

YINETH PIÑEROS CASTRO - EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL
EDITORES ACADÉMICOS

MANUAL DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Propiedades, Operaciones y Bioprocesos

AUTORES

**Ricardo Contento
Diana Fernanda Abril
Edgar Mauricio Vargas
Daniel A. Varela Muñoz
Luz Marina Arango
Blanca Liliana Useche
Fredy Alexander Garzón
Alexander Eslava S.
Katherine Manjarrés
Yineth Piñeros Castro
Eduardo Rodríguez Sandoval**



**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

MANUAL DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

PROPIEDADES, OPERACIONES
Y BIOPROCESOS



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

MANUAL DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

PROPIEDADES, OPERACIONES Y BIOPROCESOS

EDITORES ACADÉMICOS

Yineth Piñeros Castro
Eduardo Rodríguez Sandoval

AUTORES

Ricardo Contento
Diana Fernanda Abril
Edgar Mauricio Vargas
Daniel A. Varela Muñoz
Luz Marina Arango
Blanca Liliana Useche
Fredy Alexander Garzón
Alexander Eslava S.
Eduardo Rodríguez Sandoval
Yineth Piñeros Castro
Katherine Manjarrés

Bogotá D.C. - Colombia
2009

Manual de prácticas de ingeniería de alimentos : propiedades, operaciones y bioprocesos / editores académicos Yineth Piñeros Castro, Eduardo Rodríguez Sandoval / autores Ricardo Contento... [*et al.*] ; — Bogotá : Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2009. 112 p.; 20 cm.

ISBN 978-958-725-016-9

I. INGENIERÍA DE ALIMENTOS. 2. PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS.
I. Contento, Ricardo. II. Yineth, Piñeros Castro, comp. III. Rodríguez Sandoval, Eduardo, comp.

CDD664'M319

Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Carrera 4 No. 22-61 Bogotá D.C. - Colombia
www.utadeo.edu.co

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

MANUAL DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
PROPIEDADES, OPERACIONES Y BIOPROCESOS

ISBN 978-958-725-016-9

EDITORES ACADÉMICOS
Yineth Piñeros Castro
Eduardo Rodríguez Sandoval

AUTORES
Eduardo Rodríguez Sandoval
Ricardo Contento
Diana Fernanda Abril
Edgar Mauricio Vargas
Daniel A. Varela Muñoz
Luz Marina Arango
Blanca Liliana Useche
Fredy Alexander Garzón
Alexander Eslava S.
Yineth Piñeros Castro
Katherine Manjarrés

Rector: JOSÉ FERNANDO ISAZA DELGADO
Vicerrector Académico: DIÓGENES CAMPOS ROMERO

DIÓGENES CAMPOS ROMERO, Decano de la Facultad de Ciencias Naturales
GILMA JANETH LUNA CORTÉS, Decana del Programa de Ingeniería de Alimentos
JAIME MELO CASTIBLANCO, Director de Publicaciones (E)

CORRECCIÓN DE TEXTOS: Taller de Edición - Luis Daniel Rocca Lynn
DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN: Felipe Duque Rueda

Impresión - Cargraphics S.A.

Reservados todos los derechos
2009© Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

IMPRESO Y HECHO EN COLOMBIA — PRINTED AND MADE IN COLOMBIA

CONTENIDO

PRÓLOGO.....	7
APLICACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN PRUEBAS DE LABORATORIO	
EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS.....	9
MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DINÁMICA DE FLUIDOS ALIMENTICIOS	
TRASLÚCIDOS UTILIZANDO UN VISCOSÍMETRO DE CAÍDA DE BOLA	23
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES DE FRUTAS.....	30
EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS: PRUEBAS BÁSICAS.....	41
HUMEDAD DE EQUILIBRIO HIGROSCÓPICO	53
DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE SECADO DE ALIMENTOS	66
SECADO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	75
DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	
EN EL PROCESAMIENTO DE UN ALIMENTO FLUIDO EN UN TANQUE AGITADO	85
CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i> SOBRE RESIDUOS	
AGROINDUSTRIALES.....	93
PRODUCCIÓN DE CELULASAS POR FERMENTACIÓN EN FASE LÍQUIDA	101

PRÓLOGO

Este manual contiene varias prácticas de laboratorio que fueron realizadas en el Programa de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, UJTL. Los autores de cada capítulo se han propuesto presentar una práctica comprensible para los estudiantes de ingeniería, con objetivos pedagógicos claros y concretos y con experimentaciones fáciles de reproducir en cualquier laboratorio o planta piloto de una institución académica. No se trata pues, de un trabajo bibliográfico realizado únicamente sobre la base de buenas fuentes documentales. La elaboración de este trabajo ha ocupado, además, muchas horas de laboratorio para poner a punto las técnicas descritas, ensayando varias veces y ajustando protocolos, registrando los errores de las pruebas originales, informando posibles soluciones y recurriendo a pares evaluadores para contrastar lo escrito. El objetivo de este libro es ofrecer una guía básica para las prácticas en ingeniería de alimentos que permita desarrollar habilidades cuantitativas específicas, útiles en un gran número de entornos de procesamiento o manufactura de alimentos.

