



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

"COMPARACION DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO SOBRE ATRIBUTOS DE CALIDAD EN GALLETAS ELABORADAS A BASE DE DOS FIBRAS DIETARIAS"

PUBLICACION

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERA EN ALIMENTOS PRESENTA: ADRIANA CUAHONTE HERNANDEZ

ASESORA: I.A ROSALIA MELENDEZ PEREZ.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO. 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos:

La Publicación: Comparación del Efecto de las Condiciones de  
Proceso sobre Atributos de Calidad en Galletas Elaboradas a  
Base de dos Fibras Dietarias.

que presenta la pasante: Adriana Cuahonte Hernández  
con número de cuenta: 9552031-5 para obtener el título de:  
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 17 de Julio de 2001

|                  |  |  |
|------------------|--|--|
| PRESIDENTE       | I.B.Q. Fernando Beristain                |  |
| VOCAL            | I.A. Rosalía Meléndez Pérez              |  |
| SECRETARIO       | M. en C. Carolina Moreno Ramos           |  |
| PRIMER SUPLENTE  | M. en C. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza |  |
| SEGUNDO SUPLENTE | I.A. Sandra M. Rueda Enriquez            |  |

*Dedico este trabajo a mis padres, por traerme al mundo y por todos los esfuerzos que han hecho para llegar hasta donde estoy, una de las tantas cosas que me han enseñado ha sido a terminar todo aquello que se empieza, a tener metas y alcanzarlas trabajando arduamente tratando día con día a ser mejor persona.*

*Gracias Mamá por tu dedicación y paciencia, por enseñarme a caminar en esta vida, por estar en los buenos y malos momentos. A veces no sé como agradecerte todo lo que has hecho por mi y este es un buen momento para reconocerte y decirte que te quiero con todo el corazón.*

*Gracias Papá por permitir que la distancia no sea un obstáculo entre nosotros, gracias por entenderme y apoyarme, mil gracias por escucharme y darme tan atinadamente tus consejos. Eres mi mejor ejemplo de superación, enseñándome que hay que luchar aunque el viento sopla en nuestra contra, te quiero papá.*

*Gracias al esposo de mi mamá por estar conmigo por cuidarme como un padre y porque aun en silencio sabes que te admiro y respeto por ser una gran persona.*

*TESTIMONIO DE PROMESA E INTELIGENCIA  
EN MI BARCA LETVO LA FORTALIZA  
DE SUS PASOS CONSTRUCTORES.  
EN MI VUELO ESTÁ LA ESPIGA DE SU TIERRA,  
ME ATRAI SU RICUERDO DE GOZO  
MIS PADRES, MIS AMIGOS.  
AMO, EL FRUTO DEL APRENDIZAJE  
QUE NOS NUTRE Y FORTALIZE.*

*DARIO MANUEL EMICATE.*

## *A G R A D E C I M I E N T O S*

*A cada una de las personas que hicieron posible la realización de este Artículo.*

*A todos los profesores que durante mi estancia en la Universidad me enseñaron y me dieron todas las herramientas necesarias para poder llegar a esta etapa.*

*Muy en especial a mi asesora I.A. Rosalía Meléndez Pérez, por creer en mi, por aceptar trabajar en este proyecto y darle otro enfoque ejemplificando la diversidad de la Ingeniería en Alimentos, gracias por su apoyo incondicional, así como también agradezco el apoyo de la M en C. Luz María Zambrano Zaragoza, I.A. Edith Fuentes Romero.*

*Agradezco la confianza que me deposito la M en C. María del Carmen Beltrán Orozco dejándome desarrollar libremente su proyecto, así como las facilidades para trabajar en el lab. de nutrición de la ENCB del IPN.*

*A mis queridas hermanas que no me hacen olvidar la parte de niñez que todo adulto tiene. A Marifer y en especial a Guadalupe por su incasable lucha por la vida.*

*A toda mi familia abuelita y abuelos que ya no están presentes, a mis tíos, primos y sobrinos.*

*A mi muy querido Jesús Salvador Escobedo Arauz por apoyarme, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, por enseñarme que en la vida se puede tener sueños hechos realidad y un claro ejemplo es que estas tu a mi lado.*

*A mis amigos entrañables que son pocos pero puedo decir que son mis amigos: Ruth Martínez Vázquez, Pabel Velásquez López, Christian González Cañas, Maribel Altamirano, Carlos Osornio, Mario Castruita y a todos mis compañeros de la generación 19 y algunos 20's y 21's que me permitieron conocerlos.*

*Gracias DIOS por ponerme en esta vida y dejarme llegar hasta este punto del camino.*

*La serpiente simboliza conocimiento  
el águila intuición  
la intuición alimentada de conocimiento  
es la sabiduría.*

# I N D I C E G E N E R A L

| <b>CONTENIDO</b>               | <b>PAGINA</b> |
|--------------------------------|---------------|
| ABSTRACT -----                 | 1             |
| RESUMEN -----                  | 2             |
| INTRODUCCIÓN -----             | 2             |
| OBJETIVO GENERAL -----         | 5             |
| METODOLOGÍA EXPERIMENTAL ----- | 5             |
| ANÁLISIS Y RESULTADOS -----    | 9             |
| CONCLUSIONES -----             | 17            |
| BIBLIOGRAFIA -----             | 18            |



