

Nuevos procesos de transformación y control de productos alimenticios

Pere Durán Montgé

Introducción

Las nuevas tecnologías relacionadas con el mundo de la alimentación vienen propiciadas por los cambios que está sufriendo nuestro estilo de vida, o lo que es lo mismo, se adaptan a unas necesidades cambiantes en nuestro entorno. Esto ha sido posible gracias al desarrollo de nuevos sistemas, técnicas y materiales, y en este sentido las tecnologías de los alimentos no se han quedado atrás a la hora de dar una respuesta a las necesidades de la sociedad. Las nuevas tecnologías de procesado de los alimentos, como las altas frecuencias y las altas presiones, entre otras, ofrecen al consumidor ventajas que responden a las demandas de frescor, conveniencia y seguridad. Los desarrollos en las tecnologías de producción, la aparición de los alimentos *ready-to-eat*, la mejora en la conservación de los alimentos y envases más modernos son los cambios que están causando un mayor impacto en la industria de la alimentación. Las nuevas tecnologías tienen el reto de ofrecer un producto cada vez más auténtico, con el mínimo precio, y en este sentido estos nuevos desarrollos intentan dar una respuesta a todas estas necesidades. El objetivo principal es ofrecer al consumidor un producto de conveniencia.

Tanto para todos estos nuevos desarrollos de productos como para los sistemas de elaboración tradicional que se están llevando a cabo, será necesario que vayan li-

gados a un mejor control tanto a nivel de seguridad alimentaria como de calidad. Los sistemas de inspección y de control clásicos son de contrastada fiabilidad para las muestras que se están analizando, pero requieren de una extrapolación de sus resultados al resto del lote de producción según tipo de muestreo. Además, tienen el inconveniente de que requieren de un tiempo de espera, ya que los protocolos analíticos pueden tardar desde unos pocos días, en el caso de las inspecciones químicas, hasta una semana, en el caso de los controles microbiológicos tradicionales. Las nuevas tecnologías de inspección y control también pueden dar una respuesta a las necesidades de sistemas de producción más eficientes. Los sistemas de análisis no invasivos, como son las sondas de infrarrojo o la espectrometría de microondas, son técnicas que nos permiten inspeccionar hasta el 100% de nuestra cadena de producción con la ventaja de que se trata de sistemas no destructivos. Estas tecnologías también nos permiten actuar de forma rápida y no destructiva e incidir en un punto en el que las técnicas analíticas tradicionales muchas veces no nos pueden dar respuesta por el hecho de requerir un mayor tiempo de análisis, como es durante el proceso de producción o elaboración, ya que de forma instantánea pueden darnos un valor que nos permitirá saber cuál es el estado de nuestro proceso.

Nuevos procesos de transformación de los alimentos

Altas frecuencias

El procesado por altas frecuencias (microondas y radiofrecuencias) (figuras 1 y 2) tiene especial interés en la industria de los alimentos por el hecho de poseer determinadas ventajas respecto a los procesamientos térmicos convencionales. Estas ventajas son principalmente fáciles de aplicar en sistemas de producción en línea y también que el calor generado se produce dentro del propio alimento. Esta tecnología incluye dos tipos de ondas que varían en sus frecuencias, que van desde 3 kHz hasta 300 GHz en el caso de las radiofrecuencias, y desde 300 MHz hasta 300 GHz en el caso de las microondas. El sistema de generación de las altas frecuencias y las microondas es

distinto en cada uno de los sistemas; en el primer caso las ondas se generan mediante electrodos, mientras que en el segundo, por uno o varios magnetrones. Las diferencias básicas entre un sistema y otro son la diferente capacidad de penetración de las ondas (es mayor en el caso de las radiofrecuencias), aunque, aparte de la longitud de onda, también dependerá de la composición, temperatura y geometría de los alimentos; este último especialmente en el caso de las radiofrecuencias. Finalmente, será la interacción entre estas ondas y nuestro producto, que tendrá unas propiedades dieléctricas específicas, lo que generará el calor.

Mientras que a nivel doméstico el uso de las microondas se ha extendido de una forma muy importante, la utilización de estos sistemas a nivel industrial no ha sido tan espectacular (Giese, 1992; James, 2000).



