

Título de la Tesis: "Diseño de secaderos de productos frutihortícolas"

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Ratti, Cristina

Director: Dr. Guillermo Crapiste

## Resumen

El diseño de secaderos de productos frutihortícolas resulta un problema muy complejo. En principio, es indispensable conocer en forma segura las propiedades de los materiales, en especial las características fisicoquímicas, cinéticas y de equilibrio de los alimentos, y su variación con el contenido de agua y las condiciones de secado. Por otro lado, se requieren modelos o expresiones que predigan correctamente estas propiedades con el fin de tener una representación continua de las mismas. Además, los balances macroscópicos en el lecho de secado deben sobrellevar de alguna forma, el problema de encogimiento que sufren los materiales biológicos durante la deshidratación. Por último, se debe prestar especial atención a la resolución numérica de dichos balances ya que la alta no-linealidad del sistema obtenido, desestabiliza frecuentemente la solución del mismo.

En este trabajo fueron explorados todos aquellos aspectos relacionados al diseño de secaderos aplicado a alimentos, con el fin de predecir en forma realista la deshidratación en lechos. En

Título de la Tesis: "Diseño de secaderos de productos frutihortícolas"

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Ratti, Cristina

Director: Dr. Guillermo Crapiste

principio se desarrolló un programa de cálculo psicrométrico, de suma utilidad en la evaluación de las condiciones y propiedades del aire en el secadero. En cuanto a los productos frutihortícolas, se estudiaron tópicos relacionados al equilibrio sorcional, encogimiento de partículas durante la deshidratación, propiedades térmicas y coeficientes de transporte, y en especial la cinética de secado.

Se formuló una expresión de equilibrio no-isotérmica que predice correctamente el efecto de la temperatura y el contenido de agua. La misma fue probada frente a datos experimentales de sorción de diversos productos alimenticios para lo que se realizaron rigurosos test de consistencia y estadísticos, con el objetivo de comparar la ecuación propuesta con otras existentes en la literatura. Pudo concluirse que la misma es la mejor correlación para representar los datos experimentales que se utilizaron.

Se utilizaron dos equipos experimentales con el objeto de obtener datos de cinética y encogimiento : uno para partículas individuales y otro escala piloto para lecho fijo de partículas,

Título de la Tesis: "Diseño de secaderos de productos frutihortícolas"

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Ratti, Cristina

Director: Dr. Guillermo Crapiste

tipo batch y con flujo de aire a través del lecho. Ambos equipos se describen en el Capítulo III.

Se estudió en forma experimental el encogimiento de partículas individuales en función del contenido de agua y las variables de secado. Fue observado que la variable que más afecta a este fenómeno es la velocidad del aire, probablemente por la influencia que la misma tiene sobre la relación de resistencias a la transferencia de masa y los perfiles internos de humedad. Además se verificó que la relación área/volumen de la partícula, de gran importancia en el diseño de secaderos, es sólo función del contenido de agua, la geometría y el producto que se deshidrata, y prácticamente independiente de las condiciones de operación.

También se realizaron experiencias en lechos de partículas. Se encontró que la relación volumen de lecho/volumen inicial es mucho menos dependiente de la geometría y las variables de secado, que la porosidad de lecho. Para esta última variable se constató una fuerte funcionalidad con el contenido de agua. Sin embargo es frecuente encontrar en la literatura, ecuaciones de diseño con porosidad de lecho constante e igual a la inicial y encogimiento

Título de la Tesis: "Diseño de secaderos de productos frutihortícolas"

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Ratti, Cristina

Director: Dr. Guillermo Crapiste

despreciable.

En cuanto al modelamiento del encogimiento de partículas, se desarrolló una expresión para representar este fenómeno basada en principios de transferencia de masa, en función del contenido de agua y el número de Biot masa. Esta expresión explica razonablemente los fenómenos observados experimentalmente y permite a su vez, predecir la porosidad del lecho en función del contenido de agua medio.

La cinética de secado requiere especial atención en el modelo de diseño. Se obtuvo una ecuación semi-empírica que representa la cinética de deshidratación de productos frutihortícolas, basada en un parámetro generalizado  $\Phi$ , el cual resulta independiente de las condiciones de secado, la geometría y el alimento con que se trabaja. Dicha independencia pudo demostrarse teórica y experimentalmente. La concordancia entre los resultados obtenidos con esta ecuación, frente a datos experimentales de secado resultó muy buena, tanto en la representación de la cinética como de los perfiles temporales de la temperatura de la partícula.

Título de la Tesis: "Diseño de secaderos de productos frutihortícolas"

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Ratti, Cristina

Director: Dr. Guillermo Crapiste

El planteo de los balances macroscópicos diferenciales que representan el diseño de un secadero de productos frutihortícolas, se realizó en coordenadas móviles que siguen el encogimiento, con lo que se evitaron los problemas que surgen de trabajar en coordenadas fijas para este tipo de sistemas. En estas ecuaciones de diseño fueron incluidos todos los modelos para las propiedades del aire y del alimento descriptos previamente. Cabe mencionar que los mismos se determinaron acorde a experiencias a simple escala, por lo que el diseño resulta totalmente predictivo e independiente de experimentación a escala piloto. Por otro lado, es necesario puntualizar que se resolvió la variación temporal y espacial de las cuatro variables (contenido de agua, temperatura del sólido, humedad y temperatura del aire) involucradas en los balances, lo cual no es frecuente encontrar en la literatura. El sistema de ecuaciones resultante se resolvió por el método de líneas utilizando la rutina numérica GEAR para las derivadas temporales. La estimación del modelo frente a datos experimentales resultó excelente.