**COMPARACION DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO  
SOBRE ATRIBUTOS DE CALIDAD EN GALLETAS ELABORADAS A  
BASE DE DOS FIBRAS DIETARIAS.**

**EFFECT OF PROCESSING CONDITIONS ON QUALITY ATRIBUTES  
COMPARISSON OF ELABORATED COOKIES BASED ON VANILLA AND  
HULL WHEAT FIBERS.**

Beltrán-Orozco M. C. <sup>(1)</sup>, Cuahorte-Hernández A. <sup>(1,2)</sup>, Meléndez-Pérez R. <sup>(2)</sup>,  
Fuentes-Romero E. <sup>(2)</sup> y Zambrano-Zaragoza M. L. <sup>(2)</sup>

(1) Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos, ENCB - IPN,  
Becano de COFAA

(2) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, Cátedra Ingeniería  
Alimentaria Departamento de Ingeniería y Tecnología Av. 1º de mayo s/n  
Cuautitlán Izcalli, Edo de Mex. Mexico

**ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the interaction of fiber sources and the processing conditions on the final quality of cookies. A  $L_{16}(2)^4$  arrangement based on Taguchi method was used taking in consideration the signal-noise influence. The results showed that the temperature, the time process and the addition order of fiber source were the most important variables. The contribution % of the temperature as for the vanilla fiber was: weight, 36.74%, humidity, 46.95%, hardness, 46.95; as for the hull wheat, the results were weight, 33.46%, volume, 25.04%, humidity, 47.19%, diameter, 54.12%, hardness, 45.16%, deformation force, 32.31%. The fiber addition order effect as for the vanilla, affected volume, 41.23%; density, 41.79%; as for the hull wheat it only affected the cookie's height, 43.87%. However, the influence of the fiber added % only affected the density of hull wheat, 17.51%. The results of the influence on the process time were diameter of cookies made with vanilla, 21.44%. To sum up, the cookies quality properties studied are not only the most important characteristics of raw

materials, but the process variables and their interaction with regard to the properties of these.

**Key words: process effect, fiber, cookies**

## **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue evaluar la interacción de las fuentes de fibra y las condiciones de proceso sobre la calidad final de galletas. Se utilizó un arreglo  $L_{16} (2)^{15}$  basado en la Metodología de Taguchi, tomando en consideración la influencia de la relación Señal – Ruido. Los resultados mostraron que la temperatura, tiempo de horneado, el orden de adición de fibra, y otras variables con sus correspondientes interacciones tienen un efecto preponderante y diferente sobre criterios de calidad.

Encontrando que la temperatura de horneado contribuye con 36.74% para peso y 46.95% para humedad, en galletas con vaina de vainilla; para galletas con salvado 33.46% para peso y 47.19% para humedad. El tiempo de horneado contribuye también en las variables de peso con 27.70% y humedad con 38.30%, para galletas con vaina de vainilla, y para galletas con salvado para peso 8.59% y para humedad 37.51%, las demás variables de estudio que son parte del proceso en la elaboración de galletas contribuyen en menor porcentaje, pero siguen siendo significativas sobre las características de calidad del producto.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Características nutricionales de la fibra dietética.**

Dentro de los alimentos funcionales o nutraceuticos se encuentran los que contienen fibra dietética, que además de cumplir su función tradicional, también ayudan en la prevención de enfermedades y padecimientos relacionados con el estrés, infecciones del tracto urinario, cáncer del colon o

próstata, y como moduladores del colesterol (Rev. Investigación hoy No. 93).

Las fibras están compuestas principalmente por celulosa, hemicelulosa, lignina, gomas, pectinas y almidón resistente, los que de acuerdo a la definición existente no son degradadas por las enzimas presentes en el tracto digestivo humano, pero si por los microorganismos que se encuentran en el intestino grueso; sin embargo al utilizarlas en un proceso es necesario evaluar su funcionalidad ya que esta depende en gran medida de los componentes de la pared celular en relación con el origen de la misma. (Wildman R. Y Madeiros M. D., 1998)

### **Contenido de fibra en el salvado de trigo y la vaina de vainilla.**

El harina de trigo, esta compuesta principalmente por almidón y proteínas, (provenientes del endospermo). El salvado de trigo (considerado generalmente como deshecho en la molienda), está conformada por las capas externas del grano, es el que contribuye en mayor proporción con el contenido en fibra soluble e insoluble como puede verse en el cuadro 1. (Charley H., 1991)

La vaina de vainilla es generalmente desechada ya que proviene de la extracción alcohólica de la vainilla, por lo tanto puede ser utilizada como fuente de fibra dietética. (Beltrán Orozco M. C., García Rosas M., Jiménez García E., 1999)

**Cuadro 1. Porcentaje de fibra dietética en salvado de trigo y vaina de vainilla.**

| Producto          | Fibra dietética (g/100g M) | Fibra soluble |       | Fibra insoluble |       |
|-------------------|----------------------------|---------------|-------|-----------------|-------|
|                   |                            | (g/100g M)    | %     | (g/100g M)      | %     |
| Vaina de vainilla | 69.2                       | 8.4           | 12.13 | 60.8            | 87.42 |
| Salvado           | 39.5                       | 2.0           | 5.08  | 37.5            | 94.93 |

García M. I., 1999.