Es importante combinar prácticas de laboratorio —como las operaciones unitarias y bioprocesos—, con diseño de experimentos y el análisis de las propiedades de diferentes tipos de alimentos. El primer capítulo presenta información básica sobre diseño de experimentos y su aplicación, a un conjunto de datos obtenidos en una experimentación llevada a cabo en el laboratorio. Los siguientes cuatro capítulos cubren aspectos relacionados con algunas propiedades de los alimentos como humedad, textura, viscosidad y características sensoriales. Los últimos cinco tratan diferentes operaciones unitarias y bioprocesos, tales como el secado, la transferencia de calor en tanques agitados y la producción de hongos comestibles y celulasas por fermentación líquida. Todos los textos están organizados de tal forma que incluyen los conceptos más apropiados para abordar la temática, los objetivos pedagógicos y del ejercicio, materiales y métodos, resultados esperados y referencias.

YINETH PIÑEROS CASTRO

EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL

Docentes del Programa de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

APLICACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN PRUEBAS DE LABORATORIO EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

EDUARDO RODRÍGUEZ SANDOVAL*

RICARDO CONTENTO**

1. INTRODUCCIÓN

En el sector de alimentos, las personas encargadas de desarrollar productos, mejorar y controlar procesos deben realizar un diseño de experimentos adecuado. Los experimentos se realizan para conocer cómo una serie de variables afecta a otra; por ejemplo, se podría hacer un experimento para saber el efecto de un ingrediente o la temperatura en la textura de un producto (Sharma *et al.*, 2003). Los ensayos en materiales biológicos, como los alimentos, se pueden comparar si se tiene un diseño de experimentos adecuado que contemple la falta de uniformidad de las muestras y los diferentes factores que influyen en las pruebas como el medio ambiente y la humedad, entre otros. Evidencia de lo anterior se observa cuando se requiere comparar dos procesos de deshidratación de tomate empleando dos tipos de pretratamiento –escaldado y sin escaldar–, combinados con un secado por aire caliente a dos temperaturas (40 y 60°C). Una prueba que indicaría el efecto de estos procesos de deshidratación podría ser la determinación de licopeno en las muestras deshidratadas. El licopeno es un antioxidante benéfico para la salud y que está presente en el tomate fresco en una alta proporción. Sin embargo, para establecer qué proceso conserva mayor cantidad de licopeno, es necesario plantear un diseño de experimentos que contemple las variables del proceso, el número de repeticiones de los tratamientos y las variables que deberían permanecer constantes en el ensayo, entre otros.

Los experimentos pueden hacerse siguiendo el principio de “ensayo y error” o pueden planearse cuidadosamente. La mayoría de los buenos investigadores efectúan ambos tipos de estrategias de experimentación; los primeros para probar “corazonadas” y los segundos para adquirir información valiosa y confirmar ideas. Los principios estadísticos se utilizan en el diseño de experimentos con el fin de realizar experimentación que produzca la información correcta en el menor tiempo posible y al menor costo (Sharma *et al.*, 2003).

* Ingeniero químico, doctor en Ingeniería, profesor titular del Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

** Estadístico, profesor del Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Al enfoque general para planear y llevar a cabo el experimento se le llama “estrategia de experimentación”. Para aplicar los principios estadísticos en el diseño y análisis de un experimento, es necesario tener una idea clara de qué es exactamente lo que se va a estudiar, cómo se colectarán los datos y, al menos, una comprensión cualitativa de la forma en la cual se analizarán dichos datos. El esquema general para abordar y diseñar un experimento se presenta en su orden así: identificación y descripción del problema; elección de los factores, niveles y rangos; selección de la variable de respuesta; elección del diseño experimental; realización del experimento; análisis estadístico de los datos y conclusiones y recomendaciones (Montgomery, 2006). Algunos ejemplos sobre la aplicación de diseño de experimentos en procesos con alimentos se muestran en la literatura (Madamba, 2002; Mbofung, *et al.*, 2002; Unlu y Faller, 2002; Lingyun *et al.*, 2007; Rodríguez-Sandoval *et al.*, 2008).

El análisis estadístico de los datos indica simplemente qué diferencias pueden interpretarse y cuáles no; no constituye una interpretación por sí solo. La interpretación describe cómo las variables experimentales afectan las variables de respuesta. Es aconsejable guiarse por los objetivos del experimento y por las pruebas estadísticas cuando se realice la interpretación. Además, es claro que la interpretación de los resultados será sólo tan buena como lo sean los conocimientos de los principios físicos y químicos del proceso que se realiza. La estadística no es un sustituto de la ciencia.

2. OBJETIVOS

El objetivo de esta práctica es aplicar los conceptos de diseño de experimentos en la planeación y análisis de los resultados, mediante la realización de un experimento con una variable de respuesta.

El estudiante deberá estar en capacidad de comprender y aplicar los fundamentos de estadística y diseño de experimentos en un ensayo de laboratorio.

3. PRINCIPIOS BÁSICOS

Un experimento puede definirse como una prueba, o serie de pruebas, en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida. El diseño estadístico de experimentos se refiere al proceso para planear el experimento, de tal forma que se obtengan datos adecuados que puedan analizarse con métodos estadísticos para obtener conclusiones válidas y objetivas. Cualquier problema experimental incluye dos aspectos: el diseño del experimento y el análisis estadístico de los datos (Montgomery, 2006).

Los tres principios básicos del diseño experimental son la realización de réplicas, la aleatorización y la formación de bloques. Las réplicas son la repetición del experimento básico, no se deben confundir con mediciones repetidas. Por ejemplo, suponga que se conservó una manzana a 4°C durante dos meses y se hacen tres mediciones en diferentes instantes de una dimensión crítica de esta fruta. Estas mediciones