

40
21



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA



**EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

**EVALUACION SENSORIAL Y REOLOGICA DE
PRODUCTOS EXTRUDIDOS A BASE DE
HARINA DE TRIGO**

TESIS MANCOMUNADA
PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A N :
EMMA SELENE TAPIA PERALTA
OLGA MARIA VELEZ MEDINA



MEXICO, D. F.

1997

**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.

JURADO ASIGNADO

Presidente	Prof. Adolfo Galnares Campos.
Vocal	Profa. Lucia Cornejo Barrera.
Secretario	Profa. Rosa Maria Elena Arias Garcia.
1er. suplente	Profa. Hilda Elizabeth Calderón Villagómez.
2o. suplente	Profa. Maria del Carmen Durán Domínguez de Bazúa.

Este trabajo se desarrolló en el PIQA y QA (Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental), laboratorio 301-303, Conj. E Laboratorio de Tecnologías más Limpias, laboratorio 201 Edif. B y Departamento de Alimentos y Biotecnología, laboratorio 4-A y 4-B, Edif A, Facultad de Química, UNAM.

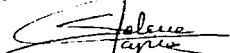
Asesor del tema:


I. Q. Rosa Maria Elena Arias Garcia.

Supervisor Técnico:


Dra.-Ing. I. Q. Carmen Durán Domínguez.

Sustentantes


Emma Selene Tapia Peralta.


Olga Maria Vélez Medina.

Al Gran Arquitecto del Universo por ser parte de mí.

**A la memoria de mi madre y de mi abuelita
que siempre están en mi mente.**

**A mi padre, que le debo todo lo que soy.
Gracias por creer en mí y siempre dejarme
ser libre**

**Al Mamu por quererme y apoyarme en todo.
Por ser una gran razón para continuar.**

**A la persona que llenó mi vida durante
todo este tiempo. Gracias por tu apoyo y
por tu amor. Siempre serás parte de mí.**

**A mi tío Lalo que ha estado siempre presente
en todos mis logros.**

**A mis tíos favoritos, Miguel y Ma Luisa, por estar
siempre conmigo y apoyarme en todo.**

**A mi tía Hilda, con cariño, por su apoyo y
comprensión.**

A mis primitos favoritos porque los quiero mucho

A Nela por sus consejos y su apoyo.

**A mis amigos por ser mi gran familia y una parte
muy importante de mi vida.**

**A mi comadre porque somos iguales y
por compartir este logro conmigo.**

A Dios por todo.

**A mis padres por lo que soy y por creer.
en mí Gracias por sus enseñanzas**

**A Lupita, Gaby y Javier porque son una
razón para seguir adelante Con cariño**

**A Gabriel por ser una razón más para
superarme y una parte importante de
mi vida. Gracias por tu apoyo.
Con amor.**

**A mi abuelita, tías, tíos y primos que
creyeron y confiaron en mí. Con cariño.**

A mi comadre, porque es mi mejor amiga.

A mis amigos por ser siempre mis amigos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos su colaboración para el desarrollo de este proyecto a

- Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán por facilitar el uso de sus instalaciones para la obtención de los productos. Con un agradecimiento especial a la Dra. Josefina Morales, a Glorina Acevedo y a Don Carlos por todo el apoyo brindado.
- Dra. Carmen Durán por todo el apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo.
- I. Q. Rosa Ma. Arias por depositar su confianza en nosotras.
- Ing. Salvador A. Sánchez Tovar por su colaboración en la parte experimental y en el análisis estadístico de este trabajo. Gracias por todo el apoyo y amistad incondicional. Gracias por tus enseñanzas.
- M. en C. Daniel Predrero Fuhrer por su colaboración en el diseño de la evaluación sensorial y su ayuda sincera.
- Hilda por su apoyo y comprensión en el laboratorio.
- Lucy Comejo por todo el tiempo dedicado a la revisión de nuestra tesis, por hacernos ver nuestros errores y soportarnos tanto.
- QFB Adolfo Gálvez por su colaboración en la revisión de este trabajo y por toda su comprensión y ánimo infundido a través de sus anécdotas.
- Lic. Ma. del Carmen Fabre por todo el apoyo brindado.
- Vicky Coutiño por ayudarnos a resolver nuestras dudas.
- Don Juanito y al Sr. Arturo por facilitarnos el trabajo de laboratorio.
- Mi madre por aguantarme y seguir con nuestra amistad después de todo lo que hemos pasado juntas.
- A todos aquellos que creyeron en nosotras.

Mil Gracias !
Selene y Olga Ma.

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	5
2.1. EL TRIGO.....	5
2.1.1. Producción de trigo.....	5
2.1.2. Fisiología del trigo.....	6
2.1.3. Valor nutritivo.....	7
2.2. HARINA DE TRIGO.....	8
2.2.1. Calidad molinera.....	9
2.2.2. Obtención de la harina.....	9
2.3. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL TRIGO.....	10
2.3.1. Almidón del trigo.....	10
2.3.2. Proteínas del trigo.....	11
2.3.3. Clasificación y tipos de trigo.....	12
2.4. LAS BOTANAS.....	14
2.4.1. Clasificación de las botanas.....	14
2.4.2. Proceso de elaboración de las botanas.....	15
2.5. FUNCIONALIDAD DE LOS INGREDIENTES.....	16
2.6. PROCESO DE ELABORACIÓN.....	16
2.6.1. La extrusión en alimentos.....	16
2.6.2. El secado.....	21
2.6.3. La fritura.....	21
3. OBJETIVOS	23

4. MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1. MATERIALES Y CONDICIONES DE EXTRUSIÓN.....	24
4.2. METODOLOGÍA.....	25
4.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS E IDENTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS.....	25
4.2.2. ANÁLISIS PROXIMAL.....	26
4.2.3. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS Y DE TEXTURA.....	27
4.2.3.1. Determinación de humedad.....	27
4.2.3.2. Determinación del grado de expansión.....	27
4.2.3.3. Determinación del grado de absorción de aceite.....	28
4.2.3.4. Evaluación de textura.....	28
4.2.4. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	30
4.2.4.1. Evaluación preliminar.....	32
4.2.4.2. Evaluación sensorial.....	33
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
5.1. ANÁLISIS PROXIMAL.....	35
5.2. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS.....	36
5.3. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	40
5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	43
6. CONCLUSIONES	59
7. RECOMENDACIONES	61
8. BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS: Apéndice A. Técnicas para el análisis proximal (AOAC).....	65
Apéndice B. Especificaciones de las harinas.....	69
Apéndice C. Datos experimentales de las pruebas fisicoquímicas.....	72
Apéndice D. Tablas estadísticas.....	76

RESUMEN

Los cereales contribuyen con más del 60% de la energía y las proteínas en la dieta humana. En México se introduce en la dieta cada día más productos de trigo, por lo cual, existe un gran interés en su estudio.

El trigo, empleado como alimento humano, es el principal cereal utilizado para la elaboración de harina. La harina de trigo se utiliza para la fabricación de pan, galletas, pasteles y pastas. La calidad en la harina de trigo es muy diversa, ya que una harina puede ser buena para la elaboración de pan y mala para la elaboración de galletas y pastas. Su calidad depende en gran medida de las propiedades de la proteína y del destino de la misma.

En la actualidad se encuentran botanas elaboradas a partir de harina de trigo. En la elaboración de estas botanas, de la tercera generación, la masa se extrude con la forma del dado utilizado, se seca y, posteriormente, se expande por medio de un proceso de tritura.

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la velocidad del tornillo sinfín y la humedad utilizadas en la elaboración de las botanas, así como la influencia de diferentes harinas con diferentes formulaciones en el producto final con el fin de conocer la formulación más aceptada por el consumidor. Para ello se evaluó el grado de expansión, la absorción de aceite, la textura y se realizó una evaluación sensorial, encontrándose que la velocidad del tornillo sinfín y la humedad influyen determinadamente en la expansión y absorción de aceite, siendo las mejores condiciones de extrusión de 600 RPM y 35% de humedad. Los productos que presentaron mejores características fueron los que contenían 25% de almidón. La evaluación sensorial mostró que los productos más aceptados fueron los elaborados a partir de harina comercial y pastelera.

CAPÍTULO

1

1. INTRODUCCIÓN

La palabra "cereal" deriva del vocablo *Ceres* (diosa romana del grano o de la cosecha) Se conocen el trigo, maíz, arroz, avena, centeno, cebada, triticale y sorgo.

Los cereales contribuyen con más del 60% de la energía y de las proteínas en la dieta humana. El trigo, empleado como alimento humano, es el principal cereal utilizado para la elaboración de harina, pan, galletas, pastas, pasteles y otros productos.

La importancia del trigo se debe a sus propiedades funcionales. Existen trigos duros que son más ricos en proteína, dando una harina más fuerte que forma una masa más elástica, y es útil para la elaboración de pan. El trigo blando es más bajo en contenido de proteína, da una harina más débil que forma masas débiles y se usa para la elaboración de pasteles.

La proteína del trigo se denomina gluten y es un complejo proteico compuesto por dos fracciones proteicas, llamadas gliadina y glutenina. Las gluteninas son responsables de las propiedades elásticas y cohesivas de la harina y de la masa de trigo en el proceso de manufactura de sus productos.

La extrusión (del latín *extrudere* extrudir) es un proceso en el cual un material alimenticio es forzado a fluir por medio de un tornillo sinfín, bajo condiciones de mezclado, calentamiento y esfuerzo, a través de un dado que se encuentra diseñado para dar forma, secar y expandir el producto extrudido.

En un principio, las botanas extrudidas se elaboraron a partir de maíz, en la actualidad también se encuentran botanas hechas con harina de trigo, papa y arroz, entre otras. En la elaboración de botanas de la llamada tercera generación, elaboradas a partir de harina de trigo, la masa se extrude con la forma del dado utilizado y posteriormente se seca en un horno para reducir su humedad hasta un 10% aproximadamente.

El control de la temperatura de extrusión, la velocidad del tornillo sinfín y la humedad durante los procesos de elaboración de los productos extrudidos, son factores determinantes que influyen en las características del producto final. El objetivo de este estudio fue evaluar dichas características en productos elaborados con diferentes condiciones de extrusión a fin de conocer su influencia sobre el producto y posteriormente partiendo, de productos elaborados con variaciones de almidón, conocer la formulación más aceptada por el consumidor. Para ello se evaluó el grado de expansión, la absorción de aceite, la textura y se realizó una evaluación sensorial.

CAPÍTULO 2

2. ANTECEDENTES

2.1. EL TRIGO

El cultivo del trigo se remonta a lejanos tiempos, ya que en la antigüedad fue un elemento predominante en la alimentación humana. Se cultivó particularmente en Persia, Egipto, Grecia y Europa (12).

Los cereales contribuyen con más del 60% de la energía y de las proteínas en la dieta humana (25).

2.1.2. PRODUCCIÓN DE TRIGO

En la tabla 2.1 se presenta la producción de trigos y triticale a nivel nacional entre los años de 1990 a 1994.

TABLA 2.1. PRODUCCIÓN COMPARATIVA DE TRIGO EN TONELADAS (26)

TIPOS	1990	1991	1992	1993	1994
Trigo forrajero	3 858	11 474	2 854	3 832	9 090
Trigo grano	3 930 934	4 060 738	3 620 503	3 582 450	4 150 922
Triticale forrajero	2 687	1 096	502	746	104
Triticale grano	481	209	730	-----	29
Trigo semilla	-----	-----	372	315	15

En el cuadro anterior se observa una importante producción de trigo a nivel nacional de los últimos años, remarcando la importancia de este cereal para su utilización en la elaboración de productos.

El trigo se cultiva prácticamente en todo el mundo, desde las proximidades de las tierras Árticas hasta cerca del Ecuador. Crece mejor en los suelos pesados de margas y arcilla, aunque produce un rendimiento satisfactorio en los ligeros, la planta necesita un fuerte aporte nitrogenado. Florece en climas subtropicales, templados y fríos (12).

2.1.2. FISIOLÓGIA DEL TRIGO

Los miembros de la familia "Gramíneas" que producen granos de cereal, generan frutos secos. Este tipo de fruto es una cariósipide que vulgarmente se denomina grano y está formada por una cubierta del fruto o pericarpio que rodea a la semilla y se adhiere fuertemente a la cubierta. La semilla está constituida a su vez por un embrión o germen y endospermo, encerrados dentro de una epidermis nucelar y de la cubierta de la semilla (7).

En la figura 2.1 se muestra una cariósipide o grano de trigo en sección longitudinal (12). La longitud de los granos es, en promedio, de 8 mm y el peso de 35 mg. El pericarpio rodea toda la semilla y está constituido por varias capas; se ha estimado que comprende el 5% del grano y que está formado aproximadamente por un 6% de proteína, 2% de cenizas, 20% de celulosa y 0.5% de grasa. El germen de trigo abarca el 2.5-3.5% del grano y es relativamente rico en proteína (25%), azúcar (18%), aceite (38%) y cenizas (5%); no contiene almidón, pero es rico en vitamina B, además de enzimas y vitamina E (tocoferol total). El contenido y paredes celulares de las células del endospermo, constituyen la harina. Las células están repletas de granos de almidón incluidos en una matriz proteínica. La mayor parte de la proteína es el gluten, las proteínas de reserva del trigo (11).

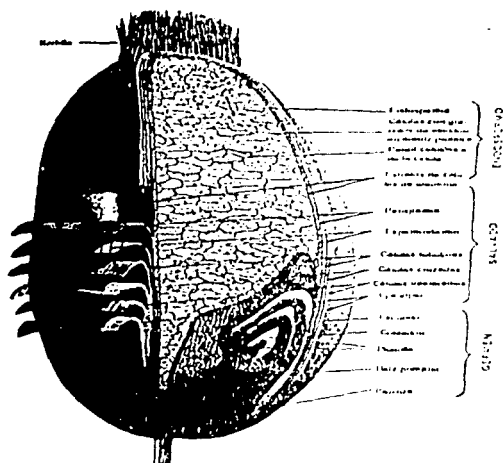


FIGURA 2.1. FISIOLÓGIA DEL TRIGO (12)

2.1.3. VALOR NUTRITIVO

Las sustancias nutritivas que el trigo contiene son hidratos de carbono (principalmente almidón), proteínas, grasas, vitaminas y sustancias minerales (5). Así, el valor nutritivo de la harina integral de extracción es igual al del trigo, pero las harinas de menor grado de extracción

difieren en valor nutritivo, puesto que eliminan cantidades variables de salvado, germen y partes externas del endospermo, que contienen mayores concentraciones de proteína, minerales y vitaminas (12)

2.2. HARINA DE TRIGO

Se ha definido la harina de trigo (12), como el producto preparado a partir de trigo común, mediante procesos de trituración o molturación, con los cuales se elimina parcialmente el germen y el salvado y el resto es reducido a un grado de finura adecuado (tamaño de partícula)

La harina de trigo es usada ampliamente en la dieta diaria del ser humano. Su uso en la fabricación de pan, galletas, pasteles y pastas está extendido en la mayoría de los países. La calidad en la harina de trigo es un término hasta cierto punto ambiguo, ya que una harina puede ser buena para cierto fin y mala para otro; así, una harina para pan es generalmente mala para galletas y pastas y viceversa.

