



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

División Ciencias Biológicas y de la Salud

Unidad Iztapalapa

TESIS

Para obtener el grado de
Especialista en Biotecnología

Presenta

Ing. Liliana Villada García

Director

Dr. Gerardo Ramírez Romero

Asesor

Dr. Héctor B. Escalona Buendía

Lectora

Dra. Sara Hirán Morán Bañuelos

Ciudad de México, Diciembre 2016





Esta Tesis fue elaborada en el Departamento de Biotecnología de la
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.





Dedicatoria

Dedico esta tesis a Trinidad, David, Alejandro y Miguel quienes me apoyaron todo el tiempo y alentaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis amigos Carlos, Gerardo quienes fueron un gran apoyo durante el tiempo en que realizaba esta tesis.

Al Dr. Gerardo Ramírez y Dr. Héctor Escalona quienes nunca desistieron al enseñarme y continuaron depositando su esperanza en mí para concluir.

A Ing. Silverio Pérez por darme la oportunidad de seguir creciendo como profesionalista.





Agradecimientos

Esta tesis hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término.

Por ello, es para mí un verdadero placer expresar mis agradecimientos de manera especial y sincera al **Dr. Gerardo Ramírez, Dr. Héctor Escalona y al Ing. Silverio Pérez**. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como persona. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Les agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta investigación.

Muchas gracias!!!



RESUMEN

El consumo de tortillas elaboradas con Masa de Maíz Nixtamalizado (MMN) se prefiere más que las elaboradas con Harina de Maíz Nixtamalizado (HMN) por su sabor, propiedades texturales (rollabilidad, suavidad, flexibilidad) y desempeño durante el recalentamiento, doblado, enrollado y freído. La diferencia entre ellas son los cambios originados por la retrogradación del almidón que afectan a las propiedades texturales que influyen en la funcionalidad y calidad de la tortilla después del calentamiento o inmersión en aceite. Por ello se determinaron las propiedades texturales mediante pruebas de rollabilidad y su relación con un análisis sensorial de tortillas elaboradas a partir de MMN elaborada bajo el método tradicional de nixtamalización utilizando mezclas de maíz criollo e híbrido, Masa de Harina de Maíz Nixtamalizado (MHMN) utilizando tres tipos de harina (Roja, Blanca y Amarilla) y Masa elaborada a partir de la mezcla de ambas en una proporción 50 – 50 % p/p, durante 12 días de almacenamiento en refrigeración (0 – 4 ° C).

Las diferencias de pH y Humedad entre las muestras no fueron significativas durante el periodo de almacenamiento.

Entre más suave y blanda sea una tortilla, se requiere menos trabajo para su masticación y el producto será de mejor calidad. La rollabilidad es una propiedad de textura que nos ayuda a medir que tan suave o dura es la textura de la tortilla en función de la fuerza requerida para enrollarla. Los valores más altos de fuerza obtenidos fueron los de las tortillas preparadas con MMN. El trabajo de rollabilidad aumenta con el almacenamiento sin embargo para el caso de las tortillas elaboradas con MHMN no fue así debido al efecto de la adición de hidrocoloides, principalmente, CMC (carboximetilcelulosa) y malta que influyen en la textura del producto, las cuales son adicionadas a las harinas durante su proceso de elaboración.

Al combinar la masa de MMN elaborada con la mezcla de maíz 90% híbrido - 10 % maíz criollo y la MHMN elaborada con harina blanca, amarilla y roja, se obtuvieron tortillas con valores de fuerza bajos, es decir con buena rollabilidad y aunque estos valores también aumentaron con el tiempo de almacenamiento, fueron más bajos que los valores obtenidos de las tortillas elaboradas con MMN.



ABSTRACT

Tortilla consumption made of Nixtamalizado corn dough (MMN) is preferred over those made with Nixtamalizado cornmeal (HMN) for its taste, texture properties (roll-ability, softness, flexibility) and performance during reheating, folding, rolling and frying. The differences between them are the changes caused by starch retro gradation affecting textural properties that influence the functionality and quality of tortillas after heating or immersion in oil. Therefore, the textural properties were determined by testing roll-ability and its relation with sensory analysis of tortillas made from MMN prepared under the traditional method of “nixtamalización” using mixtures of native and hybrid, nixtamalizado corn dough cornmeal (MHMN) using three types of flour (Red, White and Yellow) and dough made from a mixture of both in the ratio 50 to 50% w / w, for 12 days of storage under refrigeration (0-4 ° C). PH and humidity differences between samples were not significant during the storage period. The more smooth and soft is a tortilla, it requires less labor for chewing and the product will be of better quality. The roll-ability is a property of texture that helps us measure how hard or soft the texture of the tortilla in terms of the force required to roll it. The highest strength values obtained were from the tortillas made with MMN. Work roll-ability increases with storage but for the case of tortillas made with MHMN it was not due to the effect of the addition of hydrocolloids, mainly, CMC (carboxymethylcellulose) and malt affecting product texture, which are spiked to flour during the preparation process. By combining the dough of MMN made with the corn mixture 90% Hybrid - 10% native corn and MHMN made with red, white and yellow flour, tortillas with low values of force were obtained, that is, with good roll-ability, and although these values also increased with storage time, they were lower than the values obtained from the tortillas made with MMN.



INDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 El maíz.....	3
2.1.1. Clasificación del maíz.....	3
2.1.2. Estructura del grano de maíz.....	4
2.1.3. Composición química y valor nutritivo del maíz	3
2.1.4. Formas de consumo del maíz	5
2.2 Tortillas	6
2.2.1. Nixtamalización	6
2.2.2. Cambios que ocurren en la transformación del maíz en tortillas	7
2.2.3. Características de las tortillas.....	8
2.3 Harina de Maíz Nixtamalizado	10
2.3.1 Historia.....	10
2.3.2. Características de la harina de maíz.....	10
2.4 Factores de descomposición de los Alimentos	10
2.5 Vida de Anaquel de las Tortillas	11
2.6 La Industria Restaurantera y el uso de tortillas.....	12
3. JUSTIFICACION	13
4. HIPOTESIS	14
5. OBJETIVO GENERAL	14
5.1 Objetivos Particulares.....	14
6. METODOLOGIA.....	14
6.1 Materiales.....	¡Error! Marcador no definido.
6.1.1. Materia Prima.....	14
6.2 Método	¡Error! Marcador no definido.
6.2.1. Elaboración de masa.....	15



6.2.2.	Elaboración de Tortillas	15
6.2.3.	Determinación de Humedad	16
6.2.4.	Determinación de pH.....	16
6.2.5.	Determinación de Rollabilidad	16
6.2.6.	Determinación de Tensión o Extensibilidad.....	16
6.2.7.	Evaluación sensorial	17
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	18
8.	CONCLUSIONES.....	23
9.	BIBLIOGRAFIA	24



1. INTRODUCCION

El maíz en forma de tortilla, es uno de los principales componentes de la dieta del pueblo mexicano. La elaboración de tortilla de maíz constituye hoy en día una actividad compleja. Este producto ha trascendido de la simple fabricación casera y artesanal, para erigirse en actividad agroindustrial que involucra competencia tecnológica, estrategias de mercadeo y preferencias de los consumidores. La industria de la tortilla atraviesa actualmente por un momento de transición. Por una parte se ubica una industria moderna altamente tecnificada que está representada por la fabricación de harina de maíz nixtamalizado (HMN) que desplaza gradualmente a la molienda de nixtamal tradicional por la incapacidad de la industria tradicional de satisfacer el abasto de tortilla y por otra la venta de tortilla empacada, además de la integración de la tortillería como un servicio adicional de las cadenas de tiendas de autoservicio y restaurantes que se han desarrollado como alternativas a los métodos tradicionales ⁽¹⁾.

En la actualidad el procedimiento para la elaboración de tortillas varía de una región a otra e inclusive de una familia a otra debido al tipo de materia prima utilizada por las modificaciones en el uso de variedades diferentes de maíz y de harina de maíz Nixtamalizada. En el método tradicional, después de cocer el maíz con cal (nixtamal), se lava con agua para eliminar el exceso de cal, éste se moltura en molinos de piedra para obtener una pasta suave y cohesiva conocida como masa que se utiliza para producir tortillas. La masa es una mezcla formada por los polímeros de almidón (amilosa y amilopectina), gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, gránulos intactos, partes del endospermo y lípidos; todos estos componentes forman una malla compleja heterogénea. La re-asociación, de la amilosa y amilopectina, modifica constantemente el contenido total de agua y su distribución fuera de esta matriz. Este proceso repercute en las propiedades texturales de los productos elaborados con masa.

Actualmente se producen harinas de maíz a escala industrial, que se obtiene por molienda utilizando nixtamal con bajo contenido de humedad. En la elaboración de Masa de Harina de Maíz Nixtamalizada (MHMN) y su utilización para la elaboración de tortilla, los gránulos de almidón parcialmente gelatinizados proporcionan núcleos para la recristalización y retrogradación, lo cual disminuye la cohesividad. La rehidratación de la masa no es capaz de destruir estos núcleos. Por lo anterior, la retrogradación de la tortilla ocurre muy rápidamente y entonces se obtienen tortillas con sabor y textura diferentes a las elaboradas con masas ⁽¹⁾.

Las tortillas se consumen preferiblemente recién elaboradas, sin embargo, cuando no se consumen inmediatamente, su vida útil depende de las condiciones de almacenamiento, siendo sus principales signos de descomposición microbiológica el olor a fermento, una superficie pegajosa y la aparición de moho. También pueden sufrir deterioro físico-químico como la retrogradación del almidón que determina la textura dura.

Actualmente en México el consumo de tortilla para la industria restaurantera va en aumento por lo que se requiere de una tortilla que cubra las expectativas del consumidor, es decir, **una tortilla que no se rompa, no se infle al ser freída y que su tiempo de vida de anaquel sea lo suficientemente larga para poder distribuir el producto a todas las unidades que se**



encuentran localizadas en el DF. y Área Metropolitana. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar las características que proporcionan la textura y vida de anaquel de las tortillas que las empresas restauranteras necesitan mediante un análisis textural y sensorial de tortillas elaboradas con masa de diferentes mezclas de maíz nixtamalizado, harinas de maíz nixtamalizado y mezclas de ambas.

2. ANTECEDENTES

2.1 El maíz

El maíz (*Zea mays L.*) es un cereal de la familia de las Gramíneas que junto con el trigo y el arroz es considerado uno de los más importantes del mundo ⁽³⁾. Los miembros de este grupo botánico tienen sistemas de raíces fibrosas, hojas alternantes, venas paralelas en las hojas, vainas de hojas divididas, tallos cilíndricos con nudos sólidos y flores en espiga más o menos abiertas. Suministra elementos nutritivos a los animales y seres humanos; además se utiliza como materia prima para la producción de almidón, aceites, proteínas y edulcorantes, entre otros ⁽⁴⁾.

2.1.1. Estructura del grano de maíz.

El grano de maíz se clasifica botánicamente como un cariósido y sus cuatro partes principales del grano de maíz son: el pericarpio, la cáscara o salvado, el endospermo, el germen o embrión y la piloriza. Este último es un tejido inerte en que se unen el grano y el carozo (ver figura 1).

