nos lleva a pensar hacia dónde vamos. Para ello es premisa previa analizar algunos de los modelos existentes en nuestro entorno, ciñéndonos al caso del Reino Unido y Alemania.

En el Reino Unido la mayor parte de la carne se adquiere en supermercados. En consecuencia las grandes cadenas se abastecen de grandes mataderos. Han desaparecido los pequeños y medianos.

El producto se ha estandarizado y ofrece la cantidad, el precio y una calidad normalizada. Es apto para un consumidor que no sabe/quiere cocinar de forma compleja. Sus recetas son fáciles de seguir y sencillas.

En la Alemania la profesión de carnicero está más considerada y combina con industria complementaria de embutidos. Tiene la confianza del consumidor y se relaciona directamente con el matadero. Por ello hay una franja de mataderos de carácter local o regional. Ambos modelos tan diferentes requieren una serie de reflexiones.

- a) Toda transformación del sector cárnico debe estar relacionada con los hábitos y costumbres del consumidor final. El trabajo de la mujer fuera del hogar, comida fuera de casa y falta de formación culinaria inclinan la demanda hacia compras estandarizadas en grandes superficies (modelo británico). La tradición y resurgimiento de comidas tradicionales así como la formación culinaria y recetas de interés, servirán de apoyo al sistema de carniceros, con atención personal.
- b) La competencia procedente de otros mercados en la UE obliga a reestructuraciones tanto del sector productor ganadero, como de los industriales y comerciantes. Deben lograrse dimensiones mínimas que permitan operar con ciertas economías de escala y lograr costes adecuados. Para ello hay que combinar los apoyos públicos y privados.
- c) La confianza del consumidor, resentida en los últimos tiempos hacia el sector cárnico debe recuperarse a través de programas diversos. Además de la promoción y publicidad se ha de conseguir la trazabilidad del producto desde el ganadero al carnicero. Es aquí donde tienen cabida los programas de calidad (CLARA), denominaciones de origen y todos aquellos que ofrezcan una garantía al consumidor. Ello también supone la existencia de mataderos e industrias cárnicas que permitan la identificación del producto en todo momento. En Dinamarca, por ejemplo, el código que lleva cada partida permite al consumidor conocer detalles de todo el proceso seguido desde el origen a lo largo de la cadena comercial.
- d) Debe existir una corresponsabilidad entre sectores público y privado para regular y controlar la calidad y condiciones higiénico-sanitarias de los productos a lo largo de la cadena comercial.

El seguimiento de uno u otro modelo va a ocasionar grandes alteraciones, tanto en la estructura empresarial como en los hábitos de compra. Por consiguiente, es del máximo interés evaluar los efectos positivos y negativos para tomar las medidas oportunas y hacer las consiguientes correcciones.

Una mayor formación del consumidor aporta estabilidad al mercado, evitando las crisis en base a rumores. También implica una mayor competencia al tener capacidad de seleccionar aquellos productos con atributos más favorables.

La política marquista puede jugar un papel importante, para la identificación y promoción de los productos, dando mayor relevancia a las cadenas comerciales, con la venta del producto envasado. No obstante, en el caso español los hábitos de compra priorizan los puntos de venta de los carniceros. Como se viene mostrando en las situaciones de crisis, son los que gozan de mayor confianza del consumidor. La competitividad de esta figura comercial pasa por una reestructuración que contemple la concentración empresarial alcanzando dimensiones viables, y su transformación con actividades que incorporen mayor valor añadido (salchichas, pasteles de carne, preparados especiales y otros derivados). Este modelo que podríamos enmarcar como alemán, requiere apoyos económicos para su mejora en equipamiento, así como mejora de la formación profesional.

Los próximos años serán clave para conocer hacia que modelo nos movemos y en su evolución la actitud de compra de los consumidores será una de las piezas claves.

Nuevo escenario en el consumo de carne en España

Los acontecimientos del año 2000 en relación con las vacas locas han roto las condiciones de tranquilidad en que se encontraba el mercado español de carne. El hecho de que no se hubiese detectado ningún caso nos mantenía en una especie de limbo, sin preocuparnos en adoptar las medidas oportunas de previsión para la situación presente.

La situación ha empeorado progresivamente, tanto por las informaciones que han ido apareciendo como por las acciones u omisiones de políticos y responsables del sector. En el último trimestre del año 2000 (El País, 13 de enero de 2001) el consumo de carne de vacuno ha caído en España en un 35%, y los precios han mostrado una gran asimetría, caída del 0,5% al consumidor y un 24,5% al ganadero.

De forma más específica podemos analizar los datos provisionales disponibles en el Panel de Consumidores del MAPA, referidos al consumo, valor gastado y precios del vacuno en los hogares españoles. De forma global y comparendo con 1999, la caída del consumo ha sido más acentuada en el mes de noviembre en relación a octubre. Se ha hecho notar especialmente en añejo (-34,2 %) seguido del vacuno mayor (-24,2%). El valor del gasto en vacuno de los hogares españoles ha tenido también un desplome significativo (-37,8 % en vacuno). Si nos fijamos en el comportamiento de los precios, los ajustes a la baja han sido especialmente notorios en el añejo (-5,4%) y la ternera (-2,2%)



De todo ello apreciamos que el añojo es el que está sufriendo la crisis en mayor dimensión. De hecho la estructura del consumo de carne nos muestra que en noviembre de 1999 el añojo suponía el 21,6 % del total del vacuno y en 2000 había bajado el 15,4%, habiendo subido la ternera en términos relativos al 75,7%.

La situación en el marco de la UE es muy desigual. Mientras el consumo ha caído significativamente en un grupo de países (40% en Italia, 50% en Grecia, 38% en Francia) en los países nórdicos (Suecia y Finlandia) ha aumentado.

El propio gobierno español ha manifestado que es un problema serio, y debemos abordarlo con objetividad. No basta poner paños calientes, y hay que evitar actuaciones que provoquen alarma social. Como es de esperar toda la cadena alimentaria muestra una gran preocupación desde el ganadero, a los mataderos, salas de despiece y los propios carniceros, aunque el peso de la crisis no se reparte por igual.

Por todo ello debemos hacer una serie de reflexiones que aporten soluciones a corto, medio y largo plazo, a unos problemas que se han venido incubando, sin prestarle la debida atención.

- El análisis y seguimiento del comportamiento del consumidor constituye una pieza clave en la orientación de las políticas económica y agraria. Hasta el momento los esfuerzos se han venido centrando en dimensiones productivistas. Se trataba de aumentar la oferta a cualquier precio y apoyar a los agricultores, olvidando el otro extremo de la cadena alimentaria. Hemos pasado de un modelo de mercado deficitario a otro saturado. El consumidor debe ser estudiado en toda su amplitud, no solo desde el punto de vista cuantitativo sino cualitativo, cuales son sus previsibles reacciones, sus deseos y preferencias.
- Reorientación de la PAC teniendo más en cuenta la seguridad alimentaria y la protección medioambiental. En Alemania, país clave en la política europea, se están produciendo reestructuraciones ministeriales en Agricultura, y se levantan voces para apoyar más a los consumidores y los aspectos ecológicos, orientando las subvenciones comunitarias hacia "aquello bueno y sano", marginando a lo que entraña riesgos (El Mundo, 13 de enero de 2001).
- Estudio del comportamiento de los mercados. Existen una serie de leyes comerciales que nos permiten un análisis más eficiente de las repercusiones de los problemas en los diversos eslabones de la cadena comercial. Así por ejemplo, la asimetría en la inestabilidad de precios al productor y al detallista es algo contrastado en la mayoría de los países. Por ello, un análisis adecuado nos puede dar pautas de comportamiento ante determinadas crisis y hacer previsiones. La fuerte caída de los precios al ganadero, según se aprecia en los precios testigo, ha llegado hasta un 35%, en tanto que se mantienen casi estables los precios al consumidor. Con ello cabe pensar en un aumento significativo de los márgenes comerciales unitarios, que por otra parte se han visto contrarrestados por la caída en el volumen de ventas y con ello el valor añadido.

- El análisis de la actitud del consumidor es un tema que afecta no solo a los detallistas o a las instituciones públicas. Los productores deben saber cuáles son las preferencias, atributos más apreciados, preocupaciones y temores. Habitualmente suelen utilizarse los precios, como variable de aproximación global a dichas preferencias. No obstante, ello requiere una adecuada clasificación e identificación del producto y una buena transparencia en las transacciones comerciales.
- La confianza del consumidor en los agentes de comercialización varía según los casos. Estudios centrados en el sector cárnico español han mostrado como figura clave al carnicero, en tanto que países como el Reino Unido destacan por el peso de las marcas comerciales. El saber cómo, por qué y hasta qué límite puede mantenerse esa confianza es básico para evitar la retracción del mercado.
- El control de calidad debe ser garantizado por las instituciones públicas, Administración y organizaciones profesionales exigiendo que se cumplan unos mínimos sanitarios e higiénicos. La aplicación de normas de calidad y servicio de inspección operan en una línea. No obstante en su momento deben incorporarse otros aspectos que en ciertos países como el nuestro siguen siendo marginales, tales como el buen trato a los animales o el procedimiento natural de su obtención, caso de la carne ecológica. Las etiquetas con denominación de origen y las marcas comerciales cumplen una labor esencial en esas garantías adicionales requeridas por los consumidores.
- Campañas de promoción organizadas de forma sistemática que vayan callando en el consumidor y logren su confianza. Los ejemplos de campañas genéricas en el sector cárnico estadounidense son una buena muestra de la labor positiva conseguida en el mercado, inclusive en los momentos de crisis como el caso del colesterol ligado a las carnes rojas.
- Utilización de todos los medios de comunicación disponibles. Además de los servicios tradicionales de prensa, radio y televisión, se ha hecho un gran esfuerzo para llegar al consumidor, de forma que podríamos denominar avasalladora, dando información puntual y detallada. El Ministerio de Agricultura ha sacado en la Red www.bse.es. Son numerosas las declaraciones, conferencias, seminarios, pruebas de degustación.
- Otra forma de lograr la confianza de los consumidores es la identificación de la carne a lo largo de toda la cadena comercial. La trazabilidad del producto puede llegar al detalle de incluir en la etiqueta, además de las dimensiones ya exigidas por la normativa actual de calidad, otros datos tales como quiénes han sido el ganadero, matadero, sala de despiece y detallista, tipo de alimentación recibida, medicación y otros controles sanitarios, así como forma de sacrificio y crianza. Este procedimiento que está en marcha en los países escandinavos y especialmente en Dinamarca, ha sido ofrecido por una cooperativa gerundense, en lo que se identifica como "etiqueta inteligente".
- Otro aspecto que también puede incidir en la actitud del consumidor es la tasa a aplicar a los distribuidores de carne de vacuno con objeto de com-



pensar en parte el coste de las medidas que se están adoptando para resolver la crisis. Los criadores de vacuno (ASOVAC) ya han manifestado que el impuesto debe ser asumido por los comerciantes y los consumidores. Puede ocurrir que al final el consumidor soporte dicha tasa, ya que los intermediarios tratarán de transferirla. Si a ello añadimos las cuantiosas pérdidas experimentadas por los ganaderos y fabricantes de piensos, podemos predecir en un futuro no muy lejano el predominio de una ganadería extensiva, mayores controles y costes de elaboración y un producto final más caro. De hecho el vacuno se encontraba ya en el estrato superior de los consumidores de carnes, lo que le llevaría a ser todavía más elitista dando lugar a un mayor efecto de sustitución por otras carnes y fuentes proteínicas diversas.