Tanto el salvado de trigo como la vaina de vainilla contienen fibras insolubles que presentan una complejidad anatómica, química y física, que está en función con el origen botánico, el grado de maduración y las condiciones ambientales, entre otras, que serán afectadas cuando son sometidas a procesos térmicos. (Linden G., Lorient D., 1996).

### **Elaboración de galletas y la función de los ingredientes.**

Las galletas se definen como panecillos homeados en una superficie plana, originalmente estas se elaboraban utilizando; harina de trigo, agua, azúcar, agentes leudantes y saborizantes cuyas funciones son mostradas en el Cuadro 2, sin embargo, dada la gama de posibilidades de comercialización se han incorporado una serie de ingredientes que modifican tanto el comportamiento en el proceso como en las características del producto.

***Cuadro 2. Principales ingredientes y funciones que se combinan para formar la galleta.***

| <b>Ingredientes</b> | <b>Función</b>   |
|---------------------|--|
| Harina              | Proporciona forma y cuerpo. En combinación con los demás ingredientes darán las características sensoriales deseadas en el producto. |
| Agua                | Constituye el vehículo disolvente de algunos ingredientes. Da plasticidad a la masa.   |
| Azúcar              | Da características de dulzura. Tiene efecto ablandador en las proteínas de la harina. Promueve la suavidad del producto.             |
| Grasa               | Influye en la textura, mejora el sabor, e interviene en la fineza de la miga y la corteza.   |
| Agentes Leudantes   | Airea la pasta haciéndola ligera y porosa.   |

### **Efecto de las condiciones de proceso sobre la elaboración de galletas**

Las condiciones de proceso más importantes son: el amasado y homeado. En forma general el amasado es una de las variables de mayor contribución en la calidad final del producto ya que si se realiza a una baja velocidad y tiempo de amasado el esfuerzo cortante será suficiente para la

incorporación de ingredientes, para que se lleve a cabo la absorción de agua y la interacción con los lípidos, sin embargo, el utilizar demasiada energía y tiempo de amasado dará como resultado una alta incorporación de aire, así como una depolimerización del almidón y modificaciones estructurales en los lípidos lo que propiciará la expansión y formación de gluten, sin embargo el tipo de impulso y tiempo de amasado dependerán en gran medida de las modificaciones en cuanto a la fuente de fibra o formulación que se realice.

En el homeado, se funden el azúcar, dando más fluidez a la masa, permitiendo que ésta se esponje y se expanda en todas direcciones por efecto de la gravedad hasta que la viscosidad del sistema se hace excesivo, presumiblemente como efecto de la falta de gelificación del almidón.

Si esta condición no es controlada, se podrán presentar grietas en las galletas, debido a la cristalización superficial del azúcar que retendrá el agua que proporcionaba moldeabilidad a la superficie, por lo tanto se secará y romperá. (Manley D. J. R., 1989).

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de condiciones de proceso sobre la incorporación de vaina de vainilla o salvado de trigo como fuentes de fibra dietaria en galletas utilizando la Ingeniería de Calidad, a fin de obtener una galleta que presente mejores características físicas y texturales.

## **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **Material y Equipo**

Las materias primas que se utilizaron fueron: Harina de trigo Elizondo tipo Maite por sus características, de harina débil, extensible y poco tenaz,

Salvado de trigo del molino Elizondo, Vainas residuales de la vainilla proporcionadas para la empresa Hérdez; margarina, grasa vegetal, azúcar, huevo fresco, leche en polvo, agentes leudantes y agua.

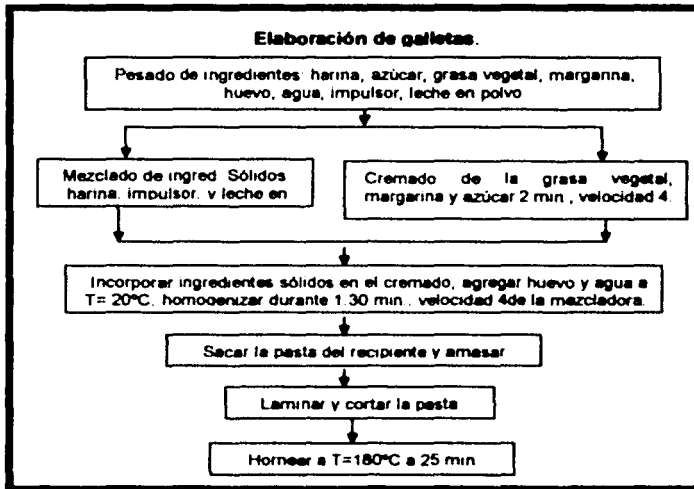
Se utilizó para la elaboración de galletas, batidora marca Kitchen aid, laminadora con barras a los lados de 1cm de ancho, rodillo y cortadora de 4.6 cm, horno Simom Rotary Test, Henry Simon LTD.