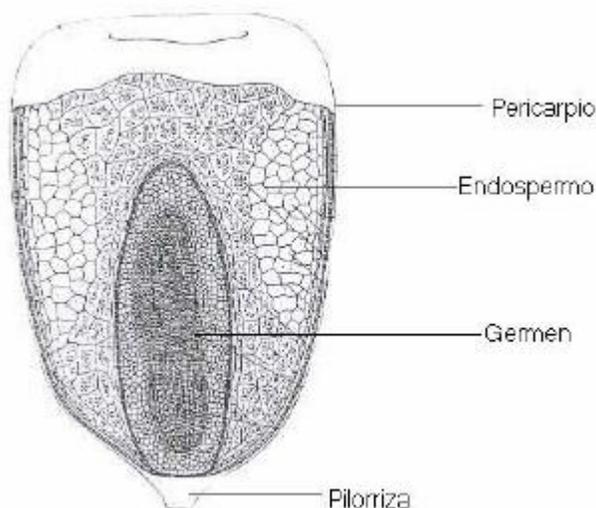


Figura 1. El color del grano puede variar desde blanco hasta rojo oscuro o café. El peso (variedad dentada) varía desde 150 a 600 mg, con un promedio aproximado de 350 mg ^(6,7).

2.1.3. Composición química general y valor nutritivo del grano de maíz

i. El pericarpio o cubierta seminal: Representa alrededor del 5 al 6% del peso del grano y se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda (aproximadamente 87%) la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%).

ii. El endospermo: Representa entre el 80 al 85% del peso del grano, contiene un nivel elevado de almidón (87%), proteínas 8%, un contenido de grasas crudas relativamente bajo y por su tamaño, contribuye aproximadamente con el 76% del nitrógeno total del grano.



El contenido de Carbohidratos y proteínas de los granos de maíz depende en medida considerable del endospermo ⁽¹⁹⁾.

iii. El germen: Representa entre el 10 al 12% del peso del grano y se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas (33%), un nivel relativamente elevado de proteína (cerca de un 20%) y minerales.

iv. La piloriza: Representa entre el 2 al 3% del peso del grano y tiene un contenido relativamente alto de proteínas (alrededor de 19%).

La información disponible sobre la **composición química general del maíz**, permite conocer la variabilidad de cada uno de sus principales nutrientes ⁽¹⁹⁾.

Nutriente	Tipo de maíz		
	Amarillo	Blanco	Negro
Energía	381Kcal	367 Kcal	362 Kcal
Proteína total	9.0 g	8.95 g	5.0 g
Grasa total	4.3 g	4.3 g	4.3 g
Carbohidrato total	75.6 g	73.2 g	77.3 g
Fibra Cruda	1.50 g	1.6 g	1.0 g
Calcio	7.0 mg	7.0 mg	6.0 mg
Fósforo	300.0 mg	239.0 mg	287.0 mg
Hierro	2.5 mg	2.3 mg	2.3 mg
Sodio	1 mg	1 mg	1 mg
Potasio	284 mg	284 mg	284 mg
Magnesio	147 mg	147 mg	147 mg
Zinc	2.21 mg	2.21 mg	2.21 mg
Tiamina	0.52 mg	0.38 mg	0.44 mg
Riboflavina	0.13 mg	0.09 mg	0.08 mg
Niacina	1.84 mg	2.13 mg	1.03 mg
Vit. B ₆	0.62 mg	0.62 mg	0.62 mg

Fuente : (6,24,25).

Figura 2. Composición química general y mineral del grano crudo de maíz ^(9,10).

2.1.2. Clasificación del maíz.

Las principales variedades del maíz son: maíz duro, maíz dentado, maíz dulce, maíz palomero, maíz harinoso y maíz ceroso.

a) Maíz de vaina. Es quizá un tipo primitivo. Cada grano está envuelto por una vaina fibrosa.

b) Maíz duro. Cuando se utiliza el término genérico “maíz”, se refiere a este tipo de maíz. Tiene granos muy duros y esta característica se debe a que las capas de almidón duro y proteína que están justamente debajo de la cáscara son bastante gruesas. La mayoría de los granos de maíz de este tipo maduran pronto y tienen cierta popularidad por esta razón.



c) Maíz dentado. Constituye la mayor cosecha de los Estados Unidos de Norteamérica para el consumo animal. Al madurarse, los granos presentan una concavidad pronunciada debido al encogimiento del endospermo a medida que se pierde humedad. Los granos son duros, pero no tanto como los del maíz duro.

d) Maíz harinoso. Se cultiva en Sudamérica y América Central principalmente. Los granos son grandes y blandos, y el endospermo se desmenuza con facilidad. Estas características permiten que el grano se muele fácilmente formando harina, lo que es ventajoso en los métodos de preparación domésticos.

e) Maíz ceroso. Este tipo de maíz no contiene cera, pero debe su textura a las grandes cantidades de la fracción de amilopectina del almidón que están presentes. Cada vez adquiere mayor importancia debido a los usos que se le han encontrado, tanto para alimento como para la industria.

f) El maíz dulce. El maíz dulce difiere del maíz de campo en que es mayor la cantidad de carbohidratos del grano que está presente como polímeros de la glucosa de peso molecular relativamente bajo (dextrinas) más que como gránulos de almidón. En consecuencia, los granos del maíz dulce retienen su textura blanda y succulenta y su sabor dulce por un período más largo durante su desarrollo. Los granos del maíz dulce al madurar y secarse, son tan duros como los del maíz de campo, aunque tienen una superficie arrugada. Algunos botánicos consideran que el maíz dulce es una mutación del maíz del campo de origen relativamente reciente y es este punto de vista el que prevalece en la actualidad ⁽⁶⁾.