Figura 1.



Figura 2.

Las aplicaciones en que ha habido más interés y donde ha habido desarrollos son las de secado, precocinado de carne, pasteurización de platos preparados y descongelación de carne y pescado; aunque los últimos años también han aparecido nuevas aplicaciones a nivel industrial por las que ha habido bastante interés, como son el *blanching* o blanqueado (Begum y Brewer, 2001) y *post-baking* (Sumnu, 2001).

El cocido tradicional de los alimentos mediante sistemas que utilizan el calor por convección provoca una destrucción parcial o total de determinados nutrientes que se encuentran en los alimentos. Las investigaciones llevadas a cabo hasta hoy han demostrado que muchas vitaminas son termolábiles y son degradadas durante los procesos térmicos. El procesado por altas frecuencias ha demostrado ser mucho más

respetuoso comparado con los procesados tradicionales, ya que reduce las pérdidas de nutrientes (Begum y Brewer, 2001; Begum y Brewer, 2003).

Los alimentos congelados necesitan ser descongelados o atemperados antes de ser procesados. Esto se consigue mediante aire caliente o simplemente dejando el producto a temperatura ambiente. El procesado por altas frecuencias busca aumentar la temperatura del producto de forma homogénea para así poder manejar el alimento, manteniendo la calidad del producto bajo condiciones de refrigeración. Con el procesado de descongelación por altas frecuencias no hay un abuso de la temperatura de trabajo, se producen menores pérdidas de líquidos y se reduce el espacio de trabajo.

Durante el secado convectivo con aire se elimina el agua de la superficie del producto mediante un gradiente entre la superficie y

el interior, lo cual provoca la migración del agua hasta la superficie. Este proceso viene favorecido cuanto mayor es la temperatura de nuestro alimento en concreto, lo cual significa una transmisión del calor mediante convección desde la superficie hasta las partes más internas. Este proceso requiere tiempo para llegar al equilibrio, con el riesgo de un posible sobrecalentamiento de la superficie. Mediante las altas frecuencias nuestro producto es calentado de forma más homogénea, con lo cual el agua es arrastrada fuera del producto con mayor eficiencia. La utilización de este tipo de tecnología no descarta la combinación con otros sistemas de procesado con aire, vacío... Muchas veces estos procesos pueden combinarse, como es el caso del horneado de galletas en que, durante la última fase de cocción (por sistema de convección), se puede combinar con las radiofrecuencias para acabar de secar y homogeneizar el contenido en agua de nuestro producto.

Cuando se trata de procesos de pasteurización, las altas frecuencias también ofrecen aplicaciones muy interesantes, ya que permiten acelerar el proceso enormemente. Eso sí, requieren de envases especiales que permitan la fuga del exceso de presión durante el procesado y luego que éste no permita la entrada de medio externo dentro el envase.

En el caso de las aplicaciones relacionadas con el horneado directo por microondas industriales normalmente requeriremos de una reformulación del producto con soluciones bastante interesantes. También existen equipos comerciales para hacer lo que se llama blanqueado en vegetales, que consiste en inactivar la enzima polifenoloxidasas

mediante temperatura, lo cual evita el oscurecimiento de los mismos.

Altas presiones

Las altas presiones hidrostáticas (figura 3) vienen a dar respuesta a las necesidades de obtener productos alimenticios cada vez más seguros en combinación con el hecho de mantener intactas al máximo las propiedades de calidad organoléptica de los alimentos (Téllez y col., 2001). Concretamente, las altas presiones hidrostáticas nos permiten obtener alimentos más saludables, convenientes en su uso (más fáciles de preparar y conservar), más frescos, más naturales y con un procesado no tan agresivo (procesado térmico), con menos ingredientes conservantes (menos ácidos, sales y azúcares), menos aditivos (sorbato, nitrato...). No únicamente pueden ayudarnos a obtener un producto alimenticio más seguro y de calidad, también pueden ayudar a mejorar nuestro proceso de producción o a obtener nuevos productos gracias a los cambios que producen en la estructura tanto a nivel molecular como macroscópico en nuestro alimento (modificación de la estructura de las proteínas, inactivación de las enzimas y formación de compuestos químicos).

