

## RESUMEN

Actualmente, es un hecho la creciente demanda por parte de los consumidores por productos sanos y sostenibles. El innegable papel de las frutas como parte de una dieta equilibrada y sana ha hecho que variados organismos institucionales y no institucionales promocionen su consumo a lo largo de los últimos años. La industria alimentaria ha encontrado en este sector un nicho de oportunidades para elaborar nuevos productos a base de frutas como forma de atraer la atención de los consumidores. No obstante, no es habitual la comercialización de fruta en forma de puré liofilizado. La liofilización del puré supone la obtención de una torta que puede consumirse directamente como snack, o puede triturarse para la obtención de un polvo que puede utilizarse para la preparación de zumos, infusiones, postres, ensaladas, entre otros, e incluso para el enriquecimiento en compuestos bioactivos de casi cualquier alimento. La liofilización permite obtener alimentos deshidratados de alta calidad. Sin embargo, a pesar de la posibilidad que ofrece esta técnica de aprovechar toda la parte comestible de la fruta y de su muy elevado rendimiento, se trata de un proceso lento y energéticamente costoso. Una adecuada optimización de las condiciones del proceso podría contribuir a reducir la duración del mismo sin afectar a las características del producto final obtenido. Por otra parte, a pesar de las ventajas que ofrece la fruta deshidratada (estabilidad microbiológica y menor volumen), ésta presenta problemas de colapso estructural relacionados con su baja temperatura de transición vítrea. En este sentido, una técnica frecuente para la estabilización de estos productos deshidratados es la incorporación de biopolímeros de alto peso molecular. Asimismo, algunos de estos agentes pueden actuar como encapsulantes que previenen la degradación de los compuestos bioactivos durante el procesado, almacenamiento de los alimentos y de las drásticas condiciones del tracto gastrointestinal. Sin embargo, los biopolímeros también deben permitir la liberación controlada de dichos compuestos durante la digestión, para que puedan ser bioaccesibles y por tanto biodisponibles.

El objetivo de esta Tesis ha sido el diseño del proceso de liofilización para la obtención de un snack de naranja. Para ello se ha estudiado la influencia de diferentes combinaciones de biopolímeros en la estabilidad física del puré de naranja liofilizado (snack de naranja) y en la bioaccesibilidad de sus compuestos bioactivos por digestión *in vitro*. Asimismo, se ha evaluado su efecto en las propiedades de flujo en aire y de rehidratación del polvo de naranja obtenido tras la trituración del snack. En concreto se ha trabajado con diferentes combinaciones de goma Arábiga, maltodextrina, almidón sustituido por grupos octenil succínico, almidón nativo de maíz, fibra de guisante y fibra de bambú. Los resultados mostraron la necesidad de incorporar estos biopolímeros para aumentar la actividad de agua crítica y el contenido de agua crítico para la transición vítrea, el inicio de la cual se ha relacionado con la pérdida de la textura del snack. En este sentido, el mapa de estabilidad permite recomendar la condición temperatura-humedad relativa para el almacenamiento del producto. En cuanto a las diferentes mezclas de biopolímeros estudiadas, si bien ninguna de ellas fue mejor que las otras en términos de higroscopicidad, carácter anti-plastificante, color y propiedades mecánicas del snack, la mezcla GA con FB fue la que mejoró la bioaccesibilidad de la vitamina C (VC) y de los compuestos fenólicos totales (TP). Además, esta misma combinación fue

la que confirió al producto en polvo uno de los tiempos de mojado más cortos y una menor viscosidad del producto rehidratado, deseado para un producto tipo zumo. Por otra parte, se ha estudiado el impacto de las condiciones de liofilización en el consumo total de energía del proceso y en la calidad del snack formulado con GA y FB. Las variables del proceso consideradas han sido tanto la velocidad de congelación (convencional y abatidor), como la temperatura de bandeja (30, 40, 50 °C) y presión de trabajo (5 y 100 Pa) durante el secado. Los resultados mostraron como la menor presión y la mayor temperatura promovieron un ligero mayor secado de las muestras, que supuso la obtención de un producto más crujiente, además de con un color amarillo menos intenso. No obstante, a nivel sensorial, no hubo preferencia significativa por ninguna de las muestras procesadas bajo las diferentes condiciones estudiadas. Además, VC y  $\beta$ -caroteno (BC) se preservaron mejor en estas condiciones. A su vez, trabajar en estas condiciones supuso una reducción significativa, de hasta un 75%, en el consumo de energía total durante el secado, debido a la reducción del tiempo del proceso. La velocidad de congelación no tuvo impacto significativo sobre ninguna de las propiedades evaluadas. Por tanto, las condiciones recomendadas para el secado por liofilización de manera que se maximice la preservación de compuestos bioactivos, con un menor consumo de energía, y que proporcionen un snack con propiedades estructurales interesantes, percibido como un producto crujiente por los consumidores, son 5 Pa de presión y 50 °C como temperatura de bandeja. Por último, en este trabajo se ha evaluado la estabilidad física (color, humedad, actividad del agua, textura, higroscopicidad), de los compuestos bioactivos (VC, BC, TP) y de la actividad antioxidante del snack almacenado en bolsas zip, a 4 y 20 °C, durante seis meses, simulando condiciones domésticas de almacenamiento. Como resultado, se observó una cierta ganancia de humedad de la muestra, con la consecuente pérdida en porosidad y carácter crujiente a partir de los 2 meses. Asimismo, la luminosidad del snack almacenado a 20 °C disminuyó pasados 2 meses, probablemente debido a las reacciones de pardeamiento, que incluyen la degradación de la VC (20%). BC sufrió una gran disminución, desde el principio del almacenamiento y más cuanto mayor fue la temperatura. Por lo tanto, para este producto se recomienda un almacenamiento en refrigeración para una mejor preservación de los compuestos bioactivos.