- El efecto sustitución se aprecia en la evolución de los mercados. No obstante la débil caída de precios del vacuno se ve automáticamente reflejada en el aumento significativo del porcino, pollo y pescado.
- El comercio exterior puede jugar también una baza importante al fomentarse las importaciones de vacuno procedentes de países donde no se planteen estos problemas sanitarios, o cuyas medidas de control sean menos rigurosas.

Como podemos ver la situación es compleja. La posible recuperación del vacuno está estrechamente ligada a la confianza del público que, por otra parte es muy heterogéneo, lo que obliga a su segmentación centrando los esfuerzos en aquellos grupos que todavía puedan ser recuperables.

Aunque loables, los esfuerzos realizados en los momentos de crisis grave como el actual de las vacas locas pueden crear cierta confusión en los consumidores ya que lo asocian a la necesidad de resolver un problema de la producción. Se ha producido una información masiva desde los ministerios, especialmente Agricultura, los mercados de barrio, restaurantes, carniceros. Ello provoca desconcierto, y por ello resulta esencial programar la promoción de forma paulatina, aumentando su eficiencia.

Lo importante es que aprendamos la lección para el futuro y sepamos programar una acción continua. En todo caso, bueno es recordar que algunos de los trabajos realizados en el marco de la Unión Europea, mostraba al consumidor español con un grado de menor retención en la memoria por hechos de problemas alimentarios, recuperando la normalidad en un cierto periodo de tiempo.

Resumiendo el nuevo escenario del mercado cárnico español supone una ruptura con la evolución anterior, de la cual han de obtenerse las oportunas conclusiones. Salen a la luz nuevos protagonistas, los consumidores, que siempre lo habíamos sido pero estábamos marginados y al mismo tiempo hay una serie de estructuras y componentes que mantienen su vigencia mientras que otras van desapareciendo. Hemos de tener capacidad de discernir cuáles son unas y otras, con el fin de potenciar las primeras y sustituir las obsoletas.

Tal vez esta llamada de atención sirva para agilizar los cambios en unos sectores que mantienen una elevada tradición en sus actuaciones. La nueva era de globalización, Internet y soberanía del consumidor debe calar en toda la cadena comercial, para que en definitiva salgamos todos beneficiados.

Conclusiones

Hemos de ser conscientes de la dificultad de exponer en nuestro trabajo todas las acciones desarrolladas en calidad alimentaria, que en síntesis se centran en establecer unas normas de mínimos o máximos. Ello obliga a una evaluación, para lo cual hay que establecer la metodología oportuna que analice tanto la fase de producción como la de transformación y la distribución.

La producción debe ofertar un producto con una serie de características, tanto intrínsecas como extrínsecas que deben comunicarse al consumidor.

Básicamente el consumidor requiere información de calidad sobre atributos sensoriales y nutritivos, aunque de forma más reciente le preocupan otros extrínsecos tales como el respeto medioambiental o el bienestar de los animales.

Unos atributos pueden experimentarse a través de su ingestión o conocerse leyendo las etiquetas. Otros factores como el proceso productivo (alimentación animal, elaboración) no se comunican directamente al mercado y el consumidor debe confiar en la cadena alimentaria, aunque también hay campañas de información y promoción. En líneas generales podemos identificar tres grupos de elementos esenciales en una política de calidad de carnes:

- a) Higiene y seguridad alimentaria.
- b) Calidad sensorial.
- c) Factores extrínsecos (medioambientales, bienestar animal).

Para el logro de una máxima eficiencia entre las exigencias del consumidor y la realidad del mercado, deben establecerse unas líneas de coordinación entre sectores públicos y privados, con unos objetivos concretos y posibilistas, sin demagogia, buscando el bienestar social.

La tensión experimentada a finales de 2000 en el mercado cárnico español, especialmente el vacuno, es una llamada de atención para abordar una serie de cuestiones básicas que se han venido marginando.

Debemos mencionar en primer término la atención que merece el análisis y seguimiento de la actitud del consumidor. Los sistemas de producción, tanto intensivo como extensivo con sus pros y sus contras, la fabricación de piensos con un mayor énfasis en productos vegetales (cereales, girasol, soja) en detrimento de productos animales y mayor control y seguimiento del producto desde el ganadero al consumidor con la adecuada trazabilidad.

Centrando nuestra atención en España, nuestro país había venido siendo un pequeño paraíso en lo referente a la confianza de los consumidores de carne hasta que en el 2000 han bastado un par de casos de EEB en Galicia para derrumbar los mercados. La UE ha adoptado medidas que muchos consideran draconianas, con prohibición de las harinas de carne, y destrucción de Materiales Específicos de Riesgo (MER) así como los animales potencialmente peligrosos. Para otros, las medidas son tardías e insuficientes.

Nos planteamos: ¿cuáles pueden ser las mejores políticas de calidad a seguir por la UE? ¿Se ha reaccionado demasiado tarde a algo que se veía venir? ¿Cuál debe ser el papel de los sectores público y privado en estas circunstancias? En estas circunstancias, las acciones deben ser múltiples como corresponde a la variedad



de los frentes abiertos. Hay un componente base de naturaleza científica que debe estudiarse por especialistas de la materia que evalúen los efectos. Un segundo elemento es la gestión del riesgo que tiene que realizarse por los estamentos administradores de la sociedad, es decir los políticos, y finalmente el proceso de comunicación a realizar por los profesionales de los diversos medios (A. Palou 2001). La independencia y a la vez coordinación entre ambos grupos es la mejor garantía de optimizar el bienestar social.

La preocupación por el consumidor en los aspectos higiénico-sanitarios es relativamente reciente. El Tratado de Roma se orienta más al apoyo de los agricultores y abastecimiento cuantitativo de los mercados, siendo los Tribunales Europeos (Caso "Cassis de Dijon") los que plantean oficialmente las cuantías. Incluso de forma reciente ha habido organizaciones de productores que han titlado de catastrofistas a las autoridades sanitarias, tratando de encubrir los problemas.

El escenario de calidad incluye diversos componentes que van desde los aspectos higiénico-sanitarios, la propia salud del consumidor en función de los atributos y un conjunto de elementos, que van desde la presentación, olor, etc.

Siguiendo la dinámica de los estudios de mercado, desde los enfoques esencialmente cuantitativos a los cualitativos, las políticas de calidad han ido evolucionando también en el sector cárnico. Se ha ido pasando de una orientación a la calidad del producto (clasificación de canales) al control de calidad del proceso productivo (sistema APPCC, ISO 9000), continuando en el enfoque al consumidor (etiquetas de calidad, denominación de origen, productos ecológicos, análisis de respuestas eficientes).

Por todo ello, un sistema lógico de actuar es conocer primero los deseos del consumidor, para aceptar los productos en las condiciones que requiere, y también atraer al consumidor a nuestra área esperando satisfacerle. Se requiere la colaboración de equipos de expertos multidisciplinares que identifiquen los aspectos tecnológicos del proceso productivo (elaboración, conservación), y características intrínsecas). En la otra vertiente, identificamos los atributos que aprecia el consumidor y que pueden orientar en el proceso de compra. Aquí podemos incluir las políticas de marketing mix, las dimensiones específicas del propio producto según sea la búsqueda (color, presentación), experimentación (olor, sabor) o credibilidad (comparación de grasas, colesterol, carácter ecológico).

El reto está en como establecemos los canales de comunicación entre los productores, grupos de expertos, y los consumidores.

El papel de la administración debe centrarse en optimizar el bienestar social. Garantizar la seguridad alimentaria y transparencia del mercado, con regulaciones efectivas que no distorsionen excesivamente los mercados. No obstante, hemos de considerar, el tratamiento diferenciado que debe darse a una política de defensa higiénico-sanitaria o de mera transparencia del mercado o mejora de calidad. En la primera, la exigencia debe ser máxima para salvaguardar la salud y la confianza del consumidor. En cuanto al segundo segmento, debe tratar de impulsar la salud y la confianza del consumidor. En cuanto al segundo segmento, debe tratar de impulsar acciones empresariales adecuadas. Así por ejemplo, en Francia, la política de calidad y diferenciación de carne de pollo ha prestigiado notoriamente

te al sector que cuenta con un sistema de etiquetado muy efectivo. Como contraste nos encontramos en general con una carne de vacuno en fresco cuyo porcentaje de comercialización bajo etiquetas y control de calidad mediante denominaciones de origen es muy bajo, lo que hace más sensible en períodos de crisis y desconfianza.

Bibliografía

- **EU.** Quality Policy and Consumer Behaviour. Final Report of the EU Project. FAIR CT95-0046.
- **Briz J., de Felipe I.** Política de calidad y comportamiento del consumidor. Conferencia no publicada en la ETSIA. Madrid - Diciembre (1999).
- **Briz J., de Felipe I.** (2000) Hábitos y percepciones del consumo de carne en España. *EUROCARNE n° 88 Julio-Agosto* pág. 51-61.
- **Cañas G.** (2001) España se opuso durante cuatro años en Bruselas al plan contra las vacas locas. *EL PAIS* (26 de Enero de 2001).
- **Palou A.** (2000) El asesoramiento científico a propósito de las vacas locas. *EL PAIS* (26 de Enero de 2001).

PERSPECTIVAS DE EVOLUCIÓN Y HABITOS DE CONSUMO DE CARNE EN EL MERCADO JAPONÉS

**D. Toru Furuhata
D. Seiichi Kubotera**

Perspectivas de evolución y hábitos de consumo de carne en el mercado japonés

TORU FURUHATA¹, SEICHI KUBOTERA²

¹ Secretario de Asuntos Económicos de la Embajada de Japón.

²Asesor de exportaciones a Japón. JETRO-ICEX.

Es sabido que la prohibición legal que impedía la exportación de carne y derivados de animales artiodáctilos españoles a Japón, como los jamones curados, ha sido levantada en febrero de 1999. Los procedimientos administrativos necesarios para la exportación finalizaron en diciembre del mismo año y en enero de 2000 se exportaron los primeros productos españoles a nuestro país. A continuación se explican las circunstancias que han hecho posible el levantamiento de esta prohibición y también se ofrecen unas breves indicaciones sobre las características de los consumidores japoneses.