El procesado por altas presiones a nivel industrial o de producción consiste en la aplicación de un líquido a presión dentro un cilindro, generalmente en el rango de 100-1.000 MPa; la temperatura de procesado puede ajustarse entre 0 y 100 °C, con una exposición que puede ir desde unos segundos hasta unos minutos. A nivel industrial, el líquido utilizado es el agua, debido a su compatibilidad con los alimentos, y la presión no suele llegar a más de 700 MPa. A nivel de técnica de procesado, las altas



Figura 3.

presiones hidrostáticas deben su principal mecanismo de acción a que reducen el volumen del agua que contiene el alimento hasta un 80-90% respecto al volumen atmosférico sin destruir enlaces covalentes, iónicos o interacciones hidrofóbicas; mientras que enlaces de tipo hidrófobo pueden verse modificados. Esto provoca cambios en la estructura de las proteínas (Fernández-Martín y col., 1997) y del almidón (Jobling, 2004) que repercuten en último término en las propiedades macroscópicas de los alimentos.

Un ejemplo en que las altas presiones mejoran las propiedades sensoriales de alimentos producidos por altas presiones gracias a la formación de geles no inducidos por procesos térmicos es el de los *surimis* (Farr, 1990). La mayoría de aplicaciones de las altas presiones hidrostáticas dentro del campo de procesado de los alimentos es en relación al procesado de productos del mar,

aunque también existen numerosos estudios relacionados con productos cárnicos, donde el principal interés iría en producir productos cocidos para conseguir texturas más apetecibles, o bien tratamientos por debajo de los 300 MPa en carne pre-rigor (Cheftel y Culioli, 1997). Otra aplicación que ha sido de interés en carne y pescado es para el procesado de post-rigor por altas presiones en combinación con el tratamiento térmico (Sun y Holley, 2010). El tratamiento de productos del mar con concha se ha demostrado muy efectivo a la hora de mejorar procesos productivos de extracción de la carne adherida en la concha (tanto a nivel de tiempo, mano de obra, como cantidad de carne extraída) en productos como son los bivalvos y crustáceos (figura 4).

Aunque el uso de estos equipos es cada día más extenso, aún existen algunas barreras que impiden un uso más generalizado,



Figura 4.

como son que la tecnología actual no permite un trabajo en continuo con para este tipo de aplicaciones y segundo el coste de estos equipos es aún elevado y requieren de un mantenimiento continuo. Estos factores provocan que en la actualidad aunque algunas empresas estén interesadas en esta tecnología, les cueste arriesgarse a apostar por ella.

Sistema QDS process, *Quick-Dry-Slice process*

Este sistema consiste básicamente en el secado rápido de productos alimenticios en formato loncheado propuesto por Comaposada J, Arnau J, Gou P y Monfort JM (2002).

Este sistema, aunque puede aplicarse a todo tipo de productos susceptibles de ser secados, fue desarrollado inicialmente pensando en acortar la fase de secado de productos cárnicos fermentados (figura 5). En esta tecnología los embutidos son fermentados de forma tradicional hasta alcanzar el pH deseado, luego son congelados para así poder ser loncheados de forma más fácil y después empieza el proceso de secado QDS. El sistema industrial dispone, en primer lugar, de una zona de carga para las lonchas congeladas, sigue un zona de secado donde se consigue el contenido de agua final en nuestro producto loncheado, y finalmente dispone de una zona de apilado y porcionado de las lonchas para su envasado. El aire utilizado para secar es purificado mediante un filtro HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) para minimizar posibles riesgos de contaminación del producto.

Los estudios realizados han demostrado que la seguridad alimentaria de los productos elaborados con el sistema QDS son equivalentes a los procesos tradicionales (Comaposada *et al.*, 2007, Eurocarne; Stollewerk *et al.*, 2010). Respecto a la evaluación sensorial de este tipo de productos, los secados mediante QDS presentarían un menor aroma y sabor ácido que los producidos de forma tradicional. Esto se debería a un mejor control de la evolución del pH en el caso del sistema QDS (Comaposada *et al.*, 2010). El color del producto también

sería ligeramente diferente, aunque no por eso evaluado de forma adversa. Es por esos factores por lo que a nivel industrial la fase de mezcla de los ingredientes y pre-maduración podría variar ligeramente de los procesos tradicionales para así conseguir unas características de pH, actividad de agua y, lo que es más importante, de textura y sabor lo más parecidas a los productos tradicionales.

