

Plan 280 Ing. Agrónomo

Asignatura 22304 INGENIERIA DE ALIMENTOS

Grupo 1

### Presentación

Ingeniería de los procesos de preparación, acondicionamiento, transformación y conservación de los productos alimentarios.

### Programa Básico

#### PROGRAMA DE TEORÍA:

- Tema 1. Las Industrias Agrarias y Alimentarias y sus procesos
- Tema 2. Operaciones Básicas: Definiciones y Objetivos
- Tema 3. Conceptos Básicos y Análisis de las Operaciones Básicas
- Tema 4. Balances de materia
- Tema 5. Balances de energía
- Tema 6. Introducción a los Fenómenos de transporte
- Tema 7. Intercambio de calor en régimen estacionario
- Tema 8. Intercambio de calor en régimen no estacionario
- Tema 9. Evaporación
- Tema 10. Secado y Liofilización
- Tema 11. Filtración
- Tema 12. Sedimentación por gravedad y centrífuga
- Tema 13. Fundamentos del contacto entre fases
- Tema 14. Destilación
- Tema 15. Extracción sólido – líquido

#### PROGRAMA DE PRÁCTICAS:

##### Prácticas de Aula

- Resolución de problemas de balances de materia.
- Resolución de problemas de balances de energía.
- Resolución de problemas de transporte de calor por conducción, convección y mecanismos combinados en régimen estacionario.
- Resolución de problemas de intercambiadores de calor.
- Resolución de problemas de procesos de filtración
- Resolución de problemas de cálculo de equipos de sedimentación
- Resolución de problemas de cálculos de evaporadores
- Resolución de problemas de cálculos de tiempo de secado

##### Prácticas de Laboratorio y análisis de resultados en aula de informática

- Práctica 1: Estudio del secado por aire caliente de productos alimentarios.
- Práctica 2: Estudio de filtración Determinación de la resistencia específica de la torta y del medio filtrante. Estudio de la compresibilidad de la torta.

##### Práctica de Campo:

- Visita a una fábrica azucarera
- Visita a una fábrica de café soluble

### Objetivos

#### OBJETIVOS GENERALES

Esta asignatura recoge los conocimientos básicos de la formación del Ingeniero Agrónomo en su perfil de ingeniero experto en industrias agroalimentarias. Con ella se pretende aportar al alumno conocimientos generales y básicos relacionados con los procesos de preparación, acondicionamiento, transformación y conservación de productos.

El futuro ingeniero debe ser capaz de conocer el cómo y el por qué de los equipos y procesos, así como de diseñar, desarrollar y hacer funcionar equipos y procesos mejores que los existentes. Para conseguir este fin, se procederá al estudio de las operaciones básicas u operaciones unitarias en que se puede descomponer todo proceso agroindustrial, al objeto de poder plantear una forma de estudio que sea sistemática y por lo tanto, más eficiente y general.

Se dará un enfoque ingenieril a la asignatura. Con esto queremos indicar que se aportarán las herramientas de cálculo y dimensionado de los equipos involucrados en las diferentes operaciones estudiadas. Los modelos y ecuaciones de cálculo se extraerán fundamentalmente de los balances de materia y energía, las ecuaciones de equilibrio, y las ecuaciones cinéticas derivadas del estudio de los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, materia y energía.

Al terminar el curso, el alumno deberá tener una visión general de las tecnologías de las industrias de alimentos, deberá conocer las operaciones básicas y sus fundamentos y habrá de ser capaz de calcular los equipos en que se llevan a cabo dichas operaciones a escala industrial.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar al alumno cómo son los procesos básicos que se llevan a cabo en las industrias agrarias y alimentarias destacando el entorno, estructura y peculiaridades propias de ese tipo de industrias y de los productos que maneja.
- Introducir el concepto de Operación Unitaria como base para la sistematización del estudio de los procesos globales.
- Clasificar las diferentes Operaciones Unitarias en función de los fenómenos de transporte que intervienen.
- Entender los objetivos perseguidos en la industria agroalimentaria con las distintas operaciones básicas y sus aplicaciones más importantes.
- Establecer los principios fundamentales del análisis de las operaciones básicas: los balances macroscópicos de materia y energía, los equilibrios mecánico, térmico e interfásico y la cinética de los distintos procesos.
- Presentar al alumno el concepto de fenómeno de transporte como fundamento de casi todas las operaciones de procesado e introducir las ecuaciones de variación de las tres propiedades: cantidad de movimiento, materia y energía, bajo distintos regímenes de funcionamiento de los sistemas de procesado.
- Describir las propiedades físicas de los alimentos que determinan las constantes cinéticas de los fenómenos de transporte (conductividad térmica y difusividad térmica y molecular y viscosidad) y sus valores característicos.
- Estudiar las ecuaciones de diseño y dimensionado de los equipos que se utilizan para cada operación a partir de las variables termodinámicas y cinéticas que lo controlan haciendo hincapié en la forma y grado de influencia de las diferentes variables que intervienen en las mismas.
- Describir los equipos más utilizados en cada operación, haciendo especial hincapié en las ventajas e inconvenientes de su aplicación.
- Conocer los protocolos de optimización de los procesos para alcanzar los efectos perseguidos con la mínima pérdida de calidad posible en el producto procesado y al mínimo coste posible.