Los grados de calidad o diferentes tipos de la harina de trigo dependen de varios factores, que son: 1) Variedad del trigo, 2) Tipo de proceso y 3) Tipo de aditivos agregados (4)

Para evaluar la calidad de una harina se usan generalmente 3 tipos de pruebas mediante las cuales se trata de predecir si una harina es buena para pan, galleta, pasteles o pastas. El primer tipo de pruebas es el de las pruebas físicas y químicas y los principales son: humedad, proteínas, cenizas, color, actividad diastásica y granulación. El segundo grupo de pruebas son las pruebas funcionales y consisten en elaborar, a nivel de laboratorio, el producto de trigo para el cual la harina está destinada. El tercer grupo de pruebas mide las propiedades plásticas de la masa y para esto se utilizan diferentes dispositivos llamados de reología y algunos de los principales son: el farinógrafo, el extensógrafo, el expansógrafo, el alveógrafo (3).

2.2.1. CALIDAD MOLINERA

La calidad molinera del trigo en el molino se mide por el rendimiento y pureza de la harina que de él se obtiene. Los buenos trigos harineros bien acondicionados y molidos en condiciones determinadas, rinden relativamente más harina de menor contenido en cenizas y menor color que los malos (9). La pureza de la harina significa que está libre de partículas de salvado. El salvado (cascarilla del trigo) es de color oscuro, mientras que el endospermo es blanco; por lo tanto, el color de la harina indica su grado de contaminación con salvado. También lo indica el contenido en cenizas, que es mucho más elevado en el salvado que en el endospermo.

El rendimiento y pureza de la harina dependen de la forma en que el endospermo se ha separado del salvado a partir del grano, de la flexibilidad del salvado, de la fragilidad del endospermo y de la facilidad con que se tamiza la harina (12)

La medida porcentual de varios productos obtenidos en la moliitura del trigo son los siguientes (27):

- Harina	75.0 - 78.0 %
- Harinas finas	2.5 - 3.0 %
- Salvado, salvados finos	20.0 - 22.0%
- Desecho de molienda	0.2 - 2.0 %

2.2.2. OBTENCIÓN DE HARINA

Para separar el endospermo del salvado y el germen y reducirlo a harina se ha adoptado una forma particular de trituración que puede considerarse como una forma particular de

raspado, tundido y machacado El proceso de obtención de harina se reduce a tres pasos básicos:

- 1) Trituración - Fragmentación del grano en forma que se consiga una disociación de cada una de las partes anatómicas.
- 2) Tamización - Separación de las partículas en diferentes fracciones según sus tamaños
- 3) Purificación - Separación de las partículas procedentes de las cubiertas corticales de las del endospermo, según su velocidad límite de caída, por medio de corrientes de aire (12)

2.3. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL TRIGO

2.3.1. ALMIDÓN DEL TRIGO

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría debido a que su estructura está altamente organizada y a que presenta una gran estabilidad debido a las múltiples interacciones que existen con sus 2 polisacáridos constituyentes, sin embargo, cuando se calientan empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse y a aumentar de volumen. Una vez que la parte amorfa se ha hidratado, la cristalina inicia un proceso semejante, pero para ello se requiere más energía. Al llegar a cierta temperatura el gránulo alcanza su volumen máximo y pierde su patrón de difracción de rayos X y la propiedad de birrefringencia; si se administra más calor, el gránulo hinchado incapacitado para retener el líquido, se rompe parcialmente y la amilosa y la amilopectina, fuertemente hidratadas se dispersan en el seno de la solución (Fig.2.2). A este proceso se le llama gelatinización, en donde se transforman los gránulos de almidón insolubles en una solución de las moléculas constituyentes en forma individual (2)

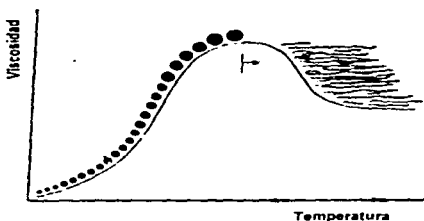


FIGURA 2.2. GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN (2)

TABLA 2.2. PROPIEDADES DEL ALMIDÓN DE TRIGO (12)

TEMPERATURA DE GELIFICACIÓN	FORMA DEL GRANO	TAMAÑO DEL GRANO
58-64 °C	LENTICULAR	58-64 nm
58-64 °C	REDONDO	2-10 nm

2.3.2. PROTEÍNAS DEL TRIGO

Entre las harinas de los cereales la proteína de trigo (concretamente las proteínas del gluten) tiene la habilidad de formar masas fuertes, cohesivas, capaces de retener gas y rendir por cocción un producto esponjoso. El complejo gluten, está compuesto por 2 grupos principales de proteína: gliadina (una prolamina) y glutenina (una glutelina) (11), ambas suman el 85% de la fracción proteínica; éstas, junto con los lípidos y el agua forman el llamado gluten (2). Las gliadinas son un grupo amplio de proteínas con propiedades similares, son de cadena simple y extremadamente pegajosas cuando están hidratadas, tienen poca o nula resistencia a la extensión y son las responsables de la coherencia de la masa; las gluteninas son un grupo heterogéneo de

proteínas de cadena ramificada, la proteína es elástica pero no coherente y confiere a la masa su propiedad de resistencia a la extensión

La tenacidad es una característica de fuerza que poseen la harina de trigo en forma de masa de poner resistencia a la extensión y se debe a la composición del gluten, las conocidas como fuertes producen masas cohesivas que requieren tiempos de mezclado largos y son muy tenaces, y las llamadas débiles, que no desarrollan una estructura adecuada y colapsan al amasarse y son poco tenaces (12)

2.3.3. CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE TRIGO

En general, los trigos se clasifican según: 1) la textura del endospermo, porque esta característica se relaciona con la forma de romperse durante la molienda y 2) según el contenido de proteína, porque las propiedades de la harina y los usos que de ella se hacen están relacionados con esta característica.

Debido a las características molineras relacionadas con la forma de romperse el endospermo los trigos se pueden clasificar en duros y blandos (16).

La fuerza del trigo es una característica relacionada con sus propiedades panaderas. Los trigos con alto contenido de proteína se denominan trigos fuertes o de fuerza y los trigos con bajo contenido proteínico reciben el nombre de trigos flojos o débiles.

La textura del endospermo puede ser vitrea o harinosa (16). Los granos vitreos tienden a ser duros y fuertes, con un alto contenido en proteína, y los harinosos blandos y débiles, con un bajo contenido proteínico, pero la asociación produce variaciones (12), ya que la calidad vitrea y la dureza no son producto de la misma causa fundamental, desde el punto de vista químico.

A continuación, se muestra la tabla 2.3 con la clasificación del trigo de acuerdo a sus propiedades físicas.

TABLA 2.3. CLASIFICACIÓN DEL TRIGO (12)

De acuerdo a	Se clasifica en	Características
Textura del endospermo	Vitreo Opaco	Translucidos, brillantes Harinoso, obscuros
Dureza del endospermo (Molituración)	Estraduro Duro Medio duro Blando	Harina gruesa Harina gruesa Harina fina Harina fina
Fuerza (Panificación)	Fuerte Medio fuerte Débil	Panificación, alto contenido proteínico Galletas y pasteles

En México, los trigos se clasifican en 5 grupos de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas y a su calidad panadera (4). La tabla 2.4 proporciona esta información.

TABLA 2.4. CLASIFICACIÓN DEL TRIGO EN FUNCIÓN DE SU CALIDAD PANADERA (4)

GRUPO	TIPO DE TRIGO	GLUTEN	CALIDAD PANADERA	USO INDUSTRIAL	PROTEÍNA	RENDIM HARINERO
I. TRIGOS FUERTES	Rojos duros de primavera	Fuerte, elástico. Mejorador de trigos débiles.	Muy buena	Panificación mecanizada	11.0 %	72.5 %
II. TRIGOS MEDIO FUERTES	Rojos duros de invierno	Medio fuerte, elástico. Mejorador de trigos.	Buena	Panificación manual	10.0 %	72.0 %
III. TRIGOS SUAVES	Rojos suaves de invierno	Débil, suave y extensible	Regular	Laboración de galletas.	9.5 %	72.5 %
IV. TRIGOS TENACES	Blancos	Corto y tenaz	Regular	Laboración de pasteles y galletas.	9.0 %	70.0 %
V. TRIGOS CRISTALINOS	Duros	Corto y tenaz	Pobre	Laboración de pastas.	12.0 %	63.0 %

2.4. LAS BOTANAS

La denominación popular de frituras ("snacks", botanas) corresponde prácticamente a todo lo que se fríe en grasa caliente, pero se considera fritura a productos como las palomitas, charritos, papas fritas y otros similares (28).

2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS BOTANAS

La evolución de las botanas ha sido descrita de acuerdo a generaciones específicas de productos:

- a) Primera generación - comprende las papas fritas convencionales y galletas
- b) Segunda generación.- comprende productos directamente expandidos elaborados a partir de cereales y/o almidón.
- c) Tercera generación - comprende productos con una gran variedad de formas y texturas obtenidos a partir de mezclas de cereales, almidón (modificado y no modificado), aceite vegetal y emulsificantes. Son expandidas por otros procesos y no directamente del extrusor.
- d) Cuarta generación.- Comprende productos que además de ser extrudidos son rellenos (10).

2.4.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS BOTANAS

La figura 2.3 muestra el proceso de extrusión y la elaboración de botanas.

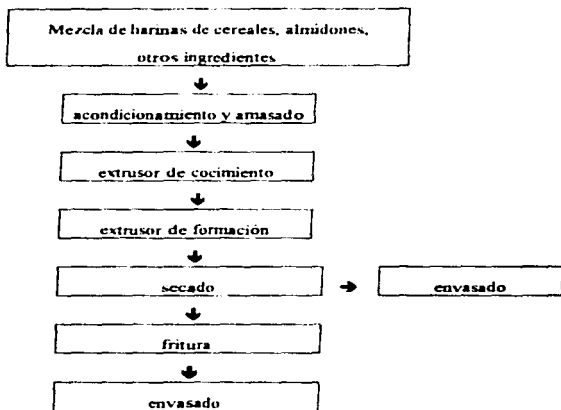


FIGURA 2.3. PROCESO DE EXTRUSIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BOTANAS

2.5. FUNCIONALIDAD DE LOS INGREDIENTES

A continuación se describen los ingredientes utilizados en la elaboración de una botana convencional de harina de trigo.

HARINA.- Es el ingrediente principal en la elaboración de las botanas. Junto con el agua forma el gluten que proporciona las características de extensibilidad, coherencia y elasticidad a la masa.

ALMIDÓN.- Junto con el agua, contribuye de manera determinante a la expansión del producto dando las características de textura deseables al producto final debido al fenómeno de gelatinización del almidón (10).

SAL.- Ayuda a la formación del gluten. Contribuye al sabor y al control de la expansión y la textura. Con frecuencia se adiciona en cantidades no mayores al 2 % (19).

BICARBONATO DE SODIO.- Incorpora CO₂ a las frituras y regula la velocidad de esponjamiento.

AGUA.- Contribuye a la textura del producto, dando consistencia a la masa; interviene en el proceso de gelatinización del almidón y en la formación del gluten (9).

2.6. PROCESO DE ELABORACIÓN

2.6.1. LA EXTRUSIÓN EN ALIMENTOS

En los últimos años se ha incrementado el uso de la técnica de extrusión para procesar alimentos (del latín *extrudere*, extrudir, empujar o impeler hacia afuera con una bomba un material fundido haciéndolo pasar por una matriz específica para darle una forma). En los países en vías de desarrollo se ha dado especial importancia a la extrusión de alimentos de origen vegetal, particularmente cereales, leguminosas y oleaginosas, no sólo para darle una

especifica a los alimentos, sino simplemente para cocerlos o acondicionarlos para que tengan un mejor valor nutritivo (6).

La primera aplicación de extrusión en alimentos se desarrolló en 1935 con un extrusor para producción de macarrón, mezclando harina de trigo (semolina) con agua y forzándolo a través de un dado con la forma del macarrón. El extrusor HTST es una extensión de este extrusor (15).

La extrusión es un proceso que combina diversas operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, el amasado y el moldeo (14). Un extrusor está constituido, por un tornillo sinfín en donde el alimento es comprimido, amasado y trabajado hasta la obtención de una masa semisólida que es impulsada a través de un pequeño orificio; si en la operación el alimento es sometido a tratamiento térmico, al proceso se le denomina extrusión con cocción (o extrusión en caliente).

Uno de los objetivos principales de la extrusión consiste en ampliar la variedad de alimentos que compone la dieta elaborando, a partir de ingredientes básicos, alimentos de distinta forma, textura, color y bouquet.

La extrusión está ganando popularidad por las siguientes razones:

- Versatilidad. Cambiando la proporción de ingredientes minoritarios y las condiciones durante la extrusión puede obtenerse una gran variedad de productos.
- Menores gastos. Es un proceso más barato que otros procesos de mezclado, cocción o moldeo, ya que los tres procesos se realizan simultáneamente ocupando únicamente vapor y/o electricidad como fuente de energía.
- Proceso automático con una gran capacidad de producción.
- No genera efluentes contaminantes.

En el extrusor en caliente el alimento se calienta por contacto con las paredes de la camisa que rodea al extrusor y/o por fricción del barril y la masa. En algunos, el cilindro se calienta eléctricamente por inducción, pero parte del calor procede también de la fricción generada por el tornillo y los relieves internos del cilindro (8). Ambos procesos de extrusión son del tipo HTST (alta temperatura-corto tiempo) que reducen la contaminación microbiana con pérdidas relativamente pequeñas de vitaminas y aminoácidos esenciales.

La boquilla proporciona una contrapresión adicional. Para la obtención de productos expandidos se emplean presiones elevadas y boquillas de orificios pequeños. La rápida liberación de la presión que se produce a la salida de la boquilla provoca la volatilización instantánea del agua y otros gases que contiene el alimento, dando un producto de baja densidad en el que parte del agua que contiene se pierde por evaporación. Para la elaboración de productos muy densos se utilizan presiones bajas y boquillas de orificios grandes; así, algunos materiales preelaborados se obtienen extrudiendo y desecando una masa de cereal pregelatinizada, para obtener granulos duros, de pequeño tamaño, denominados "pellets", que puede almacenarse durante largo tiempo o puede transportarse fácilmente para la elaboración de otros productos por fritura, tueste o insuflación. Cuando estos productos preelaborados se calientan al aire o en aceite, se reblandecen, adquiriendo, por expansión, sus características físicas adecuadas. La expansión se produce al eliminarse, en forma de vapor, el agua residual que contienen (7).

El cañón del extrusor HTST consta de tres zonas: una zona de alimentación, una zona de amasado y una zona final de cocimiento y cada una de estas zonas debe llevar a cabo una función específica proporcionando cambios determinados al producto extrudido (Fig. 2.4).

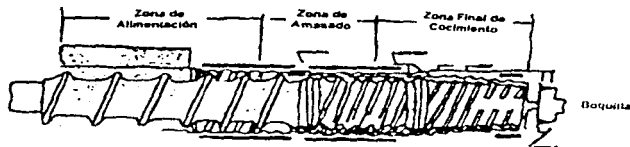


FIGURA 2-4 CAÑÓN DEL EXTRUSOR (19)

La zona de alimentación recibe la mezcla de materias primas y transporta la mezcla uniformemente a la zona de amasado, la presión que existe es mínima y puede inyectarse agua para ayudar a desarrollar la textura deseada (24). En la zona de amasado continúa el proceso de compresión y el material extrudido comienza su transformación, de su forma granular a una masa viscosa. La presión en esta zona es moderada y en este punto se puede inyectar vapor dentro del cañón del extrusor, incrementándose la temperatura. Esto influye en las propiedades de textura del material extrudido (19). Las condiciones de temperatura, humedad y presión del extrusor en esta zona dan lugar a la gelatinización del almidón (13). En la zona de cocción, la compresión es la máxima y el material extrudido se transforma en una masa plastificada de donde se obtiene el producto deseado (19).

