

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
DEPARTAMENTO DE QUIMICA E INGENIERIA QUIMICA
PLANTA PILOTO DE INGENIERIA QUIMICA

Tesis presentada a la Escuela de Graduados como
requisito parcial para la obtención del grado de
Doctor en Ingeniería Química

DOR

Guillermo Héctor Crapiste

"FUNDAMENTOS DE LA DESHIDRATACION DE PRODUCTOS
ALIMENTICIOS"

Un análisis teórico y experimental de la
deshidratación de materiales celulares

664.34
C12 84

Tesis
Draping
1/2
1/30 1985

Junio 1985
Bahía Blanca, Argentina

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento al Dr. Enrique Rotstein por su permanente interés en este trabajo y por toda la ayuda y estímulo brindadas durante el desarrollo del mismo. También deseo hacer extensivo ese reconocimiento al Ing. Martín Urbicain y al Dr. Stephen Whitaker por su contribución a través de importantes sugerencias y discusiones.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y la Planta Piloto de Ingeniería Química me han brindado el apoyo económico y material necesario para posibilitar el desarrollo de esta investigación.

Además, quiero agradecer a todo el personal de PLAPIQUI que de una u otra forma ha contribuido a la realización de este trabajo. En especial debo mencionar al grupo de Ingeniería de Alimentos, tanto por su permanente colaboración como por su valiosa amistad.

Finalmente, deseo manifestar mi más profundo agradecimiento a mi familia, particularmente a mi esposa, por su invalorable apoyo y comprensión.

RESUMEN

Se estudia el equilibrio sorcional y la cinética de la deshidratación de productos frutihortícolas. Para ello se consideran la naturaleza multifásica de la estructura celular, los distintos mecanismos que se presentan para el transporte y la retención de agua, y los cambios estructurales que se producen en el material durante el proceso.

Se presenta una correlación semiempírica que representa el equilibrio sorcional de productos alimenticios en todo el rango de contenidos de agua y describe adecuadamente la dependencia con la temperatura. Además, se obtiene un método totalmente predictivo que propone la evaluación del contenido de agua de equilibrio como suma de la contribución de las distintas fases y que compara aceptablemente con resultados experimentales.

Se desarrollan las ecuaciones fundamentales que constituyen una base para la utilización del método del promedio volumétrico en el tratamiento de problemas de transporte en sistemas multifásicos complejos. Estos conceptos se utilizan para desarrollar una teoría completa para la transferencia de masa durante la deshidratación de materiales celulares en la etapa en que prevalece la estructura celular.

Se desarrolla un esquema que permite la predicción teórica del coeficiente efectivo de transporte en términos de la composición del material, las propiedades de las fases individuales y la permeabilidad de las membranas, el cual se resuelve para algunos modelos geométricos simples.

Se analiza el caso de transporte y encogimiento unidimensional y se resuelve numéricamente el problema. Las predicciones del modelo se comparan con datos experimentales de deshidratación con resultados satisfactorios en el rango de aplicabilidad de la teoría.

INDICE GENERAL

CAPITULOS	Página
I. INTRODUCCION	1
1.1 El agua y la estructura celular	4
1.2 Efectos de la deshidratación	10
1.3 Deshidratación de tejidos celulares	12
II. EQUILIBRIO SORCIONAL	15
2.1 Introducción	15
2.2 Experimental	17
2.3 Algunas correlaciones existentes	23
2.4 Equilibrio sorcional a diferentes tempe- raturas	28
2.4.1 Una nueva correlación	28
2.4.2 Resultados y discusión	32
2.4.3 Conclusiones	40
2.5 Predicción del equilibrio sorcional	40
2.5.1 Teoría	41
2.5.2 Resultados y discusión	51
2.5.3 Conclusiones	57
III. EL METODO DEL PROMEDIO VOLUMETRICO	59
3.1 Introducción	59
3.2 Ecuación de transporte promediada sobre el volumen	61
3.3 Esquema de cierre	70
3.4 Difusión y reacción en medios porosos	75
3.5 Conclusiones	99

	Página
IV. DESHIDRATACION DE MATERIALES CELULARES:	
TRANSPORTE DE MASA.....	100
4.1 Introducción	100
4.2 Ecuación de transporte para el material no acuoso	103
4.3 Ecuación de transporte para el agua	107
4.4 Transporte total de agua	115
4.5 Encogimiento	123
4.6 Conclusiones	128
V. PROPIEDADES DE TRANSPORTE	130
5.1 Propiedades de las fases individuales	130
5.1.1 Densidad y fracciones volumétri- cas	132
5.1.2 Coeficientes de conductividad má- sica y permeabilidad	141
5.2 Predicción del coeficiente efectivo de transporte	148
5.2.1 Modelos en una dimensión	149
5.2.2 Modelos en dos dimensiones	154
5.2.3 Resultados y discusión	160
VI. RESULTADOS NUMERICOS Y EXPERIMENTALES	167
6.1 Transporte isotérmico unidimensional	167
6.2 Experimental	171
6.3 Resultados y discusión	173
VII. CONCLUSIONES	185
APENDICES	
A. FLUJOS DIFUSIVOS	187

	Página
B. ESQUEMA DE CIERRE	195
B.1 Ecuación de transporte para las des- viaciones espaciales	195
B.2 Condiciones de borde para las des- viaciones espaciales	199
B.3 Esquema de cierre para las desvia- ciones espaciales	203
C. SOLUCIONES NUMERICAS	214
C.1 Problema de cierre-modelo bidimensio- nal	214
C.2 Problema de secado unidimensional	219
D. PROGRAMAS	223
LISTA DE TABLAS	235
LISTA DE FIGURAS	236
NOMENCLATURA	239
REFERENCIAS	246
PUBLICACIONES	257