2.1.4. Formas de consumo del maíz

En los países consumidores de maíz de América Latina, el maíz es procesado en diferentes formas para su consumo:

a) Nixtamalizado. El maíz se cuece en soluciones alcalinas para desprender el pericarpio del grano, quedando juntos el endospermo y el germen, los cuales se muelen para formar masa y elaborar la tortilla ⁽⁷⁾. El proceso de cocción del maíz en agua de cal, es propio de México y Centroamérica y a partir de este maíz cocido que se convierte en masa, se puede preparar tortillas, atole y tamalitos derivados de ésta.

b) Arepa. Es un pan de maíz tostado sin levadura de forma redondeada que se prepara con cereal desgerminado en el cual el grano de maíz es separado en endospermo, (el cual se consume), y en germen (el cual se desecha). Se consume principalmente en Colombia y Venezuela ⁽⁷⁾.

c) Pozol. El nixtamal o maíz cocido sin la envoltura seminal se tritura para formar una masa basta con la que se hacen manualmente unas pequeñas pelotas que se dejan fermentar durante dos días envueltas en hojas de banano o plátano a partir de la cual se pueden preparar diversas bebidas. Se consume principalmente en México ^(4,8).



d) Las Humitas. Se elabora una harina de maíz pre cocida que se asemeja a la masa tratada con cal empleando maíz no madurado. Son una especie de tamales que se consumen principalmente en Bolivia y Chile ^(4,8).

e) El tamalito. En la región centroamericana el maíz se consume especialmente en forma de tortilla, sin embargo es muy común envolver en tusas entre 50 a 60 gramos de masa preparada a partir del maíz nixtamalizado y cocinarla con vapor para obtener el tamalito ^(4,8).

2.2 Tortillas

2.2.1. Nixtamalización

La transformación de maíz en tortilla, se lleva a cabo por medio de un proceso de cocimiento alcalino que ha sido heredado de las prácticas realizadas por los Mayas ⁽⁷⁾. El grano generalmente se limpia lavándolo con agua, y luego se adiciona agua en una proporción de 1.5 partes por una parte del grano. Al mismo tiempo se agrega hidróxido de calcio (cal) en una cantidad que varía entre 0.4 y 1.3% con respecto al peso del maíz. El pH aumenta hasta 9.5. Después de mezclarlo, el maíz se cocina de 40 a 60 minutos, llevándolo hasta ebullición y luego se deja enfriar. Después de 14 a 16 horas en reposo, la solución alcalina, se desecha y los granos de maíz cocido se lavan varias veces con agua, para eliminar el pericarpio y el hidróxido de calcio, permitiendo que el grano quede sin pericarpio y sin la fracción oscura de la base del grano. El producto que resulta se conoce como “nixtamal”, el cual se muele en un molino (o en una piedra de moler) para preparar así la masa y posteriormente las tortillas. Desde el punto de vista científico, este es el proceso más eficaz para separar al pericarpio y ablandar el resto del grano de maíz ^(1,7, 8)

El nixtamal se muele y se convierte en una masa fina, de la cual luego se toma entre 30 y 60 gramos y se moldea en forma de disco aplanado de 9.91 a 18 cm de diámetro y entre 1.93 a 3.15 mm de grosor; se coloca sobre una superficie caliente (comal de arcilla o plancha de metal), la cual tiene una temperatura entre 180 a 210 °C, cocinando cada lado dos veces durante aproximadamente 1 minuto, para hacer un total de 5 a 6 minutos. Durante esta cocción seca, se pierde agua como vapor, por lo que se deja el tiempo suficiente para que una delgada capa se separe del resto del material que forma la tortilla (se infla) momento en el cual la tortilla se retira del comal. ^(7, 10-11)

La tortilla tiene un pH entre 7.0 y 7.5 y una humedad promedio de entre 35-55%. Es fuente de calcio y sus características palpables están relacionadas con el hidróxido de calcio (cal) que se emplea en el cocimiento del maíz nixtamalizado y que además actúa como conservador de la masa y tortilla ⁽¹²⁾.

Para dar forma a las tortillas, el procedimiento puede ser manual, dando la forma redonda con las palmas de las manos o puede ser troquelada, colocando la masa entre dos planchas de metal que se presionan una contra la otra.



2.2.2. Cambios que ocurren en la transformación del maíz en tortillas

El agua, el calor y el hidróxido de calcio influyen en la composición química del maíz lo que origina cambios bioquímicos en su estructura molecular que modifica las características fisicoquímicas, reológicas y texturales del nixtamal, masa y tortillas ⁽¹⁾. Las pérdidas materiales y químicas del grano se derivan de la destrucción de los elementos nutritivos y de la transformación química de otros, principalmente por las modificaciones que sufre la estructura del almidón, que es el componente más abundante del maíz ^(1,16).

El almidón es un polímero de glucosa que está formado por cadenas lineales de amilosa y ramificadas de amilopectina. Se almacena en forma de gránulos y puede llegar a constituir hasta el 70 % del peso del grano de cereal (maíz y trigo). La amilosa es el producto de la unión de D-glucopiranosas formado por enlaces α (1-4) y la amilopectina está formada por enlaces α (1-4) en la parte lineal y α (1-6) en sus ramificaciones ⁽¹⁾. La proporción amilosa:amilopectina y la estructura de las moléculas determinan las características reológicas y funcionales del almidón. La formación de geles y la retrogradación de amilosa y amilopectina en dispersiones acuosas o soluciones, son de gran relevancia para la industria alimentaria, ya que son las principales razones del deterioro que se ve reflejado en cambios de textura durante el almacenamiento.

En el tratamiento térmico-húmedo durante el cocimiento y reposo del maíz en la nixtamalización, se presenta el fenómeno de difusión del agua al interior del grano de maíz, en el cual, el maíz pierde aproximadamente 1.5 % de proteínas, 29 % de niacina, 46.3 % de ácido fólico, 36.4 % de tiamina y 80 % de rivoftabina. En 1997, en México, se estableció la adición de micronutrientes, a las harinas de trigo y maíz para reponer las vitaminas y minerales perdidos durante la transformación de los granos en harina. Sin embargo, no se ha contemplado la tortilla que se elabora con masa de molinos de nixtamal comerciales, ni la tortilla elaborada en zonas rurales. ⁽⁸⁾

Cuando el maíz nixtamalizado se muele pierde su estructura y la masa resultante de la molienda contiene fragmentos de germen, residuos del pericarpio y endospermo unidos por el almidón parcialmente gelatinizado, y la emulsión de proteínas y lípidos.