El control sanitario en Japón

Con el fin de preservar las condiciones sanitarias de los animales en Japón frente a posibles contagios de enfermedades, y conforme a lo establecido en la Ley de Control de Enfermedades Contagiosas de Animales Domésticos, Japón realiza estrictas inspecciones sanitarias.

Respecto a las especies de animales artiodáctilos, como son el porcino, el bovino y el ovino, está prohibida la importación de sus carnes en el caso de que se haya declarado la fiebre aftosa, la peste bovina o la peste porcina africana en el país de origen. De España, concretamente, se prohibió la importación de carnes de animales artiodáctilos hasta 1994, al declararse la peste porcina africana.

En España se habían detectado brotes de peste porcina africana a partir de 1960, pero fue a partir de 1980 cuando se empezaron a tomar medidas efectivas para combatir la enfermedad. Gracias a los esfuerzos realizados, no se han detectado más casos de peste desde 1994, y en consecuencia, fue posible iniciar los trámites para levantar la prohibición de exportación a Japón.

En 1994 comenzaron las negociaciones bilaterales entre ambos países para levantar la prohibición de exportar productos cárnicos de cerdo a Japón. Desde el punto de vista técnico, en diciembre de 1998, ambos países llevaron a cabo una inspección en España a cargo de técnicos japoneses y, posteriormente, en febrero de 1999, se modificó la ley y España fue declarado un país libre de enfermedades animales contagiosas, autorizándose así la exportación de jamones curados a Japón. Sin embargo, fue necesario un acuerdo bilateral de carácter técnico sobre las condiciones de sanidad del ganado y los procedimientos administrativos correspondientes para su certificación. Estas condiciones fueron aprobadas en mayo de 1999 por ambos gobiernos, tras un periodo de consultas realizadas entre los técnicos.

Dentro de este marco, se regulan las condiciones de los productos cárnicos que pueden ser exportados a Japón y sus respectivos tratamientos. Por ejemplo, una de estas condiciones dice: "en España no debe de haberse detectado la fiebre aftosa, la peste bovina, la peste porcina africana, la encefalopatía espongiiforme bovina o el scrapie". Sin embargo, se han encontrado casos tanto de encefalopatía espongiiforme bovina como de scrapie, por lo que ambas autoridades están intercambiando información para poder modificar esta condición.

En otro capítulo se señala: "las carnes que se exportan a Japón deberán ser aquellas que hayan sido elaboradas y conservadas en establecimientos designados". Estos establecimientos son los mataderos, los establecimientos de elaboración y las plantas de conservación. Actualmente están registrados 100 establecimientos autorizados por el gobierno español, quien a su vez tiene la obligación de informar al gobierno japonés.

El registro de establecimientos que certifiquen un tratamiento seguro de la carne es necesario para prevenir el riesgo de contagio. Japón ha aprobado todos los nuevos establecimientos que el Gobierno español le ha comunicado para su inclusión en el registro. El contenido de todas estas condiciones pueden ser consultadas en el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. Por otra parte, para exportar alimentos a Japón por motivos comerciales es necesario atenerse a lo expuesto en la Ley de Sanidad Alimentaria de Japón. Las carnes y sus derivados también deberán cumplir lo establecido en dicha Ley.

Como ya he explicado, en noviembre de 2000 se detectó en España el primer caso de encefalopatía espongiiforme bovina, por lo que es necesario modificar las condiciones que regulan la exportación de los productos cárnicos. Afortunadamente, el brote de esta enfermedad no ha influido en las exportaciones españolas debido a que la mayoría de estos productos proceden del cerdo. En cuanto a los productos relacionados con la medicina y la cosmética que contienen ingredientes de origen bovino, está paralizada la importación a Japón no sólo de España sino de los países de la Unión Europea.



El jamón curado en Japón

El jamón curado español es uno de los alimentos más representativos dentro de los productos cárnicos españoles. La importación de productos no elaborados mediante calentamiento, como es el caso de los jamones curados, no fue admitida en Japón hasta 1983 por razones de sanidad. Desde entonces, sólo han transcurrido 16 años y, por lo tanto, se puede decir que los jamones curados son un producto relativamente nuevo para los japoneses. La importación y la producción de jamones curados en el país está aumentando cada año y el sector japonés ha acogido con los brazos abiertos el levantamiento de la prohibición.

No obstante, los "jamones curados" que se elaboran en Japón son muy variados. Existen jamones elaborados mediante el proceso de salazón, desecación y maduración durante un largo período, como ocurre en España. Igualmente hay jamones elaborados mediante un proceso de salazón, ahumado y maduración a corto plazo. Además, no sólo se utilizan los perniles sino también el lomo.

Por otra parte, en Japón los jamones curados han sido considerados alimentos de lujo. Se regalaban como obsequios de alto valor o eran utilizados en prestigiosos restaurantes y hoteles de lujo. En 1995, el "boom" de la comida italiana en Japón aumentó la importación no sólo de los jamones curados sino también del vino, pastas y aceites de oliva.

Características del mercado alimentario japonés

Japón es un país más húmedo que España, por lo que es necesario prestar mayor atención a la distribución y conservación de los alimentos. Por otra parte hay una cultura gastronómica basada en el arroz, que contrasta con la cultura de los países occidentales. España y Japón tienen una cultura y un clima muy diferentes y esto hace dificultosa la tarea de resolver los problemas ya mencionados. Por ello, es primordial hacer un estudio sobre las características de Japón, especialmente sobre el gusto de los consumidores y la cultura culinaria japonesa.

Una de las características de los consumidores japoneses es su sensibilidad ante la calidad de los productos. Si se encontrara un producto que no estuviera en condiciones, por ejemplo, que se encontrara un pelo en el producto o tuviera demasiada grasa, sería devuelto en seguida, siendo objeto de reclamación. Por otra parte, los japoneses prestan especial atención a la salud y son muy sensibles a los productos que contienen gran cantidad de sal.

Evolución del consumo de carne en el mercado japonés

El consumo total de carne en Japón en 1999 ascendió a 5.634.000 toneladas. Este dato corresponde al volumen de carne sin deshuesar. La carne de cerdo consumida fueron 2.189.000 toneladas, lo que representa el 39% del total de carne. Dentro del

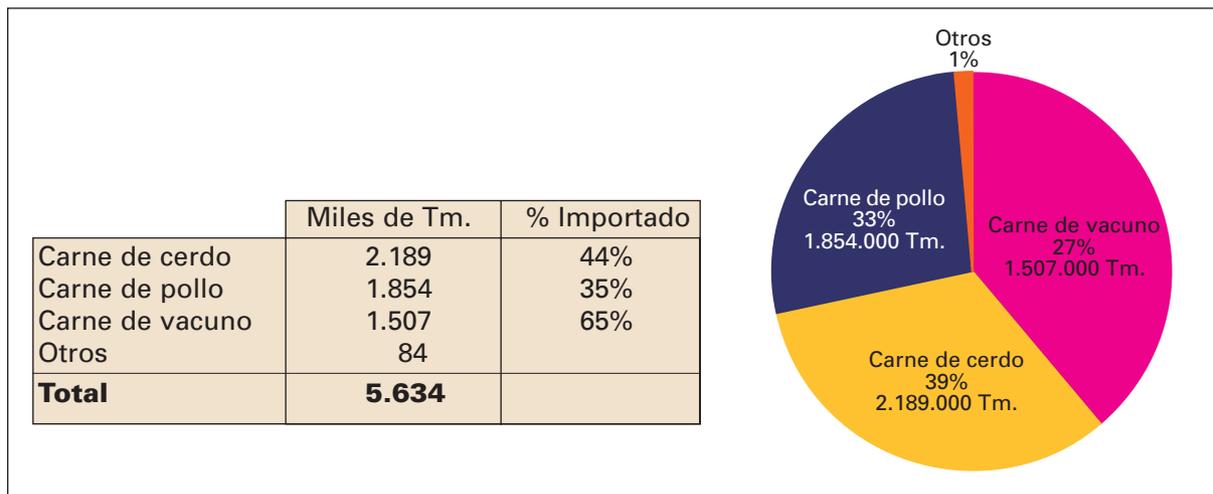


Gráfico 1.- Consumo de carne en Japón en 1999 (miles de Tm.).

total de cerdo, el 44% es importado, o sea, la autosuficiencia japonesa en el mercado porcino es del 56%. En carne de pollo, el consumo fue de 1.854.000 toneladas, lo que representa el 33% total de consumo. El 35% de carne de pollo fue importada.

En lo que respecta a la carne de vacuno, el consumo fue de 1.507.000 toneladas, lo que representa el 27% del total del consumo. En este mercado, el 65% de la carne fue importada. La importancia de otros sectores es muy pequeña, correspondiendo mayoritariamente a la carne de cordero, aunque la cifra es insignificante.

Estos datos del consumo responden en gran medida al precio de la carne y también a la costumbre de comida de los japoneses. La diferencia de precio entre la carne de cerdo y de vacuno es mayor que en el caso de España. En España el consumo total de carne asciende aproximadamente a 2.600.000 toneladas al año. El consumo por persona es de 66 kilogramos al año y en Japón esta cifra es de 45 kilogramos al

año. Provisionalmente, los japoneses comen más pescado pero la tendencia en estos momentos es que los jóvenes consumen más carne.

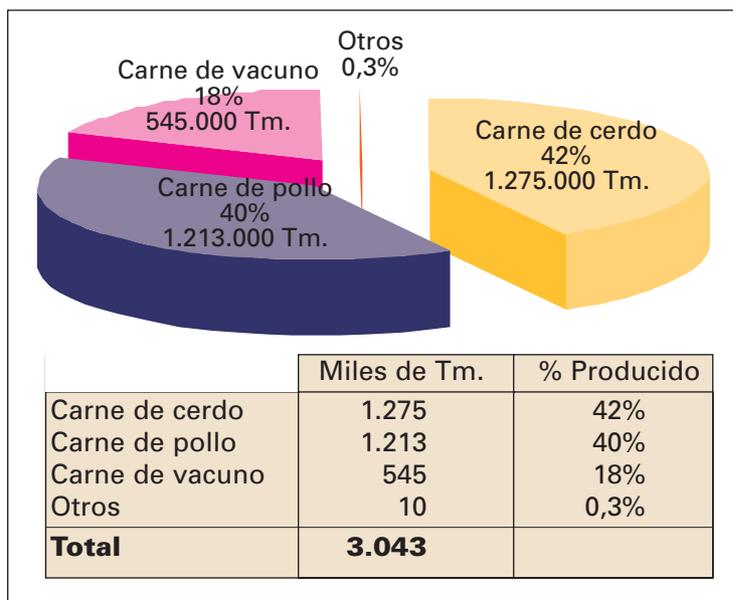


Gráfico 2.- Producción de carne en Japón en 1999 (miles de Tm.).

Producción de carne en Japón

La mayor producción es la de carne de cerdo, que ascendió a 1.275.000 toneladas lo que supone el 42% total de producción de carne en Japón. Esta producción representa nada más que el 55% del total de consumo de carne de cerdo en Japón.



