

Contribución al estudio de la aplicación de ultrasonidos de alta intensidad en procesos de secado a baja temperatura

RESUMEN

La deshidratación, una de las operaciones más utilizadas en la industria agroalimentaria, mejora la estabilidad de los alimentos al reducir su actividad de agua, aunque puede afectar a su calidad. Entre las diferentes técnicas de secado existentes, destaca la liofilización a vacío por ser una de las que mejor conservan las propiedades organolépticas y nutricionales de los productos. Sin embargo, esta operación resulta muy cara y sólo se utiliza en productos de alto valor añadido. El secado convectivo a baja temperatura ($T < 20^{\circ}\text{C}$) representa una alternativa para obtener productos de alta calidad a menor coste aunque su baja velocidad de proceso dificulta su implementación a nivel industrial. En este sentido, los ultrasonidos de alta intensidad (US) se han aplicado para intensificar operaciones de transferencia de materia en diferentes procesos agroalimentarios. Sus efectos son principalmente mecánicos (no térmicos), por lo que su uso en el secado a baja temperatura resulta altamente interesante.

En este contexto, el objetivo general de la presente tesis doctoral fue determinar la viabilidad de la aplicación de US en procesos de secado a baja temperatura, abordando tanto su efecto en la cinética como en la calidad de los productos obtenidos. Para ello, se deshidrataron muestras de manzana, berenjena y bacalao a diferentes temperaturas ($-10, -5, 0, 5$ y 10°C) y velocidades de aire (1, 2, 4 y 6 m/s) y aplicando diferentes niveles de potencia acústica (0, 25, 50 y 75 W). Se utilizaron modelos difusivos para describir las cinéticas de secado y cuantificar la influencia de las variables de proceso. Además, se determinaron diferentes parámetros de calidad (capacidad de rehidratación, textura, capacidad antioxidante,...) de los productos deshidratados.

La aplicación de US permitió reducir significativamente ($p < 0.05$) el tiempo de secado en todas las condiciones experimentales y productos analizados, obteniendo reducciones de tiempo de secado de hasta el 80, 87 y 60% en manzana, berenjena y bacalao, respectivamente. La reducción del tiempo de secado fue mayor cuanto mayor fue la potencia acústica aplicada. La temperatura

Resumen

y la velocidad del aire de secado influyeron en la efectividad de la aplicación de US, siendo mayor el efecto de los US a las temperaturas y velocidades más bajas.

En general, la teoría difusional describió adecuadamente la cinética de secado de los tres productos estudiados. En las experiencias con aplicación de US se obtuvo un mejor ajuste a los datos experimentales cuando se consideró la resistencia externa en el modelo. Asimismo, en condiciones de liofilización a presión atmosférica, el modelo URIF (Uniformly Retreating Ice Front) se ajustó adecuadamente a los datos experimentales. Además, este modelo se validó en diferentes condiciones experimentales.

Respecto al efecto de las variables de proceso en los parámetros de calidad, en general, se observó que ni la aplicación de US ni la velocidad de aire influyeron de manera importante en la calidad de los productos obtenidos. En cambio, la temperatura afectó de manera relevante a parámetros como la capacidad de rehidratación y el color, especialmente a temperaturas por debajo del punto de congelación de las muestras.

Por otro lado, el secado a baja temperatura asistido con US tiene un alto potencial para la obtención de matrices porosas alimentarias para su posterior utilización en el desarrollo de alimentos funcionales. Así, en muestras de manzana deshidratada e impregnada con extracto de hoja de olivo, se observó que la aplicación de US durante el secado no afectó significativamente ($p < 0.05$) a la capacidad de impregnación, pero sí incrementó la capacidad antioxidante del producto obtenido.

Por lo tanto, los ultrasonidos de alta intensidad se pueden considerar como una tecnología interesante para acelerar los procesos de secado a baja temperatura sin afectar en gran medida a la calidad del producto obtenido.