La **gelatinización del almidón** representa una transición de orden – desorden de algunos enlaces de hidrogeno intermoleculares que se rompen al momento que los gránulos de almidón se van hinchando, proceso que se lleva a cabo de forma parcial durante la molienda del grano, es decir, la amilosa se separa del grano y la amilopectina pasa de un estado cristalino a un amorfo (dentro del gránulo) debido al alto contenido de agua (51 %), al esfuerzo de corte y a la temperatura (50 – 60 ° C). ⁽¹⁾

El mayor daño de la estructura del almidón se produce en la transformación de masa a tortilla, en donde todos los componentes de la masa, principalmente los gránulos de almidón, están directamente expuestos al comal caliente provocando un cambio considerable ⁽¹⁾ que consiste en que los enlaces hidroxilo de la amilosa y amilopectina queden más expuestos y se



enlacen fuertemente con las moléculas de agua (agua ligada) formando una estructura tridimensional originando que la gelatinización del almidón ocurra durante los primeros 45 a 60 segundos de cocimiento, alcanzando hasta un 12.5 % de almidón gelatinizado.

Cabrera y Col. ⁽⁵⁾, investigaron la cinética de difusión del agua y la gelatinización del almidón en el maíz durante la nixtamalización a 70 – 90 °C; sin embargo, no se utilizó álcali. Ellos afirmaron que el grado de gelatinización que es dependiente de la temperatura, afecto en forma importante la absorción de agua. Los estudios de cinética realizados por Herrera y col. ⁽⁹⁾, en donde se hizo nixtamalización experimental para estudiar la difusión de agua y calcio, además de la gelatinización a cuatro tiempos diferentes y dos concentraciones de álcali, se concluyó que el cocimiento fue limitado únicamente para las reacciones de gelatinización. Además, se presentó un incremento significativo en la difusión, ambos con incremento de temperatura.

De acuerdo a estudios de Rooney y Serna- Saldivar ⁽¹⁴⁾ los granos de maíz cocidos desarrollan buena consistencia, cuando se tiene bastante almidón gelatinizado; los gránulos de almidón hinchados y la proteína hidratada, producen una masa para ser molidos. La amilosa y amilopectina, forman un sistema continuo que tiene almidón sin gelatinizar y las células del endospermo intactas, formando una masa cohesiva.

Arámbula Villa ⁽¹⁾, demostró que al analizar la humedad que desarrolló el maíz durante las etapas de proceso en la transformación a tortillas, la mayor absorción de agua se presenta en la etapa de grano crudo a nixtamal, aumentando de 12g/100g en maíz crudo hasta 50g/100g después de 4h de cocimiento y reposo. El cambio de humedad de nixtamal a masa es poco, ya que solo representa el agua que se adiciona para producir masa con la consistencia adecuada para formar la tortilla. Se observa disminución de humedad cuando se transforma de masa a tortilla debido a que la masa pierde agua por evaporación cuando se somete a cocimiento.

Un aspecto importante encontrado en la transformación del maíz en tortillas, es que las tortillas hechas con maíz amarillo contienen más calcio que las preparadas con maíz blanco, esto se debe a que el maíz amarillo tiene un menor porcentaje de cáscara (5.3%) en comparación con el maíz blanco (6.2%), por lo que durante el cocimiento en agua de cal los granos se fraccionan con mayor facilidad permitiendo mayor tiempo de contacto entre el agua de cocción y el interior del grano, propiciando una mayor absorción de cal.

2.2.3. Características de las tortillas

a) Características de la masa para elaborar tortillas.

En la masa de maíz se requiere un rango de adhesividad para que el material se pueda troquelar o moldear para formar las tortillas. Una masa sin adhesividad no presenta consistencia para formar la tortilla, y por el contrario una masa demasiado adhesiva (chiclosa) no permite formar la tortilla, ya que se pega, se rompe y no permite ser moldeada para luego



ser colocada al comal para su cocimiento. La humedad del grano es un parámetro importante, ya que las características de textura de las tortillas dependen en un alto grado de la humedad que logra el grano al nixtamalizarse. Al procesar el grano inmediatamente después del tiempo de cocimiento, se obtienen masas y tortillas con textura no adecuadas ⁽¹⁾.

La masa de maíz nixtamalizado que se utiliza para la producción de tortillas contiene menos de 10 % de sólidos solubles, de los cuales entre el 30 y 50% es almidón solubilizado, en el que predomina la amilopectina de bajo peso molecular. Para producir un producto de calidad, es necesario partir de una masa de maíz de buena calidad. Una masa ideal, debe tener una humedad de entre 50 y 58%, y aunque esta humedad es susceptible de disminuir a temperatura ambiente, la capacidad de retención de agua de la masa de maíz es afectada por los cambios bioquímicos realizados por la gelatinización de los gránulos de almidón y por las interacciones moleculares entre éstos y las proteínas y lípidos que la constituyen.

b) Características físicas

i. **Peso y dimensiones:** Estudios realizados por Bressani ⁽³⁾ demuestran que el peso de la tortilla es una característica familiar, lo que varía de acuerdo a la familia que la produce ya que de los resultados obtenidos. El peso húmedo de una tortilla varía entre 23.3 a 41.9 g, el grosor fluctúa entre 1.93 y 3.15 mm y el diámetro entre 9.91 y 11.87 cm ^(15,18). En un estudio realizado en México, Arámbula determinó que, utilizando el método tradicional de cocimiento y elaboración de tortillas, éstas presentaron un peso húmedo de 28 ± 2 g, 12 cm de diámetro y 1.85 mm de grosor (espesor) ⁽¹⁾.

ii. **Textura:** Textura se refiere a aquellas cualidades de los alimentos que se pueden sentir ya sea con los dedos, el paladar o los dientes. Es un atributo natural que no permanece constante, por lo que una desviación de la textura esperada es un defecto de la calidad. Se ha encontrado una buena correlación entre las características de textura de las tortillas y el contenido de humedad de las mismas, ya que a mayor humedad mejores características de textura. La tortilla con muy baja humedad es quebradiza y con características de textura muy pobres. Con un proceso de menos de 60 min de cocimiento y reposo, no es posible elaborar tortillas debido a la falta de cohesividad de la masa ⁽¹⁾.