La segunda producción es la carne de pollo, que fue de 1.213.000 toneladas y que representa el 40% total de la producción. Esta cifra supone el 65% del consumo de carne de pollo en Japón. La producción de carne de vacuno ascendió a 545.000 toneladas algo que representa el 18% del total de la producción. Esta cifra corresponde nada más que el 35% del consumo de carne de vacuno en Japón.

Importación de carne en Japón

La importación de la carne está influenciada por la combinación de varios factores entre los que destacan la demanda doméstica, la producción doméstica, la diferencia de precio entre la carne doméstica y la importada y el tipo de cambio de los yenes.

Carne de vacuno

En el año 1999, la importación total de carne de vacuno deshuesada fue de 677.000 toneladas. Desde este año, dicha importación ha subido enormemente por los siguientes factores: la liberalización total de la importación en 1991, la reducción de arancel para la carne de vacuno y la apreciación del valor de los bienes. El precio de la carne importada ha resultado muy competitivo.

La tendencia en restauración (hoteles, restaurantes...) ha sido el aumento del consumo de carne importada debido a las razones económicas de coste. Durante los últimos tres años, el volumen de importación se mantuvo estable entre 950.000 y 975.000 toneladas. Esta cifra corresponde a un volumen de carne deshuesada de alrededor de 700.000 toneladas.

Las exportaciones de vacuno a Japón las realizan básicamente dos países: Estados Unidos, que ocupa alrededor de la mitad de la importación, y Australia que representa el 46%. Las vacas de Australia generalmente son engordadas con hierba, el color de la carne es más oscuro y tiene un buen sabor. Esta carne resulta muy adecuada para filetes. Mientras, las

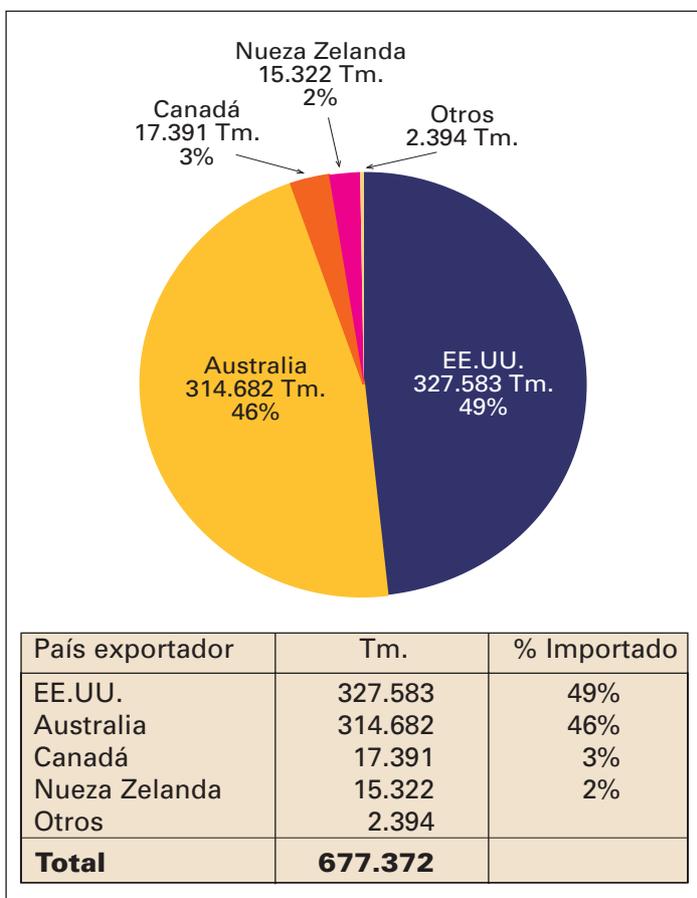


Gráfico 3.- Principales exportadores de carne de vacuno a Japón en 1999. (carne deshuesada en Tm.)

vacas de Estados Unidos son alimentadas con grano y esta carne es más tierna y de color más rojo. Es más usada para comida al estilo japonés.

Desde el punto de las condiciones de transporte, la carne fresca ocupa el 66% mientras que la congelada supone el 34%. Así, vemos que el precio de la carne fresca es el doble más cara que la congelada. La carne de Australia llega a Japón más en forma fresca mientras que la carne procedente de EEUU es mayoritariamente carne congelada.

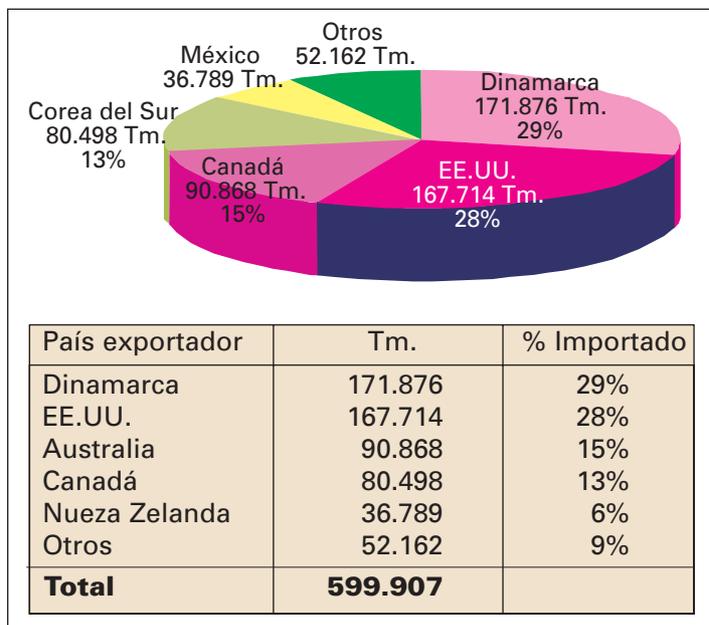


Gráfico 4.- Principales exportadores de carne de cerdo a Japón en 1999. (carne deshuesada en Tm.)

Carne de cerdo

El volumen de importación de carne de cerdo se situó entre 800.000 y un millón de toneladas lo que representa alrededor del 35% del total de importación cárnica.

Por países, y hablando ahora de carne deshuesada, Dinamarca ocupa el primer lugar con 172.000 toneladas, lo que representa el 29% del total de la importación de carne de cerdo. Le sigue EEUU con 168.000 toneladas y el 28% de la importación. Después, Canadá ocupa la tercera posición con 91.000 toneladas, un 15%. El cuarto puesto es para Corea del Sur, con 80.500 toneladas, lo que representa el 13%. En el año 2000,

el problema de la fiebre aftosa fue detectado en los cerdos de Corea del Sur, por lo que desde hace un año la importación por parte de Japón de carne de cerdo procedente de Corea del Sur está completamente suspendida. Aproximadamente, estas 80.000 toneladas que exportaba Corea del Sur se ha repartido entre los tres primeros países exportadores, Dinamarca, EEUU y Canadá, en el año 2000.

El 30% de la carne importada es fresca, y el restante 70% congelada. En el caso del cerdo no hay tanta diferencia de precio entre la carne fresca y la congelada. El 50% de esta carne de cerdo importada es destinada a la industria de transformación de carnes. Durante los últimos tres años la tendencia ha sido de incremento de la importación debido al esfuerzo realizado por proveedores para mejorar la presentación del producto adaptándola al gusto de los consumidores japoneses, sobre todo en lo referente a la forma de cortar el producto y de envasar.

Carne de pollo

El volumen de importación estuvo entre 600.000 y 650.000 toneladas y representa alrededor de un 25% respecto al total de importación cárnica. Esta cifra corresponde a más de 550.000 Tm. de carne deshuesada.



Los principales países exportadores son: China con 215.000 toneladas, lo que representa el 38%. En segundo lugar está Tailandia con 131.000 toneladas, un 24%. Después se encuentra Estados Unidos, con 105.000 toneladas que representan alrededor del 19%, y en cuarto lugar Brasil con 99.000 toneladas que suponen el 18%.

La carne de pollo fresco representa alrededor del 3% en volumen, y el pollo congelado ocupa el restante 97%. Los japoneses prefieren la carne de muslo de pollo antes que la pechuga, al contrario que los americanos que prefieren la pechuga.

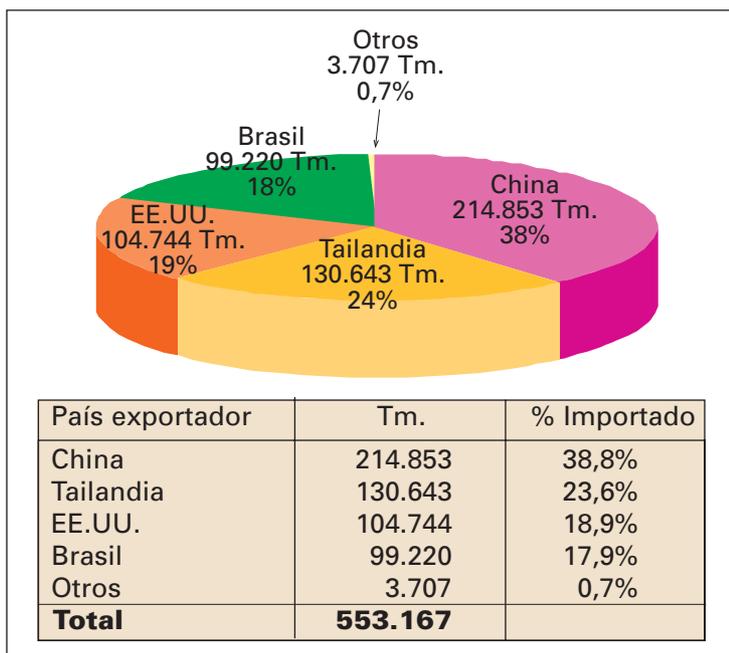


Gráfico 5.- Principales exportadores de carne de pollo a Japón en 1999 (carne deshuesada en Tm.)

Productos cárnicos transformados

El total de la importación ascendió a 21.000 toneladas. La importación de jamón y tocino fue 2.400 toneladas mientras que la importación de salchichas se situó en alrededor de 18.000 toneladas. Dentro del consumo doméstico total, el jamón importado representa el 1% y las salchichas el 5%.

Los principales exportadores de jamón y tocino son EEUU, con aproximadamente 1.000 toneladas, que representan el 42%, después Italia, con alrededor de 450 toneladas que representa un 18% de este sector. A continuación, China y Dinamarca, con una exportación entre 250 y 260 toneladas, están situadas cada una en torno al 10 u 11%.

En cuanto a las salchichas, EEUU exportó 10.500 toneladas lo que supone el 59% y Dinamarca alrededor de 3.600 toneladas, lo que representa el 20%. Estos dos países solamente ocupan ya el 80% de la importación de salchichas en Japón.

