

## OPERACIONES UNITARIAS II

Facultad: FCEyN

Duración: cuatrimestral

Materias correlativas: Físicoquímica de Alimentos, Operaciones Unitarias I

**Unidad 1:** Operaciones con transferencia de calor. Métodos de calefacción/enfriamiento directos e indirectos. Aplicaciones de la transferencia de calor en el procesamiento de alimentos. Cálculo del calor a intercambiar. Cálculo de la superficie de transferencia requerida. Resistencias a la transferencia de calor. Ensuciamiento. Intercambiadores de calor (doble tubo, carcasa y tubos, compactos). Problemas de dimensionamiento, verificación, rendimiento y operación de intercambiadores de calor. Método de la diferencia de temperatura medio- logarítmica. Recta de operaciones. Número de unidades de transferencia. Método de la eficiencia. Componentes de un sistema de refrigeración. Cálculo de caudal de refrigerante y potencia del compresor.

Operaciones con transferencia de materia. Transferencia de materia: principios generales, resistencias, etapas controlantes. Régimen estacionario. Régimen no-estacionario. Equipos que operan en forma discontinua, semicontinua y continua. Tipos de equipo: contactado continuo y multietapas. Relación de operaciones. Unidades de transferencia. Etapas ideales. Problemas de dimensionamiento, verificación, rendimiento y operación. Aplicación a ejemplos sencillos: absorción, desorción, extracción con transferencia de materia poco apreciable.

**Unidad 2:** Operaciones de concentración de soluciones y suspensiones. Evaporación: generalidades. Elevación del punto de ebullición. Dimensionamiento de evaporadores: simple efecto y efectos múltiples. Consumo de vapor. Equipos: distintos tipos de evaporadores, ventajas y desventajas, usos. Efecto de la operación en los alimentos. Condensadores. Osmosis inversa: fundamentos y mecanismos. Aplicaciones y equipos. Efecto en los alimentos. Ventajas y desventajas frente a la evaporación.

**Unidad 3:** Operaciones de deshidratación de sólidos. Psicrometría; conceptos básicos. Diagrama psicrométrico. Sistema aire-agua. Actividad de agua: concepto termodinámico. Sistema aire húmedo-sólido húmedo: isothermas de adsorción y de desorción. Influencia de la actividad de agua en la estabilidad de los alimentos. Modelos de adsorción. Secado: definición y principios generales. Mecanismos de transferencia durante el secado: transferencia simultánea de calor y materia. Curvas de secado. Factores que afectan la velocidad del secado según el período. Predicción del tiempo de secado. Período de velocidad de secado constante. Períodos de velocidad de secado decreciente.

Balances de masa y energía durante el secado. Aplicaciones y equipos, ventajas y desventajas. Costos relativos y consumo energético. Efecto del secado en los alimentos.

**Unidad 4:** Operaciones con formación de núcleos cristalinos. Cristalización: fundamentos. Diagramas de equilibrio. Soluciones, soluciones saturadas y soluciones sobresaturadas. Grado de sobresaturación. Soluciones metaestables. Etapas durante la cristalización: nucleación y crecimiento de cristales. Relación del tamaño del cristal con las velocidades de nucleación y crecimiento. Aplicaciones en la tecnología de los alimentos. Equipos de cristalización.

**Unidad 5:** Operaciones de extracción con solventes. Sistemas ternarios. Diagramas triangulares. Extracción sólido-líquido. Equipos de contactado continuo y multietapas. Modelo de sólido. Extracción en régimen no-estacionario. Cartas de Gurney - Lurie. Extracción en régimen estacionario. Sólido embebido. Curva de retención. Cantidad mínima de solvente. Etapa real. Etapa ideal. Equipos multietapas: corrientes cruzadas y contracorriente. Eficiencia. Aplicaciones en la tecnología de los alimentos. Equipos de extracción.

**Unidad 6:** Operaciones de destilación. Separación de mezclas líquidas por destilación. Sistemas binarios y multicomponentes. Fundamentos de la destilación. Destilación de equilibrio. Destilación diferencial discontinua. Destilación por arrastre con vapor. Cálculo del caudal de vapor de arrastre y del caudal de vapor calefactor. Rectificación. Rectas de operaciones. Número de etapas ideales y número de etapas reales. Aplicaciones en la tecnología de los alimentos y equipos de destilación.

**Unidad 7:** Operaciones mecánicas de conversión. Reducción de tamaño. Molienda de sólidos y desintegración de sustancias fibrosas. Requerimientos energéticos. Efectos sobre los alimentos. Equipos: características, selección y aplicaciones. Tamizado. Escalas de tamices. Tamices industriales. Aplicación en la industria alimentaria. Agitación y mezcla. Modelos de flujo en tanques agitados. Consumo de potencia. Correlación de potencia. Consumo de potencia con fluidos no-newtonianos. Dimensionamiento de agitadores. Equipos y aplicaciones. Mezclado de sólidos y pastas. Criterios de eficiencia de un mezclador. Tipos de mezcladoras y aplicaciones. Emulsificación. principios generales. Mezcladoras homogeneizadoras y molinos coloidales. Aplicaciones en la industria de los alimentos.

**Unidad 8:** Operaciones de separación mecánicas. Filtración: principios generales. Tortas de filtración compresibles e incompresibles. Resistencias del medio filtrante y de la torta. Filtración a presión constante y a velocidad constante. Filtración al vacío. Equipos de filtrado por presión y por vacío. Equipos, medios filtrantes, coadyuvantes de filtración y aplicaciones. Centrifugación: principios

generales. Velocidad de sedimentación en centrífugas. Separación de líquidos inmiscibles, clarificación, separación de lodos, separación sólido líquido. Equipos de centrifugación y aplicaciones en la industria alimentaria. Transporte neumático y separadores ciclónicos para gas-sólido. Sedimentación: principios generales. Sedimentación frenada, sedimentación libre y sedimentación diferencial. Método de hundimiento y flotación. Métodos de sedimentación diferencial. Equipos y aplicaciones en la industria de alimentos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Brennan J.G., Butters J.R., Cowell N.D., Lilly A.E.V. (1980, 1998). Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos (3ra. Ed.). Acribia.

Fellows P. (1997). Food Processing Technology. Principles and Practice. Woodhead Publishing Limited. Acribia, 1994 (v. en castellano: Tecnología del Procesado de los Alimentos)

Singh R.P., Heldman D.R. (2001, 2003). Introduction to Food Engineering. Academic Press, 3rd Ed.

Singh R.P., Heldman, D.R. (1997) Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Acribia.

Earle R.L. (1992). Ingeniería de los Alimentos. Acribia.

McCabe W., Smith J.C., Harriott P. (2007). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química (7ma. Ed.). Mc Graw Hill.

Geankoplis C.J. (2006). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias (4ta. Ed.). CECSA.

Rousseau R.W. (1987). Handbook of Separation Process Technology. John Wiley & Sons.

Treybal R.L. (1980) Operaciones de Transferencia de Masa. Mc Graw-Hill.

Perry R.H., Green D. (1984). Perry's Chemical Engineering Handbook, (6th Ed.). Mc Graw-Hill.