Para las determinaciones en las variables de respuesta: Termobalanza para humedad; Balanza calibrada para peso; volumen por desplazamiento de semillas; altura y diámetro por medición con Vernier; Color con equipo Colormate HDS reflectance report; TEXTURA Prueba TPA (dureza, fracturabilidad, cohesividad) con Texturometro LLOYD.

#### Descripción Metodológica.

El proceso para la elaboración de galletas se muestra en la Figura 1.

**Figura 1. Diagrama de bloques para la elaboración de galletas.**



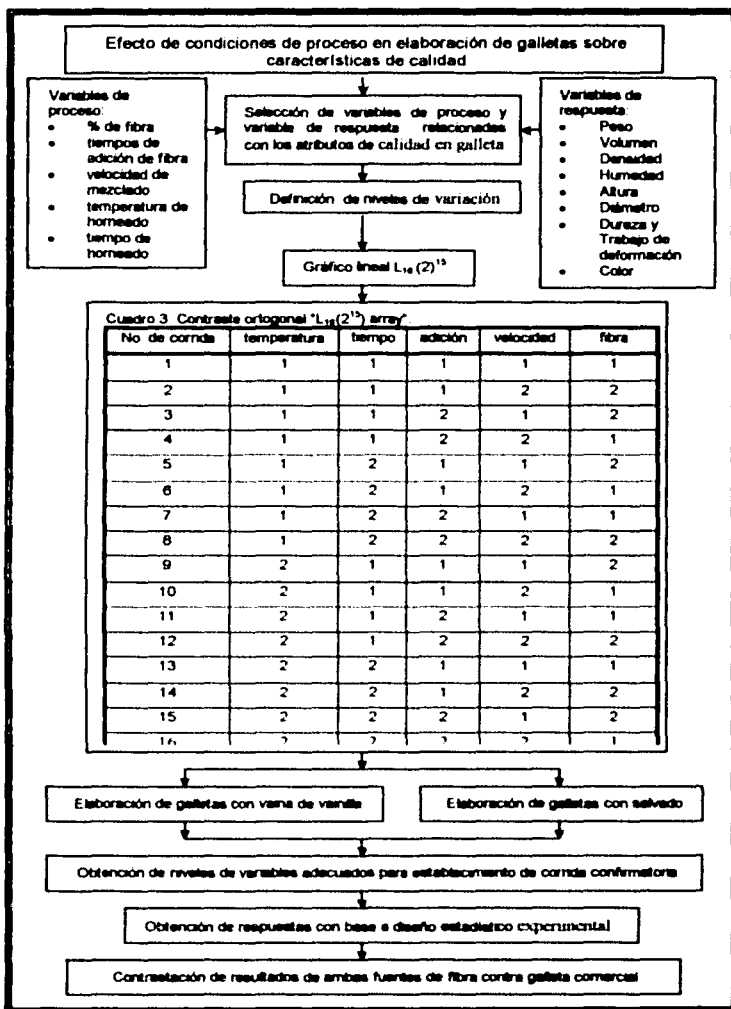
En la figura 2 se presenta el cuadro metodológico que describe las actividades realizadas para cumplir el objetivo general. Se inició con la selección tanto de las variables de proceso que tienen influencia sobre los parámetros de calidad, así como los mismos parámetros a medir considerados como variables de respuesta y que son mostrados en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Variables de estudio para la experimentación de galletas**

| Variables de estudio         | Niveles de variación |         | Variables de respuesta en galleta   |
|------------------------------|----------------------|---------|---|
|                              | Nivel 1              | Nivel 2 |   |
| 1. fibra                     | 5%                   | 15%     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• volumen</li> <li>• Densidad</li> <li>• Humedad</li> <li>• Altura</li> <li>• diámetro</li> <li>• dureza</li> <li>• trabajo de deformación</li> <li>• color</li> </ul> |
| 2. orden de adición de fibra | 0 seg                | 30 seg  |   |
| 3. velocidad de mezclado     | 4                    | 6       |   |
| 4. temperatura de horneado   | 160°C                | 180°C   |   |
| 5. tiempo de horneado        | 20 min               | 25 min  |   |

Una vez seleccionadas las variables de estudio, se eligió el gráfico lineal empleando la metodología Taguchi, de acuerdo con las variables de mayor influencia y tomando en cuenta las interacciones entre las mismas, el gráfico lineal se presenta en la Figura 3, donde, la variable más importante en el estudio fue la temperatura (identificada con el número 1), el tiempo 2, orden de adición de fibra 4, velocidad de mezclado 8, y el porcentaje de fibra 15, las líneas que unen a cada variable representa a las interacciones de interés.

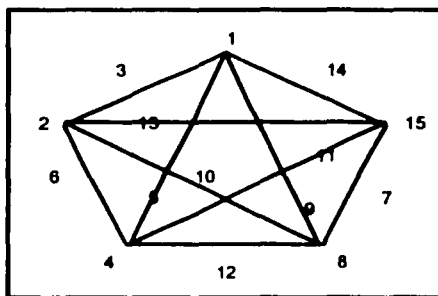
A partir del gráfico lineal se aplicó el contraste ortogonal para obtener la combinación de las variables en las 16 corridas experimentales, que se presentan en el cuadro 3 incluido en la figura 2 correspondiente al Cuadro Metodológico, donde, los números 1 y 2 corresponden al nivel bajo y alto de sustitución descritos en el cuadro 4.