PRINCIPALES EXPORTADORES A JAPÓN DE JAMÓN Y TOCINO (1999)

País	Volumen (Tm.)	% Importado
EE.UU.	1.031	42%
Italia	446	18%
China	254	10%
Dinamarca	260	11%
Otros	437	18%
Total	2.428	

PRINCIPALES EXPORTADORES A JAPÓN DE SALCHICHAS (1999)

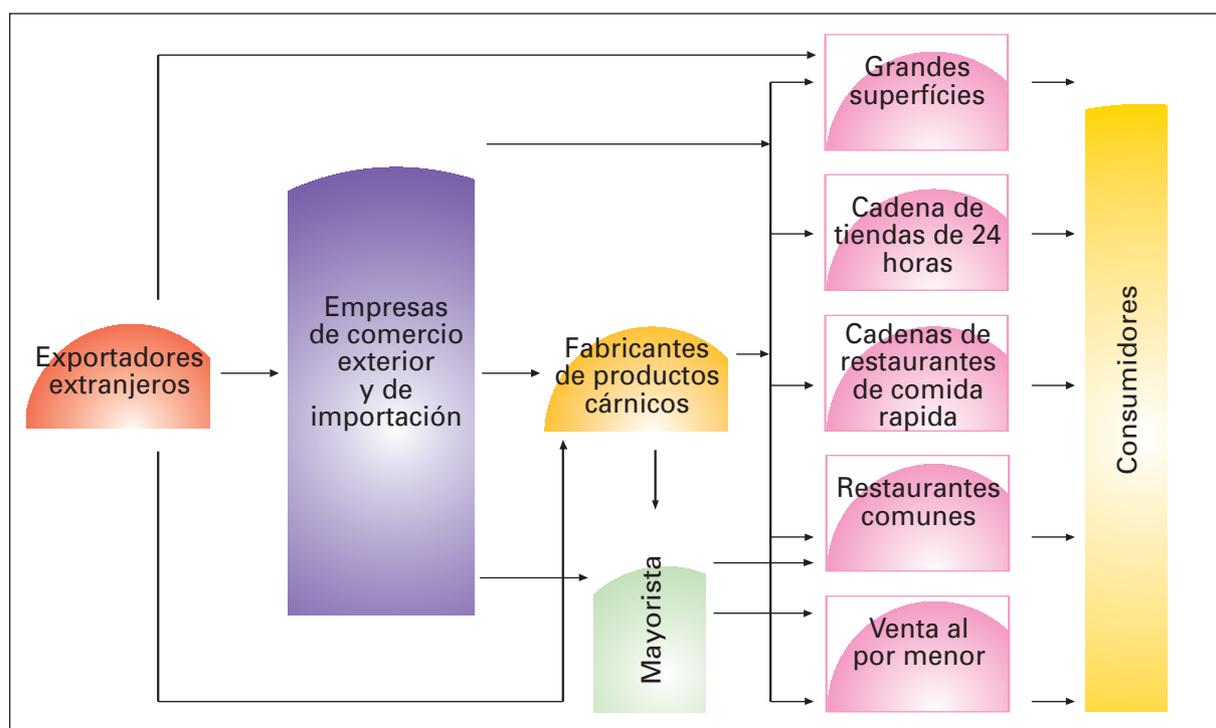
País	Volumen (Tm.)	% Importado
EE.UU.	10.508	59%
Dinamarca	3.578	20%
China	1.244	7%
Canadá	998	6%
Otros	1.437	8%
Total	17.765	

Conclusiones

Los productos cárnicos que España podría exportar a Japón se limitan a las carnes de cerdo y a los productos de carne de cerdo transformados. En España hasta ahora no hay antecedentes de exportaciones de carne de cerdo fresco a Japón. Sin embargo, al mercado japonés le gustaría diversificar los proveedores ya que ahora Japón lo compra de Dinamarca, EEUU y Canadá y si alguno de estos países tuviera problema de suministro los japoneses tendrían que buscar nuevos proveedores. Como no es fácil importar estos productos inmediatamente, sería muy recomendable ir poco a poco.

En la mayoría de los casos, la exportación hasta Japón se realiza a través de una empresa de comercio exterior y de importación. Tradicionalmente la exportación se ha realizado así y ello presenta algunas ventajas ya que las empresas de comercio exterior tienen una buena conexión con los clientes, conocen las costumbres de negocio en Japón, conocen la manera de negociar con los exportadores extranjeros y tienen la fuerza suficiente para apoyar si fuera necesario en el aspecto financiero. Hay una justificación importante para aprovechar sus servicios y su fuerza como intermediarios entre los diferentes clientes y los exportadores. Los exportadores extranjeros también podrían vender directamente, sobre todo grandes superficies o grandes fabricantes cárnicos con medios. Pero la mayoría normalmente pasa a través de comercio exterior.

Si los exportadores consideran vender sus productos a cadenas de comida rápida como McDonald's u otro tipo o tiendas de 24 horas, que son más fuertes ahora en Japón, podría aumentar considerablemente su volumen de exportación.



Gráfica 7.- Flujo de distribución de productos porcinos en Japón.



Jamón curado

En 1999 se produjo en Japón la liberación de la importación de jamón curado español. La exportación de estos productos en 2000 ascendió a 60 toneladas en un sólo año. Este resultado en un sólo año es bastante bueno porque los japoneses aún no conocen mucho el jamón curado de España. El detalle de esta exportación de jamón es el siguiente: la proporción estimada de jamón ibérico y serrano es de 30% y 70% respectivamente. La forma de entrega fue mayoritariamente sin huesos. El precio medio fue de 1.916 yenes/kg., que con el tipo de cambio actual equivale a 2.864 pesetas/kg. Casi todo se envió a través de transporte aéreo. El mercado de jamón curado en Japón todavía es muy pequeño ya que el público japonés no lo conoce bien todavía y, aunque alguna gente lo conoce, hay todavía un prejuicio de que estos productos contienen bastante sal. En este mercado el jamón italiano de Parma supera al producto español debido a los siguientes puntos ventajosos:

- El jamón de Parma entró en el mercado japonés antes que el jamón español y es más conocido en el mercado como "prosciutto" de Italia.
- En Japón hay ahora muchos restaurantes de estilo italiano y un auge de la comida italiana. Obviamente, el jamón procedente de Italia es el que se sirve en estos restaurantes y por ello el público tiene mayor oportunidad de conocerlo.

El volumen de exportación del jamón de Italia durante el último año ha sido diez veces más que el español. El transporte por contenedor marítimo es más ventajoso que el coste del transporte por avión que fue la forma más utilizada en el caso de España. Otra medida para el futuro es que se debe transportar la mercancía por contenedor marítimo. Las piezas deben estar envasadas al vacío y la presentación más adecuada es en paquetes de 100 ó 200 gramos y cortada en lonchas para facilitar la venta al público.

Deben hacerse campañas de marketing de venta dirigido a las cadenas de restaurantes de comida rápida y las cadenas de venta de 24 horas para mejorar la imagen del producto español. Con esta contramedida se podría aumentar el volumen de exportación y competir en el mercado con los productos italianos.

A decorative dotted line in a dark red color, forming an L-shape that frames the top-left corner of the title area.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENCEFALOPATÍA ESPONGIFORME BOVINA (EEB) EN EUROPA

Dr. Juan José Badiola

A decorative dotted line in a dark red color, forming a horizontal line that extends from the right side of the author's name.

Situación actual de la encefalopatía espongiforme bovina (EEB) en Europa

DR. JUAN JOSÉ BADIOLA

Director del Centro Nacional de Referencia
de las Encefalopatías Espongiformes Transmisibles

Introducción

La encefalopatía espongiforme bovina, EEB, es un tema que ha convulsionado al sector cárnico de una forma extraordinaria. No sólo ha afectado al sector vacuno sino que ha creado en el consumidor una sensación que parece afectar al resto de la carne. En Europa ha habido reacciones similares a las registradas en España. Curiosamente, incluso un país como Grecia, donde no ha habido casos de EEB ha tenido un descenso en la producción y consumo de carne. La reacción ha sido contra la carne. ¿Por qué si está demostrado que es el elemento muscular no es capaz de transmitir el elemento causal?. La población ha identificado que es la carne. Es algo que deberá ser estudiado.

La opinión pública de la UE empieza a vivir una enorme preocupación por esta enfermedad que, desde el punto de vista de sanidad animal, no es una enfermedad importante, salvo en Gran Bretaña donde se han producido 180.000 casos. Pero en el resto, que se produzcan 500 casos no tiene la mayor relevancia.

Desde el punto de vista de la salud pública tampoco la ha tenido mucho porque en los últimos años han sido 89 personas las que han muerto por esta enfermedad y llevamos 15 años de la enfermedad bovina. ¿Cuántas enfermedades de salud pública no han afectado a más personas?. ¿Por qué ésta interesa más que otras?.

Definición y características de la enfermedad

Esta enfermedad se encuentra dentro del grupo de las encefalopatías espongiformes transmisibles, procesos patológicos que afectan al encéfalo, al cerebro. Sólo se produce la patología nerviosa en esa zona. Se denominan espongiformes porque producen una espongiosis: aparición de oquedades, vacuolas, orificios, etc. en el cerebro. Son transmisibles porque se transmiten mediante un agente causal.

Hasta la aparición de la EEB se sabía que la transmisión ocurría dentro de la misma especie. No se sabía que se transmitiera interespecies. Eso es algo preocupante. Es lo que tiene de novedad la EEB.

Las características comunes de las encefalopatías espongiformes transmisibles (EET) son:

- Largos períodos de incubación: desde que el animal se infecta hasta que aparecen los síntomas pueden pasar 4 ó 5 años en la vaca. En las personas, sabemos que el Creutzfeldt Jakob clásico oscila entre 3 y 4 años, pero en el caso de la nueva variante relacionada con el vacuno no lo sabemos porque tenemos poca historia sobre estos casos.
- Afectación neurológica: en los animales sólo aparece afectado el sistema nervioso, luego la patología es exclusivamente nerviosa, lo que no impida que haya agentes causales en otros tejidos.
- Curso clínico progresivo y crónico.
- Desenlace fatal.
- Carácter transmisible.

Respecto a las posibles causas de las EET, durante muchos años se ha especulado que pudiera tratarse de virus, asociaciones entre ellos, hasta que en la década pasada un investigador norteamericano, Stanley Prusiner, postuló una hipótesis: el comportamiento de estas enfermedades es tan curioso, que se explica a través de la aparición de unos agentes que no son convencionales. Detectó una proteína especial (PrP) que llama prión. Esta hipótesis fue postulada por este investigador y le valió el premio Nobel de Medicina de 1997, con lo cual recibió el apoyo de la comunidad científica.

Un prión es una proteína infecciosa sin ácidos nucleicos como tienen otros agentes infecciosos. Son calificadas como PrPsc con motivo del scrapie. Es similar a otras que hay en las membranas de todos los mamíferos, la PrPc, que es absolutamente normal.

¿Qué misión tiene?. Interviene en el metabolismo, en el traslado de ciertos iones como el cobre y el magnesio. ¿En qué se parecen?. En su estructura molecular, salvo que la PrPsc ha hecho un cambio en la estructura espacial, con rotaciones de la molécula que le han dado nuevas propiedades que antes la PrPc no tenía.