## Programa de Teoría

### BLOQUE I: INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

#### Tema 1. Las Industrias Agrarias y Alimentarias y sus procesos

La industria agroalimentaria: Evolución histórica, Características, clasificación, objetivos, esquema general – Proceso Industrial Agroalimentario: Definición de proceso, características de procesos agroalimentarios, diagramas de flujo.

#### Tema 2. Operaciones Básicas: Definiciones y Objetivos

Clasificación de las O.B en función del fenómeno de transferencia controlante – Definición y Objetivos de las Operaciones Básicas

#### Tema 3. Conceptos Básicos y Análisis de las Operaciones Básicas

Clasificación de las O.B. en función de su dependencia con el tiempo. Operaciones continuas, semicontinuas y discontinuas – Clasificación de las O.B. en función de la forma de contacto entre fases inmiscibles – Clasificación de

#### Tema 4. Balances de materia

Introducción – Definiciones y conceptos previos – Balances globales de materia: Régimen estacionario y no estacionario – Balances de materia individuales: Régimen estacionario y no estacionario – Realización de los balances de materia.

#### Tema 5. Balances de energía

Introducción – Conceptos generales y terminología – Ecuación general de los balances de energía – Formas de energía – Balances de energía a un sistema cerrado y abierto – Balances de energía mecánica – Balances de entalpía: Balances en régimen estacionario y no estacionario. Propiedades del sistema agua-vapor de agua – Propiedades de los sistemas aire-vapor de agua los sistemas aire-agua

#### Tema 6. Introducción a los Fenómenos de transporte

Introducción – Fenómenos de transporte: Definición – Mecanismos de transporte: Mecanismos de circulación de fluidos. Experimento de Reynolds – Ecuaciones cinéticas de transporte molecular: Leyes de Newton, de Fick y de Fourier – Ecuaciones cinéticas del transporte convectivo: Teoría de la capa límite. Transporte de calor por convección. Transferencia de materia por convección. Transporte turbulento de cantidad de movimiento.

### BLOQUE II: OPERACIONES DE CONSERVACIÓN

#### Operaciones de intercambio de calor

##### Tema 7. Intercambio de calor en régimen estacionario

Introducción – Mecanismos de transmisión de calor – Transmisión de calor por conducción en régimen estacionario: Integración de la ecuación de Fourier para diferentes geometrías. Resistencia térmica. Conducción en paredes compuestas – Transmisión de calor por convección: Cálculo de coeficientes de película – Cambiadores de calor: Coeficiente global de transferencia de calor. Cálculo de cambiadores de calor. Eficacia de un intercambiador de calor. Recuperación de calor. Principales equipos de intercambio de calor y sus aplicaciones

##### Tema 8. Intercambio de calor en régimen no estacionario

Ley general de Fourier en régimen no estacionario. Difusividad térmica. Importancia relativa de las resistencias interna y externa a la transmisión de calor: N° de Biot. Soluciones analíticas en transferencia unidireccional para diferentes geometrías infinitas. Soluciones analíticas simplificadas. Soluciones gráficas

#### Operaciones de reducción de la actividad del agua

##### Tema 9. Evaporación

Introducción y Aplicaciones – Conceptos generales: Esquema general de un evaporador. Coeficiente global de transferencia de calor, propiedades del vapor de agua, propiedades del producto a evapora., Operación a vacío – Cálculo de un evaporador de simple efecto – Cálculo de Evaporadores de múltiple efecto – Equipos de evaporación. Aplicaciones.