**Figura. 2 Metodología para el desarrollo de galletas utilizando la Ingeniería de Calidad**

**TESIS CON  
CALLA DE ORIGEN**





*Figura 3. Gráfico Lineal L<sub>16</sub> (2<sup>4</sup>)*

Se realizaron las galletas según lo establecido en las corridas experimentales a los niveles correspondientes y se determinaron las variables de respuesta por triplicado,

para que los resultados pudieran ser analizados en el programa de computación (ref. 17), basado en un análisis de varianza, con relación señal ruido (porcentaje de factores ajenos que alteran el producto) para determinar el porcentaje de contribución de cada variable de estudio sobre los cambios en los atributos de calidad en las galletas y poder seleccionar los niveles de las variables que nos llevaron a determinar la corrida confirmatoria que maximizará o minimizará la respuesta esperada.

Por último se comparan resultados de ambas fuentes de fibra contra una galleta comercial y se tienen las conclusiones.

## **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

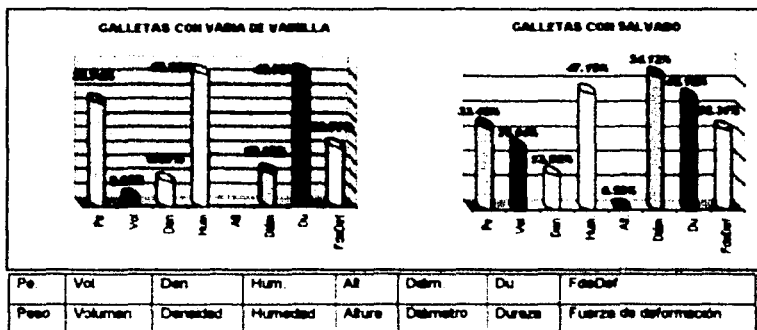
Se presentan los resultados de las variables de proceso en gráficas elaboradas a partir de valores numéricos dados por el diseño estadístico establecido en la metodología. Todas las variables involucradas en este diseño interactúan unas con otras durante el proceso y como producto terminado las variables de respuesta están relacionadas entre sí, por tal motivo se realiza un análisis global de los resultados.

## 1. Temperatura de horneado.

Es la variable de proceso con mayor influencia sobre las variables de respuesta en la obtención de una calidad aceptable de galleta elaborada con vaina de vainilla, sobre todo con relación al peso, con un porcentaje de contribución de 36.74%; en humedad la temperatura influye en un 46.95%; en dureza 46.94%, en trabajo de deformación 20.77%: Estas variables se relacionan entre sí, ya que el producto al perder humedad hace que el peso disminuya y que aumente el trabajo de deformación expresado como dureza, mostrado en la figura 4.

El porcentaje de contribución de la temperatura en galletas con salvado de trigo fue principalmente en el volumen con 25.04%, densidad 13.92% y diámetro con 54.12%, esto puede deberse a que este tipo fibra, interviene directamente en el calentamiento del almidón y de las proteínas hasta los niveles en los que tiene lugar el hinchamiento, gelificación y desnaturalización, permitiendo la liberación de gases de los compuestos químicos esponjantes y la expansión de las burbujas de esos gases, aumentando consecuentemente la presión del vapor de agua, provocando la ruptura y coalescencia de alguna de ellas, dando como consecuencia un aumento en estas variables de respuesta.

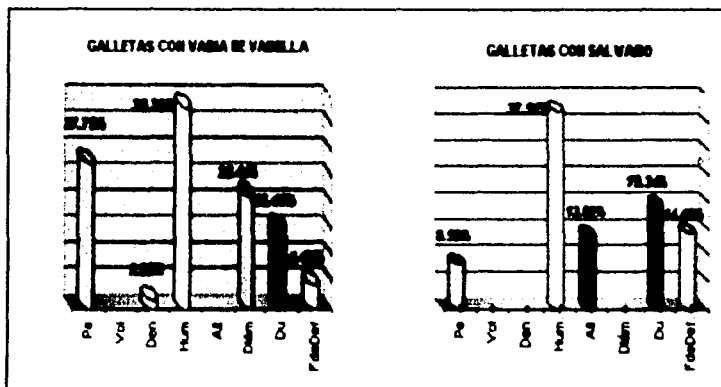
**Figura 4. Contribución de la temperatura de horneado sobre las respuestas de calidad medidas.**



## 2. Tiempo de horneado.

Variable estrechamente relacionada con la temperatura, aunque afecta en mayor proporción en la humedad con 38.30% para galletas con vaina de vainilla y 37.51% para salvado. Puede verse claramente en la figura 5, que también tiene una contribución importante en: peso (27.70%), diámetro (21.44%), dureza (15.41%) para vaina de vainilla y para galletas con salvado en: altura (13.82%), dureza (19.34%) y trabajo de deformación (14.46%), indicándonos que las galletas con salvado durante el horneado se esponjan al permitir que los agentes leudantes trabajen y que en las galletas con vaina de vainilla se expandan, ya que se impide la ruptura total de burbujas de gas. Al ir perdiendo humedad el almidón y los geles de proteína, se puede producir alguna contracción, y por tanto es inevitable la pérdida parcial del crecimiento del producto entendido como altura o diámetro, por lo tanto, se debe controlar tanto temperatura como el tiempo de cocción para poder obtener un producto de buena calidad.