Estos cambios se produjeron hace ya tiempo, como en el caso del scrapie que se detectó hace ya 200 años. Lo cierto es que ese cambio se ha producido y se puede producir permanente cuando una PrPsc invade a un organismo normal. Induce al PrPc, a que se convierta como ella. Se trata de una especie de proteína ma-



lévola porque invita a la normal a que sea como ella, a que haga ese cambio. Finalmente acaba aumentando la dosis de PrPsc en ese organismo.

No tiene ácidos nucleicos luego si la PrPsc se incrementa, debe ser por algo. Este mecanismo no es fácil de desentrañar. De ahí el largo período de incubación. Tarda mucho tiempo, lo que es muy relevante para conocer bien la enfermedad y los riesgos para la opinión pública.

Como consecuencia de esos cambios, se aprecian cambios en sus características:

- Elude la respuesta inmunitaria: el cuerpo no produce anticuerpos ante este invasor. Tampoco hay células que lo ataquen. Tal vez porque se parecen tanto a la normal, el organismo no la detecta y no reacciona contra ella. Eso lleva a que pueda trabajar con toda normalidad porque no hay respuesta contra ella y además dificulta el diagnóstico porque no muestra anticuerpos. Tampoco hay reacciones cerebrales anormales.
- Resistente a las proteasas.
- Gran resistencia a los tratamientos físicos y químicos convencionales como la pasteurización. Se habla de que pueden soportar hasta 500 o 600°C, en calor seco. Soportan la acción de los rayos ultravioleta. No se destruyen con el formol ni con otros desinfectantes.

Tampoco se trata de un agente invulnerable. Se ha hablado ya de invulnerabilidad como si fuera indestructible, pero no es así. El tratamiento a 133°C, a 3 bares de presión durante 20 minutos los desactiva. Otros agentes desinfectantes como el hipoclorito sódico (lejía) también los destruyen junto a la sosa y al ácido fórmico. Estos procedimientos no pueden utilizarse debido a su peligrosidad.

Patogenia

Vamos a tomar en consideración la vía más típica de contaminación, la alimentaria, tampoco la única pero sí la más corriente (**gráfico 1**). Una vaca está infectada por consumir un alimento infectado que llega al estómago, pasan al intestino y en la zona del íleon, hay una estructura denominada Placas de Peyer, una

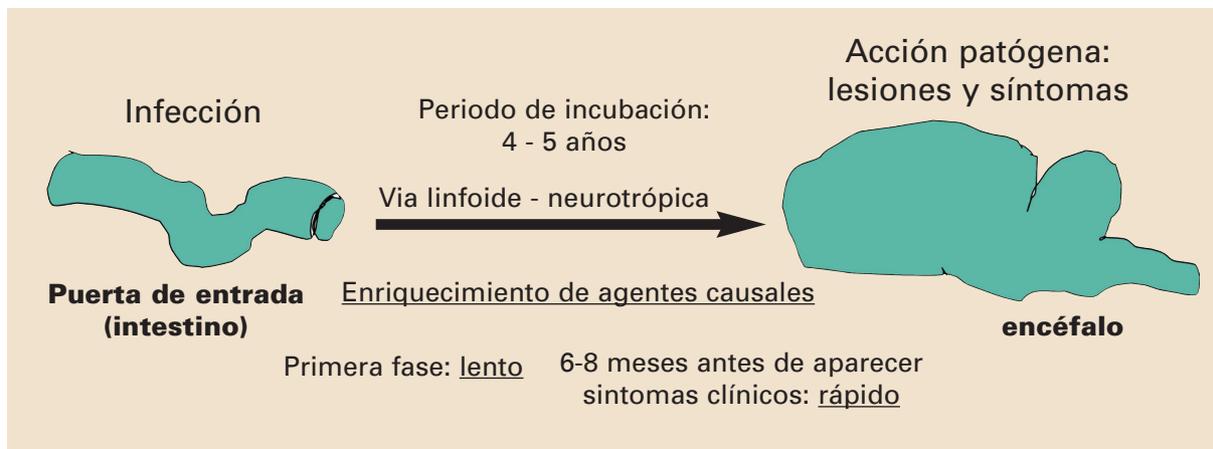


Gráfico 1.- Patogénesis de las encefalopatías espongiformes transmisibles.

formación linfoide, con células especializadas en captar antígenos del tubo digestivo. Capta virus y bacterias de otro tipo y también priones. De esta forma se incorporan a la pared del intestino.

El objetivo de este agente es dirigirse al cerebro, lo que le cuesta mucho trabajo, de ahí el largo periodo de incubación. ¿Por dónde lo hace?. Se supone que no es por la sangre ni por la vía linfática sino a través del tejido linfoide, donde busca las terminaciones nerviosas, las vías sensitivas, para dirigirse al cerebro. No es el único que actúa así ya que el virus de la rabia, el de la enfermedad de Aujeszky o la Listeria también actúan así.

Como el periodo de incubación es largo, en la primera fase la multiplicación del prión es lentísima. Es muy lenta e incluso necesita una dosis acumulativa, muchos agentes para que tengan éxito. Durante los primeros meses, dependiendo de las características del animal, generalmente entre 30 y 36 meses, el agente está aparentemente latente. Esto significa que en la primera fase de la enfermedad esta es poco peligrosa, no inocua, pero sí poco relevante la capacidad de transmisión. No hay peligro para la salud pública. Además, actualmente, el intestino se retira en todos los mataderos como MER para garantizar más la seguridad.

En conclusión, tenemos una primera fase de entre 30 y 40 meses de poca actividad. Empieza a ser peligrosa cuando los agentes causales llegan al cerebro y comienza una fase de enriquecimiento. De 6 a 8 meses antes de que se den los síntomas clínicos es cuando la enfermedad puede ser peligrosa para la transmisión.

Cuando llega al cerebro hay que tener cuidado con ella. Puede ser detectada a través de test de diagnóstico. Hay quien dice que sólo se utilizan test usando como base una muestra del cerebro, luego si no ha llegado al cerebro, no podemos garantizar que ese animal haya sido infectado. Es cierto, pero por eso sabemos que en la primera fase no hay peligro y por si acaso retiramos el intestino. Cuando es peligroso es cuando ha llegado al cerebro y puede ser detectado.

Los test rápidos que tenemos utilizan el sistema nervioso como base. El problema es que se trata de animales muertos y eso es un problema. Hay empresas que dicen que tienen test en vivo que podrían detectar la infección incluso a través de la sangre. Estos no detectarán priones en la sangre sino marcadores proteicos asociados al desarrollo de la infección.

Tipos de EET

Encefalopatías espongiformes transmisibles humanas

- Kuru: si la variante que afecta a los humanos se llama variante de la enfermedad de Creutzfeldt Jakob, debería llamarse tal vez nueva variante del kuru porque tal vez esté más relacionada con ella. Esta enfermedad está descrita a mediados de los años 50, en la isla de Papúa Nueva Guinea. En unas tribus había una alta incidencia de enfermedades neurológicas que afectaba al 30% de la población y la diezmaba. Esto estimuló a Gadjusek, premio Nobel por esta investigación, a estudiar la situación "in situ". Se dio cuenta de que esta enfermedad afecta sobre todo a mujeres



y a adolescentes y tenía vinculaciones con la alimentación ya que se trataba de tribus caníbales que consumían los cuerpos de los familiares muertos. Las mujeres y los niños recibían el cerebro y los hombres recibían el músculo, la carne. Evidentemente hay mayor incidencia porque en este caso no hay un salto entre especies ya que se consume el cerebro de cuerpos de la misma especie. Cuando se prohibieron estas prácticas, en 1955, la enfermedad desapareció prácticamente.

- Enfermedad de Creutzfeldt Jakob (CJD): está descrita desde 1920, tiene una distribución universal y su incidencia es similar en todos los países. No tiene nada que ver con la vaca. Hay uno o dos casos por cada millón de habitantes y año (en España 0,69 casos por millón de habitantes y año). La edad de presentación es entre 55 y 75 años. Es esporádica (en el 80% de los casos), con cierta predisposición familiar (16%) y también se describe una enfermedad iatrogénica (5%).

Hubo personas que se contaminaban con instrumental contaminado, transplante de córnea de una madre y por la inyección de la hormona del crecimiento. Aparece con síntomas clínicos de un comportamiento anormal, de confusión, con alteraciones del sueño, la visión y la ingestión, espasmos musculares, incoordinación de los movimientos, ataxia, demencia, gran deterioro de las funciones cerebrales y cerebelosas. Los pacientes, en un 90%, mueren antes del año, en todos los países, sin tener nada que ver con la alimentación. Los que hemos tenido hasta ahora en España responden a estas características, no a la nueva variante.

- Variante de la enfermedad de Creutzfeldt Jakob (nv-CJD): está relacionada con el salto del agente infeccioso a las personas. Fue descrita en 1996 y se presenta tanto en adolescentes como en personas de 40 años. El desarrollo de la enfermedad es más largo (hasta dos años) y muestra un perfil clínico y neuropatológico distinto al Creutzfeldt Jakob clásico, con un cuadro psiquiátrico de depresión, síndrome cerebeloso progresivo, ataxia, pérdida de memoria, mioclonias, demencia, electroencefalograma diferente y placas amiloides y vacuolización. Hay 89 casos descritos (85 en Gran Bretaña, 3 en Francia y 1 en Irlanda).

La pregunta que se hace la mayoría de la gente es saber si se produce realmente por la transmisión del agente de la enfermedad bovina. Hubo muchas dudas, pero hoy parece que es así. Es un hecho singular.

Tal vez podría haberse producido en Gran Bretaña, en el periodo de mayor exposición por la vía alimentaria. Esto significa que en el periodo más duro de la enfermedad en Gran Bretaña, entre 1985 y 1990, ya que no se adoptaron medidas de salud pública hasta 1990, hubo exposición con agentes causales y son los responsables de estos casos, al menos.

¿A través de qué? No se sabe muy bien. Se habla de la vía alimentaria pero no está totalmente demostrada en todos los casos. Tampoco se trata de una enfermedad profesional, que afecte a carniceros, veterinarios, ganaderos, etc.

Decir que es a través de la alimentación tampoco se puede asegurar porque tres de los casos descritos eran vegetarianos. Se supone que no lo eran desde el nacimiento, claro está. Cosméticos, fármacos, productos vacunales, otros tipos de contagio,... no se sabe bien. Esto es un elemento de duda.

- Síndrome de Gertmann-Straussler-Scheinker (GSS).
- Insomnio familiar letal.

