

Determinación no destructiva de los contenidos de agua y sal en jamón curado mediante el equipo *Sequid RFQ-Scan*

Existen varias tecnologías no destructivas utilizadas en el ámbito de la industria alimentaria para el control y optimización de procesos alimentarios. Este artículo se centra en el equipo *Sequid RFQ-Scan* que se basa en espectrometría de microondas, y en cómo este equipo se puede aplicar para la determinación del contenido de agua y sal en jamón curado

Marc Rubio¹, Elena Fulladosa¹, Pere Duran² y Núria Garcia-Gil¹

¹ IRTA – Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, XaRTA

² CENTA – Centre de Noves Tecnologies i Processos Alimentaris

Finca Camps i Armet
17121 Monells
Girona



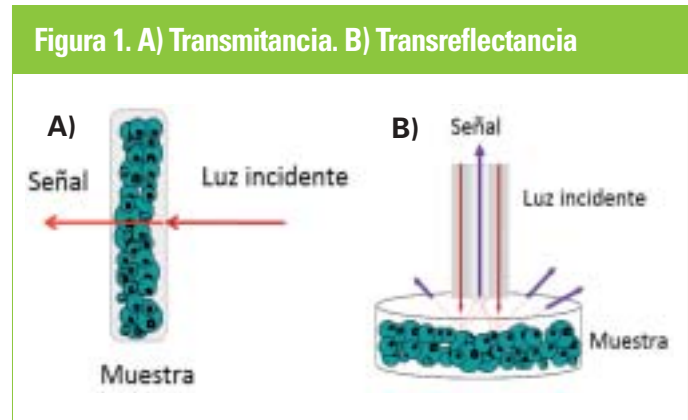
Introducción

Los productores de jamón curado están interesados en disponer de herramientas rápidas y no destructivas que les permitan predecir la composición y calidad de sus productos, de forma que se pueda realizar un control en línea y clasificar el producto final obtenido según sus características nutricionales, como por ejemplo el contenido de sal. Esta información podría ser añadida en el etiquetado del producto, lo que permitiría al consumidor elegir de acuerdo con sus preferencias.

La espectrometría de microondas permite determinar las propiedades dieléctricas de los alimentos, pudiéndose correlacionar con parámetros de calidad y composición de los alimentos. Varios investigadores han utilizado la espectrometría de microondas en el campo de la alimentación. Lleó *et al.* (2007) determinaron el contenido de azúcares y la firmeza de me-

locotones. Asimismo, Castro-Giráldez *et al.* (2010) la utilizaron para medir el grado de maduración en manzanas, el cual está altamente relacionado con su contenido en azúcares. Kent *et al.* (2000) determinaron parámetros de calidad y frescura en distintas muestras de pescado. En este estudio se demostró la capacidad de esta tecnología para determinar si el producto era fresco o había sido congelado. Durante la congelación se producen cambios en la distribución del agua debido a los daños producidos en los tejidos durante este proceso. Kent *et al.* (2000) también utilizaron la técnica para detectar si se había añadido agua de manera fraudulenta en muestras de gambas y distintas especies de pescado. Para esta detección se basaron en el hecho de que si se añade agua al alimento, las sales iónicas se diluyen o difunden al exterior, lo que hace variar las propiedades dieléctricas del producto en cuestión.

En el campo de los productos cárnicos también existen interesantes aplicaciones. Kent *et al.* (2002) deter-



minaron la presencia de agua añadida en diferentes productos derivados del cerdo. Castro-Giráldez *et al.* (2009) controlaron el proceso de salado de carnes de cerdo, gracias a que existe una gran relación entre el contenido de sales iónicas y el comportamiento del agua, y por tanto de las propiedades dieléctricas. Cas-

MAQUINARIA PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

fac
TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN
Y EXPERIENCIA
PARA SU INDUSTRIA

PESADO CLASIFICADO, UNIFICADO Y FORMADO DE LOTE

LÍNEA PARA ELABORAR JAMÓN Y PALETA CURADA

MACERACIÓN

SISTEMAS DE LIMPIEZA

CONFORMADO Y PRENSADO DE JAMONES Y CARNES, ENTERO, CORTE A TACOS, LONCHEADO

fac INDUSTRIES FAC S.L.
Carretera de Sils C-63, Km 23 - 17430 STA.COLOMA DE FARNERS - (Girona)
Tel.: 972 84 20 65 - Fax: 972 84 27 42 - www.industriasfac.com - e-mail: info@industriasfac.com

