

## RESUMEN

En la última década, la evolución del mercado ha obligado a las industrias alimentarias a mantener unos estándares de calidad, condicionando a las empresas a mejorar sus métodos y/o técnicas de control, así como, la disminución en los costes de producción. En este contexto se hacen necesarios nuevos sistemas de control y/o monitorización en línea no destructivos, que permitan obtener la información necesaria, para mantener la calidad del producto reduciendo los costes de producción.

En este sentido, la presente tesis estudia el uso de la espectroscopia dieléctrica en radiofrecuencia y microondas, como técnica para obtener propiedades físicas, químicas y estructurales del alimento durante su proceso de fabricación. Esta información, conjuntamente con modelos fenomenológicos expuestos en esta tesis, permiten monitorizar parámetros de control en la producción de alimentos con estructuras complejas.

En primer lugar se realizó una revisión bibliográfica de esta metodología (espectroscopia dieléctrica), y los ejemplos de su aplicación, para obtener las bases necesarias que permitieron orientar la investigación para esta tesis. La revisión bibliográfica incluye numerosos estudios que demuestran las ventajas de utilizar la espectroscopia dieléctrica en productos alimenticios complejos, como: carnes, vegetales, frutas, productos lácteos, etc. En todos ellos, se ha demostrado la versatilidad y utilidad de la información proporcionada por esta técnica, permitiendo llevar a cabo determinaciones en línea no destructivas, altamente fiables y de gran sensibilidad; obteniendo como resultado la reducción de los tiempos operativos y de los costes de producción.

En segundo lugar se estudió el proceso de fermentación en la elaboración de cerveza, se analizaron las propiedades dieléctricas durante la etapa de fermentación, conjuntamente con diversas propiedades físicas y químicas. Los resultados obtenidos mostraron que la dispersión  $\gamma$ , inducida por el contenido y movilidad del agua, varía en función de la proporción de etanol y de azúcares, ya que interfieren en el movimiento del agua. Queda

demostrado que dicha técnica puede ser usada como un método de monitorización rápido, preciso y no destructivo en la fabricación de cerveza.

En tercer lugar se realizó el estudio y análisis del proceso de salado de queso. Se analizó el transporte de agua, cloro, sodio y calcio durante el salado de queso en salmuera saturada, usando un modelo termodinámico. Se determinó, la humedad, la actividad de agua, las propiedades dieléctricas y el volumen durante el tratamiento y después del periodo de reposo. Se desarrolló un modelo termodinámico no lineal irreversible, para determinar el transporte de agua e iones a través de la estructura del queso, obteniendo un coeficiente fenomenológico de  $1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2 \text{ J}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ . El modelo describe varios fenómenos que ocurren durante el proceso de salado. Se desarrolló un modelo no lineal para describir el efecto de la movilidad de cargas sobre la conductividad iónica, que permite predecir el nivel de salado en la superficie y en el interior, así como la salida de calcio del sistema, con los consiguientes cambios estructurales.

Por último se realizó el estudio y análisis de geles de colágeno a distintos grados de concentración. Ha sido posible detectar dos niveles conformacionales del colágeno en función de su relación con el agua, mediante el análisis de las propiedades dieléctricas en el espectro de la radiofrecuencia y las microondas. Se ha desarrollado un algoritmo de análisis de espectros basados en la modelización de Gompertz, que permite de manera rápida y fiable obtener los parámetros a las frecuencias de relajación de las dispersiones  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . Los resultados demostraron la utilidad de propiedades dieléctricas como sistema de control en la formulación de geles.

En conclusión, la investigación realizada en esta tesis aborda el estudio de distintas estructuras coloidales, mediante modelizaciones termodinámicas y espectroscopia dieléctrica en radiofrecuencia y microondas. Dichos estudios muestran la viabilidad de dicha técnica en la monitorización no destructiva y fiable de los procesos de fabricación expuestos en el trabajo.