##### Tema 10. Secado y Liofilización

Introducción – Estado del agua en los alimentos. Actividad del agua – Mecanismos de deshidratación térmica: Períodos de secad., Tiempos de secado – Efecto del secado sobre los alimentos – Equipos de secado: Secaderos de aire caliente o de calefacción directa. Secaderos por conducción o de calefacción indirecta – Liofilización: Introducción. Fundamentos de la liofilización. Fases del proceso. Equipos e instalaciones

### BLOQUE III: OPERACIONES DE PREPARACIÓN ACONDICIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN

#### Operaciones de Separación mecánica

##### Tema 11. Filtración

Introducción – Conceptos Generales – Mecanismos de filtración – Fundamentos de la filtración con torta: Ecuación cinética del proceso. Formas de operación en filtración – Tortas incompresibles: Filtración a Presión constante y filtración a caudal constante. Tortas compresibles – Lavado de la torta – Optimización de los ciclos de filtración – Medios filtrantes y coadyuvantes de filtración – Equipos de Filtración – Aplicaciones en la Industria Alimentaria.

## Tema 12. Sedimentación por gravedad y centrífuga

Introducción – Fundamentos: Velocidad de caída límite, coeficiente de rozamiento. Reynolds de partícula, Ley de Stokes, Intermedia y de Newton – Sedimentación por gravedad: Diseño, equipos y aplicaciones – Sedimentación centrífuga: Coeficiente de amplificación centrífuga, diseño, equipos y aplicaciones – Separación por fuerzas combinadas: Ciclones

Operaciones de separación por contacto entre fases

## Tema 13. Fundamentos del contacto entre fases

Introducción – Clasificación de las operaciones de transferencia de materia – Terminología y símbolos – Condiciones de equilibrio – Cinética de los procesos de transferencia de materia entre fases – Sistemas de contacto entre fases – Cálculo del número de etapas por contacto en equilibrio: Ecuación de operación, Método analítico y método gráfico de McCabe-Thiele, Eficacia de las etapas. – Separación por contacto continuo entre fases. Aplicaciones generales

## Tema 14. Destilación

Introducción y aplicaciones generales – Equilibrios líquido – vapor: Presión parcial, Diagramas de equilibrio, Volatilidad relativa, Mezclas azeotrópicas – Destilación súbita (flash) – Destilación diferencial – Destilación por arrastre de vapor – Rectificación

## Tema 15. Extracción sólido – líquido

Introducción – Mecanismo de la extracción sólido-líquido: Cinética del proceso – Cálculo del número de etapas teóricas de contacto: Condiciones de equilibrio, Retención de disolución por parte de los sólidos, Ecuación de operación, Eficacia de las etapas – Lavado de sólidos – Procesos continuos – Equipos y Aplicaciones – Extracción con fluidos supercríticos: Fundamentos y Aplicaciones

---

## Programa Práctico

### PRÁCTICAS DE AULA

Se plantearán supuestos prácticos relacionados con los contenidos impartidos durante las clases teóricas:

- Resolución de problemas de balances de materia.
- Resolución de problemas de balances de energía.
- Resolución de problemas de transporte de calor por conducción, convección y mecanismos combinados en régimen estacionario.
- Resolución de problemas de intercambiadores de calor.
- Resolución de problemas de procesos de filtración
- Resolución de problemas de cálculo de equipos de sedimentación
- Resolución de problemas de cálculos de evaporadores
- Resolución de problemas de cálculos de tiempo de secado

### PRÁCTICAS DE CAMPO

Se realizarán varias visitas a fábricas del sector alimentario. Como mínimo se hará una visita, aunque habitualmente se vienen realizando dos y esa es también la intención para el curso entrante. Dependerá, no obstante, de la disponibilidad de horario de los alumnos, de la profesora, así como de la disponibilidad de las fábricas a visitar.

Se visitarán industrias grandes, donde el alumno pueda ver gran número de las operaciones básicas presentadas en la asignatura.

Aunque la utilidad formativa de estas visitas se considera muy grande, la actividad se plantea como voluntaria para los alumnos.

Una de las visitas será a una azucarera: La de Olmedo o la de Peñafiel. Esta visita será un viernes (muy probablemente el 1 de Diciembre 2006, aunque está por confirmar)

Otra visita muy probable es a la fábrica de cafés solubles SEDA (Palencia). Esta fábrica presenta un gran interés, entre otras muchas cosas, por la posibilidad de ver una instalación de liofilización industrial, no muy frecuente en la industria alimentaria. Esta visita se hará en aquel horario que a la mayoría de los alumnos les venga bien.

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO / PLANTA PILOTO:

Balances de materia y energía. Estudio del secado por aire caliente de productos alimentarios.

- I: Obtención de datos experimentales.
- II: Análisis de resultados.