**Figura 5. Contribución del tiempo de horneado sobre las respuestas de calidad medidas.**

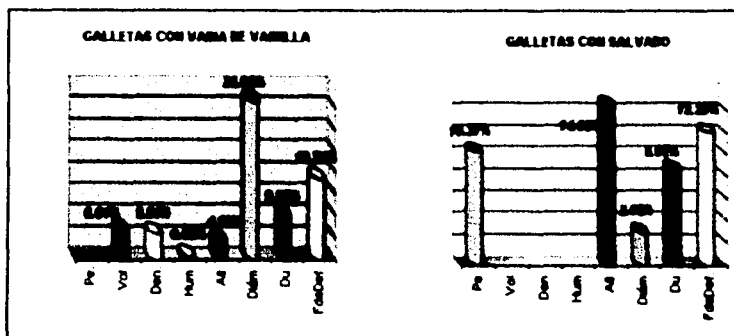


### 3. Orden de adición de fibra.

Se encontró que para galletas con vaina de vainilla la contribución del orden de adición fue en el diámetro con un 36.85% y para galletas con salvado la contribución de ésta variable fue en altura con 14.66%, como se observa en la figura 6. En esta operación se busca una distribución de ingredientes que beneficie a la masa, obteniendo cualidades como elasticidad, resistencia y moldeabilidad las cuales, en conjunto constituyen lo que se llama consistencia, por tal razón al ser incorporada la fibra junto con los demás ingredientes, interviene en la formación de la masa. Parte de la fibra dietaria (fibra soluble), en conjunto con el almidón de la harina de trigo, absorben agua mantenida en las estructuras intersticiales y al agua ligada por enlaces hidrógeno o interacciones dipolares con los grupos químicos, impidiendo la distribución óptima de los demás ingredientes.

El poder de retención de agua depende estrechamente de su composición, de las condiciones fisicoquímicas del medio (pH, fuerza iónica, temperatura) y del modo de preparación (tratamiento hidrotérmico, modo de secado). Estos fenómenos son importantes para explicar los cambios entre galletas de las variables de respuesta (Linden G. Y Lorient D., 1996)

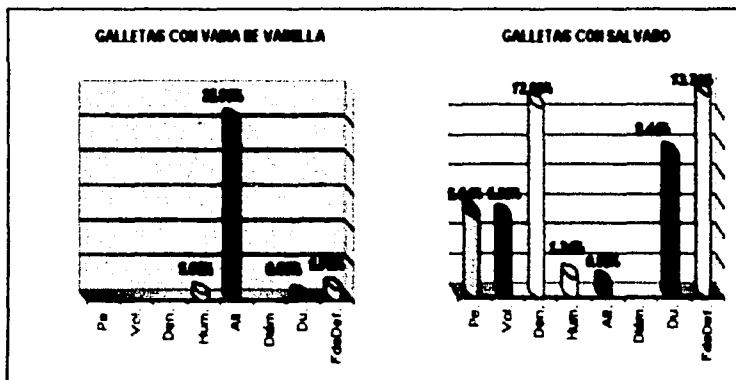
**Figura 6. Contribución del orden de adición de fibra sobre las respuestas de calidad medidas.**



#### 4. Velocidad de mezclado.

La velocidad de mezclado es un trabajo mecánico que tiene por objetivo distribuir de forma homogénea los materiales, propiciando una mayor contribución en galletas elaboradas con salvado en densidad (12.88%), trabajo de deformación (13.70%) y dureza (9.44%), ya que tiene partículas más gruesas haciendo más difícil la disolución y dispersión sólido-líquido de los demás ingredientes, teniendo por consecuencia cambios en la densidad y en los parámetros de textura; tal fenómeno no ocurre en galletas con vaina de vainilla, participando sólo en la altura, su mayor contribución (25.81%), pero hay que tener presente que de una u otra manera también influyen las demás variables de respuesta porque están interactuando entre sí, por lo tanto, el volumen y densidad también se afectan aunque no se reporte un valor numérico, ver figura 7. También es importante la velocidad que se lleve a cabo como el tiempo que dura dicha operación, logrando una distribución homogénea de ingredientes, que no desarrolle el gluten.