Figura 2. A) Equipo Sequid RFQ Scan.
B) Sensor del equipo

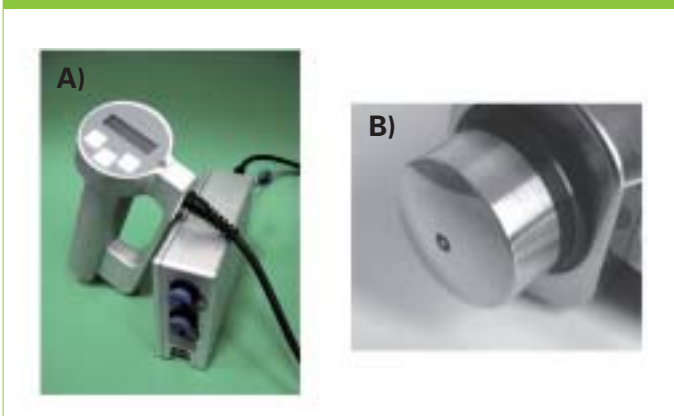


Figura 3. Regiones en las que se dividió la loncha de jamón curado

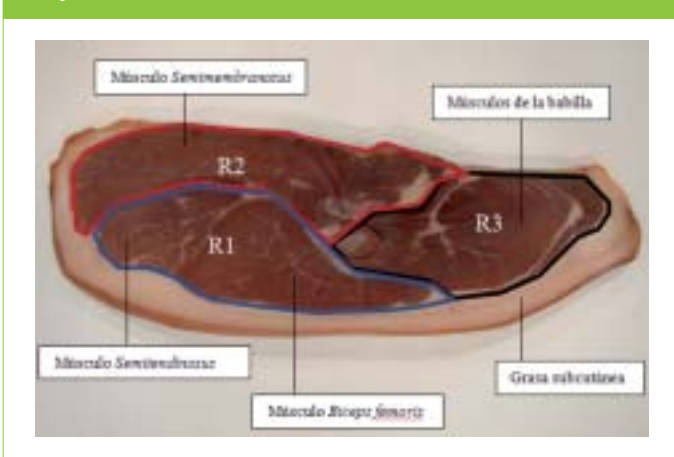


Figura 4. Lecturas con *Sequid RFQ Scan* sobre una loncha de jamón curado



tro-Giráldez *et al.* (2010) también identificaron carnes de baja calidad como las DFD (de sus siglas en inglés *dark, firm and dry*: oscuras, duras y secas) y las PSE (*pale, soft and exudative*: pálidas, blandas y exudativas).

Existen varios equipos basados en espectrometría de microondas que pueden utilizarse en la industria alimentaria. Uno de ellos se basa en la transmitancia de las ondas microondas a través de la muestra (figura 1A). Estos equipos consisten en un emisor y un receptor separados por un espacio por donde circula el alimento, el cual es impactado por las ondas microondas. Éstas son recuperadas por el receptor de forma distinta dependiendo de la composición del alimento debido a la diferente absorbancia que presentan las moléculas del producto analizado. Estos sistemas permiten trabajar en continuo y predecir, previa calibración del equipo, los contenidos en agua, grasa, proteína, etc., pero tienen la limitación de que solo pueden hacer lecturas en muestras de alimentos líquidos, pastas y sólidos granulares.

El Sequid RFQ Scan (figuras 2A y 2B) es otro equipo basado en espectrometría de microondas que emite pulsos electromagnéticos (microondas) en un rango de frecuencia entre 100 MHz y 5GHz sobre el alimento. En este caso, el equipo se basa en la transreflectancia de las microondas (figura 1B), midiendo aquellas ondas que reflejan, después de penetrar o no el alimento. La información recogida se presenta en forma de curvas TDR (de sus siglas en inglés *Time Domain Reflectometer*).