En términos generales, las tortillas con las mejores propiedades de textura corresponden a aquéllas con 42-44 g de humedad/100 g de nixtamal, una adhesión de masa de 30-50 g de humedad/100 g de masa y una humedad de tortilla de 43-44g de humedad/100g de tortilla ⁽¹⁾.



2.3 Harina de Maíz Nixtamalizado

2.3.1 Historia

La tradición en la preparación de tortillas de maíz ha desarrollado una gran importancia en la alimentación no solo de los indígenas, sino también en la población blanca quienes en la actualidad representan un fuerte potencial de consumidores de tortillas.

Hasta hace relativamente poco tiempo, el maíz era procesado por nixtamalización a nivel del hogar, sin embargo, hoy en día el uso de harinas nixtamalizadas industrialmente están cobrando popularidad por su conveniencia en la preparación de la tortilla y de otras formas de consumo del maíz nixtamalizado. Además, estas harinas son por lo menos para cada marca más estables en su contenido de nutrientes que el maíz utilizado por las amas de casa, lo que favorece el cálculo de nutrientes necesario durante las encuestas de consumo y cálculo de ingestión de nutrientes ⁽¹⁵⁾.

Los usos industriales del maíz se han ampliado enormemente en los últimos decenios y la producción de harinas sigue siendo una de las más importantes ya que abastece a la creciente industria de tortillas y bocadillos derivados, así como una parte cada vez mayor del mercado tradicional de tortillerías artesanales ⁽¹⁸⁾.

2.3.2. Características de la harina de maíz nixtamalizada

Estudios de Bressani ⁽³⁾ realizados para determinar la caracterización física y química de la harina nixtamalizada de maíz reportan que el índice de absorción de agua varió en un promedio de 3.71 g gel/g harina seca. Este índice se asocia al número y peso de las tortillas por 100 g de harina, es decir, que las de mayor índice de absorción son las que también dan un mayor número y peso. La suavidad o dureza de las tortillas también se asocia con el índice de absorción de agua (WAI). El pH de la harina en promedio es de 6.31 ± 0.64 .

La tortilla de maíz elaborada con harina de maíz nixtamalizado generalmente presenta bajos valores respecto al análisis proximal y minerales, debido a un excesivo lavado del nixtamal para retirar la cal, pericarpio y otras sustancias solubles.

2.4 Factores de descomposición de los Alimentos

Los compuestos orgánicos de los alimentos son extremadamente sensibles y el equilibrio bioquímico de éstos compuestos, son susceptibles a la destrucción por casi todos los factores variables del ambiente natural.

Las causas principales de la descomposición de alimentos son:

- a) El crecimiento y actividad de microorganismos



- b) Actividad de las enzimas naturales de los alimentos
- c) Temperatura. El calor excesivo provoca resequeidad y destruye las vitaminas. Los fríos no controlados quebrantan tejidos dejándolos susceptibles a los ataques por microorganismos, ya que el aire muy húmedo provoca la condensación del agua en la superficie de los alimentos fríos, y si ésta es excesiva, propiciará el desarrollo de mohos. Pero si el aire es demasiado seco, provocará la deshidratación.
- d) Humedad y sequedad. La humedad puede constituir una causa principal de la formación de costras y terrones, manchas, cristalización y granulosidad
- e) Aire y Oxígeno. El oxígeno es esencial en el crecimiento de mohos además de los efectos destructores del aire en las vitaminas, colores y sabores.
- f) El tiempo. Cuanto mayor sea el tiempo, mayor serán las consecuencias destructoras ⁽¹²⁾.

2.5 Vida de Anaquel de las Tortillas

Vida de anaquel, se define como el tiempo durante el cual un producto, generalmente envasado, permanecerá en buenas condiciones para ser servido o consumido.

Para el caso de las tortillas, la vida de anaquel se termina con la aparición de olor a fermento y la consistencia pegajosa de su superficie ⁽¹²⁾, así como las colonias de microorganismos visibles o perceptibles.

La estabilidad microbiológica de la tortilla es de 6 a 12 horas, dependiendo de la temperatura ambiente. Para determinar las prácticas adecuadas en la conservación de las tortillas, es necesario tomar en cuenta la elevada humedad y el pH alcalino que constituyen las dos características fisicoquímicas más importantes. Estos dos factores influyen de manera determinante en su conservación, textura y sabor. La mayoría de las bacterias, levaduras y mohos crecen mejor entre 16°C y 38°C, sin embargo, a una temperatura por debajo de los 10°C, el crecimiento es lento y cuanto más baja es la temperatura más lento se hace su desarrollo. El enfriamiento y subsiguiente almacenamiento de los alimentos a temperaturas comprendidas en el rango delimitado por unos 5°C y las que conducen a la congelación de los alimentos, empleadas para incrementar la vida útil de éstos, ofrece protección contra el desarrollo de los gérmenes patógenos. Sin embargo, la refrigeración de los alimentos puede producir la pérdida de frescura.

Los cambios de dureza en la tortilla pueden ser asociados a los cambios en el contenido de humedad y a la retrogradación del almidón. Normalmente las tortillas después de ser cocinadas se colocan aún calientes en un cesto a menudo tapado con un paño. El paño promueve el escape de vapor de las tortillas internamente, recoge el vapor de las tortillas y crea un ambiente propicio para el crecimiento microbiano. Al cabo de unas 10 horas en esas condiciones, la superficie de las tortillas apiladas adquiere un aspecto viscoso que las hace inapropiadas para el consumo.



Un poco de humedad agregada resultará en el crecimiento de mohos. Una parte húmeda es suficiente para que se inicie la fermentación ácida monitoreada por el ácido láctico y bacterias coliformes, que al igual que los mohos, normalmente se observan en la superficie donde el aire está disponible.

Un aspecto importante encontrado en un estudio realizado por Bressani, revela que las tortillas elaboradas con maíz nutricionalmente mejorado, sufren de un mayor crecimiento bacteriano que las elaboradas con el maíz normal, debido a que las bacterias disponen de mayor cantidad de nutrientes para acelerar su crecimiento ⁽¹²⁾.