**Figura 7. Contribución de la velocidad de mezclado sobre respuestas de calidad medidas.**

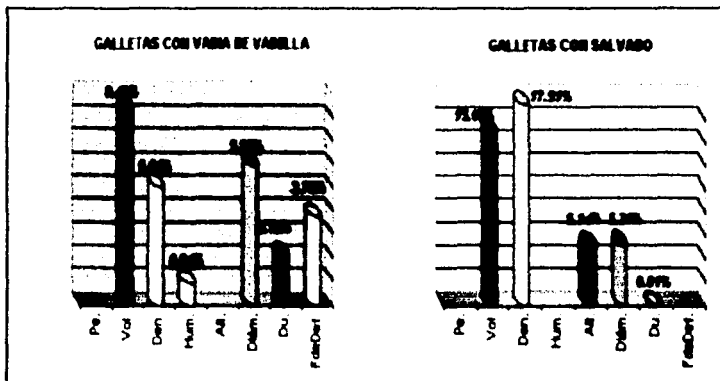


## 5. Porcentaje de sustitución de fibra.

El contenido de fibra presente en las galletas contribuye principalmente en variables de respuesta como volumen (8.42% en vaina de vainilla y 15.03% en salvado); diámetro (5.99% en vaina de vainilla) y densidad (5.04% y 17.51% en vaina de vainilla y salvado respectivamente), estas variables están relacionadas unas con otras representando en conjunto un cambio al agregar diferentes porcentajes de sustitución a la harina de trigo, ver figura 8.

Uno de los factores más importantes es el tamaño de partícula ya que el comportamiento de las fibras depende de éste y de la porosidad que presente más que de su composición química. Además existe una interacción que se da principalmente durante la cocción entre la fibra y el gluten, que obstruyen fenómenos como es el desarrollo del gas liberado por la proteína y por los agentes leudantes.

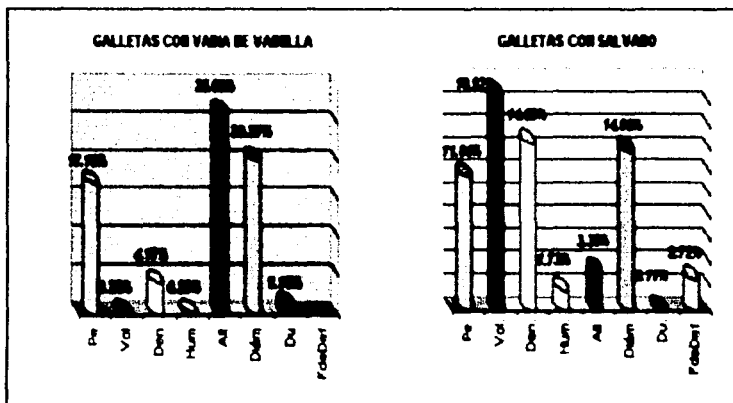
**Figura 8. Contribución del % de sustitución de fibra sobre las respuestas de calidad medidas.**



## 6. Otros factores.

Como se ha mencionado durante el análisis de resultados todas las variables interactúan entre sí, tanto las variables de operación como las variables de respuesta, pero a partir del modelo estadístico utilizado y específicamente con el análisis de señal ruido, se puede observar que el porcentaje de contribución de factores que no fueron considerados (como la humedad relativa del medio ambiente, en función a los cambios de temperatura al interior del horno de cocción, la velocidad de flujo de aire, y el calor generado en la masa durante el mezclado), son preponderantes en los resultados finales de las galletas, como se observa en la figura 9. Aunque muchos de estos fenómenos no fueron estudiados, se procuró mantenerlos constante, trabajando durante la experimentación en las mismas condiciones de manera que no tuvieran influencia significativa sobre las variables de respuesta.

**Figura 9. Contribución de otras variables sobre las respuestas de calidad medidas.**



## NIVELES RECOMENDADOS

Se realizó, con base a los resultados arrojados en el diseño estadístico utilizado, una ponderación de las variables de respuesta, relacionando la influencia de las variables de proceso. Se encontró que para galletas con vaina de vainilla y salvado los niveles recomendados son los mismos así se obtuvo el Cuadro 5. Los niveles 1 y 2 se describen en la metodología, una vez obtenidos los niveles de las variables de proceso en las variables de respuesta más importantes se hace la corrida confirmatoria, obteniendo con esto la mejor galleta de fibra, donde se observa un mejor peso por consiguiente un buen volumen y densidad, la humedad no vario mucho, la altura y diámetro fueron homogéneos obteniéndose galletas más uniformes y todas estas variables se encierran en el perfil de textura donde se observo una galleta con una dureza aceptable haciendo que la galleta sea del agrado del consumidor.

**Cuadro 5. Niveles recomendados de variables de proceso para obtener los mejores resultados en galletas con vaina de vainilla y salvado de trigo.**

| Variable de respuesta                | Temperatura | Tiempo  | Orden de adición | Velocidad de mezclado | Porcentaje de sustitución de fibra |
|--------------------------------------|-------------|---------|------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Peso<br>Humedad<br>Volumen<br>dureza | Nivel 1     | Nivel 1 | Nivel 1          | Nivel 2               | Nivel 2                            |

## COMPARACIÓN CON GALLETA COMERCIAL

A partir de los niveles seleccionados de cada variable de proceso, se realizó una corrida confirmatoria con cada tipo de fuente de fibra, que fue sometida a contrastación con una galleta comercial, donde se evaluaron las mismas variables de respuesta. Se encontró que en la comparación con vaina de vainilla la mayor diferencia entre galletas fue para humedad con 11.06%,



altura 14.47% y trabajo de deformación 15.16%; con respecto a las galletas elaboradas con salvado, fue para humedad 18.05%, dureza 10.98% y trabajo de deformación 15.57%; estas variaciones indican que la fibra dietética incorporada en el producto tiene efectos en la apariencia por lo que se deben controlar las condiciones de operación que son las que hacen los cambios en el producto y en el comportamiento de las fibras dietéticas adicionadas.