Para la comercialización del producto loncheado, la tecnología QDS ofrece numerosas ventajas en relación al sistema tradicional. A nivel tecnológico, el sistema QDS permite obtener productos más homogéneos y con un sabor menos ácido. Además, el producto está libre de hongos y se garantiza la seguridad del alimento gracias a un

monitoreo más preciso del producto en sí mismo. Además, la aplicación del QDS resulta en un incremento de la productividad y menor producción de residuos. En cuanto al proceso de producción, el sistema QDS ofrece mayor flexibilidad de producción, mayor velocidad, y la posibilidad de implantar sistemas *just-in-time*, además de requerir menos espacio que los métodos convencionales.

Este sistema tan novedoso ha sido desarrollado de forma inicial para productos cárnicos fermentados, pero el rango de productos en que puede ser aplicado está aún por descubrir, ya que esta tecnología es susceptible de ser aplicada para acelerar todo tipo de procesos en que se requiera una fase de secado del producto final.



Figura 5.

Nuevos métodos de control de los productos alimenticios

Espectroscopia NIR

La base de la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) es la utilización de una fuente de emisión de luz de una longitud de onda conocida (entre 700 y 2.500 nm) que permite obtener una imagen de la composición orgánica de la sustancia que se está irradiando. Se trata de un método de análisis cuantitativo no destructivo, donde la luz que se absorbe o refleja se representa gráficamente en forma de espectros, y éstos se pueden utilizar para obtener información sobre la estructura y composición de la muestra.

Entre las múltiples aplicaciones se incluyen las relacionadas con los sectores agroalimentarios, la industria química, petroquímica y textil, medicina, farmacia, cosmética, biología, y sectores relacionados con el medio ambiente. En cuanto a industrias agrarias y alimentarias, la tecnología NIR se ha aplicado al análisis y control de piensos y cereales, lácteos, aceites y grasas, carne y productos cárnicos, azúcares, fruta, etc. La espectroscopia NIR ofrece una serie de importantes ventajas sobre los métodos convencionales, tales como mediciones rápidas y frecuentes, preparación de muestra simple y rápida, su idoneidad para el uso en línea y la determinación conjunta de diferentes parámetros. Las principales desventajas del método son su dependencia de un método de referencia, su débil sensibilidad para constituyentes menores, la limitada transferencia de calibración entre los diferentes instrumentos y la interpretación complicada de datos espectrales (Büning-Pfaue, 2003). Aunque los primeros

intentos de utilizar el método se realizaron hace más de 40 años, la mayoría de los trabajos de investigación sobre la carne se llevó a cabo en la pasada década (Byrne y col., 1998).

Una de las aplicaciones principales de la espectroscopia NIR para el control de los procesos de elaboración de alimentos es la de predecir la composición de sus principales componentes químicos (agua, carbohidratos, proteína y grasa) e incluso de constituyentes más minoritarios, como pueden ser el contenido en sal, colágeno, cenizas, fracción de los principales grupos de ácidos grasos (poliinsaturados, monoinsaturados y saturados) (Realini y col., 2004) y colesterol, aunque con menor precisión. En el caso de los mencionados constituyentes principales, el nivel de correlación en productos cárnicos (R^2) es alrededor de 0,8 y con un error que se sitúa con un máximo del 2% (Prevolnik y col., 2004).