El equipo Sequid RFQ Scan puede aportar numerosas ventajas en una industria alimentaria. Se trata de una tecnología muy versátil que puede ser adaptada para cualquier tipo de producto alimentario. El equipo es pequeño y manejable, y los análisis se pueden llevar a cabo *on-line*. Esta tecnología es más rápida y barata que los métodos tradicionales, de manera que se puede ahorrar mucho tiempo y reducir los análisis físico-químicos.

Desarrollo de medidas de predicción de sal y agua en jamón curado utilizando el equipo *Sequid RFQ-Scan*

Para calibrar el equipo Sequid RFQ Scan para predecir el contenido de agua y sal se usaron lonchas de 2 cm de grosor procedentes de 34 jamones deshuesados. Estos jamones tenían un amplio rango de contenidos de sal, agua y grasa, para de este modo abarcar

todo el rango de contenidos de sal de jamones que se pueden encontrar en el mercado. Para llegar a obtener muestras tan dispares, los jamones se elaboraron usando diferentes razas de cerdo y utilizando procesos de salado en pila estándar (11 días) y de salado reducido (4 días).

Se obtuvieron lonchas de la zona media del jamón al final del proceso de secado, a unos 10 cm de la articulación coxofemoral en dirección distal. Cada loncha fue dividida en tres regiones distintas (**figura 3**): R1 comprendía los músculos *Biceps femoris* y *Semitendinosus*, R2 el músculo *Semimembranosus* y R3 los músculos de la babilla, que representan las variaciones más extremas en cuanto al contenido de sal y agua dentro del jamón. La región de grasa subcutánea fue descartada.

Las lecturas con el equipo *Sequid RFQ-Scan* fueron tomadas directamente sobre los músculos (**figura 4**). Después de las lecturas, las regiones fueron diseccionadas y picadas para llevar a cabo las determinacio-

nes fisicoquímicas de agua y sal. Todos los análisis químicos fueron realizados por triplicado. El contenido en agua fue analizado secando la muestra a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar un peso constante (AOAC, 1990). El contenido en sal fue determinado de acuerdo con la norma ISO 1841-2 (1996) usando el titrador potenciométrico 785 DMP Titrino (Metrohm AG, Herisau, Suiza).

Las curvas TDR recogidas por el equipo *Sequid RFQ-Scan* fueron analizadas con un análisis estadístico multivariante, concretamente con el método PLS (modelo de ajuste por mínimos cuadrados parciales). Se desarrollaron los modelos de predicción de los contenidos de agua y sal en jamón curado.

Resultados

En la **figura 5** se muestra la relación entre el contenido de agua (A), el contenido de sal en base húmeda (B) y el contenido de sal en base seca (C) determina-



PULIDORA PARA MAGRO



DESHUESADORA DE PALETAS



CUCHILLO NEUMÁTICO



CRUELLS talleres SL Pere Llosas 4
E-17800 OLOT (Girona) SPAIN
Tel. +34 972 260 531 • Fax +34 972 266 154
e-mail: cruells@cruells.net

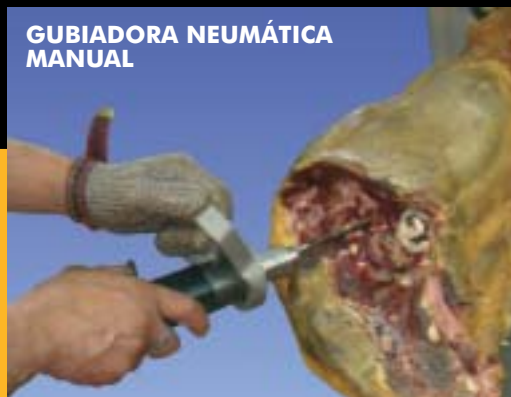
PRODUCTIVIDAD - FIABILIDAD - RENTABILIDAD



