

## Optimización de los procesos de pre-cocción y congelación de vegetales crucíferos: calidad e inactivación enzimática.

Zaritzky, Noemí

Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA- UNLP- CONICET-CIC). Facultad de Ingeniería. Univ. Nacional de La Plata. Dirección de e-mail: Dirección de e-mail: zaritzkynoemi@gmail.com

Dentro de la familia de las Brassicaceae conocidas comúnmente como crucíferas se encuentra una gran cantidad de especies que poseen efectos benéficos para la salud por ser alimentos ricos en fibra, contener compuestos antioxidantes como los polifenoles, ácido ascórbico y sustancias como glucosinolatos con efectos anticancerígenos. Los vegetales pre-cocidos congelados constituyen un segmento importante del mercado de los alimentos denominados listos para su consumo ("Ready to eat"). Estos vegetales contienen enzimas como peroxidasa (POD) y lipoxigenasa (LOX), las cuales deben inactivarse térmicamente durante la pre-cocción, ya que POD oxida diversos sustratos y LOX está asociada a modificaciones indeseables de olor y sabor. Para predecir y optimizar los tiempos de pre-cocción y determinar los tiempos de congelación a nivel industrial, la simulación computacional de los procesos de transferencia de energía constituye una herramienta fundamental y de gran utilidad.

Esta disertación está basada en trabajos de modelado matemático de procesos de transferencia de energía y medición de atributos de calidad en *Brassica oleracea* (*Repollitos de Bruselas*) realizados por nuestro grupo de investigación, en el cual tienen una activa participación el Lic. John Perez y la Dra V. Santos.

Se presentan los resultados de la determinación experimental y el modelado matemático de las cinéticas de inactivación de las isoenzimas termolábiles y termo-resistentes de POD y LOX y las correspondientes energías de activación. El proceso térmico de pre-cocción se simuló resolviendo las ecuaciones diferenciales a derivadas parciales que representan la transferencia de energía en estado no estacionario utilizando el método de elementos finitos. El vegetal fue asimilado a un sólido de revolución cuyo contorno irregular se obtuvo a través de imágenes digitales que fueron luego importadas al mallador. Se alimentaron al modelo computacional las propiedades termofísicas del producto y coeficientes de transferencia de energía en interfase y se obtuvieron las historias térmicas en los distintos puntos del vegetal. Las historias térmicas fueron acopladas a las cinéticas bifásicas de inactivación térmica de ambas enzimas. Esto permitió calcular a cada tiempo y en distintos puntos del vegetal la actividad enzimática residual después del calentamiento. Integrando estos resultados en todo el volumen del vegetal se determinaron las concentraciones residuales medias enzimáticas en el dominio del alimento.

Se simuló además numéricamente el proceso de congelación del vegetal considerando para este caso, las propiedades termofísicas varían con la temperatura debido a la cantidad de hielo formado. Se adoptaron como variables en la ecuación diferencial la entalpía volumétrica y la función de Kirchhoff. El calor específico aparente que incluye la entalpía de cambio de fase durante la congelación fue determinada por Calorimetría diferencial de barrido.

Los modelos numéricos de transferencia de energía para las etapas de precocción y de congelación se validaron con resultados experimentales de historias térmicas para ambas etapas del proceso. Los vegetales fueron sometidos a calentamiento en agua y posteriormente congelados en túnel. Las historias térmicas dentro del producto fueron obtenidas mediante termocuplas conectadas a un equipo de adquisición de datos. Las predicciones numéricas concordaron satisfactoriamente con los resultados experimentales de las historias térmicas. La optimización del proceso de pre-cocción fue

asociada a factores de calidad del vegetal .Se relacionó el efecto de la actividad enzimática residual después de la pre-cocción con los cambios de textura, color y contenido de ácido ascórbico, en la zona interna (apical) y en la capa exterior del vegetal congelado y almacenado durante 4 meses a -20 °C. Se observó que en el caso de tiempos cortos de pre-cocción a alta temperatura (3 minutos-90°C) se produjo una reactivación enzimática de POD después de la congelación y almacenamiento congelado que condujo al pardeamiento indeseable del vegetal en la zona apical así como una disminución del contenido de Vitamina C. Esto permitió optimizar el tratamiento térmico extendiendo los tiempos de pre-cocción para poder obtener un producto congelado y almacenado de buena calidad. Los resultados se complementaron con evaluación sensorial de aceptabilidad global del producto.