La otra principal aplicación es la de predecir parámetros de calidad del producto, como la capacidad de retención de agua en carne fresca o en carne congelada (Brøndum y col., 2000; Geesink y col., 2003; Meulemans y col., 2003) y color (Chan y col., 2002; Leroy y col., 2004; Meulemans y col., 2003), y con menos frecuencia el valor de pH (Josell y col. 2000; Meulemans y col., 2003). Estas aplicaciones tienen mucho interés para evaluar la calidad de materias primas y así poder tomar la decisión de qué uso debe darse a un producto en concreto (producto fresco, elaborado, cocido...). Otro ejemplo de las mencionadas aplicaciones es la de evaluar procesos de elaboración, como es el caso de determinar la evolución de un producto cárnico en curación (Colléll y col., 2010), evaluar el proceso de horneado del pan

(Osborne y col., 1990). Finalmente, también se puede usar la espectroscopia NIR para diferenciar variedades de alimentos, como sería el caso de determinar la variedad de un arroz (Osborne y col., 1993).

Espectroscopia de microondas

Para la realización de este tipo de análisis se utiliza un instrumento que emite un impulso electromagnético que se aplica al material a ensayar. La señal se refleja en la superficie del producto y lleva la información sobre el material. Posteriormente, la reflexión se convierte de señal analógica a digital para ser almacenada en un microcontrolador. Este análisis nos evalúa las propiedades dieléctricas de los alimentos.

Las propiedades dieléctricas de los alimentos complejos varían en las frecuencias de relajación dipolar de las moléculas polares involucradas. El agua pura a temperatura ambiente, por ejemplo, tiene una frecuencia de relajación alrededor de 20 GHz. Agua añadida a los productos alimenticios, ya sea accidental o deliberadamente por la adición de polifosfatos, puede tener efectos muy diferentes sobre la forma del espectro dieléctrico. En el estado natural de los productos alimenticios, la mayoría de los constituyentes del agua tiene un rango particular de frecuencias de relajación como cerca de la del agua pura, en función de su interacción a nivel molecular con otros componentes en el material, mientras que el agua añadida presentará otro tipo de frecuencias de relajación.

Entre las distintas aplicaciones que se han desarrollado para este tipo de determinación encontraríamos la evaluación del estado de frescor del pescado (Kent y col., 2004), donde se ha visto que este tipo de

determinación se correlaciona con los días de conservación del pescado en hielo o el QIM (*Quality Index Method*), que es la evaluación sensorial del pescado. En este sentido, existen aplicaciones en línea para evaluar la calidad de filetes de salmón antes de ser procesados. Otra aplicación es la de la evaluación de la calidad del pescado descongelado, en la que se puede determinar si un pescado ha sido congelado y descongelado varias veces o si ha sido congelado correctamente. Con este sistema también es posible determinar el tipo y cantidad de sales que se han añadido en alimentos, como son las carnes y pescados (Kent y col., 2000).

Bibliografía

Begum S, Brewer MS. Chemical, nutritive and sensory characteristics of tomatoes before and after conventional and microwave blanching and during frozen storage. *Journal of Food Quality* 2001; 24:1-15.

Brewer MS, Begum S. Effect of microwave power level and time on ascorbic acid content, peroxidase activity and color of selected vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation* 2003; 27:411-26.

Brøndum J, Munck L, Henckel P, Karlsson A, Tornberg E, Engelsen SB. Prediction of water-holding capacity and composition of porcine meat by comparative spectroscopy. *Meat Science* 2000; 55:177-85.

Büning-Pfaue H. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry* 2003; 82:107-15.

Byrne CE, Downey G, Troy DJ & Buckley DJ. Non-destructive prediction of selected quality attributes of beef by near-infrared reflectance spectroscopy between 750 and 1098 nm. *Meat Science* 1998; 49:399-409.

Chan DE, Walker PN, Mills EW. Prediction of pork quality characteristics using visible and near-infrared spectroscopy. *Transactions of ASABE* 2002; 45:1.519-27.