Práctica de filtración: Determinación de la resistencia específica de la torta y del medio filtrante. Estudio de la compresibilidad de la torta.

- I: Obtención de datos experimentales.
- II: Análisis de resultados.

Práctica de Intercambio de calor: Determinación del coeficiente global de transporte de calor. Estudio de la influencia de los caudales en dicho coeficiente. Comprobación de los balances de energía.

- I: Obtención de datos experimentales.
- II: Análisis de resultados.

La realización de la parte experimental de la práctica se llevará a cabo en el Taller 1 de las instalaciones de la Yutera. Se desarrollará en un solo día, en dos grupos de 10 alumnos. La realización de los cálculos y el análisis de resultados se llevará a cabo en el aula de informática de la ETSIIAA, a poder ser, al día siguiente de la obtención de los datos experimentales. De esta forma se pretende apoyar y orientar al alumno en el procesado de los datos.

La asistencia a prácticas es obligatoria pero la asistencia a la sesión de apoyo a prácticas en el aula de informática es, aunque conveniente, voluntaria.

## Evaluación

La calificación final se obtendrá a partir de la evaluación de dos aspectos del aprovechamiento del alumno (se indica el peso cuantitativo otorgado a cada aspecto para el cálculo de la nota final):

- 1. Evaluación de la actividad en aula (Teoría y problemas) ..... (90 %)
- 2. Evaluación de las Prácticas ..... (10 %)

Será necesario haber obtenido un APTO en prácticas (equivalente a un 5) para poder aprobar la asignatura.

### 1. Evaluación de la actividad en aula

Este apartado se subdivide a su vez en dos bloques que se evaluarán mediante la realización de dos ejercicios escritos que se celebrarán el mismo día, uno a continuación del otro (se indica el valor porcentual que se otorga a cada uno de ellos respecto al porcentaje total que este apartado tiene en la nota final, del 90%):

- 1.1 Examen de Problemas: Dos problemas a resolver .....(60 %)
- 1.2 Examen de Teoría: Varias cuestiones teórico - prácticas .....(40 %)

Para la resolución de los problemas del examen se podrá disponer de tres hojas, en las que se habrán anotado las fórmulas de aplicación que se considere más importante recordar y en las que únicamente se podrá identificar el significado de las variables. También se podrá disponer de las tablas y gráficas necesarias para la resolución de problemas, que serán las facilitadas por la profesora al comienzo de curso y que deberán estar sin texto ni alusiones a la resolución de problemas. Igualmente podrá disponerse de calculadora y papel milimetrado. No se podrá contar con problemas resueltos, libros, etc.

Para la realización del examen de teoría, y salvo indicación en contra, el alumno sólo podrá disponer de la calculadora.

En el examen de teoría se podrán incluir una o varias cuestiones de carácter teórico o teórico-práctico relativas a los contenidos aportados en las clases prácticas.

Para poder promediar la nota de los dos exámenes es necesario obtener en cada uno de ellos, al menos, la calificación de 4/10 y, en cada uno de los dos problemas a resolver, un mínimo de 2,5/10.

### 2. Evaluación de las prácticas

Las actividades prácticas de la asignatura consistirán en la realización de un cierto número de experiencias en laboratorio, planta piloto o aula de informática, así como en la realización de, al menos, una visita a una industria agroalimentaria.

## 2.1. Realización de la memoria de prácticas

La asistencia a las sesiones de prácticas de laboratorio y la entrega de todas las memorias correspondientes serán necesarias para aprobar este apartado e imprescindibles para aprobar la asignatura.

Finalizada una sesión de prácticas, cada grupo debe entregar al profesor una copia de los datos experimentales obtenidos.

La memoria de prácticas debe incluir:

- Número del grupo de prácticas
- Fecha de realización de la práctica
- Título de la práctica
- Objetivo de la práctica
- Material y equipos utilizados
- Datos experimentales obtenidos
- Cálculos y gráficas
- Resultados
- Respuesta a las cuestiones y comentarios.

Se evaluará la impresión general de claridad, orden y concisión de las memorias, la corrección de las representaciones gráficas, el tratamiento estadístico de los resultados, la corrección de las respuestas a las cuestiones, y el interés de los comentarios.

Las memorias serán corregidas por el/los profesores de prácticas y puntuadas, calculándose la media aritmética de las notas obtenidas en las diferentes prácticas. la nota de la memoria se asignará al grupo de alumnos responsable de su elaboración.

Todas las memorias “clónicas” se considerarán NO APTAS.