Muchos productos alimenticios premoldeados ("snacks") se fabrican mediante el procesamiento de cereales extrudidos pregelatinizados. Tras pasar por la tobera del extrusor, tiene lugar una modelación, luego los productos, parcialmente secos ("pellets"), se someten a un proceso de expansión en un baño (o cámara) de grasa (13). El extrusor por cocción HST es una herramienta ideal para la producción de una gran variedad de botanas ("snacks") por su gran versatilidad y capacidad de usar una gran variedad de ingredientes y formulaciones, además de

obtenerse productos con diversas formas y figuras con características organolépticas y de textura deseables en el producto final (Fig. 2.5)

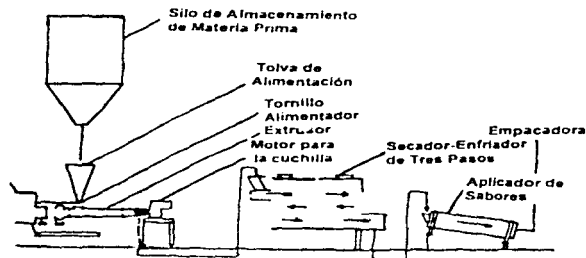


FIG. 2.5 EXTRUSOR HTST (1.3)

Las condiciones HTST de la extrusión en caliente apenas afectan al color y el bouquet de los alimentos. El color de muchos alimentos extrudidos se debe a los pigmentos sintéticos adicionados a la materia prima en forma de polvo, emulsiones o lacas. La decoloración del producto debida a la expansión, a un tratamiento térmico excesivo o a reacciones que se producen con las proteínas, los azúcares reductores o los iones metálicos, constituye a veces un problema para la extrusión de algunos alimentos.

Los principales factores que influyen sobre la naturaleza del producto extrudido son las condiciones durante la extrusión y las propiedades reológicas del alimento en cuestión. Los parámetros más importantes durante el proceso son la temperatura, la presión, el diámetro de los orificios de la boquilla y la velocidad de cizalla. Las características del material a extrudir ejercen

una influencia importante sobre la textura y el color del material extrudido. Durante la extrusión en caliente de los alimentos almidonosos su humedad se incrementa por adición de agua y el almidón se somete, a elevadas temperaturas, a intensas fuerzas de cizalla. Como consecuencia de ello, los granulos de almidón se hinchan, absorben agua y se gelatinizan y su estructura macromolecular se abre dando lugar a una masa viscosa y plastica. Ello hace que el almidón, sin apenas degradarse, se haga mas soluble. La viscosidad de la pasta se controla con objeto de determinar las condiciones mas adecuadas para el proceso, así como durante este, con objeto de mantenerlas. Para la obtención de la textura adecuada es conveniente que la materia prima esté constituida por proteínas de gran tamaño molecular sin desnaturalizar (7).

2.6.2. EL SECADO

En la estufa de secado, el calor pasa al alimento por radiación desde las paredes, por convección del aire circulante y por conducción a través de la bandeja sobre la que descansa. El objetivo del secado es eliminar agua del alimento, hasta reducir su humedad a las condiciones deseadas (7).

2.6.3. LA FRITURA

La fritura es una operación unitaria destinada a modificar las características organolépticas del alimento. Un objetivo secundario es el efecto conservador que se obtiene por destrucción térmica de los microorganismos y enzimas presentes en el alimento y por reducción de la actividad de agua en la superficie o en toda su masa. Cuando un alimento se sumerge en aceite caliente su temperatura aumenta rápidamente y el agua que contiene se elimina en forma de vapor.

Existen dos métodos de fritura comercial por contacto y por inmersión. La fritura por contacto presenta inconveniencias para este tipo de productos por no obtenerse un producto

homogéneo. En la fritura por inmersión el alimento recibe en toda su superficie el mismo tratamiento térmico, lo cual le confiere un color y aspecto uniformes.

El efecto de fritura sobre los alimentos incluye

- El efecto del calor sobre el aceite - El calentamiento prolongado a las elevadas temperaturas a las que se realiza la fritura y en presencia del agua y el oxígeno que contienen los alimentos, provoca la oxidación del aceite, que lo oscurecen y le confieren características no deseables.

- Efecto directo del calor sobre el alimento - El objetivo de la fritura consiste en conseguir que el alimento adquiera en su capa superficial una textura determinada y un color, aroma y bouquet característicos. Los principales factores que determinan el cambio de color y bouquet en el alimento son

- 1) Aceite en la fritura.
- 2) El historial térmico del aceite y el tiempo de uso
- 3) La temperatura y el tiempo de fritura
- 4) El tamaño y características superficiales del alimento
- 5) Los tratamientos a los que el alimentos se somete tras la fritura.

Estos factores influyen también sobre la cantidad de aceite que el alimento retiene. La textura de los alimentos fritos se debe a cambios que se producen en las proteínas, grasas y carbohidratos poliméricos (7)

CAPÍTULO

3

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

• Evaluar productos extrudidos de trigo, obtenidos de diferentes tipos de harina y variaciones de almidón, elaborados a diferentes condiciones de operación del extrusor con el fin de conocer el producto con mayor aceptación en el mercado

OBJETIVOS PARTICULARES

- Comparar el efecto de diferentes condiciones de extrusión por medio de pruebas fisicoquímicas y de textura a fin de conocer su influencia en las características de los productos.
- Comparar el efecto de las diferentes harinas y las variaciones de almidón (diferentes formulaciones) por medio de pruebas fisicoquímicas y de textura.
- Encontrar el producto con el tipo de harina y la variación de almidón (formulación ideal) más aceptado por el consumidor por medio de un análisis sensorial.

CAPÍTULO

4

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. MATERIALES Y CONDICIONES DE EXTRUSIÓN

Se utilizó un extrusor de la marca Wenger, modelo X-5, ubicado en la planta piloto del Instituto Nacional de Nutrición. El proceso de elaboración de los productos se muestra en la figura 2.3.

Las harinas se extrudieron a las siguientes temperaturas:

- EXTRUSOR DE COCIMIENTO: Zona de alimentación 75-80 °C
Zona de amasado 80-85 °C
Zona de cocimiento 90-95 °C
- EXTRUSOR DE FORMACIÓN: Zona de enfriamiento 60-65 °C

Posteriormente los productos obtenidos se secaron en una estufa Apex HD tipo 48BF en charolas con aire a 50 °C por 8 horas y se empacaron en bolsas de polietileno.

Se obtuvieron productos elaborados a partir de diferentes condiciones de humedad inicial (en la harina) y velocidad del tornillo del extrusor. Las condiciones utilizadas de humedad fueron de 30, 33 y 35% y 600, 900 y 1200 RPM del tornillo sinfin, con 15% de almidón. Estos productos se obtuvieron a partir de una harina de trigo de marca comercial (Gamesa) que se utilizó como referencia para encontrar las condiciones óptimas de extrusión, encontrándose condiciones óptimas de 35% de humedad y 600 RPM.

A partir de estas condiciones se trabajaron tres tipos de harina, clasificadas de acuerdo a su uso industrial (panadera, pastelera y galletera) y se realizaron tres variaciones del contenido de almidón de maíz adicionado (0, 7.5, 15 y 25%) para las cuatro harinas.

La formulación empleada (en base seca) en la elaboración de dichos productos es la siguiente:

Harina de trigo	65.5 %
Fécula de maíz (almidón)	33.0 %
Sal	1.0 %
Bicarbonato de sodio	0.5 %

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS E IDENTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Las muestras recibidas se clasificaron e identificaron para su estudio como se muestra a continuación:

TABLA 4.1. CODIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS UTILIZADAS

MUESTRA	HARINA	RPM*	% HUMEDAD	% ALMIDÓN
COM1	COMERCIAL	600	30	15
COM2	COMERCIAL	600	35	15
COM3	COMERCIAL	600	35	0
COM4	COMERCIAL	600	35	7.5
COM5	COMERCIAL	600	35	15
COM6	COMERCIAL	600	35	25
COM7	COMERCIAL	900	30	15
COM8	COMERCIAL	900	35	15
COM9	COMERCIAL	900	35	15
COM10	COMERCIAL	1200	30	15
COM11	COMERCIAL	1200	35	15
COM12	COMERCIAL	1200	35	15
GAL1	GALLETERA	600	35	0
GAL2	GALLETERA	600	35	7.5
GAL3	GALLETERA	600	35	15
GAL4	GALLETERA	600	35	25
PAN1	PANADERA	600	35	0
PAN2	PANADERA	600	35	7.5
PAN3	PANADERA	600	35	15
PAN4	PANADERA	600	35	25
PAN1	PASTELERA	600	35	0
PAN2	PASTELERA	600	35	7.5
PAN3	PASTELERA	600	35	15
PAN4	PASTELERA	600	35	25

* Revoluciones por minuto del tornillo sinfin

Primeramente, se realizó un análisis de la procedencia de las muestras, considerando el tipo de harina utilizado en su formulación. Se clasificaron las harinas utilizadas de acuerdo a su calidad panadera (4, 12), obteniéndose el siguiente cuadro:

TALBA 4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS POR SU CALIDAD PANADERA

HARINA	CARACTERÍSTICAS
COMERCIAL	(GRUPO 3 y 4) Mezcla compuesta predominantemente de trigos blandos de bajo contenido proteínico y trigos fuertes en menor cantidad (20%). Se usa para elaboración de pasteles y galletas.
GALLETERA	(GRUPO 3) Trigos suaves, gluten elástico y extensible, débiles, produce pan de muy bajo volumen.
PASTELERA	(GRUPO 4) Trigos suaves, gluten corto y tenaz, muy semejante a la harina galletera, produce pan poco esponjoso.
PANADERA	(GRUPO 2) Trigos medio fuertes, gluten medio fuerte, produce pan poco esponjoso.

4.2.2. ANÁLISIS PROXIMAL.

Se realizó un análisis proximal de estas harinas para obtener información sobre su procedencia.

Los análisis químicos efectuados siguieron las metodologías aprobadas por la AOAC (22), las cuales se describen en el Apéndice A, y éstos se presentan a continuación:

- A.1. Determinación de humedad
- A.2. Determinación de cenizas
- A.3. Determinación de proteína cruda
- A.4. Determinación de extracto etéreo o grasa cruda
- A.5. Determinación de fibra cruda
- A.6. Determinación de carbohidratos asimilables

Un total de 25 muestras diferentes se evaluaron por medio de pruebas fisicoquímicas y una evaluación sensorial, aplicando las siguientes determinaciones:

4.2.3. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS Y DE TEXTURA

Se realizaron 4 determinaciones para cada muestra. Los resultados promedio de cada prueba se muestran en el Apéndice C.

4.2.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se determinó el contenido de humedad de los productos antes y después de freír (180°C/12-15 seg) en una termobalanza O'Haus HB 200 por triplicado. Se tomaron 10 g de muestra previamente molida y homogeneizada y se sometieron a una temperatura de 140°C por 30 minutos.

4.2.3.2. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE EXPANSIÓN

Se tomó una muestra representativa del producto y se determinó el diámetro de cada "pellet" con un calibrador vernier antes y después de freír (por triplicado), encontrándose el

diámetro promedio del "pellet" y de la fritura para determinar el grado de expansión por medio de la siguiente relación:

GRADO DE EXPANSIÓN = Diámetro promedio de la fritura - Diámetro promedio del "pellet".

4.2.3.3. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ABSORCIÓN DE ACEITE

Se realizó un balance de materia para obtener una relación del aceite absorbido por el producto. Se pesaron 10 g de una muestra representativa, previamente homogenizada, se llevó a cabo el proceso de freído y se pesaron las frituras obtenidas, se determinó la cantidad de agua perdida en el proceso de fritura por medio de la determinación de humedad y se determinó el grado de absorción de aceite (por triplicado) por medio del siguiente balance de materia:

materia sólida del "pellet" + humedad del "pellet" - X_g "pellet"

materia sólida del "pellet" - X_g "pellet" - humedad del "pellet"

materia sólida de la fritura + aceite - humedad de la fritura - Y_g fritura

agua perdida - humedad del "pellet" - humedad de la fritura

ACEITE ABSORBIDO = Y_g + agua perdida - materia sólida de la fritura

4.2.3.4. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA.

Para evaluar la textura del producto se utilizó un texturómetro Brabender Struct-o-graph con un punzón de 600 y una fuerza de compresión de 5 newtons (N) (29). Se determinó el coeficiente de fractura (CF) en una muestra representativa de cada producto (por triplicado), de acuerdo con la siguiente relación:

$$CF = (F \cdot d) / (m \cdot tr^2)$$

donde:

Cf = coeficiente de fractura del producto

F = fuerza de compresión del texturómetro

d = diámetro promedio del producto

m = masa promedio del producto

t = tiempo de relajación (tiempo que tarda el punzon en fracturar el producto)

Una gráfica típica del texturómetro se muestra a continuación

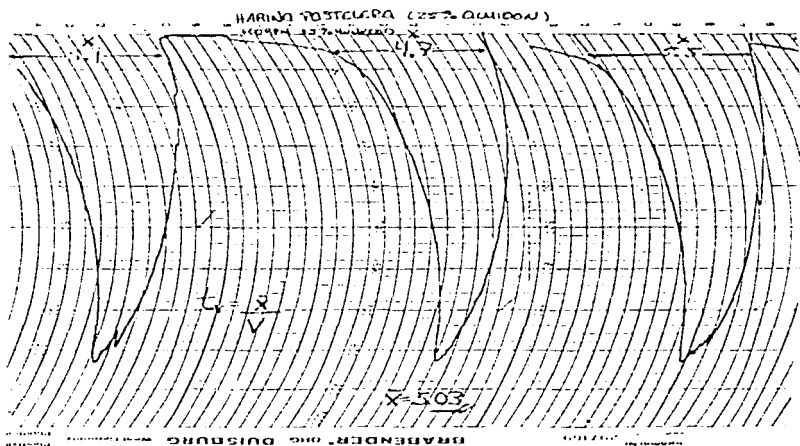


FIGURA 4.1. GRÁFICA OBTENIDA DEL TEXTURÓMETRO BRABENDER
STRUCT-O-GRAPH

Para evaluar los productos se relacionaron los 4 parámetros fisicoquímicos utilizados y para el análisis estadístico de datos, se aplicó un modelo de superficie de respuesta como el aplicado por Artz y colaboradores (1), por medio de un programa computacional (Statgraphics) para obtener el tipo de respuesta polinomial del tipo:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1X_2 + e$$

En esta ecuación, Y = respuesta, X1 = revoluciones por minuto, X2 = humedad de la muestra, y e = error experimental. Esto permite determinar la influencia de cada condición de operación de respuesta.