- Cheftel JC, Culioli J. Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Science* 1997; 46:211-36.
- Collell C, Gou P, Picouet P, Arnau J, Comaposada J. Feasibility of near-infrared spectroscopy to predict aw and moisture and NaCl contents of fermented pork sausages. *Meat Science* 2010; 85:325-30.
- Comaposada J, Arnau J, Ferrini G, Sanz D, Xargayó M, Freixanet L, Bernardo J, Lagares J, Monfort JM. Impact of the dryness level on the quality of fermented sausages produced by means of quick-dry-slice process. *Fleischwirtschaft International* 2010; 2:87-95.
- Comaposada J, Arnau J, Garriga M, Xargayó M, Xargayó M, Bernardo J, Corominas M, Gou P, Lagares J, Monfort JM. Secado rápido de productos cárnicos crudos curados. Tecnología quick-dry-slice process (QDS process). *Eurocarne* 2007; 157:1-6.
- Comaposada J, Arnau J, Gou P, Monfort JM (2002). Procedimiento acelerado de secado y madurado de productos alimenticios loncheados. Patente ES20020002059/2002091. España. Fecha de prioridad: 10/09/2002.
- Farr D. High pressure technology in the food industry. *Trends in Food Science & Technology* 1990; 1:4-6.
- Fernández-Martín F, Fernández P, Carballo J, Jiménez Colmenero F. Pressure/Heat Combinations on Pork Meat Batters: Protein Thermal Behavior and Product Rheological Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1997; 45:4.440-5.
- Geesink GH, Schreutelkamp FH, Frank-Huizen R, Vedder HW, Faber NM, Kranen RW, Gerritzen MA. Prediction of pork quality attributes from near infrared reflectance spectra. *Meat Science* 2003; 65:661-8.
- Giese J. Advances in microwave food processing. *Food Technology* 1992; 46:118-23.
- James C. Optimising the microwave cooking of bacon. In: *Meat and Poultry 2000 CCFRA*.
- Jobling S. Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biology* 2004; 7:210-8.
- Josell Å, Martinsson L, Borggaard C, Andersen JR, Tornberg E. Determination of RN- phenotype in pigs at slaughter-line using visual and near-infrared spectroscopy. *Meat Science* 2000; 55:273-8.
- Kent M, Knöchel R, Daschner F, Berger UK. Composition of foods using microwave dielectric spectra. *European Food Research and Technology* 2000; 210:359-66.
- Kent M, Oehlschlager J, Mierke-Klemeyer S, Manthey-Karl M, Knöchel R, Daschner F, Schimmer O. A new multivariate approach to the problem of fish quality estimation. *Food Chemistry* 2004; 87:531-5.
- Leroy B, Lambotte S, Dotreppe O, Lecocq H, Istasse L, Clinquart A. Prediction of technological and organoleptic properties of beef *Longissimus thoracis* from near-infrared reflectance and transmission spectra. *Meat Science* 2004; 66:45-54.
- Meulemans A, Dotreppe O, Leroy B, Istasse L, Clinquart A. Prediction of organoleptic and technological characteristics of pork meat by near infrared spectroscopy. *Sciences des Aliments* 2003; 23:159-62.
- Osborne BG, Mertens B, Thompson M, Fearn T. The authentication of Basmati rice using near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 1993; 1:77-83.
- Osborne BG, Oliver G, Russell PL. The application of near infrared reflectance spectroscopy to the study of the staling of bread. In: *Proceedings of the Third International Conference on Near Infrared Spectroscopy* (edited by BARTIAUX-THILL., R. B. A. N.). Gembloux: Agricultural Research Centre Publishing. 1990; 207-12.
- Prevolnik M, Candek-Potokar M, Skorjanc D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality - a review. *Czech Journal of Animal Science* 2004; 49:500-10.
- Realini CE, Duckett SK, Windham WR. Effect of vitamin C addition to ground beef from grass-fed or grain-fed sources on color and lipid stability, and prediction of fatty acid composition by near-infrared reflectance analysis. *Meat Science* 2004; 68:35-43.
- Sumnu G. A review on microwave baking of foods. *International Journal of Food Science & Technology* 2001; 36:117-27.

Sun XD, Holley RA. High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products. *Journal of Food Science* 2010; 75:1, R17-R23.

Stollewerk K, Jofré A, Comaposada J, Arnau J, Garriga M (2010). Ensuring food safety by innovative fermented sausage manufacturing systems. 6th International Conference on High

Pressure Bioscience and Biotechnology (HPBB2010), Freising-Weihenstephan (Germany), August 28 - September 01.

Téllez SJ, Ramírez JA, Pérez C, Vázquez M, Simal J. Aplicación de la alta presión hidrostática en la conservación de los alimentos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 2001; 3:66-80.