Encefalopatías espongiformes transmisibles animales

- Scrapie o tembladera de la oveja y de la cabra que se conoce desde hace 200 años y nadie ha podido demostrar que sea transmisible a la especie humana. El riesgo está en si el agente bovino habrá podido llegar a la oveja. En laboratorio es posible infectarlo, pero de manera natural nadie ha podido demostrarlo.
- Encefalopatía transmisible del visón.
- Encefalopatía caquetizante crónica: ciervos y alces.
- EEB (Encefalopatía espongiforme bovina).
- Encefalopatía espongiforme de gatos y otros felinos de zoo: tigres, panteras, leones, etc. Parece que los gatos son muy receptivos a estos priones.
- Encefalopatías espongiformes de otros rumiantes de vida silvestre que han sido infectados tras traerlos a zoos.
- Encefalopatías espongiformes de monos no antropoides.
- Reproducción experimental en laboratorio con ratones y hamsters que son transgénicos, manipulados genéticamente y se les ha introducido la Prpc, incluso humana, bovina, etc. y se logra que sean altamente sensibles a los priones.

En cerdos, aves, conejos, caballos, perros y peces no se han descrito encefalopatías espongiformes transmisibles. Es posible que sean ser receptivos a los agentes causales, pero la enfermedad no se produce nunca. Parece que hay especies que no desarrollan la enfermedad.

Reino Unido	180.725
Irlanda	599
Portugal	503
Suiza	366
Francia	248
Alemania	34
España	24
Bélgica	22
Holanda	9
Dinamarca	3
Italia	3
Liechtenstein	2
Luxemburgo	1
Oman	2
Islas Malvinas	1

Tabla 1.- Casos de EEB en el mundo a principios de 2001.

Nacimiento y desarrollo de la EEB en Europa

Estamos ante una enfermedad de enorme repercusión social, mediática, política, económica y sanitaria. Aparece en el Reino Unido en 1987, y hasta ahora se han dado 180.700 casos. Hay tres categorías de países:

- Con epidemia: Reino Unido, Irlanda, Suiza, Francia y Portugal.
- Casos más limitados: España, Bélgica, Holanda, Alemania, Italia, Dinamarca.
- No se ha registrado: Austria, Suiza.

El comienzo de la epidemia se habría gestado en el invierno de 1981 a 1982, coincidiendo con una crisis del petróleo y un momento de economía deprimida en Gran Bretaña. Los británicos intentan ahorrar energía y ahorrar dinero. Uno de los sectores en los que intervienen es en de las plantas de reciclaje proteico. Esta es la hipótesis más aceptada de nacimiento de la enfermedad, el consumo de vacuno y otros ani-

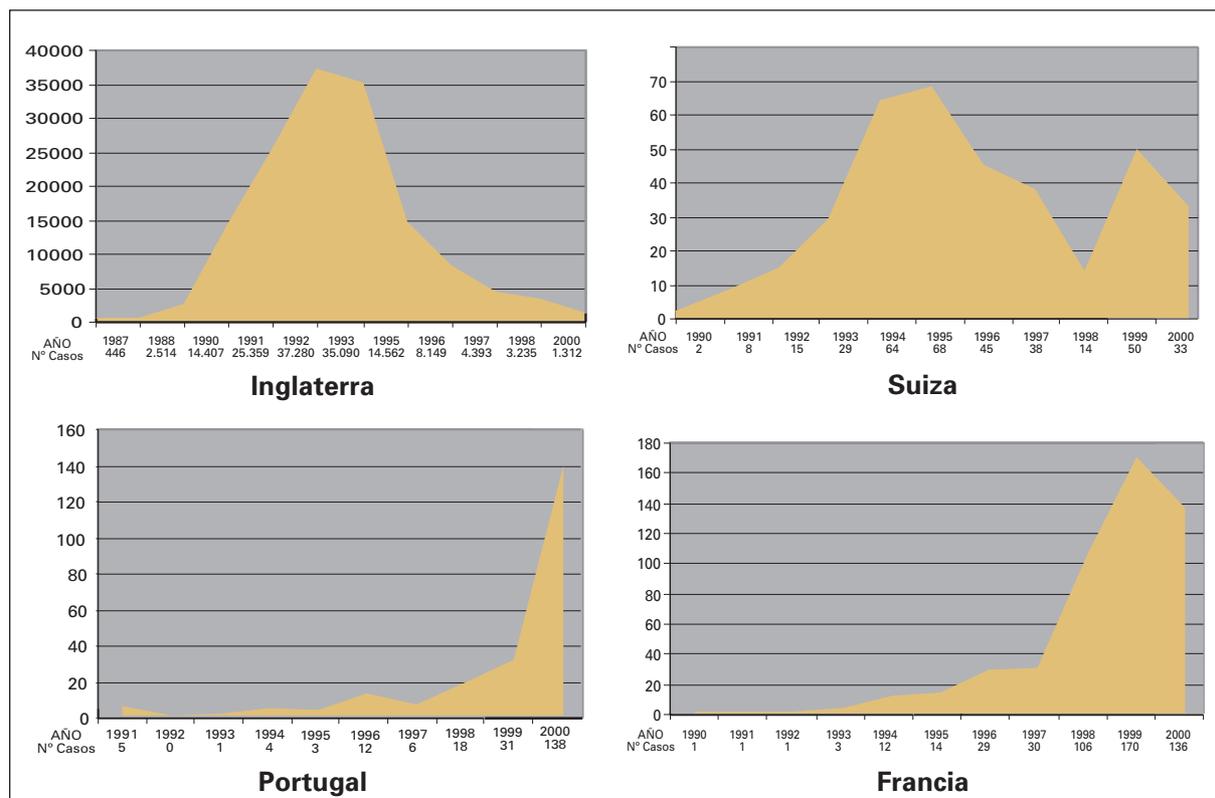


Gráfico 2.- Distribución en el tiempo del número de casos en distintos países de la UE.

males de piensos elaborados con harinas de carne y hueso contaminadas con priones. Esta contaminación se había producido por la introducción de ciertas modificaciones en el proceso de tratamiento de los residuos de matadero.

El procedimiento tradicional era discontinuo: grandes calderas donde eran introducidos los restos para reciclar a altas temperaturas a través de un proceso largo, con solventes orgánicos que permitían de esta forma recuperar la grasa. Cuando se modificó este procedimiento y se cambió por un sistema más moderno y continuo, con temperaturas más bajas, tiempos más cortos y se dejó de usar solventes orgánicos, parece ser que esa fue la causa del nacimiento de la enfermedad.

El procedimiento modificado habría permitido el paso masivo de priones a la cadena alimentaria animal a través de los restos proteicos contenidos en las harinas de carne y hueso, no de las grasas que no pueden portar priones salvo que tengan impurezas.

En cuanto a la procedencia de los priones existen dos hipótesis:

- Que procedieran de la oveja: el príon ovino de scrapie se habría adaptado a los bovinos.
- Que pudiera ser el propio príon bovino que estuviera latente y luego se hubiera vuelto mucho más patógeno.

En el primer caso explicaría el salto a otras especies, en el segundo no.

En el Reino Unido, la distribución en el tiempo de número de casos ha sido la que aparece en el **gráfico 2**. En 1988 se prohibieron las harinas de carne y hueso y cuatro años más tarde comenzaron a descender el número de casos. En 1992 alcan-

zan el tope con 37.280 casos y en 1993 llegan a 35.000. Ahora está en regresión y son optimistas, pero lo cierto es que el año pasado tuvieron 1.312 casos que comparados con los nuestros hay una gran diferencia.

Suiza es un caso singular, con casos desde 1990 que ascienden hasta 1995 con 68 casos. Se prohíben las harinas cárnicas y baja la casuística año tras año. Así hasta 1999, año en el que se detectan 50 casos, porque introducen los test rápidos que admiten a los animales muertos en granja que anteriormente no se estaban examinando. El modelo epidemiológico que está utilizando la UE desde enero de 2001 es similar al utilizado en Suiza. Por tanto, es normal que aparezcan más casos.

En Francia la curva se explica muy mal. La mayoría de los casos están localizados en Normandía, Bretaña y la zona Oeste del Loira. En el 2000 comenzaron a investigar y aparecieron hasta 200 casos.

Portugal es un país interesante y peligroso al tiempo. Aparece la epidemia en 1990. En 2000 ha habido menos casos que en 1999. Es interesante porque prohíbe la alimentación con harinas desde 1994 y en esos años anteriores ellos sabían de la epidemia y podrían haber pasado algunos productos contaminados, ¿harinas británicas? , ¿quizás animales vivos contaminados? La mayoría de los casos detectados en Portugal se localiza en el norte de Portugal en las regiones de Beira litoral, Entre Douro e Minho y en Tras Os Montes, la zona de producción de ganado lechero.

Los dos primeros casos españoles son significativos. Son dos vacas de Carballedo en Lugo y Coristanco en A Coruña. Ambos son vacunos de leche, una muerta en granja y la otra por sacrificio de urgencia en matadero. En ambos casos se sacrificaron las reses de las explotaciones y todas dieron negativo. Son el modelo típico.

De la serie de casos que se han dado destaca en primer lugar la zona geográfica donde se están dando: Galicia, Castilla y León, Asturias, Navarra. También destacan las edades y las razas. Hay 24 casos detectados, todos en el noroeste español. Se debe a que es la zona de mayor producción de vacuno del país. Hay 25.000 análisis, 14.000 de ellos en Galicia. La media es de un caso por cada 1.000 análisis hechos. Es difícil comparar con otros países, pero Francia tiene entre 2 y 3 casos por cada 1.000 análisis.

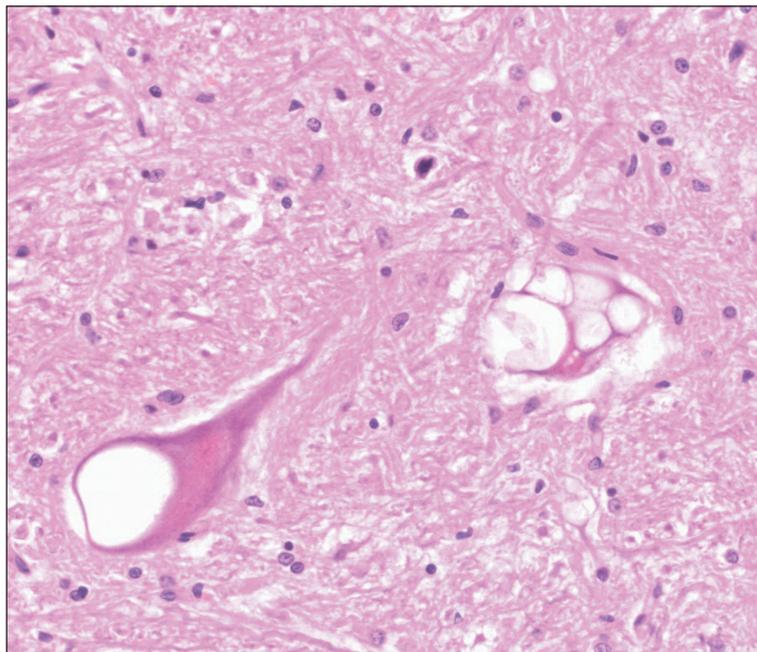
Diagnóstico de las encefalopatías espongiformes transmisibles

Se realiza a través de los síntomas clínicos, las lesiones nerviosas, y la detección de la PrPsc en el tejido nervioso mediante test como la inmunocitoquímica, el inmunoblotting o el Elisa.