DESHUESADORA DE JAMONES



DESCORTEZADORA DE JAMONES

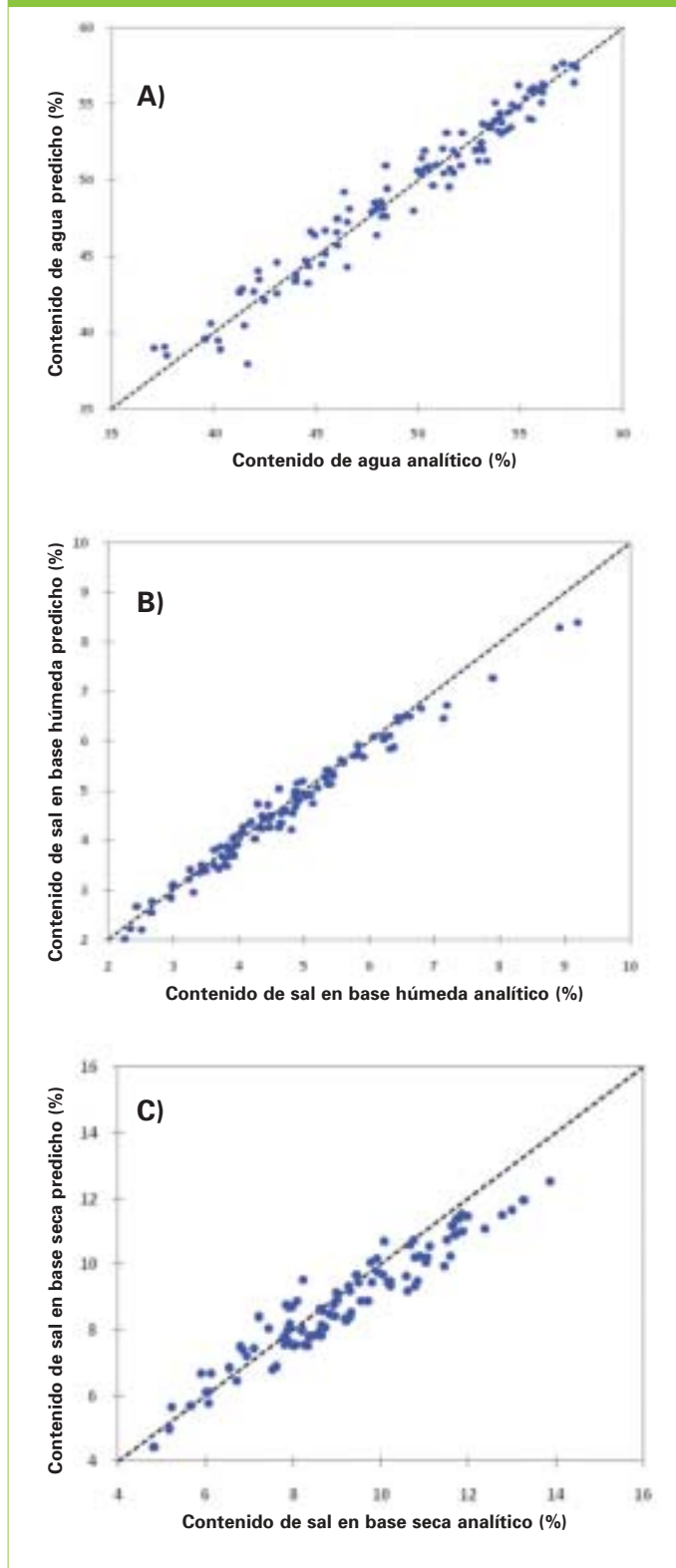


GUBIADORA NEUMÁTICA MANUAL



www.cruells.net

Figura 5. Relación entre los contenidos analíticos y los contenidos predichos de agua (A), sal en base húmeda (B) y sal en base seca (C)



dos analíticamente frente a los valores de predicción obtenidos mediante los modelos desarrollados.

El error de predicción del contenido de agua fue de 1,11% ($R^2=0,957$), el de la sal en base húmeda fue de 0,24% ($R^2=0,910$) y el de sal en base seca de 0,66% ($R^2=0,759$). En el caso particular de la sal, los contenidos se pueden predecir de manera satisfactoria aunque el contenido sea muy bajo. Además, pequeñas variaciones se detectan fácilmente. Esto se debe a que pequeños contenidos en sal aumentan mucho la conductividad de las muestras y provocan cambios importantes en las propiedades dieléctricas del alimento. En el caso del agua, el error es más elevado pero, en ambos casos, el error de predicción es suficientemente bajo para que el equipo pueda ser utilizado de forma fiable por los productores de jamón curado.