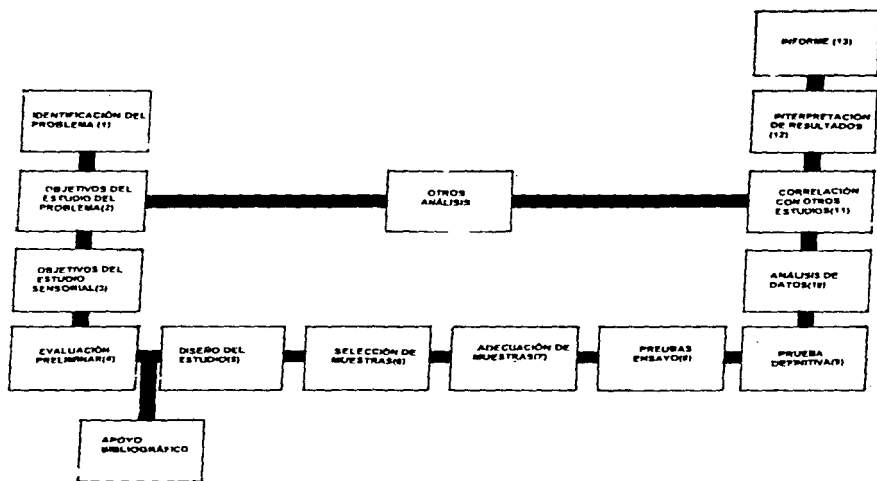
En el programa además de realizar la regresión, se realizó un análisis estadístico completo, obteniéndose la regresión polinomial, los coeficientes de regresión para cada variable independiente y el error estándar, además del Análisis de Varianza (ANOVA) (29).

4.2.4. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial tuvo como finalidad encontrar el tipo de harina más adecuada para la elaboración de los productos y encontrar cual de las variaciones de almidón en la formulación era la más aceptable por el consumidor (23). Para lo anterior, se realizó una evaluación preliminar en la cual se seleccionaron las muestras que participaron en el análisis.

La evaluación sensorial se llevó a cabo de acuerdo al esquema de trabajo mostrado en la Fig. 4.2.

FIGURA 4.2. ESQUEMA TRADICIONAL DE TRABAJO PARA UNA EVALUACIÓN SENSORIAL (23)



4.2.4.1. EVALUACIÓN PRELIMINAR

Esta evaluación se llevó a cabo por medio de una escala hedónica estructurada (del 1 al 9) en donde se calificó el nivel de agrado de cada producto, descartándose las muestras que tuvieron una calificación menor a 7.

ESCALA UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN PRELIMINAR.

- | | |
|---|------------------------|
| 1 | Gusta muchísimo |
| 2 | Gusta mucho |
| 3 | Gusta moderadamente |
| 4 | Gusta un poco |
| 5 | Me es indiferente |
| 6 | Disgusta un poco |
| 7 | Disgusta moderadamente |
| 8 | Disgusta mucho |
| 9 | Disgusta muchísimo |

Se analizaron el total de muestras de los diferentes tipos de harinas con variaciones de almidón de 0%, 7.5%, 15% y 25% para obtener las muestras que participarían en la evaluación sensorial a nivel consumidor.

Con la experiencia obtenida durante el manejo de las muestras se otorgaron calificaciones a cada muestra para los atributos predeterminados de acuerdo a las características más representativas de estos productos (30,31). Posteriormente, se obtuvo un promedio de las calificaciones otorgadas, seleccionando así las muestras que tuvieron una calificación promedio igual o mayor a 7. Las muestras seleccionadas se codificaron como se muestra en el cuadro 4.3.

TABLA 4.3. MUESTRAS SELECCIONADAS DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR

MUESTRA	CALIFICACIÓN	CLAVE
COM6	8	192
GAL4	7	485
PAN4	8	741
PAS4	9	121

Con las muestras citadas en el cuadro 4.3 se realizó la evaluación sensorial para conocer el nivel de agrado de cada producto. Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y tomando en cuenta la desviación estándar para conocer la discrepancia de los consumidores respecto a dicha opinión (20, 21) Para conocer cuales de las harinas son diferentes entre si, se calculó la diferencia mínima significativa de Fisher (DMS). Se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: Las harinas comercial, galletera, panadera y pastelera son iguales entre si

H_a: Las harinas comercial, galletera, panadera y pastelera son diferentes entre si

De acuerdo a las hipótesis planteadas

H₀ : M1 = M2 = M3 = M4

H_a : M1 ≠ M2 ≠ M3 ≠ M4

En donde se buscó observar si había diferencia significativa entre los 4 tipos de harinas empleadas en la elaboración de los productos.

4.2.4.2. EVALUACIÓN SENSORIAL (CON CONSUMIDOR)

Para evaluar la aceptación de los productos seleccionados se realizó una prueba de nivel de agrado con una escala hedónica no estructurada con consumidores universitarios (entre 18 y

23 años), de ambos sexos (17,18). Para obtener confiabilidad en los resultados se evaluó una población de 150 jueces no entrenados (consumidores).

En los cuestionarios realizados se formuló la pregunta "¿Por qué calificó así al producto?", con lo cual se pretendió conocer los atributos sensoriales más importantes del producto para la posterior realización de un estudio sensorial analítico que requiere el entrenamiento de jueces (23).

FORMATO DEL CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

NOMBRE _____ FECHA _____ SERIE _____

INSTRUCCIONES Pruebe las siguientes muestras e indique con una "X" su nivel de agrado de acuerdo a la escala que se presenta a continuación

MUESTRA

392

Gusta	Indiferente	Disgusta
----- -----	----- -----	----- -----

485

Gusta	Indiferente	Disgusta
----- -----	----- -----	----- -----

743

Gusta	Indiferente	Disgusta
----- -----	----- -----	----- -----

321

Gusta	Indiferente	Disgusta
----- -----	----- -----	----- -----

911

Gusta	Indiferente	Disgusta
----- -----	----- -----	----- -----

¿Cuál es la muestra que le gusta más? ¿Por qué?

CAPÍTULO

5

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS PROXIMAL

En las tablas 5.1 y 5.2 se muestran los resultados obtenidos del análisis proximal en base húmeda y en base seca de las harinas empleadas para la elaboración de los productos.

TABLA 5.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS HARINAS EN BASE HÚMEDA (g/100)

DETERMINACION	HARINA COMERCIAL	HARINA GALLETERA	HARINA PANADERA	HARINA PASTELERA
HUMEDAD	10.3	12.1	11.8	11.9
CENIZAS	0.79	0.69	0.54	0.72
PROTEÍNA *	11.40	9.82	11.27	9.05
EXTRACTO ETÉREO	3.50	2.75	3.22	2.73
FIBRA	0.30	0.31	0.28	0.30
CARBOHIDRATOS	74.71	74.83	72.68	74.30

TABLA 5.2. ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS HARINAS EN BASE SECA (g/100)

DETERMINACION	HARINA COMERCIAL	HARINA GALLETERA	HARINA PANADERA	HARINA PASTELERA
MATERIA SECA	89.70	88.20	87.90	88.10
CENIZAS	0.88	0.85	0.78	0.82
PROTEÍNA *	12.71	12.78	11.17	10.27
EXTRACTO ETÉREO	3.90	3.65	2.56	3.10
FIBRA	0.34	0.32	0.35	0.34
CARBOHIDRATOS	82.17	82.40	84.14	84.47

* Factor utilizado para determinar proteína % N x 5.7

Al realizar el análisis proximal se observó que la composición química de las harinas es muy similar, y presenta menor cantidad de proteína la harina pastelera y galletera como se esperaba de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por las harneras (ver Apéndice B) y al cuadro 2.4. Se encontró que estas harinas cumplen con dichas especificaciones.

5.2. PRUEBAS FÍSICOQUÍMICAS

En la tabla 5.3 se presentan los datos físicoquímicos obtenidos para productos elaborados a partir de una harina comercial.

TABLA 5.3 DATOS FÍSICOQUÍMICOS DE UNA HARINA COMERCIAL EXTRUDIDA Y FREIDA

MUESTRA	% HUMEDAD "PELLET"	% HUMEDAD FRITURA*	COEF. DE EXPANSIÓN (cm)	% ABSORCIÓN DE ACEITE	COEF. DE FRACTURA (x10 ⁹)
COM1	10.0	3.6	0.507	3.98	2.892
COM2	9.8	4.3	0.638	4.67	1.889
COM5	10.6	3.9	0.781	4.92	1.677
COM7	9.8	4.2	0.566	4.12	1.636
COM8	10.2	5.1	0.587	4.79	3.130
COM9	11.0	3.8	0.657	5.11	2.371
COM10	9.4	4.4	0.497	4.22	3.648
COM11	9.6	3.2	0.506	4.96	3.272
COM12	9.9	3.1	0.636	5.27	2.472

* Fritura a 180°C por 12-15 seg.

COM: harina comercial (ver cuadro 4.1)

De los datos obtenidos en esta tabla puede observarse, de manera general, que se obtiene una mayor expansión del producto a 600 RPM y 35 % de humedad, obteniéndose una mayor absorción de aceite y un menor coeficiente de fractura, que indica una mejor textura. También se puede observar que al aumentar las RPM, disminuye el grado de expansión y aumenta la absorción del aceite y el coeficiente de fractura, obteniéndose un producto de menor calidad. Al disminuir la humedad se observa el mismo comportamiento que en el caso anterior.

COMPARACIÓN POR VARIACIONES DE ALMIDÓN EN LA FORMULACIÓN

En las tablas 5-4 a 5-8 se presentan los resultados de las variaciones de almidón en la formulación de cada una de las harinas estudiadas.

TABLA 5-4 DATOS FÍSICOQUÍMICOS DE UNA HARINA COMERCIAL EXTRUDIDA Y FREÍDA

MUESTRA	% ALMIDÓN	% HUMEDAD "PELLET"	% HUMEDAD FRITURA	COEF. DE EXPANSIÓN (cm)	% ABSORCIÓN DE ACEITE	COEF. DE FRACTURA (x10 ⁹)
COM3	0	10.2	3.6	0.735	4.50	2.135
COM4	7.5	9.6	4.2	0.756	4.71	2.012
COM5	15	10.6	3.9	0.781	4.92	1.677
COM6	25	9.9	4.6	0.795	4.98	1.247

De los resultados anteriores se observa que al aumentar el contenido de almidón en la formulación, aumenta el coeficiente de expansión y la absorción de aceite, al mismo tiempo el coeficiente de fractura disminuye, lo que significa que mejora la textura de los productos.

TABLA 5.5. DATOS FÍSICOQUÍMICOS DE UNA HARINA GALLETERA EXTRUDIDA Y

FREIDA						
MUESTRA	ALMIDÓN	HUMEDAD "PELLET"	HUMEDAD FRITURA	COEF. DE EXPANSION (cm)	ABSORCIÓN DE ACEITE	COEF. DE FRACTURA ($\times 10^9$)
GAL1	0	10.1	4.1	0.565	3.72	4.285
GAL2	7.5	9.8	4.1	0.582	4.26	3.599
GAL3	15	9.8	3.9	0.591	4.31	2.239
GAL4	25	10.0	4.5	0.715	4.71	2.416

En la tabla anterior se observa que al aumentar el porcentaje de almidón en la formulación, aumenta la expansión del producto y la cantidad de aceite absorbido, disminuyendo el coeficiente de fractura, obteniendo un producto de mejor textura

TABLA 5.6. DATOS FÍSICOQUÍMICOS DE UNA HARINA PANADERA EXTRUDIDA Y FREIDA

FREIDA						
MUESTRA	ALMIDÓN	HUMEDAD "PELLET"	HUMEDAD FRITURA	COEF. DE EXPANSION (cm)	ABSORCIÓN DE ACEITE	COEF. DE FRACTURA ($\times 10^9$)
PAN1	0	10.9	4.4	0.649	3.33	2.875
PAN2	7.5	9.4	5.3	0.719	4.48	2.684
PAN3	15	10.0	3.9	0.752	4.69	2.218
PAN4	25	11.6	4.6	0.790	5.25	1.858

De los resultados anteriores se observa que, al aumentar la concentración de almidón en el producto, aumenta el grado de expansión y la absorción de aceite del mismo, disminuyendo el coeficiente de fractura, lo que indica que mejora la textura

TABLA 5.7. DATOS FÍSICOQUÍMICOS DE UNA HARINA PASTELERA EXTRUDIDA Y

FREIDA						
MUESTRA	ALMIDÓN	HUMEDAD "PELLET"	HUMEDAD FRITURA	COEF. DE EXPANSION (cm)	ABSORCIÓN DE ACEITE	COEF. DE FRACTURA ($\times 10^9$)
PAS1	0	11.5	5.1	0.809	4.19	2.323
PAS2	7.5	9.4	4.4	0.825	4.18	1.763
PAS3	15	9.3	4.0	0.832	5.20	1.583
PAS4	25	10.9	3.8	0.865	5.85	1.551

En la tabla anterior se observa que, al aumentar la cantidad de almidón en la formulación, hay un incremento en la expansión y en la absorción de aceite del producto y disminuye el coeficiente de fractura, lo que indica que mejora la textura del producto.

De los resultados obtenidos en las variaciones de almidón dentro de las formulaciones de los diferentes tipos de harina, se observó que la influencia de la cantidad de almidón adicionado es determinante para la elaboración de los productos, ya que se pudo constatar que independientemente de la procedencia de las harinas, los productos presentan mejores características al aumentar la cantidad de almidón en la formulación. Al evaluar los productos con pruebas fisicoquímicas se obtuvieron mejores resultados con los productos elaborados con un 25% de almidón en su formulación, obteniéndose productos más expandidos y con una textura más agradable.

Al relacionar los 4 parámetros fisicoquímicos utilizados, se observa que, de manera general, al aumentar la cantidad de almidón en la formulación se observa una mayor expansión, una mayor absorción de aceite y el coeficiente de fractura es menor, lo que indica que tiene una mejor textura debido a que el producto presenta menos resistencia a la mordida a pesar de ser crujiente; y por lo tanto, el producto es más aceptable por el consumidor.

De acuerdo a este criterio, se observó que los productos que presentaban menor expansión, menor absorción de aceite y mayor coeficiente de fractura, fueron los elaborados a partir de la harina galletera, seguidos de la harina panadera. Los productos que presentaron las mejores características fueron los elaborados a partir de la harina pastelera, presentando una mayor expansión, mayor absorción de aceite y mejor textura (mayor coeficiente de fractura), seguidos de los productos elaborados a partir de la harina comercial. Se especula que esto se debe a la calidad proteínica de las harinas, ya que de acuerdo a la clasificación realizada (9.16).

se sabe que estas características de calidad proteínica determinan sus propiedades panadera, según la tabla 4.2.

En general, se puede decir que la harina comercial, que es una mezcla compuesta predominantemente de trigos blandos de bajo contenido proteínico y en menor cantidad (20%) de trigos fuertes, presenta características muy semejantes a la harina pastelera, compuesta de trigos medio fuertes, por lo cual se observó que este tipo de harinas son las más adecuadas para la elaboración de estos productos, ya que presentaron mejores características en todas las pruebas realizadas.

La harina panadera, que se compone de trigos suaves, que presenta características similares a la harina galletera, aunque se obtuvieron productos un poco más expandidos y de mejores características. La harina galletera, formada de trigos suaves, fue la que menos expandió y presentó una textura un poco menos agradable, esto puede deberse a sus características pobres de esponjamiento.

5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL.

En la tabla 5.8 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación preliminar realizada con los productos extrudidos y freídos obtenidos a partir de harina comercial, galletera, panadera y pastelera, con variaciones de almidón en su formulación. Para lo anterior, se utilizó una escala hedónica estructurada.

TABLA 5.8. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR PARA LOS DIFERENTES PRODUCTOS EXTRUDIDOS Y FREÍDOS

MUESTRA	TAMANO	FORMA	DUREZA MANUAL	DUREZA JUEGAJ	CRUJIENTE	CATH PROMEDIO
COM3	5	6	7	4	3	5
COM4	5	7	6	4	3	5
COM5	7	4	7	5	7	6
COM6	8	7	8	8	8	8*
GAL1	2	2	2	2	2	2
GAL2	4	4	3	2	2	3
GAL3	5	3	6	5	6	5
GAL4	8	5	8	7	7	7*
PAN1	2	2	4	3	4	3
PAN2	5	4	4	3	4	4
PAN3	6	5	6	7	6	6
PAN4	7	8	8	9	8	8*
PAN5	6	3	3	4	4	4
PANZ	6	4	5	7	7	6
PAN4	7	5	5	6	7	6
PAN4	9	9	9	9	9	9*

* Muestras seleccionadas para la evaluación sensorial con consumidor

En la tabla 5.9 se dan los resultados de los cuestionarios realizados en la evaluación sensorial con consumidores.

TABLA 5.9. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL (CON CONSUMIDOR)

REPZ	192	485	743	321
1	4.8	3.0	3.4	3.7
2	4.6	2.9	7.3	1.2
3	2.0	5.0	9.2	10.0
4	1.4	5.4	10.0	7.4
5	4.0	2.6	5.2	1.9
6	5.1	5.3	9.7	9.7
7	5.3	9.9	5.3	9.2
8	5.5	9.3	10.2	10.0
9	0.9	5.1	9.6	4.6
10	0.5	0.5	5.0	9.8
11	5.1	9.6	9.6	9.6
12	0.9	9.6	5.2	5.2
13	0.9	9.0	4.6	1.2
14	0.9	7.5	7.5	1.9
15	5.1	5.2	1.0	0.2
16	5.1	0.9	5.1	5.2
17	9.8	8.9	5.2	3.5
18	2.1	0.9	2.9	5.7
19	3.6	9.1	8.6	9.9
20	5.2	8.9	5.2	9.9
21	1.4	5.1	4.4	8.6
22	0.9	5.2	0.9	5.5
23	2.5	4.9	3.9	9.9
24	9.2	5.8	9.9	9.6
25	1.9	10.0	10.0	1.4
26	0.9	0.9	5.1	4.1
27	2.6	9.2	7.2	4.7
28	4.1	5.3	5.1	2.1
29	5.1	3.8	1.0	1.8
30	3.6	5.8	5.5	6.6
31	4.5	2.8	7.5	5.3
32	2.1	7.1	5.8	2.7
33	3.0	4.4	5.1	2.8
34	2.9	8.1	5.4	1.4
35	0.2	5.3	3.5	5.1
36	4.3	5.1	5.1	5.3
37	4.1	5.1	5.0	5.1
38	3.0	6.2	4.8	1.8
39	2.5	5.1	5.0	3.6
40	4.0	9.4	8.0	2.0
41	2.4	4.6	4.3	3.9
42	0.1	3.3	5.2	0.9
43	4.3	4.6	1.4	1.9
44	2.0	7.9	4.4	3.9
45	3.5	4.8	6.1	3.6
46	1.0	6.2	6.4	3.1
47	3.3	3.3	5.1	4.8
48	2.5	7.2	5.0	3.0
49	2.7	9.7	5.7	1.7
50	4.8	3.8	6.1	3.5
51	2.9	4.0	4.0	2.1

REPZ	392	485	743	321
52	2.9	2.8	3.0	4.6
53	4.4	7.7	7.5	2.0
54	3.9	6.4	5.2	2.6
55	2.1	4.3	4.2	1.6
56	2.9	8.8	7.7	4.6
57	5.0	1.9	4.4	1.9
58	3.3	5.3	5.3	4.6
59	1.0	1.7	4.5	2.1
60	1.8	5.8	8.8	3.8
61	2.0	5.6	6.8	3.0
62	2.1	8.6	8.1	3.9
63	0.9	5.3	3.7	1.9
64	0.9	4.6	7.0	4.7
65	0.9	9.8	5.1	5.1
66	2.0	2.9	3.3	2.4
67	3.9	7.5	7.7	5.0
68	2.5	5.1	5.0	1.6
69	4.3	4.6	4.3	2.9
70	2.0	7.9	4.4	3.9
71	2.6	9.2	7.5	4.8
72	4.2	2.9	7.2	5.1
73	0.9	9.6	5.2	5.3
74	1.7	5.1	4.6	6.2
75	3.7	10.0	10.0	3.2
76	2.9	4.0	3.2	3.9
77	2.1	7.3	5.5	2.9
78	0.2	5.9	3.2	4.1
79	1.5	5.5	9.0	7.3
80	3.6	5.8	3.1	5.6
81	5.1	5.3	4.3	5.5
82	1.8	3.0	9.7	1.2
83	5.5	1.7	8.2	6.1
84	9.2	3.8	3.0	3.5
85	5.3	8.9	7.5	9.6
86	3.6	3.6	5.8	5.3
87	6.3	8.9	7.3	9.9
88	2.4	0.9	3.2	2.2
89	5.3	3.8	5.1	1.4
90	4.0	5.0	8.0	2.7
91	3.2	6.5	3.6	3.4
92	3.2	4.0	3.5	3.2
93	3.3	9.8	4.6	0.9
94	1.9	3.8	2.3	6.9
95	7.0	9.8	4.6	2.9
96	6.2	7.9	3.9	2.1
97	3.3	4.2	4.2	3.8
98	4.9	7.5	7.5	7.9
99	6.6	5.5	9.2	3.3
100	3.5	5.8	4.5	5.6
PROM	3.281	5.625	5.470	3.875

De los resultados anteriores se observó una preferencia por los productos elaborados a partir de harina comercial y pastelera, con una calificación promedio de 3.3 y 3.9 respectivamente, y menos aceptación de los productos elaborados a partir de harinas galletera y panadera, con una calificación promedio de 5.6 y 5.5 respectivamente.

Respecto al nivel de agrado del consumidor se observó que los productos tendieron a gustar poco; esto puede deberse a que los productos se manejaron de una manera muy simple de acuerdo al concepto que se tiene de este tipo de productos, ya que por tratarse de una botana tipo chicharrón, suele pensarse que debe acompañarse de otros productos, tales como chile y limón. Por lo anterior, se observó una tendencia a opinar que había una deficiencia de sabor en el producto. Los atributos sensoriales que el consumidor respondió con mayor frecuencia fueron: crujiente (76.4%), grasoso (36.8%) y salado (15.7%).

5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el Apéndice D se muestran las tablas utilizadas para el análisis estadístico (20) de las pruebas fisicoquímicas y de la evaluación sensorial.

En las tablas 5.10 a 5.12 se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico aplicado a las pruebas fisicoquímicas realizadas a los productos elaborados a partir de harina comercial. En estas pruebas se observó la influencia de las RPM del tornillo del extrusor y de la humedad sobre la expansión, la absorción de aceite y la textura de los productos.

TABLA 5.10. RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA EL EFECTO DE LA EXPANSIÓN

ANOVA para las variables en el orden apropiado para la obtención de la Superficie de respuesta

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculada	valor P
10 33 35 30 33 35 30 33 35	2 76516229	1	2 7651623	21 08	0 0194
600 600 600 900 900 900 1200 1200 1200	0 18026667	1	0 1802667	1 37	0 3257
900 1089 1225 90 1089 1225 900 1089 1225	1 46154793	1	1 4615479	11 14	0 0444
360000 360000 360000 810000 810000 810000	0 01868889	1	0 0186889	0 14	0 7346
18000 19800 21000 27000 297000	2 10432112	1	2 1043211	16 05	0 0279
Modelo	6 52998690	5			

Análisis de Varianza para la Regresión Completa

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculada	Valor P
MODELO	6 52999	5	1 30600	9 95828	0 0437
ERROR	0 004861	1	0 001551		
TOTAL (corr.)	6 92343	8			
R cuadrada = 0 943173				Error estándar estimado = 0 03389	
R cuadrada (ajustada por GL) = 0 84846				Estadístico Durbin-Watson = 2 43692	

RESUMEN RESIDUAL

Numero de observaciones = 9 (0 valores excluidos)

Promedio residual = 0 139034

Varianza residual = 0 033894

Error estándar residual = 9 57259E-15

Coefficiente de skewness = 0 40283 Valor estandarizado = 0 493364

Coefficiente de kurtosis = -1 23242 Valor estandarizado = -0 754698

Estadístico de Durbin-Watson = 2 48997

TABLA 5.11. RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA EL EFECTO DE LA ABSORCIÓN DE ACEITE

ANOVA para las variables en el orden apropiado para la obtención de la Superficie de respuesta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F calculada	valor P
30 33 35 30 33 35 30 33 35	0 01372817	1	0 0137282	8 18	0 0646
600 600 600 900 900 900 1200 1200 1200	0 03979158	1	0 0397916	23 71	0 0165
900 1089 1225 90 1089 1225 900 1089 1225	0 00016806	1	0 0001681	0 10	0 7755
360000 360000 360000 810000 810000 810000	0 00408464	1	0 0040846	2 61	0 2044
18000 19800 21000 27000 297000	0 00499337	1	0 0049934	2 98	0 1810
Modelo	0 06306582	5			

Análisis de Varianza para la Regresión Completa

Variables	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F calculada	Valor P
MODELO	0 063658	5	0 0126132	7 51717	0 638
ERROR	0 00503374	3	0 00167791		
TOTAL (corr.)	0 0680996	8			
R cuadrada= 0 926083				Error estándar estimado= 0 409623	
R cuadrada (ajustada por GL)= 0 802887				Estadístico Durbin-Watson= 1 49976	

RESUMEN RESIDUAL

Número de observaciones = 9 (0 valores excluidos)

Promedio residual= 6 16791E-16

Varianza residual= 1 677911E-3

Error estándar residual= 0 0409623

Coefficiente de skewness= -0 104932

Coefficiente de kurtosis= -0 821939

Valor estandarizado= -0 128515

Valor estandarizado = -0 503333

Estadístico de Durbin-Watson= 1 49976

**TABLA 5.12. RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA EL PEE 103
DE LA TEXTURA**

ANOVA para las variables en el orden apropiado para la obtención de la respuesta de

respuesta						
Fuente		Grados de libertad	Suma de Cuadrados	MS	F	P > F
<hr/>						
Modelo		1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<hr/>						
Error		3	0.0000	0.0000		
<hr/>						
Total		4	0.0000			
<hr/>						
Modelo		1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<hr/>						
Error		3	0.0000	0.0000		
<hr/>						
Total		4	0.0000			
<hr/>						
Modelo		1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<hr/>						
Error		3	0.0000	0.0000		
<hr/>						
Total		4	0.0000			
<hr/>						
Modelo		1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<hr/>						
Error		3	0.0000	0.0000		
<hr/>						
Total		4	0.0000			
<hr/>						
Modelo		1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<hr/>						
Error		3	0.0000	0.0000		
<hr/>						
Total		4	0.0000			

TABLA 5.12. RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS PARA EL EFECTO DE LA TEXTURA

ANOVA para las variables en el orden apropiado para la obtención de la Superficie de respuesta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl.	Cuadrado Medio	F calculada	valor P
30 33 35 30 33 35 30 33 35	1 11412398	1	1 1141240	5 22	0 1065
600 600 600 900 900 900 1200 1200 1200	1 44060000	1	1 4406000	6 75	0 805
900 1089 1225 90 1089 1225 900 1089 1225	0 10623158	1	0 1062316	0 50	0 5383
360000 360000 360000 810000 810000 810000	0 01075556	1	0 0107556	005	0 8390
18000 19800 21000 27000 297000	0 00309474	1	0 0030947	0 01	0 9130
Modelo	2 67480585	5			

Análisis de Varianza para la Regresión Completa

Variables	Suma de cuadrados	Gl.	Cuadrado Medio	F calculada	Valor P
MODELO	2 67481	5	0 534961	2 50600	0 2399
ERROR	0 004066	3	0 001062		
TOTAL (corr.)	3 31522	8			

R cuadrada= 0.806826	Error estándar estimado= 0.04296
R cuadrada (ajustada con Gl.)= 0.484868	Estadístico Durbin-Watson= 2.51971

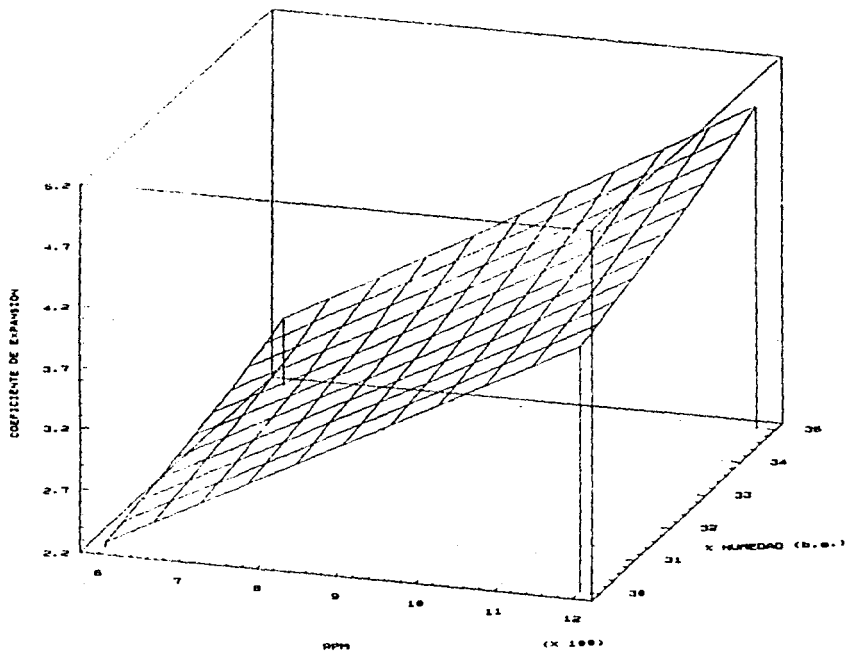
RESUMEN RESIDUAL

Número de observaciones= 9 (0 valores excluidos)
 Promedio residual= -2.71388E-15
 Varianza residual= 0.213472
 Error estándar residual= 0.042962

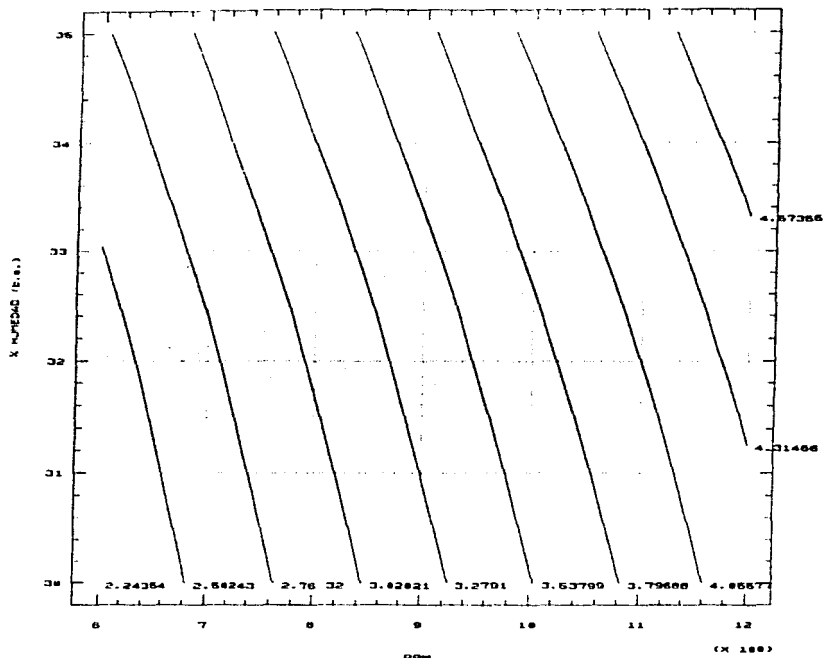
Coefficiente de skewness= -0.613437 Valor estandarizado= -0.751304
 Coeficiente de kurtosis= -0.874731 Valor estandarizado= -0.535661

Estadístico de Durbin-Watson= 2.51971

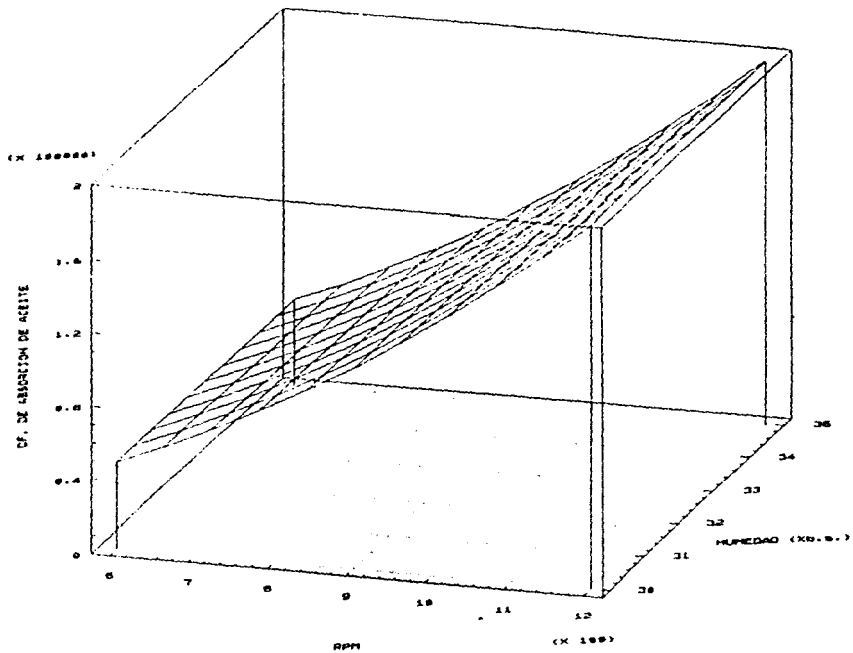
GRÁFICA 5.1. SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL EFECTO DE EXPANSIÓN



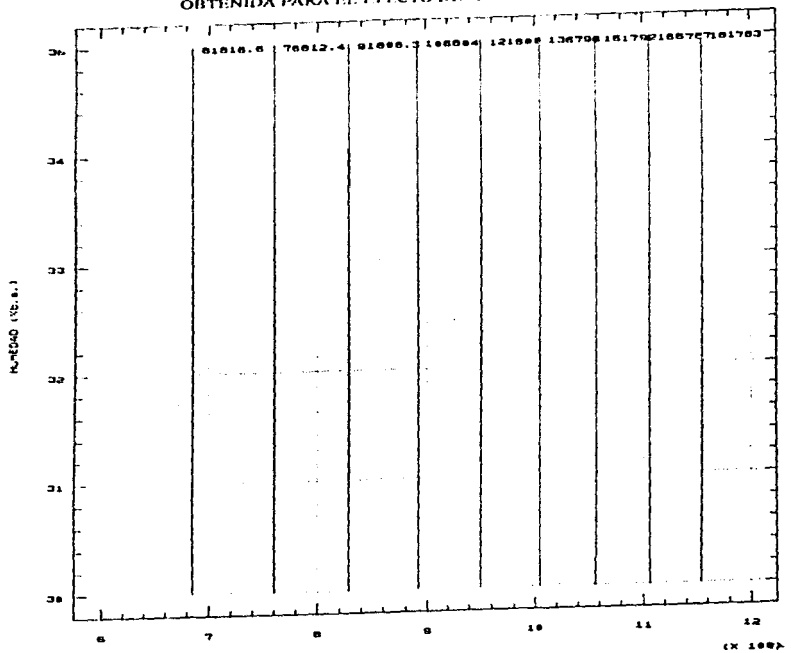
GRÁFICA 5.2. CORTE TRANSVERSAL DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA
OBTENIDA PARA EL EFECTO DE EXPANSIÓN



GRÁFICA 5.3. SUPERFICIE DE RESPUESTA OBTENIDA PARA EL EFECTO DE ABSORCIÓN DE ACEITE



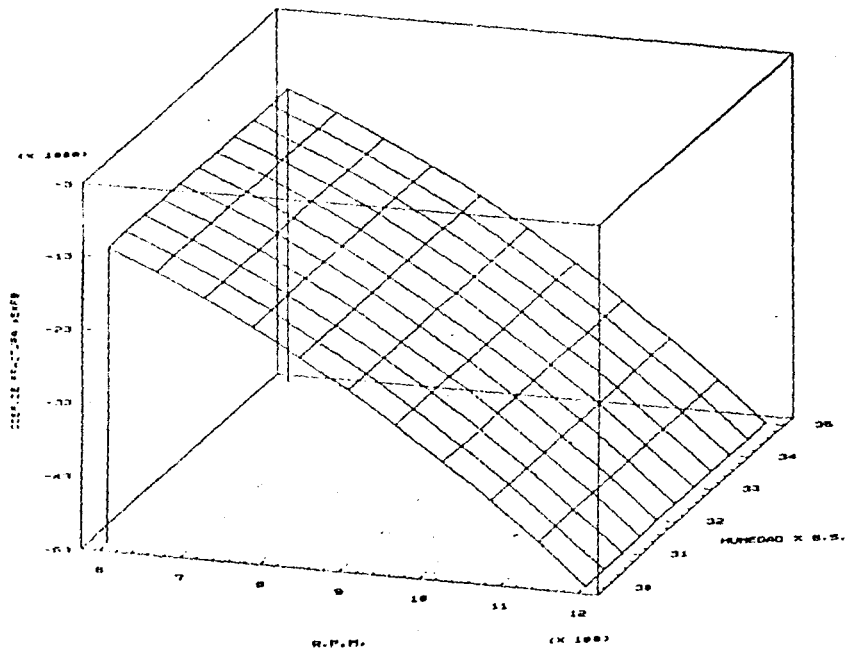
GRÁFICA 5.4. CORTE TRANSVERSAL DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA
OBTENIDA PARA EL EFECTO DE ABSORCIÓN DE ACEITE



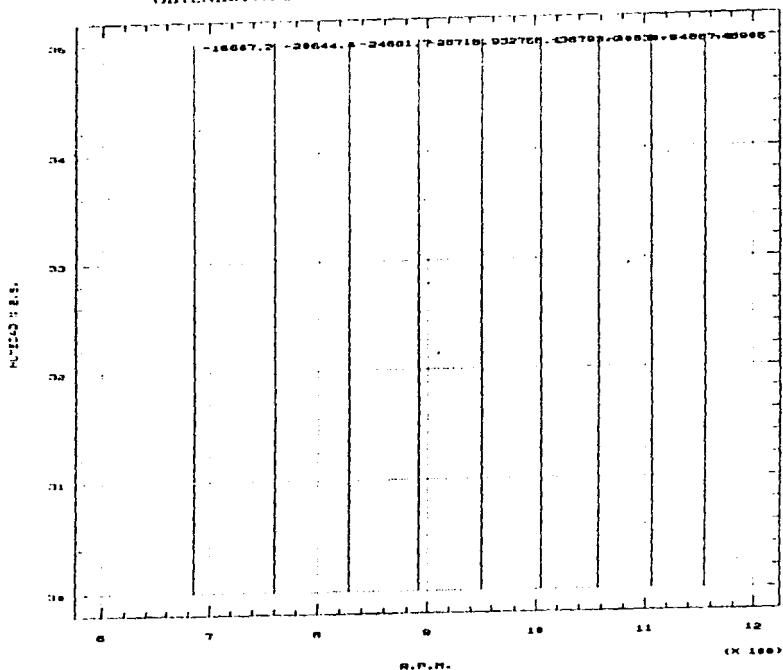
50

50

GRÁFICA 5.5. SUPERFICIE DE RESPUESTA OBTENIDA PARA EL EFECTO DE TEXTURA.



GRÁFICA 5.6. CORTE TRANSVERSAL DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA
OBTENIDA PARA EL EFECTO DE TEXTURA



Como se puede observar en la gráfica 5.1, la expansión aumenta conforme aumentan las RPM y conforme aumenta la humedad (gráfica 5.2). Esto se debe a que la humedad se relaciona con la expansión en el sentido de que a mayor humedad, la fuerza de cizalla es menor, ya que el agua contenida en la masa tiene un efecto "lubrificante" que no permite que la temperatura se eleve demasiado. Por tanto, las moléculas de amilosa y amilopectina no se deterioran tanto por los efectos de temperatura de residencia y a la fuerza de cizalla que influyen determinadamente en las condiciones de extrusión, temperatura y presión, favoreciendo una mejor expansión al estar éstas menos dañadas. Se observó que la temperatura del cañón del extrusor aumenta por la fricción ejercida con la masa y que este fenómeno ocasiona una reacción de caramelización que destruye las cadenas y provoca que se apelmace y disminuya la expansión y buena textura del producto. Puede llegarse incluso a ocasionar que el producto se queme dentro del extrusor, por lo cual se propusieron las condiciones de 600 RPM y 35% de humedad para trabajar. En estas condiciones se evita que las moléculas queden menos deterioradas.

Es probable que esta situación produzca oligosacaridos (12), ya que el almidón se fracciona dentro del extrusor, aumentando su solubilidad, por lo que la estructura del producto queda más "suave". Si aumenta la fricción de la masa, la estructura de la proteína, que contiene embebido al almidón en el interior de la red, se reblandece y aumenta el volumen de la red, observándose un aumento en la expansión.

En la absorción de aceite, se ve en la gráfica 5.3, que la absorción del aceite aumenta al incrementar las RPM y al aumentar la humedad inicial, ya que la fritura es un intercambio agua-aceite y al tener mayor humedad al inicio del proceso se obtiene un mayor intercambio en el proceso de fritura (gráfica 5.4). En este caso, el aceite no se fija queda atrapado en la red interna, formando una capa entre la red del gluten y el almidón (27), contribuyendo a la retención de burbujas de gas homogéneas. Debido a lo anterior se observa que entre mayor es la expansión, mayor es la absorción de aceite.

En la gráfica 5.5 se observa que el coeficiente de fractura disminuye cuando aumentan las RPM y cuando aumenta la humedad, lo que significa que existe menor resistencia a la fractura del producto. Ésto muestra que la textura de los productos va a ser mejor a mayores RPM y a mayor humedad, aunque ésta influye menos, como se puede ver en la gráfica 5.6. En este caso, los resultados no son tan relevantes, como se muestra en la tabla 5.13.

TABLA 5.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA F DE FISHER PARA LAS PRUEBAS FÍSICOQUÍMICAS

PRUEBA FÍSICOQUÍMICA	F TABLAS (3,4)*	COMPARATIVO	F CALCULADO	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
ABSORCIÓN	9.982	-	5.41	SI
EXPANSIÓN	7.5171	-	5.41	SI
COEF. FRACTURA	7.5060	-	5.41	NO

* Nivel de significancia 0.05% (ver Anexo D.2)

Como se observa en la tabla 5.13, existe diferencia significativa en el caso de la expansión; ésto es, las condiciones de RPM y humedad influyen de manera significativa en la obtención de estos productos (94% de explicación). Como se observa en el caso de la absorción de aceite, estas condiciones también influyen de manera determinante en la elaboración de los productos (93% de explicación). En el caso de la textura, se observó que dichas condiciones no afectan de manera significativa en la elaboración de los productos; lo más probable es que sea necesario evaluarlos por otro método más sensible, ya que no hay diferencia significativa entre los parámetros evaluados y el coeficiente de fractura obtenido (80% de explicación). Cabe mencionar que estos resultados son confiables en un 95% para un intervalo muy pequeño, ya que los intervalos utilizados para este estudio fueron muy pequeños, recordando que con otras condiciones el producto no es satisfactorio comercialmente.

EVALUACIÓN SENSORIAL

A continuación, en las tablas 5.14 a 5.16, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para la evaluación sensorial (20, 21).

TABLA 5.14. Medias para HARINAS-RESPUESTA por HARINAS-HARINAS

Harina	Respuestas	Error Snd Promedio	Error Snd (integrado)	95 % LSD	media de intervalos	
392	100	3 2830000	0 1916416	0 2265032	2 9680565	3 5079435
485	100	5 6250000	0 2498257	0 2265032	5 3100565	5 9399435
743	100	5 4700000	0 2265976	0 2265032	5 1550565	5 7849435
321	100	3 8750000	0 2322893	0 2265032	3 5600565	4 1899435
Total	400	4 5632500	0 1132516	0 1132516	4 4057782	4 7207218

TABLA 5.15. Análisis de intervalos múltiples para HARINAS-RESPUESTA por

HARINAS-HARINAS

Método	95 % LSD	HARINAS-HARINAS	
Harina	Respuestas	Promedio	Grupos homogéneos
392	100	3 2830000	X
321	100	3 8750000	X
743	100	5 4700000	X
485	100	5 6250000	X
contraste		diferencia	+/− límites
392 - 485		-2 34200	0 62989 *
392 - 743		-2 18700	0 62989 *
392 - 321		-0 59200	0 62989
485 - 743		0 15500	0 62989
485 - 321		1 75000	0 62989 *
743 - 321		1 59500	0 62989 *

* se observa la diferencia significativa estadísticamente

TABLA 5.16. Análisis de varianza por una vía

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculada	Nivel de significancia
Entre harinas	40 62237	3	135 40789	26 391	0 0000
Entre respuestas	2031 6261	396	5 13037		
Total (corr.)	2437 8498	399			

Se realizó una análisis de varianza (por una vía) por medio de una suma de cuadrados, obteniéndose los resultados de la tabla 5.17.

TABLA 5.17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA F DE FISHER PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

NIVEL DE SIGNIFICANCIA *	F TABLAS (3,99)	COMPARATIVO	F CALCULADO	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
0.05	2.60	"	26.193	SI
0.01	3.78	"	26.193	SI

* Ver Apéndice D

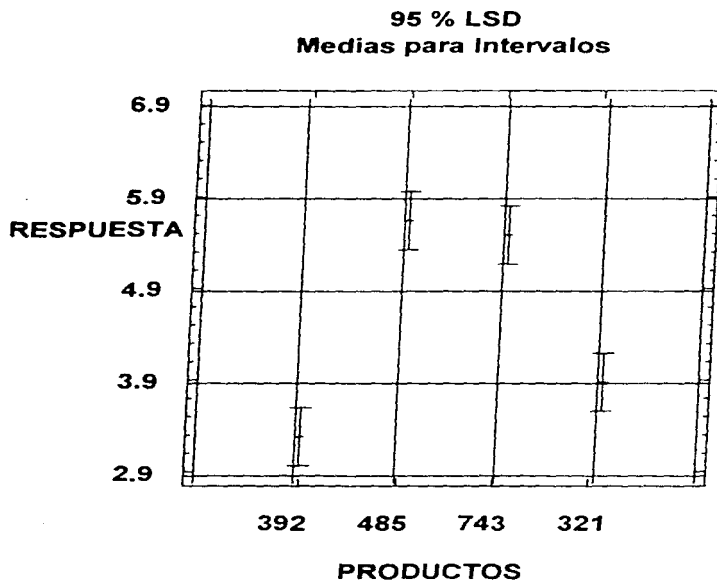
De los resultados de la tabla 5.17 se observó, que por lo menos una de las harinas usadas, es diferente de las otras con un nivel de confianza del 95% y del 99%. Para conocer cuáles de las harinas son diferentes entre si se calculó la Diferencia Mínima Significativa de Fisher (DMS), obteniéndose los siguientes resultados:

Rayado de Duncan.

COMERCIAL - PASTELERA		PANADERA - GALLETERA	
392	321	743	485
-----		-----	

Se observa que a 95% de confianza, no hay diferencia mínima significativa entre la harina comercial y la pastelera, así como entre la harina panadera y la galletera; es decir, que sensorialmente la harina comercial es muy semejante a la pastelera y que también la harina galletera es muy semejante a la panadera, por lo tanto, hay diferencia entre la harina comercial, la panadera y a la comercial con la galletera.

GRÁFICA 5.7. RESPUESTAS PROMEDIO DE LA ACEPTACIÓN A NIVEL CONSUMIDOR.



De acuerdo a las calificaciones otorgadas por el consumidor, los productos elaborados a base de harina comercial tuvieron un mayor nivel de agrado, a pesar de que no hay una

estadísticamente se podría decir que ambos productos gustan por igual, esto se observa en la gráfica 5.7. Del mismo modo, se observó que el producto que gustó menos fue elaborado a partir de harina galletera, no observándose diferencia significativa con los productos elaborados a partir de harina panadera, ambos productos tendieron a la indiferencia del consumidor.

CAPÍTULO

6

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, puede concluirse lo siguiente:

- La velocidad del tornillo sinfin (RPM) y la humedad influyen determinadamente en cuanto a la expansión y absorción de aceite de los productos obtenidos.

- El método utilizado para evaluar la textura no fue el más adecuado para observar el comportamiento de los productos bajo diferentes condiciones de extrusión, ya que no se observan diferencias significativas entre las variables por este método.

- Es necesario tener un sistema de medición más sensible que permita determinar la influencia de la velocidad rotacional del tornillo y de la humedad sobre la textura de los productos.

- Otros factores que influyen en las condiciones de extrusión son la fuerza de cizalla y el tiempo de residencia en el extrusor.

- Al aumentar la temperatura de extrusión por la fricción ejercida con la masa, se afecta de manera determinante al producto, ya que se afecta la estructura molecular de los productos.

- Debido a cantidad de proteína presente en las materias primas, es importante considerar los cambios químicos en la proteína y su calidad para obtener el producto con las características deseadas. Esto no es simple ya que requiere de estudios a nivel molecular que caen fuera de este primer trabajo de selección del proceso.

- Las harinas pastelera y comercial presentan características fisicoquímicas y sensoriales muy similares, así como una cantidad y calidad proteínica semejantes, siendo las más adecuadas para la elaboración de los productos extrudidos.

- Las harinas galletera y panadera presentan características fisicoquímicas y sensoriales muy similares, así como una cantidad y calidad proteínica semejante, siendo menos recomendadas para la elaboración de los productos.

- La decisión final en cuanto a la conveniencia de utilizar comercialmente una harina sobre las otras debe contemplar, además de los aspectos estudiados en este trabajo, un análisis económico, tomando en cuenta los costos de mercado de las diferentes harinas como materia prima para este tipo de productos.

- Finalmente, de acuerdo a la evaluación sensorial realizada, se concluye que es necesaria la adición de saborizantes que mejoren el producto para lograr una mayor aceptación.

CAPÍTULO

7

7. RECOMENDACIONES

Consecuentemente, para un estudio posterior se recomienda realizar estudios sobre los siguientes puntos:

- Influencia de la fuerza de cizalla y tiempo de residencia de la masa en el extrusor
- Estudios sobre el almidón: Daños que sufre el almidón durante el proceso y su efecto sobre el producto final.
- Estudios sobre la proteína: Pruebas para evaluar la funcionalidad de la proteína en cada harina (calidad del gluten), tales como el índice de Pelschenke para la calidad y cantidad de proteina (tiempo de desintegración) y prueba de sedimentación de la masa (fuerza del gluten).
- Estudios sensoriales con jueces entrenados, proponiendo un panel de textura (32) para evaluar el producto de una manera analítica (evaluar diferencias, intensidades y calidades de muestras)
- Análisis de costos para las diferentes harinas para que los productos sean comercialmente redituables.
- De acuerdo al análisis sensorial realizado se recomienda el estudio de la adición de diferentes concentraciones y tipos de saborizantes para lograr una mayor aceptación del producto a nivel consumidor.
- Estudios comparativos de éstos productos con productos existentes en el mercado para mejorar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

CAPÍTULO

8

8. BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- ARTZ, W. F. *et al.*, *Twin screw extrusion modification of a corn fiber and corn starch extruded blend* J Food Science, 1990, 55 (3), pp. 746-751
- 2.- BADUI, D. S. *Química de los alimentos*, Ed Alhambra, 3ª edición, México, 1993, pp.97-101.
- 3.- CARVAJAL, M. J. *El Alveógrafo, ¿que tan exacto es?*, PAN Continental, México, 1981, pp. 24-32.
- 4.- CARVAJAL, M. J. y CASTILLA C. H. F., *La harina de trigo en México, su calidad*, PAN Continental, México, 1981, No 256, pp 25-29.
- 5.- CURIEL, S. R., *Estudio del comportamiento fisicoquímico y reológico de mezclas a base de harina de trigo con pasta de semilla de girasol para la elaboración de sopas tipo pasta*, Universidad. La Salle, México, 1990, pp 7-15.
- 6.- DURÁN, C., *Una nueva tecnología para la extrusión alcalina de maíz y sorgo*. Proyecto Multinacional de Tecnología de Alimentos-OEA-UNAM, México, 1988, pp 8-12
- 7.- FELLOWS, P. *Tecnología del procesamiento de los alimentos Principios y practicas*, Ed Acribia, Zaragoza, España, 1994, pp 135-152, 225-247.
- 8.- GUERRA, V. R., *Extrusión, una nueva tecnología aplicada al procesamiento de maíz normal y opaco*, Facultad de Química, UNAM, 1978, pp 17-35
- 9.- HAWTHORN, J., *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos*, Ed. Acribia, España, 1983, pp 38-59.
- 10.- HARPER, J. M., *Extrusion of foods*, vol II, CRC Press, Inc., Florida, USA, 1984, pp. 115-122, 385-450.
- 11.- HOSENEY, R. C., *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*, Ed. Acribia, Zaragoza, España, 1991, 3-59, 90-105.
- 12.- KENT, N. L., *Tecnología de los cereales*, Ed. Acribia, Zaragoza, España, 1987, pp. 1-16, 64-86, 107-121, 133-143.

- 13.- KURT, S., *La extrusión HTST como moderna tecnología para el procesamiento de cereales*, Industria Alimentaria, Vol.17, 1984, pp 15-21
- 14.- LICHTINGER, W. I., *Extrusion en alimentos*, Facultad de Química, UNAM, 1975, pp 7-24.
- 15.- LOREN, K., *Extrusion processing of triticale*, Journal of Food Science, 1974, pp 572-575.
- 16.- MANLEY, D. J. R., *Tecnología de la Industria Galletera*, Ed Acribia, España, 1983, pp 3-38.
- 17.- MARTINEZ, F. V. *Análisis sensorial, una decisión importante*, Dulcilandia No. 537, Año 54, Abril 1985, pp 38-42
- 18.- MARTINEZ, F. V., *¿Análisis sensorial?*, Dulcilandia-No. 540, Año 54, Julio 1985, pp.54-59.
- 19.- MATSON, K., *Cereal foods world*, Vol. 27, No.7, Mayo 1982, pp 207-210
- 20.- MILLER, T., *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*, Ed Prentice Hall Hispanoamericana, 4a edición, México, 1992, pp. 208-272.
- 21.- MONTGOMERY, D., *Diseño de Experimentos*, Grupo Editorial Iberoamericana México, 1991, pp 13-78.
- 22.- *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC)* 14 a. ed., Washington, D C., USA, 1984, pp 126-129, 132-133, 211.
- 23.- PEDREÑO, D. I., Y PANGBORN, R. M., *Evaluación sensorial de los alimentos* Métodos analíticos, Ed. Alhambra Mexicana, 1a. edición, 1989, pp.24-27, 37-54, 123-135.
- 24.- PÉREZ, R. y RODRÍGUEZ, J., *Condiciones óptimas de extrusión de mezclas maíz- sorgo usando como parámetro de evaluación las características reológicas de masas y tortillas elaboradas con las harinas extrudidas*, Facultad de Química, UNAM, México, D.F., 1988, pp.71-78.
- 25.- POTTER, N. N., *La ciencia de los alimentos*, Ed. Edutex, 1a. edición, México, 1973, pp.131-225.

- 26.- *Producción y Comercialización de Trigo*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Subsecretaría de Planeación 1987-1993, pp. 24-35, 80-87.
- 27.- QUAGLIA, G., *Ciencia y Tecnología de la Panificación*. Ed. Acribia, España, 1991, pp 1-28, 31-45, 207-115.
- 28.- RODRIGUEZ, D., *La industria de frituras: empleo informal y modernidad*. UNAM, 1988. Instituto de Investigaciones Económicas, PUAL., pp 12-15, 24-25.
- 29.- SANCHEZ, S. A., *Estudio del uso de modelos de superficie de respuesta para correlacionar características sensoriales y de textura de masas y tortillas elaboradas con harinas de maíz extrudidas alcalinamente*. Tesis de maestría. Facultad de Química, UNAM, México, D.F., 1993, pp. 9-18, 25-28, 32, 74-78, 106-107.
- 30.- STONE, H., *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press Inc, 1985, pp 89-92, 227-239.
- 31.- VANCE, G. C. and SURMACKA, A. S., *Guidelines to training a texture profile panel*, *Journal of Texture Studies*, 4, 1973, pp. 204-223.

ANEXOS

APÉNDICE A. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS PROXIMAL

A.1. Determinación de humedad (AOAC 14.002)

Pesar de 2 a 3 g de muestra en un pesafiltro con tapa que ha sido previamente pesado después de ponerlo a peso constante 2 horas a $130 \pm 3^\circ\text{C}$. Secar la muestra por 1 hora en la estufa a $130 \pm 3^\circ\text{C}$ con la tapa del pesafiltro a un lado. Retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en un desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. Calcular el porcentaje de humedad, reportandola como pérdida por secado a 130°C .

Cálculos:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{A - B}{M} \times 100$$

donde A = Peso del pesafiltro más muestra

B = Peso del pesafiltro más muestra después de secar a la estufa

M = Peso de la muestra en gramos

A.2. Determinación de cenizas (AOAC 14.006)

Pesar aproximadamente de 3 a 5 g de muestra en un crisol previamente pesado después de meterlo a la mufla 2 horas a 600°C . Calcinar la muestra, carbonizando primero con mechero hasta que no se desprendan humos y meter a la mufla, cuidando que la temperatura no pase de 550°C para evitar que los cloruros se volatilicen. Se suspende el calentamiento cuando las cenizas estén blancas o grises. Enfriar en desecador y pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(\text{Peso crisol con cenizas} - \text{Peso crisol vacío}) \times 100}{\text{Peso de muestra en gramos}}$$

A.3. Determinación de proteína cruda (AOAC 7.015)

Pesar en balanza analítica de 0.5 a 1 g de muestra en papel delgado blanco, y con todo y papel, se introduce en un matraz Kjeldhal de 800 ml, se agregan 0.3 g de sulfato de cobre pentahidratado, 5 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 15 ml de ácido sulfúrico concentrado y se añade perlas de vidrio para regular la ebullición en la destilación. Se coloca el matraz en el digestor del aparato Kjeldhal, abrir el extractor de vacío y calentar hasta la total

destrucción de la materia orgánica. La solución debe quedar completamente cristalina (1 a 2 hr) Enfriar. Diluir con 350 ml de agua destilada y enfriar sobre hielo.

Añadir 40 ml de una solución concentrada de hidróxido de sodio (100 g en 100 ml de agua), que también ha sido enfriada sobre hielo, haciéndola resbalar lentamente por la pared del matraz, de manera que se estratifiquen las dos soluciones. No agitar porque puede haber desprendimiento prematuro de amoníaco. Adicionar 0.2 g de polvo de zinc y conectar inmediatamente el matraz a la trampa de Kjeldhal, unida al refrigerante que, asu vez, está conectado a una alargadera que se introduce en un matraz Erlenmeyer con 50 ml de ácido clorhídrico 0.1 N medidos volumetricamente y adicionados de 5 gotas de indicador de rojo de metilo 0.1 % en alcohol.

Una vez conectado el matraz, agitar para mezclar las dos capas y colocar inmediatamente en la parrilla ya caliente del destilador, regular la ebullición al inicio de ésta, agitando de vez en vez. Destilar aproximadamente hasta un volumen de 250 ml. Suspender la destilación, retirando primero el matraz con el destilado de manera que la alargadera quede por encima, y antes de apagar la parrilla, dejar destilar unos minutos, lavar por fuera con agua destilada, recogiendo en el mismo matraz.

Titular el exceso de ácido con solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N hasta vire amarillo del indicador.

Corregir mediante una determinación en blanco de los reactivos usados, empleando la misma cantidad de papel.

Cálculos:

$$\% \text{ NITRÓGENO} = \frac{(\text{ml de blanco} - \text{ml problema}) \times N (\text{NaOH}) \times \text{meq Nitrógeno} \times 100}{\text{peso muestra en gramos}}$$

$$\% \text{ PROTEÍNA CRUDA} = \% \text{ Nitrógeno} \times 5.7^*$$

* 5.7 Factor para determinación de proteína en trigo

A.4. Determinación de extracto etéreo (AOAC 7 05b)

Método de Soxhlet

En esta determinación se usa un extractor de Soxhlet que consta de tres partes: un extractor, un matraz y un refrigerante unidos por juntas esmeriladas. Se pesa primero el cartucho, y la muestra, previamente seca, se pesa en un papel blanco (4 a 5 g). Se coloca la muestra dentro del mismo y se vuelve a pesar. Tapar la muestra con algodón y colocar el cartucho en el extractor. Por otro lado se coloca el matraz con perlas de vidrio en la estufa a 100°C por 2 hr. Se enfria en desecador y se pesa. Se conecta el matraz al extractor y éste al refrigerante. Se agrega éter etílico por el refrigerante en cantidad de dos cargas y se calienta el matraz con parrilla hasta extraer toda la grasa de la muestra (4 hr aproximadamente). Se comprueba que se extrajo toda la grasa, dejando caer una gota de éter sobre un vidrio de reloj o papel filtro que al evaporarse no deje residuo de grasa.

Se saca el cartucho con la muestra desengrasada secando el extracto a 100°C por 30 min. Se enfria y se pesa.

Cálculos:

$$\% \text{ GRASA CRUDA} = \frac{(\text{Peso matraz con extracto} - \text{Peso matraz vacío}) \times 100}{\text{Peso muestra en gramos}}$$

A.5. Determinación de Fibra Cruda (AOAC 7 062)

Pesar de 2 g de muestra desengrasada y seca. Colocar la muestra en el vaso digestor, añadir 1 g de asbesto preparado, 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % (0.255 N). Calentar de inmediato, reflujar durante 30 min, rotando el vaso para incorporar las partículas. Filtrar a través de papel seda especial, usando vacío y lavar con 4 porciones de 50 ml de agua caliente hasta que no dé reacción ácida al rojo de metilo. El residuo que quedó en el filtro se pasa al vaso digestor ya limpio y se repite la operación con 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25 % (0.313 N). Después de reflujar 30 min, se filtra sobre el mismo papel seda, se lava con 25 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % y con 3 porciones de 50 ml de agua caliente, comprobando que no dé reacción alcalina.

Pasar cuantitativamente el residuo a un vaso de precipitados, lavando con agua y filtrando sobre un crisol gooch (con una capa delgada de asbesto preparado), que

posteriormente se lleva a la estufa a $130 \pm 2^\circ\text{C}$. Enfriar y pesar. Llevar a la mufla y calcinar a 600°C durante 30 min, enfriar y pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ FIBRA CRUDA} = \frac{(A - B) \times 100}{M}$$

donde: A = Peso del gooch después de 2 hr a 130°C

B = Peso del gooch después de calcinar 30 min a 600°C

M = Peso de la muestra original en gramos (corregido con humedad y grasa)

A.6. Determinación de carbohidratos asimilables

$$\% \text{ CARBOHIDRATOS ASIMILABLES} = 100 - (\text{humedad} + \text{cenizas} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{fibra})$$

APÉNDICE B. ESPECIFICACIONES DE LAS HARINAS



Compañía Harinera de México S.A. de C.V.

ESPECIFICACIONES DE HARINA CORDON ROJO

DESCRIPCION:	Harina obtenida de la extracción al 75% de una mezcla de trigos suaves y semiduros.
ENVASE:	Sacos de Polipropileno de 44 Kgs., o pipas a granel de 22 tons. Su nombre comercial es "YGREDA" (Галекса).
ALMACENAJE:	Se almacena en Silos de 145 tons., o sacos de polipropileno de 44 Kgs.

<u>CARACTERÍSTICAS</u>	<u>ESTANDARES</u>
% GLUTEN HUMEDO	30.0 ± 2.0
% CENIZA	0.560 Máximo
% HUMEDAD	14.0 ± 0.2
% PROTEÍNA	10 ± 0.5
TENACIDAD (U.B.)	225 ± 25
EXTENSIBILIDAD (mm)	175 ± 25
% ABSORCIÓN	57 ± 1
ALVEOGRAMA P/G	2.8 ± 0.5
ALVEIOGRAMA W (x10 ⁶ JOULES)	140 ± 25
MEJORANTES	ENZIMAS PROTEOLITICAS
SPRED FACTOR	10 ± 1

USOS:

Elaboración de Galletas Elásticas, como complemento en la galletas de fermentación, galletas de leudado, pays.

ESTA TIRADA NO DEBE
SALIR DE LA
BIBLIOTECA

Compañía Harinera de México S.A. de C.V.

ESPECIFICACIONES DE HARINA PASADORA

DESCRIPCION	Harina obtenida de la extracción al 5% de una mezcla de trigo suaves y duros.
EMPAQUE	Sacos de polipropileno de 44 lbs. o pipas a granel de 22 toneladas. Su nombre comercial es "SARANGA PASADORA".
ALMACENAJE	Se almacenará en silos de 165 tons., o sacos de polipropileno de 44 lbs.

<u>CARACTERISTICAS</u>	<u>ESTANDARES</u>
I GLUTEN HEMEDO	30.0 ± 2.0
II CENIZAS	0.460 Miv.
III HUMEDAD	14.0 ± 0.2
IV PROTEINA	9.0 ± 0.5
TENACIDAD (U.B.)	250 ± 25
EXTENSIBILIDAD ₁ (mm)	150 ± 25
V ABSORCION	56 ± 1
ALVEOGRAMA F/0	3.5 ± 0.5
ALVEOGRAMA W (x10 ⁻⁶ JOULES)	175 ± 25
IMPURETAS	NINGUNO

ESPECIFICACIONES INTERNAS DE
HARINA PARA PAN

SENSORIALES:

- COLORE:** Blanco o ligeramente amarillito, característico.
OLOR: Debe ser característico del producto, sin ningún olor extraño.
SABOR: Fermentado característico del producto, sin sabor extraño o desagradable.

FÍSICO-QUÍMICAS:

HUMEDAD:	14 % máximo.
PROTEÍNAS (N x 6.25):	10 - 11 %
CEJENZAS:	0.55 % máx.
FIBRA CRUDA:	0.2 - 0.4 %
GLUCOSA REDUCIDA:	11.5 % mín.
PH:	5 - 6
NI:	210 ± 20 unidades.

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS:

CUENTA STD. BACTERIAS MESÓFILAS AERÓBIAS:	50,000 UFC/gr. máx.
COLIFORMES TOTALES:	50 UFC/gr. máx.
COLIFORMES FECALES:	< 3 NMP/gr.
BORGOS:	100 UFC/gr. máx.
LEVADURAS:	300 UFC/gr. máx.
SALMONELLA SP. EN 25 GR.	Negativo
STAPHYLOCOCCUS AUREUS.	Negativo

APÉNDICE C. DATOS EXPERIMENTALES DE LAS PRUEBAS FISICOQUIMICAS

TABLA C.1. DATOS EXPERIMENTALES PROMEDIO DE LA HUMEDAD

MUESTRA	"PELLET"		FRITURA	
	% HUMEDAD	PESO (g)	% HUMEDAD	PESO (g)
COM1	10.0	10.00	3.6	12.40
COM2	9.8	10.24	4.3	13.37
COM3	10.2	10.12	3.6	12.92
COM4	9.6	10.26	4.2	13.44
COM5	10.6	10.21	3.9	13.34
COM6	9.9	10.00	4.6	13.51
COM7	9.8	10.27	4.2	12.81
COM8	10.2	10.68	5.1	13.84
COM9	11.0	10.48	3.8	13.69
COM10	9.4	10.64	4.4	13.33
COM11	9.6	10.91	3.2	14.12
COM12	9.9	10.00	3.1	13.60
GAL1	10.1	10.01	4.5	12.15
GAL2	9.8	10.04	3.9	12.72
GAL3	9.8	10.64	4.1	12.79
GAL4	10.0	10.01	4.1	13.11
PAN1	10.9	10.09	4.4	12.48
PAN2	9.4	10.00	5.3	13.01
PAN3	10.0	10.02	3.9	13.21
PAN4	11.6	10.51	4.6	14.90
PAS1	11.5	10.36	5.1	12.69
PAS2	9.4	10.27	4.4	13.00
PAS3	9.3	10.27	4.0	14.00
PAS4	10.9	10.01	3.8	14.40

TABLA C.2. DATOS EXPERIMENTALES PROMEDIO PARA LA EXPANSIÓN

MUESTRA	DIÁMETRO FRITURA (cm)	DIÁMETRO "PELLIT" (cm)	EXPANSIÓN (cm)
COM1	1 010	0 503	0 507
COM2	1 176	0 518	0 638
COM3	1 230	0 495	0 715
COM4	1 256	0 500	0 756
COM5	1 283	0 502	0 781
COM6	1 375	0 580	0 795
COM7	1 106	0 497	0 566
COM8	1 070	0 483	0 587
COM9	1 150	0 493	0 657
COM10	1 015	0 518	0 497
COM11	1 01	0 504	0 506
COM12	1 125	0 489	0 616
GAL1	1 119	0 554	0 565
GAL2	1 175	0 503	0 582
GAL3	1 190	0 599	0 591
GAL4	1 345	0 610	0 715
PAN1	1 175	0 526	0 649
PAN2	1 100	0 580	0 719
PAN3	1 190	0 638	0 757
PAN4	1 410	0 620	0 790
PAS1	1 410	0 601	0 809
PAS2	1 475	0 650	0 822
PAS3	1 469	0 617	0 832
PAS4	1 505	0 640	0 865

TABLA C.3. DATOS ESTADÍSTICOS PROMEDIO DE LA ABSORCIÓN DE ACEITE

MUESTRA	AGUA PERDIDA (AP)*	AP x PESO "PELLET"	MATERIA SÓLIDA**	ABSORCIÓN DE ACEITE***
COM1	0.064	0.640	9.044	3.98
COM2	0.055	0.550	9.210	4.67
COM3	0.066	0.668	9.080	4.50
COM4	0.054	0.554	9.276	4.71
COM5	0.067	0.711	9.127	4.92
COM6	0.051	0.533	9.064	4.98
COM7	0.056	0.575	9.263	4.17
COM8	0.041	0.544	9.591	4.79
COM9	0.072	0.754	9.127	5.11
COM10	0.050	0.532	9.619	4.22
COM11	0.064	0.698	9.812	4.96
COM12	0.068	0.680	9.010	5.27
GAL1	0.056	0.561	8.99	3.72
GAL2	0.059	0.592	9.05	4.26
GAL3	0.057	0.572	9.05	4.11
GAL4	0.059	0.591	8.99	4.71
PAN1	0.065	0.656	9.50	3.33
PAN2	0.047	0.470	9.00	4.48
PAN3	0.055	0.551	9.07	4.69
PAN4	0.070	0.715	10.38	5.25
PAS1	0.064	0.663	9.16	4.19
PAS2	0.050	0.513	9.30	4.18
PAS3	0.053	0.543	9.11	5.20
PAS4	0.053	0.511	9.08	5.85

*AGUA PERDIDA (AP) = (humedad "pellet" - humedad fritura) / 100

**MATERIA SÓLIDA = peso "pellet" - (peso "pellet" x humedad "pellet") / 100

***ABSORCIÓN ACEITE = peso fritura + AP - materia sólida

**TABLA C.4. DATOS EXPERIMENTALES PROMEDIO PARA LA OBTENCIÓN DEL
COEFICIENTE DE FRACTURA**

MUESTRA	DISTANCIA (cm)	T RELAJACIÓN (seg E2)	MASA (Kg x 10E-5)	DIÁMETRO (cm)	COEF. FRACTURA (CF x 10E-9)*
COM1	5.1	22.67	8.796	1.010	2.892
COM2	4.6	20.44	9.407	1.176	1.889
COM3	4.6	21.18	8.542	1.210	2.134
COM4	4.9	21.07	8.785	1.256	2.011
COM5	4.7	20.89	10.142	1.283	1.676
COM6	4.6	20.44	12.186	1.375	1.746
COM7	5.0	20.44	7.165	1.106	2.636
COM8	4.7	20.89	6.515	1.070	3.130
COM9	4.6	20.44	7.666	1.150	2.371
COM10	5.1	22.67	6.940	1.015	1.648
COM11	4.9	21.78	7.176	1.010	1.272
COM12	4.6	20.67	7.674	1.125	2.472
GAL1	4.7	25.34	6.962	1.110	4.285
GAL2	5.1	21.69	6.614	1.175	3.599
GAL3	5.3	21.56	8.724	1.190	2.239
GAL4	5.2	23.33	8.176	1.345	2.416
PAN1	4.9	21.78	7.021	1.175	2.875
PAN2	6.1	27.25	10.641	1.100	2.684
PAN3	5.3	23.55	8.964	1.190	2.212
PAN4	5.2	23.11	10.194	1.416	1.858
PAS1	5.1	22.68	7.852	1.410	2.323
PAS2	5.3	23.56	10.672	1.475	1.763
PAS3	5.4	24.00	12.383	1.469	1.583
PAS4	5.0	22.22	10.478	1.505	1.551

$$*CF = F \times tr E2 / m \times d$$

donde: F = fuerza aplicada en el texturómetro (5 N)
 tr E2 = tiempo de relajación al cuadrado (seg)
 m = masa promedio de la fritura (Kg)
 d = diámetro promedio de la fritura (cm)

APÉNDICE D. TABLAS ESTADÍSTICAS

TABLA D.1. VALORES DE F 0.01

Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	40	50	60	75	100	∞	
1	4052	5000	5403	5653	5784	5839	5883	5921	5952	5978	6000	6018	6033	6046	6057	6067	6076	6084	6091	6098	6104	6109
2	98.50	99.00	99.20	99.30	99.35	99.38	99.40	99.41	99.42	99.43	99.44	99.44	99.45	99.45	99.45	99.45	99.45	99.45	99.45	99.45	99.45	99.45
3	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
4	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
5	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
6	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50
7	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50
8	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80
9	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20
10	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70
11	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30
12	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90	23.90
13	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60
14	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30	23.30
15	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10	23.10
16	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90
17	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70	22.70
18	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50
20	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30	22.30
21	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20
22	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10
23	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
24	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90
25	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80	21.80
30	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60
40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40	21.40
50	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30
100	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10
∞	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00

TABLA D.2 VALORES DE F 0.05

Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	161.280	198.503	216.223	230.259	239.329	247.227	254.217	260.478	266.174	271.364	276.103	280.441	284.429	288.117	291.554	294.788	297.770	300.550	303.170	305.670	308.070	310.390
2	19.000	19.000	19.200	19.300	19.350	19.380	19.400	19.410	19.415	19.420	19.425	19.430	19.435	19.440	19.445	19.450	19.455	19.460	19.465	19.470	19.475	19.480
3	10.000	9.933	9.912	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910	9.910
4	7.311	6.841	6.835	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836	6.836
5	6.601	5.794	5.741	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748	5.748
6	5.994	5.144	4.963	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933	4.933
7	5.519	4.524	4.293	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253	4.253
8	5.122	4.084	3.807	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756	3.756
9	4.782	3.693	3.368	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306	3.306
10	4.484	3.349	2.971	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898
11	4.241	3.058	2.638	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554	2.554
12	4.033	2.810	2.348	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254
13	3.845	2.571	2.067	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963
14	3.674	2.354	1.811	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697	1.697
15	3.518	2.165	1.582	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458
16	3.374	1.993	1.370	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237	1.237
17	3.241	1.835	1.200	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058
18	3.118	1.689	1.050	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
19	3.004	1.553	0.910	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752
20	2.897	1.425	0.770	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604	0.604
21	2.796	1.304	0.630	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457
22	2.700	1.189	0.500	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320
23	2.609	1.079	0.370	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183
24	2.523	0.973	0.240	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
25	2.441	0.871	0.110	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083	-0.083
30	2.117	0.582	-0.069	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265
40	1.670	0.242	-0.287	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483	-0.483
50	1.285	0.000	-0.343	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539	-0.539
100	0.854	-0.067	-0.240	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436	-0.436
∞	0.500	-0.067	-0.137	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333	-0.333