No existen métodos para el diagnóstico "in vivo" para la EEB y para el scrapie. Se pueden detectar a través de la biopsia de la tonsila o el tercer párpado en el scrapie. Aparece en animales adultos, de ambos sexos, principalmente ganado lechero debido a que consume más pienso, con un periodo de incubación de 16 meses a toda la vida (con una media de 4 a 5 años) y un curso clínico que oscila entre 7 días y 14 meses, con una media de entre 1 y 2 meses.



En el comportamiento del animal se producen cambios con nerviosismo, hiperestesia, rechinar de dientes, sensación de pánico, coceo, agresividad y dificultad para sortear obstáculos junto a cambios locomotores y sensoriales como temblores, mioclonias, cabeza baja, hipermetría, incoordinación de movimientos, ataxia, dificultad para mantenerse en la posición habitual, caídas al suelo injustificadas y deterioro corporal. Como signos generales se da una pérdida de peso, pese a mantener buen apetito, una disminución de la producción láctea y prurito (menos manifiesto que en el scrapie).



Lesiones histopatológicas producidas por la EEB.

Pero todo esto también puede deberse a otros procesos patológicos como la listeriosis, la cetosis metabólica, la necrosis cerebrocortical, la hipomagnesemia, la fiebre catarral maligna o los tumores.

Cuando se detecta un caso e interviene el veterinario oficial, hay que acudir la laboratorio especializado. Las lesiones en la EEB no son visibles macroscópicamente, no son inflamatorias, son bilaterales y simétricas. Se localizan en la médula oblongada (óbex), en el puente y en el mesencéfalo, en el núcleo del nervio dorsal del vago, en el núcleo del tracto solitario, en el tracto espinal del nervio trigémino, los núcleos vestibulares y en la formación reticular. Al analizar, lo que se ve son vacuolas en el cuerpo neuronal o en el nervioso.

Ahora hay un método que evita abrir la cabeza. Cuando se separa la cabeza del cuerpo, a través del agujero occipital, se introduce una cuchara y se extrae sólo la parte del encéfalo. Se toma una pequeña parte para los test rápidos y si el resultado es positivo se toma otra muestra para una prueba histopatológica e inmunocitoquímica. Las lesiones se localizan en el óbex, el núcleo del nervio dorsal del vago, en el tracto solitario y en el tracto del nervio trigémino. Aparecen unas neuronas con axones largos. El príon vacuoliza el sistema nervioso destruyendo neuronas.

Nosotros lo que vemos es el príon en el propio tejido. Es la técnica más específica para determinar un positivo o un negativo. Podemos ver las neuronas, rodeadas por halos blancos en una zona teñida de marrón con el príon actuando sobre ellas y en los axones también.

Los test rápidos como el Prionics (visualiza la PrPsc con un anticuerpo monoclonal), el Enfer (detecta la PrPsc con un anticuerpo policlonal (quimioluminiscencia) y el Biorad (detecta la PrPsc mediante 2 anticuerpos monoclonales) son válidos y hay otros cinco por validar por la Comisión Europea.

Transmisión de la EEB

La transmisión se realiza por la vía horizontal, de tipo alimentario, mediante la dosis de material infectado recibido. La vía materna aún no ha sido definitivamente aclarada, pero no se puede descartar: la madre transmite el prión a través de la placenta.

Infectividad de tejidos en la EEB

Lo que conocemos a fecha de hoy, es que cuando se coge una vaca de 5 años con síntomas clínicos y se toman muestras de ella y se inoculan, si suministramos material del encéfalo y la médula espinal a ratones, por ejemplo, a las pocas semanas han desarrollado los síntomas clínicos de la enfermedad y a las pocas semanas se mueren. Si suministramos material de las amígdalas, el íleon o el colon proximal, la enfermedad tarda más tiempo en aparecer. Tarda mucho más con la retina y el colon distal y no aparece con el músculo cardíaco y esquelético (la carne en definitiva), la mama (tanto leche como calostro), glándulas salivares, ovario, útero, testículo, vesículas seminales, sangre, suero sanguíneo y el semen.

Calculando la DL₅₀ de los distintos tejidos se ha llegado a cuantificar la capacidad infectante de los tejidos de un vacuno adulto con EEB clínica (**tabla 2**). El espinazo es peligroso por poderse contaminar con médula espinal, no por el hueso. Si de un animal infectado eliminamos el encéfalo, la médula espinal y los ganglios del trigémino y de las raíces dorsales, hemos eliminado el 96% de la carga total infectante de un bovino adulto con EEB. El problema se detecta fundamentalmente en el sistema nervioso central, no en el periférico como se dice.

Tejido	% de la carga infectante
Encéfalo	64%
Médula espinal	25,6%
Ganglios del trigémino	2,6%
Ganglios de las raíces dorsales	3,8%
Íleon	3,3%
Ojos y resto de la cabeza	0,5%
Columna vertebral	0,2%
Bazo	0,04%

Tabla 2.- Capacidad infectante de distintos tejidos de un vacuno adulto con EEB clínica.

Al hablar de MER, algo fundamental para luchar contra la enfermedad, en las vacas de más de 12 meses hay que eliminar el cráneo con encéfalo y ojos, las amígdalas, la médula espinal y todo el intestino (íleon incluido). La columna vertebral hay que eliminarla porque no se puede garantizar que haya una completa limpieza de la médula espinal y de los ganglios dorsales, y en los momentos que vivimos más vale ser radical respecto a la

seguridad. Evidentemente el riesgo cero no existe, pero se cubre bastante. Puede haber infectividad en otros organismos, pero absolutamente residual. Si se quiere más, podríamos matar todas las vacas y el problema se acabaría. Hay que ser ponderados y no radicales. La Unión Europea está actuando, en esta ocasión, bien en esto



Control y erradicación de la EEB

Respecto a este tema, es prioritario cumplir unos objetivos:

1. Proteger a los consumidores de cualquier riesgo, por remoto que sea, de una eventual transmisión al ser humano. Hay que hacer hincapié en esto para transmitírsele al resto de la sociedad.
2. Erradicar la BSE de la cabaña bovina.
3. Impedir la transmisión a otras especies animales.

Las medidas adoptadas son:

1. Hacer que la EEB sea una enfermedad de declaración obligatoria.
2. Sacrificio obligatorio e incineración de los cadáveres.
3. Prohibición de la alimentación de los rumiantes con proteínas de origen rumiante, una medida clave para la erradicación completa. No cortaremos la enfermedad si no somos capaces de acabar con las harinas.
4. Prohibición del consumo humano de vísceras consideradas de riesgo (MER) y su destrucción.
5. Control de la fabricación de cosméticos y productos farmacéuticos de origen bovino.
6. Introducción de un sistema de identificación y de registro de los movimientos para el ganado bovino, ovino y caprino. En esta medida se ha avanzado bastante.

Durante el periodo más duro de la crisis en Inglaterra se tomaron otra serie de medidas adicionales:

- Destrucción de la leche de las vacas enfermas, algo que hoy en día ya sabemos que no es necesario.
- Prohibición total del empleo de harinas de carne y hueso de mamíferos en la fabricación de piensos para el consumo animal, incluidos los peces. Así se evita una posible contaminación cruzada.
- Prohibición del consumo humano de carne procedente de vacunos mayores de 30 meses. En este momento, en España, no hay condiciones para eso porque no estamos en su misma condición, ya que por entonces ellos no utilizaban test rápidos porque no los había. No hay que ser tan exagerado.
- Eliminación por incineración de todos esos animales al final de su vida útil.

Programa de prevención y vigilancia de las encefalopatías espongiformes transmisibles en España

Este programa está establecido desde 1996 y lo dirige un comité multidisciplinar compuesto por las administraciones central y autonómicas que definen el contenido del programa de forma anual.

Se toman muestras y se analizan a bovinos, ovinos y caprinos (tanto para la EEB como para el scrapie), controlando animales con síntomas compatibles con una EET, animales con enfermedades progresivas o animales de países de riesgo. Los análisis se realizan en el Laboratorio Nacional de Referencia de Zaragoza y en el Laboratorio Agrario del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de Madrid.

Las medidas de control aprobadas a finales de noviembre por parte del Gobierno han sido tremendas y afectan a todas los componentes de este sector. Era imposible aplicarlas en tan sólo un mes y más con unas Navidades por en medio:

- Aplicación de las decisiones del Consejo de Ministros de Agricultura de la UE.
- Puesta en marcha de un plan coordinado entre el Ministerio de Agricultura y las comunidades autónomas para la lucha contra la EEB.
- Prohibición temporal del uso de harinas de origen animal (tanto para rumiantes como para monogástricos) dentro de la alimentación animal.
- Inclusión de todo el intestino dentro de los materiales especificados de riesgo (MER) junto a los animales muertos en granja.
- Eliminación de los MER mediante incineración o inhumación en vertederos autorizados previo tratamiento.
- Extensión de los análisis a todo el vacuno mayor de 30 meses (sacrificado para consumo o muerto en granja). Eliminación en el caso contrario.
- Creación de una red de laboratorios en las comunidades autónomas para llevar a cabo análisis.

Encefalopatías espongiformes transmisibles: riesgos para la especie humana

Entre el hombre y la vaca hay una similitud en cuanto al desarrollo de la infección, su curso, su sintomatología y las lesiones producidas. Además se produce por los mismos agentes causales.

Por tanto, hay que asumir que la nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt Jakob es el resultado de la transmisión a partir de tejidos bovinos infectados con EEB, desconociéndose la epidemiología.

Hasta el momento se han descrito 87 casos de esta enfermedad, 86 en Inglaterra y 1 en Francia. Nuestro sistema hospitalario es capaz de detectarlo y de hecho lo hizo hace 3 años, en Málaga, un paciente inglés que vino enfermo a la Costa del Sol que fue diagnosticado por un neurólogo y un neuropatólogo malagueños. Hasta ahora no se ha detectado ningún caso entre españoles

Es necesario reforzar las medidas de vigilancia de los casos de EEB y los de Creutzfeldt Jakob y extremar además las medidas de protección de los consumidores. Estamos capacitados para decir a la sociedad que se puede consumir carne de vacuno porque se han adoptado los controles necesarios para ello. Por eso, la reacción a la baja en el consumo es algo emocional. Entre todos debemos ser capaces de hacerles entender a los consumidores que se puede consumir, si no queremos destruir el sector cárnico y el sector ganadero ya que después habrá que seguir consumiendo carne y habrá que traerla de fuera. ¿Acaso las garantías sanitarias que tenemos en nuestro productos se encuentran en el resto de países?. Franca- mente, sobre ello hay serias dudas.