Conclusiones

El equipo *Sequid RFQ-Scan* es una herramienta fiable para predecir el contenido de agua y sal en jamón curado. Este equipo podría ser utilizado como una alternativa a los métodos destructivos o incorporarse en línea para verificar el cumplimiento de la ETG Jamón Serrano en cuanto a contenidos de agua y sal. Además, podría utilizarse para clasificar el producto final según sus niveles de sal, así como seleccionar aquellos jamones que tienen un contenido de sal reducido, los cuales podrían ser etiquetados como tales. También podría ser interesante para evaluar de forma cuantitativa la dispersión de contenido de sal.

Agradecimientos

Marc Rubio disfruta de una beca predoctoral para formación de personal investigador concedida por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el INIA (proyecto RTA2010-00029-CO4-01) y el proyecto Q-Porkchains (Integrated Project Q-PORK-CHAINS FOOF-CT-2007-036245), financiado por el Sixth Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration Activities de la Comisión Europea.

El contenido del artículo refleja solo el punto de vista de los autores. La Unión Europea no se hace responsable del uso de la información contenida en el mismo.

Referencias

- **Castro-Giráldez, M., Aristoy, M-C., Toldrá, F., Fito, P.** (2010). Microwave dielectric spectroscopy for the determination of pork meat quality. *Food research International* 43: 2369-2377.
- **Castro-Giráldez, M., Fito, P.J., Chenoll, C., Fito, P.** (2010). Development of a dielectric spectroscopy technique for the determination of apple (Granny Smith) maturity. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 749-754.
- **Castro-Giráldez, M., Fito, P.J., Fito, P.** (2009). Application of microwaves dielectric spectroscopy for controlling pork meat (*Longissimus dorsi*) salting process. *Journal of Food Engineering* 97: 484-490.
- **Kent, M., Knöchel, R., Daschner, F., Berger, U-K.** (2001). Composition foods including added water using microwave dielectric spectra. *Food control* 12:467-482.
- **Kent, M., Knöchel, R., Daschner, F., Schimmer, O., Oehlenschläger, J., Mierke-Klemeyer, S., Barr, U-K.,**

- Floberg, P., Tejada, M., Huiodobro, A., Nunes, L., Batista, I., Martins, A.** (2004). Time domain reflectometry as a tool for the estimation of quality in foods. *Internacional Agrophysics* 18: 225-229.
- **Kent, M., MacKenzie, K., Berger, U-K., Knöchel, R., Dascner, F.** (2000). Determination of prior treatment of fish and fish products using microwave dielectric spectra. *European Food Research and Technology* 210: 427-433
- **Kent, M., Oehlenschlager, J., Mierke-Klemeyer, S., Manthey-Karl, M., Knöchel, R., Daschner, F., Schimmer, O.** (2004). A new multivariate approach to the problema of fish quality estimation. *Food Chemistry* 87:531-535.
- **Kent, M., Peymann, A., Gabriel, C., Knight, A.** (2002). Determination of added water in pork products using microwave dielectric spectroscopy. *Food Control* 13:143-149.
- **Lleó, L., Ruiz, M., Hernández, N., Gutiérrez, P.** (2007). Application of microwave return loss for sensing internal quality of peaches. *Biosystems Engineering* 96: 525-539. ■

Elevadores cargadores
MODELO RB-120
MODELO RB-500
MODELO RB-800

Deshuesadora del hueso puente de los jamones curados
MODELO TOPP-2000

Bombos al vacío para masajear y salar de 120L. a 3.000L. MODELO TROMEL

Deshuesadora del omoplato de las paletas curadas
MODELO TOPE-2002

Deshuesadora del hueso puente de los jamones y el omoplato de las paletillas Tipo TOPP-TOPE '06; con placas de agarre y expulsión para deshuese de los huesos restantes. Mesa dimensionada para descortezar y pulir con máquina tradicional.

Presna hidráulica conformadora de jamones
MODELO PH-65

Elevadores cargadores
MODELO RB-120
MODELO RB-500
MODELO RB-800

Masajeadora con o sin vacío
MODELO "CARBO-VAC/200"

PYCMO
C/ Mestre Toldrà, 4
17800 OLOT (Girona) España
Tel.: 972 26 07 26
Fax: 972 26 80 64
E-mail: tecnic@pycma.com
Web: www.pycma.com

METALURGICA OLOTENSE S.A.