## **CONCLUSIONES**

1. Con la aplicación de la Ingeniería de Calidad y la metodología de Taguchi para el diseño de experimentos se observa que las variables de proceso tienen una función muy importante e intervienen de manera directa sobre la calidad del producto.
2. Las variables de proceso estudiadas en este proyecto, no trabajan en forma independiente por lo que interactúan entre sí y contribuyen en total con la calidad de la galleta.
3. Las variables con mayor contribución sobre los parámetros de respuesta estudiados son la temperatura y tiempo de horneado, condiciones bajo las cuales suceden todos los cambios en los atributos de calidad en la galleta, pudiéndose determinar su contribución a partir de la utilización de esta herramienta estadística.
4. No todas las fibras dietéticas se comportarán de la misma manera ya que dependerá de su composición química y contenido en fibra soluble e insoluble, por lo tanto sería recomendable realizar la determinación de los contenidos de estas en la galleta en relación con su funcionalidad nutricional.
5. Se encontraron las mejores condiciones de proceso para la elaboración de las galletas adicionadas de las diferentes fuentes de fibra, aplicando los niveles recomendados, en cuanto a las variables de respuesta analizadas, en comparación con la galleta comercial.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Bello Pérez L. A. y Jiménez Aparicio A., *Nutren, previene y curan Alimentos funcionales*, Investigación Hoy IPN, p. 20-25, Marzo-Abril, 2000.
2. Wildman R., Medeiros D., *Advanced Human Nutrition*, Editorial CRC press, p. 79-97, Washigton USA, 1998.
3. Charley H., *Tecnología de Alimentos Procesos químicos, físicos en la preparación de alimentos*, Editorial Limusa, p. 189-233, México, 1987.
4. Coultate T. P., *Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos*, Editorial Acribia S.A., p. 29-53, Zaragoza (España), 1996.
5. Linden G. y Lorient D., *Bioquímica Agroindustrial Revalorización alimentaria de la producción agrícola*, Editorial Acribia S.A., p. 309-334, Zaragoza (España), 1996.
6. Wenzel E. y Lajolo F. M., *Contenido en Fibra dietética y almidón resistente en alimentos y productos iberoamericanos (CYTED)*, Editorial Docuprint, p. 15-19, San Pablo, 2000.
7. García M. I., *Estudio del tipo de fibra presente en el residuo de la vaina de vainilla y de su incorporación a un producto de panificación (mantecadas)*, México, 1999.
8. Beltrán O. M., García R. M., Jiménez G. E., Cruz y Victoria M. T. y Calvo C. M., *Utilización de la vaina residual de la vainilla (vainilla planifolia, Andrews, Epidendurum Vainilla, Lineo) (Después de su Beneficio), como fuente de fibra en la elaboración de mantecadas*, Alfa Editores Técnicos, S.A. de C.V., p. 21-35, Noviembre-Diciembre, 1999.
9. Kent N. L., *Tecnología de los cereales*, Editorial Acribia S.A., p. 137-187, Zaragoza (España), 1971.
10. Manley D. J. R., *Tecnología de la Industria Galletera Galletas Crackers y otros homeados*, Editorial Acribia S.A., p. 257-411, Zaragoza (España), 1989.
11. Quaglia G., *Ciencia y Tecnología de la Panificación*, Editorial Acribia S.A., p. 239-391, Zaragoza (España), 1991.

12. Zambrano Z. M. L., Caracterización fisicoquímica de un extruido rico en fibra elaborado usando avena como base, México, 1996.
13. Aguilera J. M., Temas en Tecnología de Alimentos, Editorial IPN, p.261-288, México, 1997.
14. Stuart P. G., Taguchi Methods, Editorial Addison-Wesley publishing Co. Massachusetts, 1993.
15. Curso de superación académica FES-Cuautitlan UNAM, Evaluación de la textura de materiales con máquina universal de deformación, p. 1-35, Agosto, 1998.
16. Curso de Comunicación Precisa de Color, Metrolab internacional, p. 1-78.
17. Schumacher Gil y Eureka Bill, Experimental Analysis Based on the Taguchi method, distribution: Preely to PC engineers, register with Darlene Gore, version (1.08), 1986.

#### Agradecimientos:

El presente trabajo se desarrolló en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, dentro de los Laboratorios Multidisciplinarios del Departamento de Ingeniería y Tecnología.

Agradecemos el apoyo para la realización de este trabajo dentro del proyecto de investigación, financiado por la Coordinación de Estudios de Graduados y Posgrado e Investigación, IPN, clave 990295, bajo la dirección de la M. en C. María del Carmen Beltrán Orozco y por el valioso apoyo de la M. En C. Georgina Calderón Domínguez.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA