



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

---

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO DEL ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA (APT), EXTENSIBILIDAD  
Y ADHESIVIDAD EN MASAS Y TORTILLAS ELABORADAS CON  
DIFERENTES MARCAS COMERCIALES DE HARINA DE TRIGO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A  
RAFAEL CRUZ VILLEGAS

DIRECCIÓN: DRA. NORMA GUEMES VERA

TULANCINGO DE BRAVO, HIDALGO

2008

## RESUMEN

El trigo se conoce como el mejor de los cereales para la alimentación humana, del cual es factible preparar diferentes tipos de alimentos, como lo son pan tradicional, pan de caja, galletas, pasta para sopas, coberturas y tortillas de harina de trigo. Alrededor del año 1542, al no encontrar los ingredientes necesarios para elaborar pan, españoles avocados en Sonora empiezan a fabricar el zaruki, mezcla de trigo quebrado con agua, que después se convirtió en la tortilla de harina; esta ha tenido un fuerte crecimiento en las últimas décadas, actualmente la tortilla de harina es vista como un sustituto del pan, por lo que este tipo de tortillas se han convertido en un alimento básico en la dieta de las familias mexicanas.

El objetivo de este trabajo fue estudiar las propiedades de textura, extensibilidad y adhesividad de las masas y tortillas elaboradas con diferentes marcas comerciales de harinas de trigo; donde se obtuvo la extensibilidad, adhesividad y textura de las masas, además se determinó la composición químico proximal y las características texturales de las tortillas de harina de trigo de diferentes marcas. La masa que mas parecido tuvo con el testigo elaborado con la marca "Selecta", en extensibilidad fue la de Tía Cata, en adhesividad Cúspide y en atributos de textura la de Tía Cata, y las tortillas que tuvieron un comportamiento comparable al testigo en lo referente a la textura fueron las elaboradas con harina de la marcas Cúspide y San Antonio. A través del análisis químico proximal de las tortillas se determinó que las tortillas fabricadas con harina Comercial Mexicana fueron semejantes a las elaboradas con harina de la marca Selecta.

## SUMMARY

Wheat is known as the best cereal for human alimentation, from which is possible to prepare different kinds of foods, such as they are traditional bread, boxed bread, cookies, soup pastas, coverings and wheat flour tortillas. Nearby the year 1542, when the necessaries ingredients for making bread were not found, Spanish people living in Sonora began to produce the zaruki, a mixture of damage wheat with water, than later turned into the wheat flour tortilla; this have had an enormous development in recent decades, actually wheat flour tortilla is used like a bread substitute, this is the reason why tortillas have become into a daily aliment in Mexican families diet.

The objective of this thesis was to study textural proprieties, extensibility and adhesiveness of dough and tortillas made with different wheat flour commercial brands; where it was obtained the extensibility, adhesiveness and texture of wheat dough from different brands, also was evaluated texture characteristics and determined the proximity chemical composition of wheat flour tortillas elaborated from different wheat flour brands. Dough that had more similarity with the control "Selecta", in the extensibility test was Tía Cata, in the adhesiveness test was Cúspide and in textural attributes was Tía Cata, tortillas that had a comparable behavior with the control in what refers as texture, were tortillas elaborated with Cúspide and San Antonio wheat flour brands. By the realization of a proximal chemical analisis from tortillas, it was determinate that tortillas made with Comercial Mexicana wheat flour presented a bigger likeness with the ones made with Selecta wheat flour.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO GENERAL</b> .....	3
<b>2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	3
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
3.1 Trigo .....	4
3.1.1 Origen del trigo.....	4
3.1.2 Clasificación del trigo.....	4
3.2 Producción nacional de trigo .....	5
3.2.1 Tipo de granos que se producen en México.....	6
3.3 Cronología de la tortilla de harina.....	7
3.4 Consumo de tortilla de harina en México .....	8
3.5 Ingredientes y principios de elaboración de las tortillas .....	8
1. Prensa caliente.....	9
2. Cortadora.....	9
3. Extendido manual.....	9
3.5.1 Ingredientes.....	9
3.5.2 Propiedades funcionales de los ingredientes en las tortillas de harina .....	10
A. Harina .....	10
B. Agua .....	10
C. Materia grasa.....	11
D. Sal .....	12
E. Agentes leudantes.....	12
F. Levadura.....	13
G. Azúcar .....	13
H. Emulsificantes .....	13
I. Gomas e hidrocoloides .....	14
J. Conservadores y Acidulantes .....	14
K. Agentes reductores.....	15
L. Agentes antioxidantes .....	16

M. Otros.....	16
3.6 Proceso de elaboración de tortillas de harina.....	17
3.6.1 Diagrama general de la elaboración de tortillas de harina.....	17
I. Mezclado .....	18
II. Moldeo y Corte de la Masa.....	19
III. Espolvoreo de la Masa .....	20
IV. Descanso de la Masa .....	20
V. Formación de los discos de tortilla .....	20
VI. Horneado de la tortilla.....	22
VII. Enfriado de la tortilla .....	22
VIII. Empaquetado .....	22
3.7 Valor nutricional de las tortillas de harina .....	22
3.8 Calidad de las tortillas de harina .....	23
<b>4. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>26</b>
4.1 Materias primas.....	26
4.2 Establecimiento del experimento.....	26
4.3 Tratamientos .....	27
4.4 Proceso de elaboración.....	27
4.5 Extensibilidad de masas.....	29
4.6 Adhesividad de masas .....	31
4.7 Análisis de perfil de textura de masas.....	33
4.8 Análisis de perfil de textura de tortillas .....	34
4.9 Extensibilidad de tortillas.....	36
4.10 Obtención de resultados de parámetros de textura y Análisis estadístico....	37
4.11 Determinación de contenido de humedad y Análisis químico proximal de tortillas.....	38
4.11.1 Determinación de humedad .....	38
4.11.2 Determinación de proteína .....	39
4.11.3 Determinación de grasa .....	41
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Extensibilidad de masas.....	43

5.2 Adhesividad de masas .....	44
5.3 Análisis de perfil de textura de masas .....	46
5.4 Análisis de perfil de textura de tortillas .....	48
5.5 Extensibilidad de tortillas .....	49
5.6 Composición químico proximal de tortillas .....	51
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>56</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de trigo producidos en México .....	6
Cuadro 2. Tratamientos para pruebas de textura.....	27
Cuadro 3. Formulación de masas para extensibilidad.....	28
Cuadro 4. Formulación de masas para pruebas reológicas y fabricación de tortillas .....	28
Cuadro 5. Fuerza para extensibilidad de masas .....	43
Cuadro 6. Resistencia de las masas a extenderse .....	44
Cuadro 7. Fuerza para adhesividad de masas.....	45
Cuadro 8. Cohesividad de masas mediante prueba de adhesividad.....	45
Cuadro 9. Dureza de masas APT.....	46
Cuadro 10. Cohesividad de masas APT .....	47
Cuadro 11. Elasticidad de masas APT .....	47
Cuadro 12. Cohesividad de tortillas APT.....	48
Cuadro 13. Elasticidad de tortillas APT .....	49
Cuadro 14. Firmeza en tortillas .....	50
Cuadro 15. Extensibilidad de tortillas .....	50
Cuadro 16. Composición Químico proximal de las tortillas de harina .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estadísticas de los principales estados de la República Mexicana productores de Trigo .....	5
Figura 2. Proceso general de elaboración de tortillas por los diferentes métodos .....	17
Figura 3. Laboratorio de Análisis Especiales.....	26
Figura 4. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos .....	27
Figura 5. Texturómetro THDi.....	29
Figura 6. Masa para prueba de extensibilidad.....	29
Figura 7. Prensado de masa con SMS/Kieffer .....	30
Figura 8. Tiras de masa para prueba de extensibilidad.....	30
Figura 9. Aditamento Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig.....	31
Figura 10. Prueba de extensibilidad en masas.....	31
Figura 11. Formación de filamentos para prueba de adhesividad.....	32
Figura 12. Colocación de la muestra para prueba de adhesividad.....	32
Figura 13. Prueba de adhesividad.....	33
Figura 14. Muestra para análisis de perfil de textura de masas .....	33
Figura 15. Colocación de la muestra para análisis de perfil de textura en masas .....	34
Figura 16. Prueba de análisis de perfil de textura de masas.....	34
Figura 17. Aditamento para tortillas del texturómetro.....	35
Figura 18. Colocación de la muestra para prueba análisis de perfil de textura y extensibilidad en tortillas .....	35
Figura 19. Primer ciclo de elongación en la prueba de análisis de perfil de textura de tortillas .....	36
Figura 20. Segundo ciclo de elongación en la prueba de análisis de perfil de textura de tortillas .....	36
Figura 21. Prueba de extensibilidad en tortillas.....	37
Figura 22. Software del Texturómetro THDi.....	37



Figura 23. Termo-Balanza AMB 50 .....	38
Figura 24. Muestras de tortilla sin humedad.....	39
Figura 25. Digestión de la muestra.....	39
Figura 26. Obtención del destilado.....	40
Figura 27. Titulación de la muestra .....	41
Figura 28. Primera etapa de la determinación de grasa.....	42
Figura 29. Contenido de grasa en tortillas.....	42

## 1. INTRODUCCIÓN

El trigo es un cultivo de gran importancia en México, la producción en el año 2006 se ubicó en 3.24 millones de toneladas, generalmente se utiliza para producir harina para diferentes usos, entre los que se encuentra la elaboración de tortillas de harina, para la cual se utiliza aproximadamente 6% del harina producida.

De acuerdo a la norma mexicana NMX-F-007-1982, se entiende por harina de trigo, al producto que se obtiene por molienda y tamizado de granos de trigo (*Triticum Vulgare* y *Triticum Durum Lin*), sanos limpios, enteros o quebrados, sin cáscara, con un 73% de extracción mínimo aproximado, adicionado o/no de los aditivos permitidos. Este producto requiere cocimiento para su consumo.

La reología de masas elaboradas a partir de harina de trigo ha sido un tema de interés durante varias décadas. El flujo y el comportamiento ante la deformación por parte de la masas, son reconocidos como parte central de la fabricación exitosa de productos horneados (Faridi; 1990).

Para entender mejor las propiedades que tiene una masa, es necesario conocer su composición y estructura, por lo se puede decir que una masa es una agrupación compleja de elementos primarios y secundarios, que se clasifica como un sistema de multifases, entre las cuales se puede apreciar, la fase sólida (harina), la fase líquida (agua) y la fase gaseosa (productos de fermentación) (Faridi; 1990); En las tortillas de harina además de utilizar materia grasa, la cual también tiene influencia en las propiedades de la masa se hace uso de sal y agua.

Entre otras propiedades que tiene los alimentos existen las características de textura, apariencia y sabor (Faridi; 1990), la textura ha sido clasificada en función de las propiedades físicas del material en atributos mecánicos, geométricos y de composición (Bourne; 1982).

La textura puede definirse según Faridi (1990), como la manifestación de sensaciones de la estructura de un alimento, percibidas por la piel (tacto) y músculos (kinestecia). La textura no es un atributo simple, por lo que es mejor mencionar “atributos de textura”.

La importante disponibilidad de recursos, como lo es, el trigo en nuestro país, y el hecho de que las tortillas de harina de trigo han ido ganando parte creciente del consumo de la población, principalmente debido a que la tortilla de harina es vista como un sustituto del pan, este tipo de tortillas se han convertido en un alimento básico en la dieta de las familias mexicanas; lo cual es motivo para la realización de investigaciones orientadas a la obtención de productos como tortillas de harina elaboradas con diferentes tipos de harina, tratando de conservar sus propiedades de textura, extensibilidad y adhesividad de masas y tortillas de harina, así como realizar el análisis químico proximal de 6 formulaciones diferentes de este producto, con el fin de facilitar la preparación de este alimento al pueblo mexicano.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar las propiedades de textura, extensibilidad y adhesividad de las masas y tortillas elaboradas con diferentes marcas comerciales de harinas de trigo.

### **2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Caracterizar reológicamente (extensibilidad, adhesividad y textura) las masas de harina de trigo de diferentes marcas.
2. Evaluar la textura de las tortillas de harina de trigo de diferentes marcas.
3. Obtener la composición químico proximal de las tortillas de harina de trigo elaboradas con diferentes marcas.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Trigo

##### 3.1.1 Origen del trigo

El origen de las plantas de trigo no es conocido con certeza, aunque algunas evidencias indican que el cultivo se originó de un tipo de pasto salvaje en las tierras áridas de Asia menor (Pomeranz; 1978).

Las autoridades no han logrado concensuar el lugar y tiempo exactos del origen del primer cultivo del trigo, pero está bien establecido que en la región del mediterráneo, siglos atrás, varias especies de trigo tenían un rol importante en la alimentación de la población (Pomeranz; 1978).

Después de un periodo de lento progreso, el trigo se volvió conocido como el mejor de los cereales para la alimentación, además la calidad del trigo para la producción de pan también mejoró (Pomeranz; 1978).

##### 3.1.2 Clasificación del trigo

El trigo puede ser clasificado de varias maneras, pero la distinción más fundamental es la que esta basada en la botánica de la planta de trigo. Percival en 1921 describió 18 especies de trigo, aunque solo algunas de ellas son cultivadas comercialmente. Las variedades del género *Triticum* fueron agrupadas por Hackel en 1890 como sigue:

- *Vulgare, trigo común*
- *Durum, trigo duro*
- *Compactum, trigo club*
- *Turgidum, trigo poulard*

- *Dicoccum, emmer*
- *Spelta, spelt*
- *Polonicum, trigo polaco*
- *Monococcum, einkorn*

Para propósitos comerciales, los trigos comunes son clasificados por otras características como, duro o suave, rojo o blanco, y de primavera o invierno. Algunos países han establecido estándares para el grano de trigo, basados en algunos factores como dureza, color, presencia de material extraño, granos quebrados, humedad, peso (Pomeranz; 1978).

### 3.2 Producción nacional de trigo

En la figura 1 se muestra la producción de trigo durante el año 2006, la cual se ubicó en 3.24 millones de toneladas, cifra superior en 7.5% a la registrada en 2005. Los principales estados productores fueron Sonora, Baja California, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Tlaxcala, que en conjunto sumaron el 87% de la producción total.

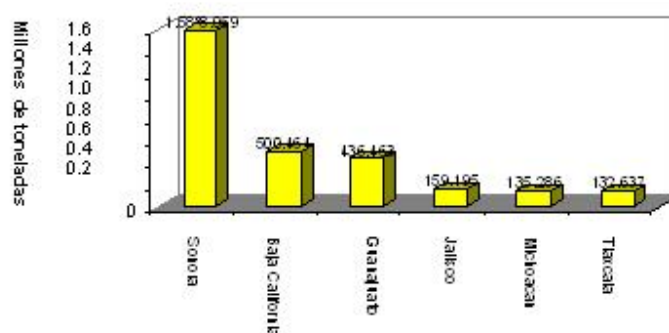


Figura 1. Estadísticas de los principales estados de la República Mexicana productores de Trigo

Fuente: SAGARPA, 2007.

### 3.2.1 Tipo de granos que se producen en México

Con relación al tipo de grano que se produce en México, destacan los trigos suaves y los cristalinos. En el Cuadro 1 se muestran los cinco grupos más comunes, dependiendo del tipo y características del gluten, además del uso industrial al que se destinan.

**Cuadro 1. Tipos de trigo producidos en México**

Grupo	Tipo y Características del Gluten	Uso Industrial	Características
I	Fuerte y elástico	Industria mecanizada de la panificación	Produce harina panificable
II	Medio fuerte y elástico	Industria de pan hecho a mano o semi-mecanizado y mejorador de trigos suaves	Produce harina panificable
III	Suave y extensible	Industria galletera, elaboración de tortillas y frituras	No producen harinas panificables por si solos, se necesita mezclar con trigos fuertes y medio fuertes
IV	Corto y tenaz	Industria pastelera y elaboración de galletas	No producen harina panificable, requieren de trigos fuertes
V	Tenaz, corto y cristalino con contenido de caroteno	Industria de pastas, espaguetis y macarrones	No es panificable

Fuente: SAGARPA, 2007.

Por los tipos de los trigos y las harinas que se producen a partir de ellos, de acuerdo a la Cámara de la Industria Harinera del Distrito Federal y Estado de México, se puede identificar que:

- 53% se destina a la producción de pan tradicional
- 12% a pan de caja
- 15% para galletas
- 10% a pasta para sopas
- 6% para tortillas
- 4% a coberturas y otros usos

En el caso del subproducto, este se destina fundamentalmente a alimentos forrajeros, aunque hay un pequeño porcentaje que se utiliza en harinas integrales (contenido de fibra).

### **3.3 Cronología de la tortilla de harina.**

La tortilla de harina cumplió en 2006, 464 años de historia.

- **1542** Los conquistadores introducen la siembra del trigo, y al no encontrar los ingredientes necesarios para elaborar pan, españoles vecindados en Sonora empiezan a fabricar el zaruki, mezcla de trigo quebrado con agua, que después se convirtió en la tortilla de harina.
- **1849** Aparece en los estados del norte de México y Texas un platillo elaborado a base de tortilla de harina rellena de carne, más tarde recibiría el nombre de burritas.
- **1947** La jalisciense Ramona Bañuelos funda, en San Antonio, Texas, La Tapatía, primera marca de tortillas de harina en Estados Unidos; la elaboración era manual.
- **1972** Villamex registró la primera patente de la máquina para hacer tortilla de trigo industrializada.
- **1978** Bimbo lanza al mercado la marca Tía Rosa.
- **1983** Tiendas de autoservicio en el país empiezan a vender tortilla de harina fabricada en instalaciones propias.
- **1983** La tortilla de harina llega a Europa; Inglaterra es el punto de aterrizaje.
- **1984** El presidente Miguel de la Madrid niega apoyos para la producción en México de la tortilla de harina enriquecida con soya como opción alimentaría.
- **1993** China empieza a fabricar la tortilla de harina mexicana.

Fuente: La Jornada, 2005.



### **3.4 Consumo de tortilla de harina en México**

En México se consumen diariamente 630 millones de tortillas de maíz contra sólo 60 millones de harina de trigo, sin embargo el consumo de esta última ha tenido un fuerte crecimiento en las últimas décadas. Esto se debe a que, a mediados de los 80, tiendas de autoservicio como Aurrerá (ahora Wall-Mart) fabricaron tortillas en sus instalaciones y las vendieron recién hechas en paquetes de media y una docena. Otras razones que ayudaron al incremento en el consumo fue la llegada de marcas como Tía Rosa y Wonder, la proliferación de restaurantes de comida nortea y la constante innovación en el mercado, que ahora no sólo ofrece la tortilla tradicional, sino que también la vende en sus variantes integral y de sabores, como la de chile chipotle (La Jornada; 2005).

### **3.5 Ingredientes y principios de elaboración de las tortillas**

El ingrediente de mayor importancia para la producción de tortillas de harinas es el trigo. Aunque las tortillas de harina son producidas con varios de los mismos ingredientes usados en el proceso de elaboración del pan de mesa, las tortillas cuentan con características diferentes. Una tortilla de harina puede ser definida como un pan plano, circular, ligeramente coloreado. Generalmente cuentan con un grosor de 1 mm a 2 mm y diámetro de 15 cm a 30 cm. Las tortillas de harina han sido producidas por siglos, históricamente, las tortillas han sido hechas a mano y generalmente preparadas como un elemento de la dieta diaria (Serna-Saldivar; 1988).

Para las primeras tortillas de harina, la harina de trigo fue mezclada con agua, manteca y sal para formar una masa; la masa resultante fue dividida y moldeada manualmente o paloteada en forma de discos, los cuales se hornearon en una plancha caliente. La mayoría de las tortillas producidas para el mercado actual son manufacturadas por los procedimientos de prensa caliente, con cortadora o extendido manual. Cada forma de operación requiere diferentes especificaciones

de la harina, preparación de la masa y condiciones de horneado (Serna-Saldivar; 1988).

#### 1. Prensa caliente

Procedimiento de mayor velocidad donde las tortillas se hornean a temperaturas bajas, pero con mayores tiempos de estancia, resultando en, tortillas circulares ligeramente imperfectas, elásticas y con una superficie de textura suave (Serna-Saldivar; 1988).

#### 2. Cortadora

Se obtienen tortillas de masas con mayor fuerza, mezcladas con mayor cantidad de agua. Se requiere una gran absorción de agua para permitir un laminado adecuado, las tortillas obtenidas de la cortadora tienen menor contenido de humedad, menos elasticidad, aumento en su densidad, reducción en la resistencia a quebrarse y/o romperse, y son ampliamente cubiertas con harina en polvo (Serna-Saldivar; 1988).

#### 3. Extendido manual

Se utilizan cantidades significativas de harina en polvo durante el laminado. Las tortillas extendidas manualmente son irregulares en forma y cuentan con una calidad intermedia (Serna-Saldivar; 1988).

### **3.5.1 Ingredientes**

La formulación de todas las tortillas de harina, contienen los siguientes ingredientes primordiales; harina, agua, materia grasa y sal. Las tortillas resultantes son consumidas inmediatamente o en los siguientes 2 o 4 días debido a la poca vida de anaquel. En Estados Unidos las formulaciones contienen

conservadores, agentes químicos leudantes, emulsificantes, gomas y otros ingredientes para mejorar el sabor y la textura de la tortilla (Serna-Saldivar; 1988).

### **3.5.2 Propiedades funcionales de los ingredientes en las tortillas de harina**

#### **A. Harina**

Es el ingrediente más importante, generalmente enriquecida, blanqueada, proveniente de trigo duro. Se prefiere la harina blanqueada por que produce tortillas blancas. A través de hidratación y acción mecánica, la harina se convierte en una masa la cual se desarrolla de acuerdo a su contenido de proteína y características de esta. Así como en otros productos de harina de trigo, las proteínas, glutenina y gliadina son responsables de la formación del gluten y comportamiento reológico de la masa. Diferentes tipos de harinas son requeridas para los diferentes tipos de producción de tortilla. La harina a utilizar para lo producción de tortillas con cortadora, preferentemente debe contener un alto contenido de proteína con una gran habilidad de mezclado (Serna-Saldivar; 1988).

Las harinas para elaborar tortillas extendidas manualmente u obtenidas en prensa caliente, contienen menor cantidad de proteína y son tratadas generalmente con agentes reductores para disminuir la tolerancia de la masa al mezclado. Esto es debido al rompimiento de los enlaces bisulfito del gluten, lo cual resulta en un decremento de elasticidad de la masa. La harina de trigo completo, absorbe mayor cantidad de agua (2% a 3%) en comparación de la harina refinada, debido a un mayor contenido de pentosas, las cuales tienen mayor capacidad de enlazar agua (Serna-Saldivar; 1988).

#### **B. Agua**

Es el segundo ingrediente en importancia. El cual sirve como medio para incorporar y distribuir otros ingredientes, además es requerida para la formación

del gluten y para la activación de levadura y agentes leudantes. La temperatura del agua generalmente es ajustada para proveer una masa a 28° C, dicha temperatura es óptima para el descanso de la masa. Agua con un pH elevado puede ser causante de la formación de tortillas incoloras (Serna-Saldivar; 1988).

Como contraste con el pan, las tortillas de harina son producidas con masas con menor contenido de humedad y con mayor acortamiento. Consecuentemente el gluten no está completamente desarrollado como lo está en el pan. Generalmente la cantidad de agua usada varía de 44% a 55%, dependiendo del tipo de harina, contenido proteico de esta, tipo de proceso de elaboración, y presencia de otros ingredientes como gomas y agentes reductores. Las masas tratadas con cortadora, tienen de 2 % a 4 % más absorción de agua que las masas tratadas por prensa caliente o extendido manual (Serna-Saldivar; 1988).

### C. Materia grasa

Esta juega un rol muy importante en el modo en que la masa se comporta durante el proceso de elaboración, e incluso, en la calidad del producto final. Varias formulaciones contienen aceite en lugar de manteca. Aunque las tortillas elaboradas con manteca cuentan con mejor sabor que aquellas preparadas con otro tipo de grasas. La mayoría de formulaciones para tortillas de harina contienen 5% a 15% de materia grasa (Serna-Saldivar; 1988).

Este ingrediente tiene gran influencia en el sabor de la tortilla, la capacidad de formar masa, y la textura de la tortilla. La materia grasa es incorporada en la red del gluten durante el mezclado de la masa. La manejabilidad se ve mejorada por la reducción de la pegajosidad de la masa, además de mejorar la estabilidad de almacenado, ya que los lípidos actúan como lubricante e interactúan con las proteínas y el almidón durante el mezclado, horneado y enfriado (Serna-Saldivar; 1988).

#### D. Sal

La mayoría de las formulaciones tiene de 1.3 % a 2 % de sal, esta influye en el sabor de la tortilla, la vida de anaquel (reduciendo la actividad de agua), y la capacidad de formación de la masa (Serna-Saldivar; 1988).

#### E. Agentes leudantes

Generalmente se usan a niveles de 1 % a 2 %, la mayoría de las formulaciones utilizan polvo para hornear, con almidón, bicarbonato de sodio, fosfato de monocalcio, fosfato de sodio aluminio y sulfato de sodio aluminio como ingredientes (Serna-Saldivar; 1988).

El bicarbonato de sodio libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en presencia de agua y una sal ácida. La presión generada por el gas contribuye a la estructura interior de la tortilla, formando un producto menos esponjoso. Además de que las tortillas tendrán una apariencia más blanca debido al cambio de textura en la superficie, densidad y color. Un pH entre 5.5 a 6 es el recomendado para producir un color óptimo en la tortilla, permitir la acción leudante y la eficacia de los conservadores (Serna-Saldivar; 1988).

Las reacciones leudantes ayudan a formar un producto menos denso y esponjoso con una apariencia mas blanca y opaca. Las tortillas traslucidas son defectuosas, probablemente debido a la ausencia de pequeñas burbujas de aire en la tortilla horneada, cuando la luz se refracta a través de las pequeñas burbujas de aire, la tortilla se ve opaca. La formación de burbujas de aire en la masa, y la retención de burbujas de aire en la tortilla, son puntos críticos en la formación de tortillas uniformemente opacas (Cepeda; 2000).

El leudado de las tortillas de harina es el resultado, de la incorporación de aire durante el mezclado, el dióxido de carbono formado por la reacción química del

leudante, la expansión de las burbujas de aire debido al calor, y la volatilización del agua (Cepeda; 2000).

La reacción química de leudado es un proceso de neutralización, donde el bicarbonato es neutralizado por un ácido, produciendo  $\text{CO}_2$  (Cepeda; 2000).

#### F. Levadura

Primeramente se usa como agente de sabor, aunque algunas formulaciones la emplean como agente leudante, las levaduras producen menor cantidad de gas en comparación con los agentes químicos leudantes. Factores como la actividad de la levadura, la activación de la levadura, temperatura de descanso de la masa y contenido de azúcar afectan la velocidad de fermentación. Las levaduras tienen la ventaja de mejorar el sabor de la tortilla al incrementar la retención de humedad en el producto final (Serna-Saldivar; 1988).

#### G. Azúcar

Bajos niveles, generalmente de 0.5% a 2% a menudo son agregados a las formulaciones que emplean levaduras. El azúcar provee sustrato a la levadura, y le brinda un ligero color oscuro a la tortilla durante el horneado (Serna-Saldivar; 1988).

#### H. Emulsificantes

Son usados para mejorar la capacidad de formación de la masa y la textura de la tortilla, el uso de emulsificantes puede reducir la cantidad de materia grasa necesaria. Estos también son llamados acondicionadores de masa, ya que tienen la habilidad de interactuar con varios componentes de la harina durante el mezclado y horneado (Serna-Saldivar; 1988).

Monoglicéridos en concentración de 0.5 % a 1 % mejoran el formado de la masa y la textura de superficie de las tortillas horneadas. Estearoil-2-lactilato de sodio (SSL) de igual manera mejora la capacidad de formación de las tortillas, por la formación de fuertes enlaces con las proteínas de la matriz del gluten (Friend; 1995).

#### I. Gomas e hidrocoloides

Las gomas enlazan grandes cantidades de agua y son usadas para minimizar el efecto de variaciones naturales en las materias primas y las condiciones de proceso, debido a que las gomas interactúan con el gluten, almidón y otros componentes, modificando el comportamiento de la masa y el producto terminado, mejoran la formación de la masa por disminución de la pegajosidad de esta, y también disminuyen la pegajosidad de la tortilla empaquetada. Las gomas más comúnmente usadas para elaborar tortillas son guar y carboximetilcelulosa, las gomas xantana y arábica no son ampliamente usadas; el nivel recomendado a utilizar es de 0.25% a 0.5% (Serna-Saldivar; 1988).

#### J. Conservadores y Acidulantes

Propionatos de sodio y calcio, sorbato de potasio, ácido ascórbico, y otros ácidos son comúnmente usados de manera individual o en combinación para aumentar la vida de anaquel de la tortilla. El propósito de estos aditivos es inhibir el crecimiento de hongos. El pH óptimo para los propionatos es de 5.5, mientras que para el sorbato de potasio es de 6.5, aunque su uso no es recomendado cuando se utilice polvo para hornear y levadura (Serna-Saldivar; 1988).

Los propionatos y sorbatos generalmente son adicionados en niveles de 0.2% y 0.3% a 0.4% respectivamente, en base a el peso total de la masa. Acidulantes como los ácidos fumárico, fosfórico y cítrico, son usados para reducir el pH, la

cantidad común requerida de ácido cítrico para obtener un pH 5.5 es de 80 g por cada 100 Kg de masa (Serna-Saldivar; 1988).

La efectividad de los agentes antimicrobianos, aumenta conforme el pH de la tortilla disminuye. La vida de anaquel de tortillas de harina sin la presencia de agente antimicrobiano, es de alrededor de 4 a 5 días; mientras se puede extender a 16 días o más usando propionato de calcio a pH 5.5 o sorbato de potasio a pH 6.0. Adversamente disminuir el pH de la tortilla de 5.8 a 5.5 afecta la manejabilidad de la masa, ya que se vuelve más seca, aumenta su viscosidad, pierde flexibilidad y elasticidad (Friend; 1995).

#### K. Agentes reductores

Usados para mejorar la formación de masas por incremento de la extensibilidad y decremento de la elasticidad, debido al rompimiento o bloqueo de los enlaces bisulfito del gluten; dichos enlaces son formados durante el mezclado de la masa y son responsables particularmente del recuperación de la masa después del extendido (Serna-Saldivar; 1988).

Las masas para tortilla que contienen cisteína, mejoran su capacidad de mezclado y sus propiedades de manipulación, sin embargo la adición de cisteína requiere condiciones de proceso más exigentes, por ejemplo, mezclado y tiempo de descanso precisos. Aquellas masas que contienen de 20 a 30 ppm requieren menor mezclado y tiempos cortos de descanso. Las masas que contienen cisteína son aplanadas con mayor facilidad y por tanto las tortillas son horneadas totalmente. Este aminoácido mejora la funcionalidad de la masa, durante el mezclado, el moldeo, descanso, prensado caliente, y horneado, debido a la característica hidrofílica que presenta, aunque no mejora la estabilidad del producto durante el almacenamiento (Friend; 1995).



#### L. Agentes antioxidantes

Como bromatos de potasio, ascorbato y otros son recomendados solo cuando una amplia estabilidad al mezclado es deseada, estos son de gran importancia cuando las tortillas son producidas por cortadora o cuando la masa es retrabajada (Serna-Saldivar; 1988).

#### M. Otros

Malta, leche en polvo sin grasa, margarina, miel, suero y sólidos de huevo, principalmente se usan para mejorar el sabor y aceptabilidad de la tortilla; enzimas como las proteasas y amilasas, a veces son utilizadas para modificar las propiedades físicas y reológicas de la masa (Serna-Saldivar; 1988).

### 3.6 Proceso de elaboración de tortillas de harina

#### 3.6.1 Diagrama general de la elaboración de tortillas de harina

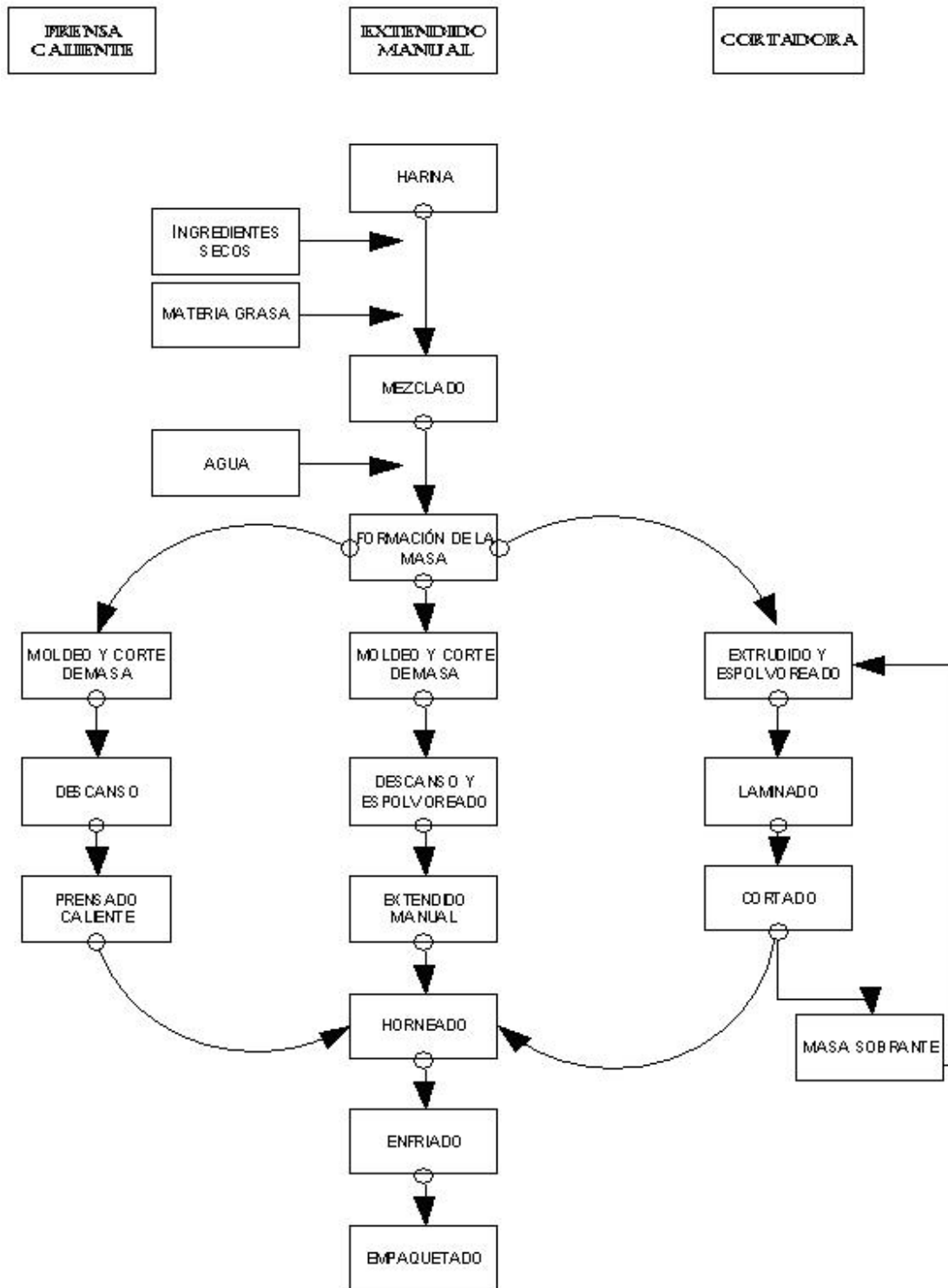


Figura 2. Proceso general de elaboración de tortillas por los diferentes métodos

La mayoría de las fábricas dedicadas a la producción de tortillas emplean las siguientes operaciones:

### I. Mezclado

Este se encuentra subdividido en tres etapas, que son el mezclado de ingredientes secos, incorporación de la materia grasa y el mezclado de todos los ingredientes con agua para formar la masa. En algunos casos las tres etapas son llevadas a cabo al mismo tiempo. En la primera etapa, los ingredientes secos son completamente mezclados con la harina, después la materia grasa es agregada hasta que se encuentre totalmente dispersa en los ingredientes secos, finalmente el agua es incorporada para formar la masa (Serna-Saldivar; 1988).

Generalmente se usa agua caliente (26° a 30° C) para brindar a la masa la temperatura ideal. Además de que es especialmente importante en esta operación para la activación de levaduras y agentes químicos leudantes, además de incorporarse de manera más rápida a la masa. La absorción de agua depende principalmente del tipo de harina, tecnología de proceso, cantidad de materia grasa y presencia de gomas. Regularmente una harina con mayor contenido de proteína, requiere mayor cantidad de agua (Serna-Saldivar; 1988).

El tiempo óptimo de mezclado de la masa, es aquel en el que la masa alcanza su máxima extensibilidad. Esto se puede determinar con el uso del farinógrafo o del mixógrafo. Los requerimientos de mezclado dependen del tipo de harina, tipo de mezcladora, cantidad de materia grasa, temperatura del agua y presencia de agentes oxidantes y/o reductores. Aunque el tiempo óptimo de mezclado es determinado subjetivamente por observación de las propiedades de la masa (Serna-Saldivar; 1988).

Durante el mezclado, la harina absorbe el agua, el gluten se desarrolla, ganando extensibilidad; una vez que la masa alcanza su máxima consistencia y/o

elasticidad, la superficie de esta no es pegajosa. El sobre mezclado puede causar rompimiento del gluten, pérdida de extensibilidad del gluten y pegajosidad de la masa. Generalmente a mayor contenido de materia grasa, aumenta el tiempo de mezclado, por la reducción de incorporación de agua en los componentes de la harina (Serna-Saldivar; 1988).

## II. Moldeo y Corte de la Masa

Tanto en la prensa caliente y el extendido manual es necesaria la formación de bolas de masa, antes de la formación de la tortilla. El tipo de harina, tratamiento que haya sufrido esta, peso de la bola de masa, contenido de humedad de la misma y las condiciones de prensado, determinan el diámetro y espesor de la tortilla. La formación de las bolas es una de las operaciones más críticas (Serna-Saldivar; 1988).

Las fábricas dedicadas a la producción de tortillas utilizan dos procedimientos para la manufactura de las bolas de masa. El más común, usado por las pequeñas fabricas, requiere:

- el pesaje de una cantidad predeterminada de masa
- colocar la masa en un recipiente
- el corte de la masa en pequeños pedazos uniformes
- dar forma a la tortilla

En la segunda forma que es ampliamente usada por productores más grandes, la masa es extrudida y cortada en pequeñas piezas redondas (Serna-Saldivar; 1988).

### III. Espolvoreo de la Masa

En la elaboración de tortillas por prensa caliente y extendido manual se requiere el espolvoreo con harina antes de la formación de la tortilla, ya que esto reduce la pegajosidad de la masa, mejorando la rollabilidad y la formación de la tortilla, en la elaboración de tortillas por cortadora, la lamina de masa también es espolvoreada por las partes inferior y superior (Serna-Saldivar; 1988).

### IV. Descanso de la Masa

Una operación descuidada del proceso; en la cual las bolas de masa deben descansar para un moldeo óptimo de la tortilla. Generalmente las bolas son transportadas a un intercambiador de humedad por alrededor de 7 a 20 minutos. El tiempo de descanso de la masa tiene mayor importancia cuando se adicionan levaduras (Serna-Saldivar; 1988).

Un tiempo de descanso cortó, es causa de recuperamiento de la masa, mientras que a demasiado tiempo de descanso, se produce una perdida de humedad y la formación de una masa dura, la cual causa marcas en la tortilla. La temperatura y la humedad relativa recomendada en el intercambiador de humedad son de 30° a 36° C y 65% a 75% H.R. Algunos procesos no utilizan cámaras de descanso, pero en su lugar las porciones de masa son colocadas en recipientes cubiertos con una película plástica (Serna-Saldivar; 1988).

### V. Formación de los discos de tortilla

Las tortillas son producidas comercialmente por prensa caliente, extendido manual y con cortadora, con el objetivo de obtener tortillas uniformes.

Prensa caliente: existen diferentes tipos de prensas, estas maquinas están diseñadas para transformar las bolas de masa en discos de tortilla uniformes, sin

embargo la principal limitación es que las tortillas elaboradas por prensa caliente tienen mayor variación en forma, las planchas de las prensas generalmente trabajan en un rango de temperatura de 190° a 220° C. La masa pierde alrededor de 2% a 3% de humedad durante el prensado. El diámetro de la tortilla depende del peso y contenido de humedad de la masa, tiempo de prensado, temperatura de la plancha y espacio existente en la prensa (Serna-Saldivar; 1988).

Extendido manual: este procedimiento necesita operadores para dar forma a la tortilla, donde la masa es pasada por rodillos y después es puesta en una plancha a 88° C. La operación consta de cuatro pasos:

- la porción de masa es comprimida
- la masa aplastada es transportada a un par de rodillos que giran en la misma dirección y a la misma velocidad, y es aplanada, obteniéndose una forma ovoide o elíptica
- la masa ovoide es llevada a otro par de rodillos, donde es aplanada y se obtiene una forma circular
- los discos delgados de tortilla son colocados manualmente en una plancha caliente

Cortadora: esta operación esta subdividida en tres pasos:

- extrudido y espolvoreo
- laminado
- cortado y reciclado de la masa sobrante

Este procedimiento tiene la ventaja de producir tortillas de forma uniforme, en un proceso continuo, sin desperdicio de masa (Serna-Saldivar; 1988).

## VI. Horneado de la tortilla

Generalmente es hecho en hileras de 3 tortillas en un horno calentado por gas. Las tortillas de harina son horneadas a temperaturas que van de 190° a 250° C y con un tiempo de horneado de 15 a 38 segundos. La temperatura del horno es ajustada dependiendo de la forma de operación, el espesor de la tortilla, y grado deseado de hechura (Serna-Saldivar; 1988).

Durante el horneado, las levaduras son inactivadas, el almidón es parcialmente gelatinizado, las proteínas desnaturalizadas, la tortilla coloreada y esta pierde de un 6% a 7% de humedad. El contenido de humedad de las tortillas horneadas varía de acuerdo al proceso de elaboración, las obtenidas por prensa caliente van de 30% a 34%, por extendido manual 25% a 28% y por cortadora 25% a 26% (Serna-Saldivar; 1988).

## VII. Enfriado de la tortilla

Las tortillas generalmente son enfriadas a 25° C por un tiempo de 5 a 9 minutos, perdiendo alrededor de 2% de humedad (Serna-Saldivar; 1988).

## VIII. Empaquetado

Las tortillas enfriadas son contadas y acomodadas por lo regular en pilas de 12, y empaquetadas en bolsas de plástico, cerradas con calor, donde el aire debe ser removido antes de sellar el paquete (Serna-Saldivar; 1988).

### **3.7 Valor nutricional de las tortillas de harina**

Las tortillas de harina comúnmente sustituyen al pan blanco en la dieta de varias personas, hablando de manera general las tortillas de harina tienen el mismo valor nutricional que el pan blanco, sin embargo el contenido calórico en las tortillas es

mayor debido al mayor contenido de materia grasa. En contraste con las tortillas de maíz, las tortillas de harina, cuentan ligeramente con un contenido mayor de materia seca, proteína y energía digeribles, sin embargo la calidad de proteína es menor, la razón de esto es que el trigo al ser molido en harina, pierde parte de su fibra y lisina (Serna-Saldivar; 1988).

### **3.8 Calidad de las tortillas de harina**

Las tortillas son consumidas como un pan para complementar una comida, y también son usadas para envolver varios rellenos. Por tanto, las tortillas deben resistir el plegado y el goteo por parte de los alimentos sin romperse o quebrarse. Ha sido reconocido, que la flexibilidad es una de las mas importantes características de textura de una tortilla. La flexibilidad que permite a la tortilla ser plegada y enrollada sin quebrarse, describe una tortilla de buena calidad, como también lo es una tortilla que resiste el goteo, con un exterior suave (costra) y con una capa inflada interior (miga). Una tortilla de buena calidad también debe de contar con una apariencia blanca satinada, con algunos puntos cafés (Ramírez; 2007).

Las tortillas frescas son suaves, extensibles y flexibles. Cuando las tortillas envejecen, la textura se vuelve más firme, menos extensible y menos enrollable. La reasociación de las moléculas de almidón durante el almacenamiento, corresponde a la pérdida de frescura y aumento de firmeza en productos horneados. Dicho fenómeno generalmente se refiere al envejecimiento. El quebrado y rompimiento de las tortillas durante el enrollamiento, puede disminuir con el uso de harina con proteína de mayor calidad, y agregando gluten o algunos hidrocoloides (Bejosano; 2005).

La temperatura de almacenamiento, tiene influencia significativa en la velocidad de envejecimiento de las tortillas. Tortillas almacenadas a  $-12^{\circ}$  C por 15 días cuentan con una textura similar a las tortillas de un día de vida almacenadas a  $22^{\circ}$  C. El



envejecimiento comienza tan pronto como el horneado es completado y el producto empieza a enfriarse. La velocidad de envejecimiento depende de la formulación, las condiciones de proceso, y las condiciones de almacenamiento del producto. El envejecimiento es principalmente debido a la transformación gradual de almidón amorfo, en un estado retrogradado particularmente cristalino. Durante la producción de la tortilla, existe suficiente tiempo y humedad para gelatinizar los gránulos de almidón y para que gran parte de la amilosa se vuelva insoluble (retrogradación), para cuando la tortilla se encuentre en el cuarto de enfriado (Bejosano; 2005).

Se cree que la retrogradación de la amilopectina, debido a sus ramificaciones, requiere mayor tiempo y temperaturas mas bajas, que la retrogradación de la amilosa. La retrogradación de la amilopectina ocurre tiempo después de que el producto se ha enfriado, y esto corresponde al proceso de envejecimiento. La prueba subjetiva de rollabilidad a menudo es usada para evaluar los cambios de textura durante el almacenamiento. Este es un método simple, que refleja el modo en que las tortillas son manipuladas antes de su consumo. Sin embargo, los valores de rollabilidad pueden variar de persona a persona, y el método no es sensitivo a cambios de textura durante los días iniciales (Bejosano; 2005).

Las pruebas de rollabilidad de acuerdo a Friend (1995) generalmente utilizan la siguiente escala:

1. Sin hendiduras (mejor)
2. Presenta hendiduras pero sin rompimiento
3. Hendiduras y rompimiento en una superficie
4. Hendiduras y rompimiento en ambas superficies
5. No enrollable, rompimiento fácil

Otra manera de medir la textura de los alimentos es con el uso de métodos de grandes deformaciones reológicas. Estos procedimientos pueden imitar las

mediciones subjetivas, y son sensitivos, confiables, y apropiados para diferenciar los cambios de flexibilidad y rollabilidad de las tortillas, como resultado del almacenamiento y cambios en el proceso de elaboración o en las formulaciones. Las mediciones de textura objetivas pueden caracterizar la reología de la masa o tortillas de harina de trigo. Un ejemplo de una técnica reológica objetiva, es la prueba de extensibilidad, la cual es simple, rápida, y repetible; donde una tira de tortilla es jalada por una fuerza de tensión durante la prueba (Bejosano; 2005).

La técnica de esfuerzo relajación es otro método para evaluar la textura de los materiales alimenticios; en esta prueba, la muestra recibe un estiramiento instantáneo, y el esfuerzo requerido para mantener la deformación es observado como función del tiempo. Los materiales idealmente elásticos, no muestran relajación, mientras que los materiales viscosos se relajan instantáneamente. Los materiales visco-elásticos, se relajan gradualmente hasta cierto punto, dependiendo de la estructura molecular del material (Bejosano; 2005).

Ha sido reportado consistentemente que la preservación de las características de textura de la tortilla durante el almacenamiento, esta relacionada con la cantidad de proteína de la harina. Por lo que harinas con una cantidad moderada de proteína (11.5%) son las apropiadas para elaborar tortillas por el método de prensa caliente. Harina de trigo blanco ha sido usada para preparar productos de panadería incluyendo a las tortillas, y algunas mejoras de color y sabor son atribuidas al uso de productos de trigo entero (Ramírez; 2007).

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Materias primas

Las materias primas que se utilizaron para este estudio fueron, harina de trigo de diferentes marcas comerciales, las cuales son, Comercial Mexicana, Cúspide, San Antonio, Selecta y Tía Cata, además de una mezcla de harinas con 50% de harina de trigo blando (Ozasuna) y 50% de harina de trigo duro (Hoja de plata); también se empleo sal (La Fina), agua destilada, agua de garrafón (Bonafont) y manteca vegetal de la marca Primor.

### 4.2 Establecimiento del experimento

Las pruebas fueron llevadas a cabo en el Laboratorio de Análisis Especiales (figura 3) del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (figura 4) del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



Figura 3. Laboratorio de Análisis Especiales



Figura 4. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

### 4.3 Tratamientos

Para todas las pruebas de textura, se realizaron siete tratamientos, cada uno con tres repeticiones, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Tratamientos para pruebas de textura

<u>Tratamiento</u>	<u>Harina empleada</u>
1	Comercial
2	Mexicana
3	Cúspide
4	Mezcla
5	Moderna
6	San Antonio
7	Selecta
	Tía Cata

### 4.4 Proceso de elaboración

En el cuadro 3 se presenta la cantidad de ingredientes para la elaboración de las masas usadas en la prueba de extensibilidad, mientras que en el cuadro 4 se

puede observar la cantidad de ingredientes para la elaboración de las masas usadas en las pruebas de adhesividad, análisis de perfil de textura, y la fabricación de tortillas, a las cuales se les realizó las pruebas de análisis de perfil de textura y extensibilidad; todas estos atributos de textura fueron medidos en un texturómetro THDi, que se muestra en la figura 5.

En las tortillas de los diferentes tratamientos, se determinó el contenido de humedad mediante el empleo de una termo balanza, y finalmente se realizó un análisis químico proximal en la muestra sin humedad, donde fueron determinados el contenido proteico, contenido de grasa y cantidad de carbohidratos por diferencia, debido a los ingredientes usados en la fabricación de las tortillas.

Cuadro 3. Formulación de masas para extensibilidad

Ingrediente	Cantidad
Harina	9.73 g
Sal	0.2 g
Agua destilada	5 a 6 mL

Cuadro 4. Formulación de masas para pruebas reológicas y fabricación de tortillas

Ingrediente	Cantidad
Harina	1 Kg
Sal	1 g
Agua de garrafón	400 mL
Manteca Primor	250 g



Figura 5. Texturómetro THDi

#### 4.5 Extensibilidad de masas

Para esta prueba se utilizó la masa elaborada para cada uno de los tratamientos como se indica en el cuadro 3, como se visualiza en la figura 6.



Figura 6. Masa para prueba de extensibilidad

Posteriormente, la masa fue colocada en el utensilio “SMS/Kieffer” con una pequeña cantidad de aceite para evitar la adherencia de la muestra, presionando durante cuarenta minutos como se muestra en la figura 7, para la formación y compactación de tiras de masa (figura 8), las cuales fueron retiradas con una espátula, evitando que las tiras se extendieran y rompieran.



Figura 7. Prensado de masa con SMS/Kieffer



Figura 8. Tiras de masa para prueba de extensibilidad

A continuación se colocó la muestra en el aditamento “Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig” del texturómetro para realizar la prueba de extensibilidad de masas como se puede visualizar en la figura 9. Una vez que el gancho sujeto a la masa, comenzó a extenderla hasta que la muestra alcanzó su límite elástico (figura 10).



Figura 9. Aditamento Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig



Figura 10. Prueba de extensibilidad en masas

#### 4.6 Adhesividad de masas

Para esta prueba se utilizaron 5 g de la masa elaborada para cada uno de los tratamientos como se indica en el cuadro 4, la cual fue colocada en un cilindro de acero de 5.08 cm de diámetro, en el cual por medio de presión se obtuvieron pequeños filamentos de alrededor de 4 mm (figura 11), dejando reposar un minuto antes de llevar a cabo la prueba.





Figura 11. Formación de filamentos para prueba de adhesividad

Después del tiempo de reposo se colocó el cilindro de acero en la base del texturómetro y fue utilizada la sonda de acrílico de 2.54 cm de diámetro (figura 12), con la cual se realizó la prueba de adhesividad, donde la muestra fue presionada 2 mm como se observa en la figura 13, finalmente la sonda regresó a la posición original, obteniéndose los valores de trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre los filamentos de masa y la sonda.



Figura 12. Colocación de la muestra para prueba de adhesividad



Figura 13. Prueba de adhesividad

#### 4.7 Análisis de perfil de textura de masas

Para esta prueba se utilizaron 25 g de la masa elaborada para cada uno de los tratamientos como se indica en el cuadro 4, la cual fue colocada en un cilindro de acrílico como se ve en la figura 14.



Figura 14. Muestra para análisis de perfil de textura de masas

Se colocó el cilindro de acrílico en la base del texturómetro y fue utilizada la sonda de acrílico de 2.54 cm de diámetro (figura 15), con la cual se llevó a cabo la prueba de análisis de perfil de textura para masas, que constó de dos ciclos de compresión, de 10 mm de distancia cada compresión (figura 16), en esta prueba se obtuvieron los parámetros de dureza, cohesividad y elasticidad de las masas.



Figura 15. Colocación de la muestra para análisis de perfil de textura en masas

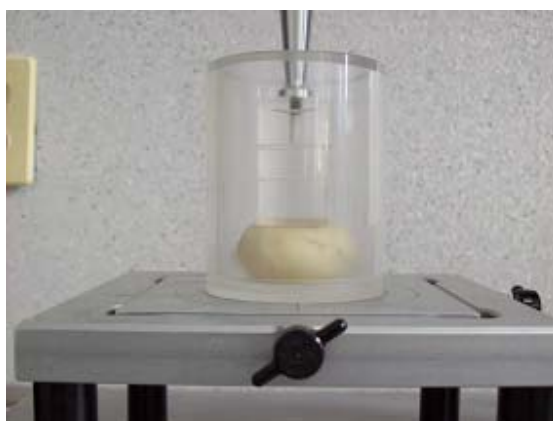


Figura 16. Prueba de análisis de perfil de textura de masas

#### **4.8 Análisis de perfil de textura de tortillas**

Para el análisis de perfil de textura de tortillas, se emplearon tortillas elaboradas con la formulación indicada en el cuadro 4, las cuales fueron sujetadas en la aditamento para tortillas del texturómetro (figura 17), la tortilla una vez sujeta, fue colocada en la base del texturómetro y fue usado el embolo de acero de 2.54 cm de diámetro (figura 18).



Figura 17. Aditamento para tortillas del texturómetro

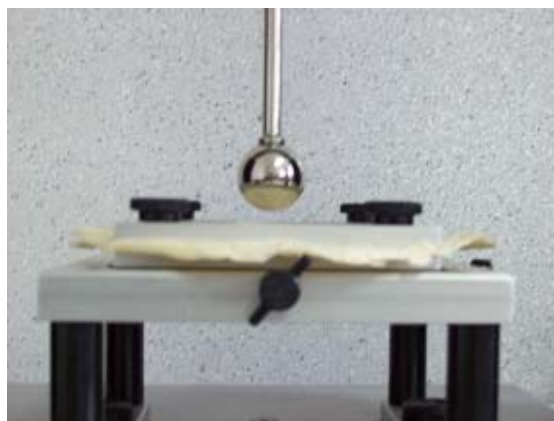


Figura 18. Colocación de la muestra para prueba análisis de perfil de textura y extensibilidad en tortillas

La prueba de análisis de perfil de textura para tortillas fue similar a la de masas, solo que en esta prueba no fueron ciclos de compresión, si no que se llevaron a cabo dos ciclos de elongación en la tortilla, de 5 mm de distancia cada elongación, los cuales son mostrados en las figuras 19 y 20.



Figura 19. Primer ciclo de elongación en la prueba de análisis de perfil de textura de tortillas



Figura 20. Segundo ciclo de elongación en la prueba de análisis de perfil de textura de tortillas

De esta prueba fueron obtenidos los parámetros de cohesividad y elasticidad para las tortillas.

#### **4.9 Extensibilidad de tortillas**

En la realización de esta prueba también fueron utilizadas tortillas elaboradas con la formulación indicada en el cuadro 4, las cuales de igual manera fueron sujetadas en la aditamento para tortillas del texturómetro (figura 17), de la misma

forma que la prueba anterior la tortilla una vez sujeta, fue colocada en la base del texturómetro y se empleó el embolo de acero de 2.54 cm de diámetro (figura 18). De manera similar a la prueba de extensibilidad de masas, las tortillas fueron extendidas con ayuda del embolo de acero hasta que alcanzaron su máximo límite elástico, como muestra la figura 21.



Figura 21. Prueba de extensibilidad en tortillas

#### **4.10 Obtención de resultados de parámetros de textura y Análisis estadístico**

Los resultados para las pruebas de extensibilidad, adhesividad y análisis de perfil de textura de las masas; y los resultados de las pruebas de análisis de perfil de textura y extensibilidad de las tortillas fueron obtenidos usando el software del texturómetro THDi (figura 22).



Figura 22. Software del Texturómetro THDi

Los datos que se obtuvieron se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar, se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan con una probabilidad de  $p < 0.05$  para cada variable con el programa "Sistema de Análisis Estadístico" (SAS) versión 2000.

#### **4.11 Determinación de contenido de humedad y Análisis químico proximal de tortillas**

##### **4.11.1 Determinación de humedad**

Para obtener el porcentaje de humedad de las muestras, se usó la termo balanza AMB 50 de la marca Adam (figura 23), donde se utilizaron 5 g de muestra a una temperatura de secado de  $110^{\circ}\text{C}$  durante un tiempo de 15 minutos.



Figura 23. Termo-Balanza AMB 50

En la figura 24 se observan las muestras después de haber llevado a cabo la determinación de humedad, las cuales posteriormente fueron utilizadas para determinar el contenido de proteína y de grasa.



Figura 24. Muestras de tortilla sin humedad

#### 4.11.2 Determinación de proteína

Se determino el contenido de proteína por el método Kjeldahl 32.1.22 (AOAC; 1995). La proteína de cada tortilla de los diferentes tratamientos, fue obtenida pesando la cantidad de 0.5 g por muestra, posteriormente fueron pesados 3.5 g de mezcla digestora para cada muestra, los cuales, junto con la muestra, fueron colocados en el fondo del matraz Kjendahl, finalmente se añadieron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado; a continuación se colocaron los matraces en el equipo y se hizo la primera digestión de forma suave (nivel 6 por 30 minutos), enseguida se realizo la segunda digestión de forma enérgica (nivel 8 por 20 minutos) hasta la completa oxidación de la muestra, donde la mezcla formo una solución azul clara transparente (figura 25), se dejo enfriar a temperatura ambiente.



Figura 25. Digestión de la muestra



A continuación se agregaron 10 mL de agua destilada al matraz; el equipo de destilación agregó 50 mL de NaOH al 40%, y en un matraz Erlenmeyer se vertieron 10 mL de ácido bórico al 4% y dos gotas de rojo de metilo como indicador, en el cual se obtuvo el destilado (figura 26).



Figura 26. Obtención del destilado

El destilado obtenido fue titulado con una solución de ácido sulfúrico 0.1 N (figura 27). Con los valores de gasto del ácido 0.1 N obtenidos, se realizaron los cálculos necesarios para determinar el porcentaje de nitrógeno, el cual fue multiplicado por el factor 5.7 para de esa manera obtener el porcentaje de proteína de la muestra.



Figura 27. Titulación de la muestra

#### 4.11.3 Determinación de grasa

Se determino el contenido de grasa por el método 30.10 (AOAC; 1995). Pesando 2 g de muestra adicionando 2 mL de etanol al 95%, 10 mL de ácido clorhídrico concentrado y 8 mL de agua destilada, se colocó toda la solución en un frasco bien sellado para evitar evaporaciones por parte de esta, a continuación, los frascos fueron puestos a baño maría a 60° C por 20 minutos, terminado este tiempo se dejó enfriar, después se obtuvo la grasa separada del solvente, se adicionaron 10 mL de etanol, 25 mL de éter dietílico. Se agitó durante un minuto. Posteriormente se agregaron 25 mL de éter de petróleo y se agitó un minuto (figura 28).

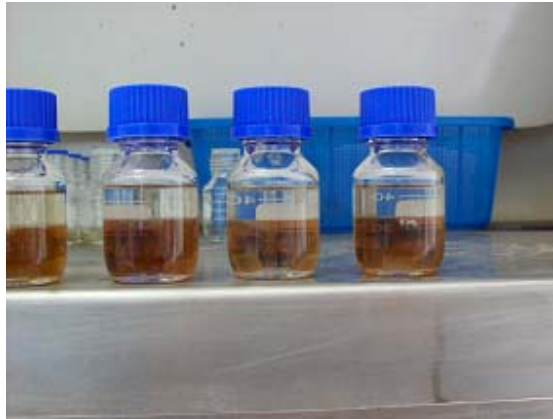


Figura 28. Primera etapa de la determinación de grasa

Después por medio de decantación, fue separada la grasa, la cual posteriormente fue obtenida en frascos de vidrio que habían sido puestos a peso constante con anterioridad, los frascos se metieron en una estufa a 100° C aproximadamente 30 minutos, se dejaron enfriar y se pesaron, obteniendo el contenido de grasa (figura 29) por diferencia de pesos.



Figura 29. Contenido de grasa en tortillas

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Extensibilidad de masas

En el cuadro 5 se muestran los valores de fuerza necesaria para el estiramiento de una masa de harina de trigo, con empleo de la prueba de extensibilidad en masas; mediante los valores de fuerza obtenidos es posible interpretar que a menor fuerza requerida, la masa es más extensible, esto debido probablemente a los diferentes trigos con los que se obtuvo la harina de las diferentes marcas comerciales, ya que al existir un rompimiento de los enlaces disulfuro del gluten se refleja en una disminución de la extensibilidad, además de que las masas de los tratamientos Comercial Mexicana y Cúspide no presentaron diferencia significativa, lo mismo sucede en los tratamientos Selecta y San Antonio; mientras que en el tratamiento Tía Cata muestra ser diferente a todos los demás tratamientos.

Cuadro 5. Fuerza para extensibilidad de masas

<u>Tratamiento</u>	<u>Fuerza (gf)</u>
Comercial Mexicana	25.053 <sup>a</sup>
Cúspide	29.300 <sup>a</sup>
Selecta	97.863 <sup>b</sup>
San Antonio	103.103 <sup>b</sup>
Tía Cata	125.337 <sup>c</sup>
Moderna	146.847 <sup>d</sup>
Mezcla	159.907 <sup>d</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

En el cuadro 6 se observan los resultados obtenidos para la resistencia a la extensibilidad en masas de harina de trigo, en esta prueba se analizó que la mayoría de las harinas fueron diferentes a la marca de la harina Selecta, la cual es la más utilizada para la elaboración de este producto. Al parecer la marca que más se podría asemejar en resistencia a Selecta es la de Tía Cata, al elaborarse este tipo de productos no existe un completo desarrollo de gluten como es el proceso

de panificación debido a tener una menor cantidad de agua y mayor contenido de grasa.

Cuadro 6. Resistencia de las masas a extenderse

<u>Tratamiento</u>	<u>Distancia (mm)</u>
Comercial Mexicana	50.793 <sup>a</sup>
Cúspide	43.553 <sup>a</sup>
San Antonio	41.483 <sup>a</sup>
Selecta	30.237 <sup>b</sup>
Tía Cata	25.103 <sup>b, c</sup>
Moderna	20.940 <sup>b, c</sup>
Mezcla	19.237 <sup>c</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

## 5.2 Adhesividad de masas

En el cuadro 7 se muestra la adhesividad de masas de las diferentes marcas comerciales utilizadas en la elaboración de tortillas de harina, en esta prueba se observa que la marca Selecta y Cúspide no presentaron diferencia significativa en comparación de las otras 5 que difieren entre sí, la fuerza de adhesividad de una masa es el trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre el espécimen y una superficie, la harina que presenta una mayor fuerza adhesiva es la de San Antonio con 25.99 gf, y la que menos fuerza tiene es la de Tía Cata. La adhesividad de una masa se puede interpretar como la pegajosidad de esta, este tipo de masas presentan ciertas propiedades de pegajosidad debido a la formulación con la que fueron elaboradas ya que la cantidad de grasa adicionada permite se mejore el manejo de la masa, así como disminuir la adhesividad de la masa. Friend y col (1992), informa que las masas para tortillas de harina de trigo, no deben elaborarse con harinas provenientes de Trigos Duros, ya que estas muestran una capacidad de formación de masa no conveniente, ya que estas se hacen sueltas y pegajosas. Cabe mencionar que durante la manipulación de las muestras se percibió con claridad que San Antonio, se mostró más pegajosa al tacto.

Cuadro 7. Fuerza para adhesividad de masas

Tratamiento	Fuerza (gf)
Tía Cata	18.843 <sup>a</sup>
Moderna	19.400 <sup>a, b</sup>
Selecta	20.327 <sup>a, b, c</sup>
Cúspide	20.620 <sup>a, b, c</sup>
Comercial Mexicana	21.797 <sup>b, c</sup>
Mezcla	22.793 <sup>c</sup>
San Antonio	25.990 <sup>d</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

En el cuadro 8 se presentan los resultados obtenidos para la cohesividad de una masa mediante la prueba de adhesividad, la marca Selecta es la masa mas cohesiva con respecto a las demás y la menos cohesiva es San Antonio, al parecer las que presentaron un comportamiento similar fueron la Moderna, Cúspide y la Mezcla de harinas, no siendo así para la marca Comercial Mexicana y Selecta que fueron completamente diferentes. La cohesividad se representa como la fuerza de los enlaces internos que mantienen la estructura de las redes del gluten, las diferencias aquí detectadas podrían deberse a que las harinas provenientes de diferentes molinos, utilizan mezclas diferentes de harinas de trigo.

Cuadro 8. Cohesividad de masas mediante prueba de adhesividad

Tratamiento	Distancia (mm)
Selecta	0.33000 <sup>a</sup>
Comercial Mexicana	0.23000 <sup>b</sup>
Moderna	0.22000 <sup>b, c</sup>
Mezcla	0.21333 <sup>b, c</sup>
Cúspide	0.20000 <sup>b, c</sup>
Tía Cata	0.15000 <sup>c</sup>
San Antonio	0.04333 <sup>d</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

### 5.3 Análisis de perfil de textura de masas

En el cuadro 9 se presenta la dureza obtenida del APT de las masas elaboradas con diferentes marcas comerciales de harina de trigo, entendiendo como dureza a la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada, la que presentó una mayor dureza (573.21 gf), fue la marca de la Comercial Mexicana y la masa que presentó menos dureza (239.04 gf) fue la elaborada con la harina Cúspide. En el análisis estadístico las harinas que presentaron diferencias con respecto a las demás fueron la Moderna y Comercial Mexicana, además estas harinas presentaron diferencias entre ellas. Lo anteriormente descrito, fue evidente, ya que al momento de pesaje de la cantidad necesaria para la prueba, Comercial Mexicana presentó mayor dificultad para la separación de los 25 g utilizados.

Cuadro 9. Dureza de masas APT

Tratamiento	Dureza (gf)
Comercial Mexicana	573.21 <sup>a</sup>
Moderna	414.79 <sup>b</sup>
Tía Cata	322.29 <sup>c</sup>
Selecta	308.21 <sup>c</sup>
San Antonio	298.93 <sup>c</sup>
Mezcla	286.07 <sup>c</sup>
Cúspide	239.04 <sup>c</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

En el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos de la cohesividad de masa en un Análisis de Perfil de Textura, en el cual la cohesividad es definida como la resistencia de un material a una segunda deformación con relación a como se comporta este en una primera deformación, al parecer todos los tratamientos no tuvieron diferencia significativa, excepto la marca Comercial Mexicana (0.31238).

Cuadro 10. Cohesividad de masas APT

Tratamiento	Cohesividad (-)
San Antonio	0.55167 <sup>a</sup>
Mezcla	0.55142 <sup>a</sup>
Cúspide	0.51575 <sup>a</sup>
Moderna	0.49033 <sup>a</sup>
Tía Cata	0.47842 <sup>a</sup>
Selecta	0.45158 <sup>a</sup>
Comercial Mexicana	0.31238 <sup>b</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

En el cuadro 11 es posible observar los valores obtenidos de elasticidad en el análisis de perfil de textura en masas, donde la elasticidad puede ser interpretada como la capacidad que tiene un espécimen de recuperar su forma o longitud inicial después de que una fuerza aplicada es retirada, la masa que presento una mayor elasticidad fue el tratamiento Mezcla (0.62349), mientras la que presento menor elasticidad fue la masa del tratamiento Comercial Mexicana (0.32932), además de que los tratamientos de Mezcla, San Antonio, Cúspide, Moderna y Tía Cata no presentan diferencia significativa entre ellas, y de igual forma los tratamientos Cúspide, Moderna, Tía Cata y Selecta tampoco presentan diferencia significativa entre ellas, mientras que el tratamiento Comercial Mexicana es diferente a todas las demás en el parámetro de elasticidad o recuperación elástica.

Cuadro 11. Elasticidad de masas APT

Tratamiento	Elasticidad (-)
Mezcla	0.62349 <sup>a</sup>
San Antonio	0.61145 <sup>a</sup>
Cúspide	0.54719 <sup>a, b</sup>
Moderna	0.51632 <sup>a, b</sup>
Tía Cata	0.51606 <sup>a, b</sup>
Selecta	0.47791 <sup>b</sup>
Comercial Mexicana	0.32932 <sup>c</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))



#### 5.4 Análisis de perfil de textura de tortillas

En el cuadro 12 se presentan los resultados obtenidos de cohesividad mediante el APT en las tortillas de harina elaboradas con diferentes marcas comerciales, considerando la definición que ha sido mencionada en los resultados de cohesividad en masas, este parámetro en las tortillas puede ser explicado como la resistencia que presentó la tortilla en la segunda elongación, en relación del comportamiento de la tortilla en la primera elongación, es decir, que tanto se mantiene la estructura de la tortilla después del primer ciclo de deformación (primera elongación), en cuanto a los resultados obtenidos, las tortillas con mayor cohesividad son las del tratamiento Moderna, y por otra parte las de menor cohesividad son las del tratamiento Mezcla, adicionalmente, los tratamientos Moderna, Tía Cata y Cúspide no presentan diferencia significativa, lo mismo sucede entre los tratamientos Cúspide, Selecta y San Antonio, y de igual manera los tratamientos de Selecta, San Antonio, Comercial Mexicana y Mezcla no tienen diferencia significativa.

Cuadro 12. Cohesividad de tortillas APT

Tratamiento	Cohesividad (-)
Moderna	0.58858 <sup>a</sup>
Tía Cata	0.51715 <sup>a</sup>
Cúspide	0.40242 <sup>a, b</sup>
Selecta	0.23126 <sup>b, c</sup>
San Antonio	0.21070 <sup>b, c</sup>
Comercial Mexicana	0.19311 <sup>c</sup>
Mezcla	0.16347 <sup>c</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

En el Cuadro 13 se observa la elasticidad obtenida del APT de tortillas de harina de trigo elaboradas con diferentes marcas comerciales de harina, donde es posible apreciar que excepto el tratamiento Tía Cata, los demás tratamientos no tienen diferencia significativa entre sí. Aun que es importante señalar, que al momento de colocar la muestra, no fue sencillo percatarse de alguna diferencia,

ya que de manera visual tanto táctil las tortillas de todos los tratamientos presentaron una amplia similitud.

Cuadro 13. Elasticidad de tortillas APT

Tratamiento	Elasticidad (-)
Selecta	0.70527 <sup>a</sup>
Cúspide	0.68742 <sup>a</sup>
Mezcla	0.68039 <sup>a, b</sup>
Moderna	0.67269 <sup>a, b</sup>
San Antonio	0.62617 <sup>a, b</sup>
Comercial Mexicana	0.62539 <sup>a, b</sup>
Tía Cata	0.55288 <sup>b</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan (p<0.05))

## 5.5 Extensibilidad de tortillas

Las tortillas de harina elaboradas con la harina la Moderna presentaron, una mayor firmeza (201.53 gf), con respecto a las demás, y la que menos firmeza tuvo fue la Mezcla (76.45 gf), esto fue directamente proporcional a la extensibilidad de estas, estos resultados no coinciden con lo reportado por Bejosano y col (2005), ya que las mediciones que se realizaron en este estudio fueron a los 5 días de almacenamiento, y las tortillas utilizadas en esta prueba fueron almacenadas 1 día en condiciones de refrigeración. Cuando las tortillas son más suaves y extensibles se utiliza menos fuerza para poderse romper, y la extensibilidad es mayor antes de deformarla. En contraste cuando las tortillas se almacenan son mas duras, como se indicó en este estudio (Bejosano y col; 2005). Yufeng Mao y col (2002) informan que las tortillas de harina tienen una elasticidad que depende directamente del contenido de grasa, ya que al elaborar tortillas sin grasa estas presentan un menor diámetro con respecto a las que si tienen grasa, haciéndolas menos extensibles y mas quebradizas. Serna y col (1988) informan que la grasa es considerada un lubricante, así como también tener una interacción con las proteínas y el almidón durante el proceso de horneado. Estas tortillas presentan una mayor firmeza con respecto a lo reportado por Bejosano y col (2004). Esto se

debe principalmente a que las tortillas utilizadas en esta investigación no llevan agentes químicos leudantes, lo que proporciona una mayor dureza, por la falta de aire que modifica la estructura de la masa cuando las burbujas de aire se expanden durante el horneado.

Cuadro 14. Firmeza en tortillas

Tratamiento	Fuerza (gf)
Mezcla	76.45 <sup>a</sup>
Cúspide	117.98 <sup>b</sup>
Selecta	118.07 <sup>b</sup>
Tía Cata	134.61 <sup>b, c</sup>
San Antonio	136.00 <sup>b, c</sup>
Comercial Mexicana	153.96 <sup>c</sup>
Moderna	201.53 <sup>d</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

En el cuadro 15 se presentan los resultados obtenidos de la extensibilidad de tortillas de harina de trigo, las que presentan menos extensibilidad fueron las de la Mezcla (9.4 mm) y Selecta (9.9 mm), no siendo así en las harinas de Tía Cata (15.9 mm) y la Moderna (15.2 mm), esto pudo deberse principalmente a que las harinas provienen de Trigos duros, haciendo que estas sean menos extensibles, debido a que presentaron una fácil ruptura.

Cuadro 15. Extensibilidad de tortillas

Tratamiento	Distancia (mm)
Tía Cata	15.985 <sup>a</sup>
Moderna	15.275 <sup>a, b</sup>
Comercial Mexicana	12.065 <sup>b, c</sup>
Cúspide	10.048 <sup>c</sup>
San Antonio	10.335 <sup>c</sup>
Selecta	9.935 <sup>c</sup>
Mezcla	9.420 <sup>c</sup>

El superíndice que aparece en los valores, indica la diferencia significativa según la Anova (prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ))

## 5.6 Composición químico proximal de tortillas

En el cuadro 16 se presentan los resultados conforme el contenido de humedad y del análisis químico proximal de las tortillas de harina de los diferentes tratamientos.

Cuadro 16. Composición Químico proximal de las tortillas de harina

Tratamiento	% de Humedad	% de Proteína (BS)	% de Grasa (BS)	% de Carbohidratos (BS)
Comercial				
Mexicana	77.50	8.37	20.91	70.72
Cúspide	73.27	8.37	20.45	71.18
Mezcla	71.12	9.85	20.78	71.72
Moderna	76.95	12.08	20.91	67.01
San Antonio	74.22	10.68	21.01	68.31
Selecta	78.47	8.37	20.91	70.72
Tía Cata	71.79	8.37	20.45	71.18

Es posible observar que el contenido proteico, de grasa y carbohidratos en las tortillas elaboradas con harina de la marca Comercial Mexicana y Selecta, fueron similares, probablemente al hecho de que la calidad entre estas harinas es similar, lo mismo ocurrió con las tortillas fabricadas con harina Cúspide y Tía Cata, mientras que en los demás tratamientos, hubo un contenido un poco mayor de proteína, aunque el contenido de humedad fue menor, debido a la calidad de las propiedades funcionales de las proteínas de las harinas usadas en los diferentes tratamientos. Según López (2007), la funcionalidad de una proteína, es cualquier propiedad distinta de las nutritivas que confiere utilidad en los alimentos; la mayor parte de las propiedades funcionales de las proteínas afectan las características sensoriales de los alimentos, especialmente la textura, motivo por el cual se observaron comportamientos diferentes en las pruebas reológicas de los diferentes tratamientos. Desafortunadamente no existe algo reportado conforme a la composición químico proximal en tortillas; aunque algunas marcas comerciales de tortillas de harina muestran un contenido de 5.6 g de grasa, 23.8 g de carbohidratos y 4 g de proteína por cada 49 g de la marca Tía Rosa; para la marca

Wonder existen valores de 5.7 g de grasa, 24.8 g de carbohidratos y 4.2 g de proteína por cada 50 g; mientras que las tortillas de El Comal de la Abuela contienen 5.7 g de grasa, 25 g de carbohidratos y 4.2 g de proteína por cada 52 g; finalmente la marca Gavi presenta contenido de 5.7 g de grasa, 24.6 g de carbohidratos y 4.2 g de proteína en 50 g.

## 6. CONCLUSIONES

Para la determinación de las conclusiones, los tratamientos se compararon con el tratamiento que utilizó la harina Selecta, siendo la masa y las tortillas elaboradas con esta harina, los testigos para cada una de las pruebas de los diferentes atributos de textura, hechas en la realización de esta tesis.

- La masa que presentó una extensibilidad similar al testigo fue San Antonio, la menos extensible fue la mezcla, por estar elaborada con trigo duro que permite un rompimiento mayor de enlaces disulfuro.
- La marca de harina Tía Cata, fue la masa con mayor semejanza a la masa Selecta en cuanto a la resistencia a extenderse, mientras que la masa con mayor diferencia es la de Comercial Mexicana.
- La masa menos adhesiva, es decir la masa más suelta y pegajosa fue la de la harina Tía Cata y la más parecida a Selecta fue Cúspide. Conforme a la prueba de adhesividad, la masa más cohesiva es Selecta, en esta característica de textura, no se presentó similitud con ninguna muestra.
- La masa elaborada con harina San Antonio, mostró una fuerza muy cercana a la utilizada en la masa de Selecta para lograr una deformación determinada, por lo que es posible mencionar que estas dos masas se comportaron casi idénticamente en el parámetro dureza en el APT (Análisis de Perfil de Textura), por otra parte las masas Comercial Mexicana y Moderna fueron las de más dureza.
- Para la cohesividad de masas en el APT, todos los tratamientos no presentaron diferencia significativa con respecto a Selecta, a diferencia de la marca Comercial Mexicana que fue la única que difirió y al mismo tiempo la menos cohesiva.

- La masa que recupero su forma o longitud inicial después retirar la fuerza aplicada de manera mas parecida a Selecta fue Tía Cata, por otra la masa con la recuperación elástica mas baja fue Comercial Mexicana.
- En los resultados de cohesividad en tortillas obtenidos mediante APT, San Antonio fue la que tuvo mayor aproximación a Selecta, las menos cohesivas fueron Comercial Mexicana y Mezcla.
- Con lo relacionado a la elasticidad obtenida del APT de tortillas de harina de trigo elaboradas con diferentes marcas comerciales de harina, es posible apreciar que no hay diferencia de las muestras con respecto a Selecta, con excepción del tratamiento Tía Cata que fue el menos elástico.
- En lo referente al atributo de firmeza en tortillas, las tortillas hechas con harina Cúspide fueron las que tuvieron una similitud mayor a las tortillas elaboradas con harina Selecta y las tortillas de la Moderna.
- Las tortillas fabricadas con la Mezcla, de acuerdo a los datos de extensibilidad obtenidos, presentaron un comportamiento comparable con las tortillas hechas con harina Selecta.

## 7. RECOMENDACIONES

- ♣ Aunque se realizaron evaluaciones de textura objetivas, es necesaria la evaluación por parte del consumidor del producto tortillas de harina, por lo que este trabajo puede ser complementado con una evaluación sensorial, en la que se determine apariencia, sabor y aceptabilidad.
  
- ♣ También sería conveniente llevar a cabo el análisis de perfil de textura durante diferentes tiempos de almacenamiento del producto terminado, ya que el factor envejecimiento influye en las características de textura en las tortillas de harina.
  
- ♣ Para complementar esta investigación sería recomendable emplear diferentes formulaciones para la elaboración de tortillas de harina, en las cuales se podría agregar algún conservador, y de esta manera evaluar como se modifican las características reológicas de las tortillas.
  
- ♣ Finalmente, a pesar de que se realizaron pruebas reproducibles para obtener atributos de textura, existe la necesidad de llevar a cabo la prueba de rollabilidad en las tortillas, para poder comparar de mejor manera los resultados que se obtengan, con los existentes en la literatura.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Edición. Association of Official Analytical Chemists. Whashington, D. C. Estados Unidos
- Baños B. Caracterización Reológica de Masas de Harina de Trigo Adicionadas con Fibra Soluble. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo. México
- Bejosano F. P., Waniska R. D., 2003. Funcionalidad of Bicarbonato Leaveners in Wheat Flour Tortillas. *Cereal Chemistry*. 81.1: 77-79
- Bejosano F. P., Joseph S., Lopez R. M., Kelekci N. N., Waniska R. D. 2005. Rheological and Sensory Evaluation of Wheat Flour Tortillas During Storage. *Cereal Chemistry*. 82.3: 256-263
- Bourne M. C. 1982. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Editorial American Press; New York
- Cepeda M., Waniska R. D., Rooney L. W., Bejosano F. P. 2000. Effects of Leavening Acids and Dough Temperature in Wheat Flour Tortillas. *Cereal Chemistry*. 77.4: 489-494
- Faridi H. 1990. Dough Rheology and Baked Product Texture. Editorial American Association Cereal Chemistry; St Paul Minnesota
- Friend C.P., Serana-Saldivar O. S., Waniska R. D., Rooney L. W. 1992. Increasing the Fiber Content of Wheat Tortillas. *Cereal Foods World*. 37.4: 325-328
- Friend C. P., Ross R. G., Waniska R. D., Rooney L. W. 1995. Effects of Additives in Wheat Flour Tortillas. *Cereal Foods World*. 40.7: 494-497

LA JORNADA. 2005. suplemento La Jornada en la Economía, 17 de enero de 2005, El Zar de la Tortilla por Juliana Fregoso. Disponible en <http://www.jornada.unam.mx/2005/01/17/secara.html>

López H. 2007. Elaboración de Galletas de Trigo Fortificadas con Harina, Aislado y Concentrado de *Lupinus mutabilis*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo. México

Mao Y., Flores R. A., Loughin T. M. 2002. Objective Texture Measurements of Commercial Wheat Flour Tortillas. *Cereal Chemistry*. 79.5: 648-653

NMX-F-007-1982. Alimento para humanos. Harina de trigo. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Percival J. 1921. *The Wheat Plant*. Editorial Dutton; New York

Pomeranz Y. 1978. *Wheat Chemistry and Technology*. Vol 2. Editorial American Association Cereal Chemistry; St. Paul Minnesota

Ramírez-Wong B., Walker C. E., Ledesma-Osuna A. I., Torres P. I., Medina-Rodríguez C. L., López-Ahumada G. A., Salazar-García M. G., Ortega-Ramírez R., Jonson A. M., Flores R. A. 2007. Effect of Flour Extraction Rate on White and Red Winter Wheat Flour Composition and Tortilla textura. *Cereal Chemistry*. 84.3: 207-213

[SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, con cifras tomada del Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).

Serna-Saldivar. O. S., Rooney L. W. 1988. Wheat Flour Tortilla Production. *Cereal Foods World*. 33.10: 855:864

Suhendro E. L., Waniska R. D., Rooney L. W. 1993. Effects of Added Proteins in Wheat Tortillas. *Cereal Chemistry*. 70.4: 412-416

Suhendro E. L., Almeida-Dominguez H. D., Rooney L. W., Waniska R. D., Moreira R. G. 1998. Tortilla Bending Technique: An Objective Method for Corn Tortilla Textura Measurement. *Cereal Chemistry*. 75.6: 854-858

Suhendro E. L., Almeida-Dominguez H. D., Rooney L. W., Waniska R. D., Moreira R. G. 1999. Use of Extensibility to Measure Corn Tortilla Texture. *Cereal Chemistry*. 76.4: 536-540

Wang L., Flores R. A. 1999. Effect of Wheat Starch and Gluten on Tortilla Texture. *Cereal Chemistry*. 76.5: 807-810