

RESUMEN

La industria agroalimentaria ha evolucionado notablemente durante las últimas décadas debido a la necesidad de tecnificar la producción con el objetivo de reducir los tiempos del proceso y aumentar las ganancias de las industrias, sin que ello suponga una disminución de la calidad del producto. En este contexto, la utilización de técnicas espectrofotométricas de monitorización y tratamiento para la optimización de procesos productivos pueden suponer un gran avance para la industria agroalimentaria.

La presente tesis doctoral aborda el estudio, diseño y desarrollo de sensores no destructivos basados en la espectrofotometría para la monitorización en línea de productos y procesos; así como el estudio de la aplicabilidad de técnicas espectrofotométricas de tratamiento para la mejora de procesos productivos alimentarios. Es por ello, que esta tesis doctoral se subdivide en tres grandes bloques abarcando los tres tipos de sistemas alimentarios: tejido animal, tejido vegetal y sistemas coloidales.

En el **bloque 1**, se realizaron estudios en *tejidos animales*, buscando dar solución a problemáticas cada vez más frecuentes en la industria cárnica. En primer lugar, se analizó la utilización de sensores espectrofotométricos para el control del secado de la carne de cerdo como paso fundamental para la obtención del jamón serrano, producto de alto valor agregado. Para ello, se utilizaron dos técnicas, la termografía infrarroja y la monitorización por microondas. En el rango de los infrarrojos, el estudio se llevó a cabo utilizando una cámara termográfica Optris PI[®] para seguir la evolución de la emisividad en cada etapa del proceso de secado. Este estudio, acoplado a un modelo termodinámico y determinaciones fisicoquímicas han demostrado que la termografía infrarroja es una técnica capaz de monitorizar el proceso de secado, identificando cada etapa del mismo. Por otro lado, en el rango de las microondas se midió la permitividad desde 500 MHz a 20 GHz y ha sido posible demostrar que el factor de pérdidas en la dispersión- γ presenta una relación directa con número de moléculas de agua en la superficie de la muestra de carne.

En segundo lugar y teniendo en cuenta que la congelación es una de las tecnologías más ampliamente utilizadas para prolongar la vida útil de la carne y productos cárnicos, se ha

desarrollado un sensor no destructivo y de fácil utilización en el rango de la radiofrecuencia, capaz de detectar si las muestras de carne de cerdo han sufrido ciclos de congelación/descongelación.

En tercer lugar, se realizó un exhaustivo estudio que solventa las problemáticas resultantes de una fuerte tecnificación e intensificación en la industria avícola, como son las carnes de baja calidad (PSE y DFD), la miopatía de las estrías blancas y del pectoral profundo, producidas principalmente como consecuencia de la utilización de estirpes hipertróficas. Para cada una de estas problemáticas, se realizaron estudios espectrofotométricos en los rangos de la radiofrecuencia y de las microondas y se relacionaron con parámetros fisicoquímicos y bioquímicos, obteniendo los parámetros de relajación para las dispersiones α , β y γ mediante un modelo logístico. Para cada una de las problemáticas, se desarrollaron sensores en el rango de la radiofrecuencia capaces de detectarlas, y además, para el estudio de las miopatías, los sensores desarrollados son capaces de medir inclusive a través de la piel en carcasas de pollo enteras.

En el **bloque 2** se abordan estudios en *tejidos vegetales*. En primer lugar, se caracterizaron espectrofotométricamente los tejidos que componen la mandarina. Es por ello, que de forma conjunta a un estudio fisicoquímico y estructural se obtuvieron los valores de la permitividad en radiofrecuencia y microondas. Como uno de los resultados más importantes de esta investigación se obtuvo una herramienta basada en la constante dieléctrica de relajación en la dispersión- γ capaz de predecir la humedad de las muestras. Esto representa un primer paso en el desarrollo de sensores para distintas aplicaciones, como podría ser la detección de semillas en mandarinas enteras o enfermedades y/o contaminaciones en los frutos.

En segundo lugar, se abordó el estudio de la aplicación de campos eléctricos pulsados como pre-tratamiento a la deshidratación osmótica del kiwi. Esta técnica espectrofotométrica de tratamiento, acoplada a determinaciones fisicoquímicas y un estudio termodinámico han permitido demostrar que los campos eléctricos pulsados aceleran el proceso de deshidratación osmótica debido principalmente a la plasmolización de las células. Además, se llevó a cabo la monitorización del proceso mediante resonancia magnética nuclear, a partir del cual se

podieron analizar los transportes internos y las transformaciones que sufre el tejido en su interior. Por último, se ha podido concluir que la resonancia magnética nuclear es una técnica adecuada para cuantificar las moléculas de agua de acuerdo a su situación dentro del tejido además de poder ser utilizada para obtener isothermas de sorción en todo el rango de actividades de agua.

Finalmente, el **bloque 3** de esta tesis se centra en el estudio del tercer tipo de sistema alimentario, los *sistemas coloidales*. En este caso, se busca aumentar la estabilidad de compuestos bioactivos de alto valor (β -galactosidasa) mediante su encapsulación en hidrogeles de alginato-Ca(II) con y sin el agregado de excipientes secundarios. En este estudio se trató de evaluar el comportamiento de este sistema coloidal frente a tratamientos térmicos y su cinética de transporte. Se llevaron a cabo estudios de caracterización, calorimétricos, de resonancia magnética nuclear y además un profundo análisis microestructural mediante dispersión de rayos-X de bajo ángulo y microscopía electrónica de barrido. Se ha demostrado que el agregado de excipientes secundarios mejora la estabilidad de la enzima frente a tratamientos térmicos (congelación, liofilización, secado a vacío, ciclos de congelación/descongelación y almacenamiento). Se ha estudiado la cinética de cristalización durante la congelación de las cápsulas mediante resonancia magnética nuclear y finalmente se ha descrito el grado de compactación de las varillas que conforman la estructura de caja de huevo, su interconexión y tamaño mediante la dispersión de rayos-X de bajo ángulo.