Si se aprueban las prácticas de la asignatura, la nota se guardará al menos durante dos cursos consecutivos. A partir del tercer curso el profesor decidirá sobre la necesidad de repetir las prácticas, en función de la evolución del programa de prácticas de la asignatura.

## 2.2 Fecha de entrega de memorias de prácticas

Para poder optar al examen de la asignatura deberá haberse entregado la memoria de prácticas. El momento último de recogida de memorias será el mismo día, y justo antes, del examen de la asignatura. Esto es válido tanto para la convocatoria de febrero como para la de septiembre.

## 2.3 Examen para alumnos que no han realizado las prácticas

Los alumnos que no hayan realizado las prácticas de la asignatura durante el curso, para poder optar al examen tendrán que realizar la memoria de prácticas partiendo de unos datos experimentales que el profesor les dejará a propósito en reprografía y en internet colgados de la asignatura. Además contestarán una serie de 3 – 5 cuestiones relativas a los temas de prácticas, en un examen específico de prácticas. Las memorias de prácticas, en la convocatoria de septiembre, se realizarán siempre de forma individualizada.

---

## Bibliografía

Aguado, J. (ed.), (1999) “Ingeniería de la Industria Alimentaria. Volumen 1: Conceptos Básicos”, Ed. Síntesis.

Rodríguez, F. (ed.), (2002) “ Ingeniería de la Industria Alimentaria, Volumen II: Operaciones de procesado de alimentos” Ed. Síntesis, Madrid.

Rodríguez, F. (ed.), (2002) “ Ingeniería de la Industria Alimentaria. Volumen III: Operaciones de conservación de alimentos” Ed. Síntesis, Madrid.

Singh, R. P., Heldman, D. R. (1998); "introducción a la Ingeniería de los Alimentos", Ed. Acribia. Zaragoza.

Singh, R.P., Heldman, D. (2001)"Introduction to Food Engineering". 3rd Edition. Academic Press, New York.

Calleja, G. (ed.) y col. (1999) “Introducción a la Ingeniería Química”. Ed. Síntesis, Madrid.

Mafart, P. (1994) “Ingeniería Industrial Alimentaria” (2 volúmenes). Ed: Acribia, S.A. Zaragoza.

---

---

Tarrazó, J., (1996) "Introducción a las operaciones básicas en la Ingeniería de los alimentos", Ed: Universidad Politécnica de Valencia. Dpto. Tecnología de los Alimentos

Brenan, J.G. et al., (1980) "Las operaciones en la Ingeniería de los Alimentos", Ed: Acribia S.A., Zaragoza.

Earle, R.L. (1988) "Ingeniería de los Alimentos" 2ª edición. Ed: Acribia, S.A. Zaragoza.

Doran, P.M. (1998). "Principios de Ingeniería de los bioprocesos" Editorial Acribia. Zaragoza.

Felder, R., Rousseau, R. (1999) "Elementary Principles of Chemical Process". Ed John Wiley & Sons, Nueva York

Hermida Bun, J.R.; (2000) "Fundamentos de ingeniería de procesos agroalimentarios". Ed. Mundi Prensa, Madrid

Fellows, P., (1993) "Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas". Ed: Acribia, S.A..

Ibarz, A.; Barbosa-Cánovas, G. (1999) "Operaciones Unitarias en la Ingeniería de los alimentos". Ed Technomic, Pennsylvania, USA

Ibarz, A.; Barbosa-Cánovas, G. (2005) "Operaciones Unitarias en la Ingeniería de los alimentos". Ed. Mundi Prensa. Madrid

Mc Cabe, W.L., Smith, J., Harriot, P. (1991) "Operaciones Básicas en la Ingeniería Química." Editorial Mc Graw Hill, Madrid.

Fryer, P.J.; Pyle, D.L.; Rielly, C.D. (1997) "Chemical Engineering for the Food Industry". Blackie A & P, London.

Toledo, R.T. (1999). "Fundamentals of Food Process Engineering". Van Nostrand Reinhold, New York

Libros de problemas (aunque la mayoría de los textos anteriores también incluyen interesantes problemas, algunos resueltos y otros no, en todos los capítulos):

Tarrazó, J. (1996). "Problemas de Operaciones Básicas". Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.

Valiente, A. (1997), "Problemas de Balances de Materia y Energía en la Industria Alimentaria". Ed. Limusa. México.

Lomas, M.C. (2002) "Introducción al cálculo de los procesos tecnológicos de los alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza.

Ocón, J., Tojo, G. (1986). "Problemas de Ingeniería Química" (2 volúmenes). Ediciones Aguilar. Madrid