El método más común para prolongar la vida de anaquel de las tortillas de maíz es producir una tortilla altamente alcalina (pH 9 o mayor), adicionando cal hidratada. Sin embargo, este tratamiento afecta la apariencia al dar un producto amarillo y de sabor desagradable. Otro método para conservarlas es en refrigeración, aunque se acelera el cambio de textura ya que las bajas temperaturas inducen a la retrogradación del almidón. Factores como la temperatura, el tamaño, el grosor y la concentración de las moléculas de almidón, así como la presencia de otros componentes, influyen en la velocidad y nivel de retrogradación, la cual se ha demostrado que ocurre más rápidamente a temperaturas próximas a los 0 ° C.

2.6 La Industria Restaurantera y el uso de tortillas

La mayoría de las industrias alimenticias, han sufrido transformaciones científicas y tecnológicas que les han permitido imponer procesos de eficiencia y calidad, acordes con las transformaciones globales de desarrollo y competitividad de los mercados internos y externos. La industria de la tortilla dentro del campo restaurantera no ha sido la excepción ya que el consumo de platillos mexicanos elaborados a base de tortilla (enchiladas, tacos, totopos, etc.) continúan incrementando y abriendo nuevos mercados. Es por ello que la industria restaurantera se está viendo en la necesidad de centralizar la producción de una tortilla que se adapte a sus necesidades de aplicación y distribución para garantizar la calidad de los platillos elaborados en cada una de las unidades ubicadas a nivel nacional.

El modelo actual de consumo es muy dinámico y se va transformando conforme van incrementando las necesidades de cada restaurante dando origen a uno de las principales dificultades que presenta la tortilla para poder prolongar su vida de anaquel ya que solo un día de almacenamiento se endurece, modificando en forma radical su textura lo que implica poca durabilidad y calidad en el producto, pues las tortillas también son susceptibles al deterioro microbiano y de textura, originando problemas de calidad durante la manipulación de la tortilla en cada restaurante.

Actualmente uno de los procesos, a los cuales se somete la tortilla previamente para elaborar platillos como enchiladas y tacos fritos, es el pochado, que consiste en sumergir la tortilla en aceite caliente por algunos segundos y posteriormente enrollarla, es durante esta operación de enrollado donde la tortilla se rompe (**imagen 3**), causando que ésta se vuelva



inservible originando mermas, re trabajos y retrasos en la operación. No obstante, la demanda también está originando que la tortilla sea distribuida a nivel nacional, por lo que es necesario contar con un producto que alcance por lo menos 12 días de vida de anaquel y que no se quiebre fácilmente al contacto con el aceite.



Imagen 3. Aspecto de la tortilla que se utiliza actualmente en un restaurante de alta demanda que no cumple con las características texturales deseadas.

3. JUSTIFICACION

El ritmo acelerado de vida, aunado al crecimiento continuo de la industria de productos de maíz Nixtamalizado y el aumento en la demanda del consumidor por productos de alta calidad, crean la necesidad de implementar procedimientos para monitorear la calidad, sistemas de estandarización y control de procesos, así como crear especificaciones de calidad, con los cuales el consumidor tenga productos de forma más accesibles durante mayores periodos de tiempo. El procedimiento actual para la elaboración de tortillas no es estandarizado, por lo que existen variaciones en el proceso que afectan las características físicas de las tortillas, originadas del uso de diferentes variedades de maíz, cantidad de cal y tipos de harina Nixtamalizada, la cual ha sustituido en muchos casos el uso de maíz como materia prima.

En la actualidad la mayoría de los restaurantes tienen problemas la tortilla, ya que se rompe con mucha facilidad o se infla, cosa que parecería bueno, sin embargo, para los procesos de fabricación de platillos a nivel industrial esto se torna como un defecto, por lo que el producto se tiene que desechar con la consecuente pérdida de tiempo en el servicio al cliente además del impacto económico que esto conlleva. La alta demanda de tortilla por parte de los restaurantes para la fabricación de platillos a base de tortilla va en incremento. Sin embargo, la pérdida de suavidad y flexibilidad de las tortillas al enfriarse durante el almacenamiento (hasta 12 días), es el principal problema al cual se enfrenta el centro de distribución de la industria restaurantera a nivel nacional. Por lo que determinar las propiedades de las tortillas que al ser recalentadas recuperen las características de un producto recién elaborado, es decir que sean suaves, flexibles y que puedan enrollarse sin romperse, ayudará a entender los cambios



causados por la retrogradación del almidón y asociados con proteínas, fibra y otros componentes químicos que afectan la calidad de la tortilla. Por lo anterior, se planea determinar las propiedades texturales de tortillas elaboradas con masas constituidas por HMN, MMN y mezclas de ambas, evaluando los parámetros de textura mediante la aplicación de técnicas objetivas (texturales) y subjetivas (análisis sensorial) durante un periodo de almacenamiento de 12 días en refrigeración (0 – 4 ° C).

4. HIPOTESIS

El desarrollo de una masa que contenga una parte de nixtamal y otra de harina de maíz nixtamalizado para la elaboración de tortilla hará que se obtenga un producto con características físicas y organolépticas adecuadas para ser almacenada hasta 12 días a temperatura de refrigeración, la cual será utilizada en la elaboración de platillos de la industria restaurantera a nivel nacional.

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar las propiedades texturales y vida de anaquel de las tortillas de maíz elaboradas con diferentes formulaciones de masa de Maíz Nixtamalizado, Harina de Maíz Nixtamalizada y mezcla de ambas para seleccionar la tortilla que cumpla con las características texturales que la industria restaurantera necesita apoyado por un análisis sensorial.

5.1 Objetivos Particulares

- I. Elaborar tortillas con diferentes formulaciones.
- II. Determinar las propiedades texturales (rollabilidad y tensión) de tortillas elaboradas con Masa de Maíz Nixtamalizado, Masa de Harina Nixtamalizada y mezcla de ambas.
- III. Seleccionar las tortillas por su calidad y **vida de anaquel** de acuerdo a sus características texturales, apoyándose por un análisis sensorial.

6. MATERIAL Y MÉTODO

6.1. Materia Prima.

Se utilizó:

- i. Maíz criollo: Cultivado bajo el sistema tradicional en la zona agrícola del DF
- ii. Maíz Híbrido: Obtenido de molinos de Iztapalapa
- iii. Harina de Maíz Nixtamalizada: Marca Maseca de 3 tipos (Roja, Blanca y Amarilla)



6.2. Elaboración de masa

El proceso inicia nixtamalizando los maíces siguiendo la técnica tradicional que consiste en el cocimiento del grano a 90°C en una solución de agua con cal (1.3%) seguido de 24 horas de reposo y su posterior lavado y molienda en molino de piedras para obtener la masa con la que se realizarán las diferentes formulaciones.

Masas de Maíz Nixtamalizado:

Formula A: 70 % Maíz Híbrido + 30 % Maíz Criollo

Formula B: 80 % Maíz Híbrido + 20 % Maíz Criollo

Formula C: 90 % Maíz Híbrido + 10 % Maíz Criollo

Masas de Harina de Maíz Nixtamalizado:

Se utilizaron 3 tipos de harina, las cuales se clasifican como:

Amarilla: Contiene un % de cal

Blanca: No contiene cal y contiene gomas

Roja: No contiene cal, su tipo de granulometría es ideal para fabricar frituras y contiene gomas.

Formula D: 77% Amarilla + 22 % Roja

Formula E: 70% Blanca + 30 % Roja

Formula F: 70% Amarilla + 30 % Roja

La masa de Harina de Maíz Nixtamalizada solo fue hidratada con agua en una proporción de 50 -50 %

6.3. Elaboración de Tortillas

Las tortillas se elaboran en una máquina tortilladora automática marca RODOTEC 100 Ultra Elite, con las siguientes condiciones de operación:

Temperatura del comal → 280 ° C

Tiempo de cocción → cara 1 = 14 segundo
cara 2 = 13 segundos
cara 1 = 14 segundos

Tiempo de enfriamiento → Enfriador de 5 pasos a Temperatura ambiente.
Tiempo = 2.25 minutos

Empaque: Bolsa de polietileno

Almacenamiento: Cámara de refrigeración, Temperatura = 0 – 4° C

6.2.1. Determinación de Humedad

Se pesaron 5 gramos de muestra y se homogenizó, se colocó en el platillo de la termo balanza durante 10 minutos a una temperatura de 120 ° C. y se registró el valor.

6.2.2. Determinación de pH

10 gramos de muestra se disuelven en 90 ml de agua destilada, se homogeniza perfectamente la muestra y se toma el valor pH con un potenciómetro.

6.2.3. Determinación de Rollabilidad

La determinación de rollabilidad objetiva fue llevada a cabo utilizando un analizador de textura marca Brookfield Engineering Lans. Inc modelo TexturePro CT V1.4 Build 17; utilizando un aditamento sonda de rollabilidad para tortillas, el cual consiste en un cilindro (1.9 cm de diámetro) con una base 20 X 20 cm, en un extremo, el cilindro tiene una cuerda, al cual se encuentra enrollado un hilo que se fija (tensa) al brazo del texturometro, el cual estuvo calibrado a una distancia de 50 mm de la base.

Durante la determinación de rollabilidad, la tortilla se sujetó en el centro del cilindro, el brazo del texturometro, jalo el hilo, enrollo la tortilla (**imagen 4**) y se obtuvo un gráfico de fuerza vs distancia, del cual se determina la fuerza y trabajo necesarias para enrollar alrededor del cilindro en forma de taco. Se aplicó a cada una de las formulaciones recién elaboradas, a los 5 y 12 días de haberse sometido a un proceso de almacenamiento de 0 a 4 ° C.

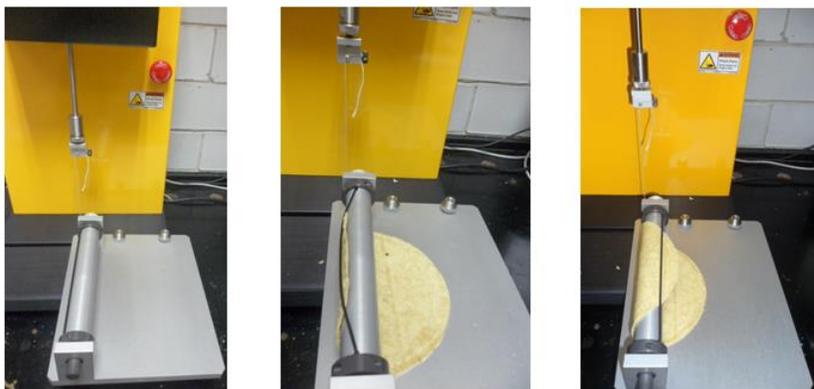


Imagen 4. Determinación de rollabilidad en texturometro.

6.2.4. Determinación de Tensión o Extensibilidad

La determinación de tensión objetiva fue llevada a cabo utilizando un analizador de textura marca Brookfield Engineering Lans. Inc modelo TexturePro CT V1.4 Build 17. Se utilizó el aditamento que consiste en dos pinzas de retención, una pinza se fija al brazo, la parte móvil del

texturometro, la otra pinza se fija a la plataforma del texturometro las pinzas se calibran a una distancia de 4 mm.

Se cortó la muestra del centro de la tortilla tratando de evitar los bordes para garantizar la homogeneidad de la muestra, la tortilla se sujetó con las dos pinzas, se sometió a una tensión hasta su rompimiento (**imagen 5**), con el cual se determinó el trabajo W hasta el punto de rompimiento. Se aplicó para cada formulación de tortilla recién elaborada a los 5 y 12 días de haberse sometido a un proceso de almacenamiento a 4 ° C.

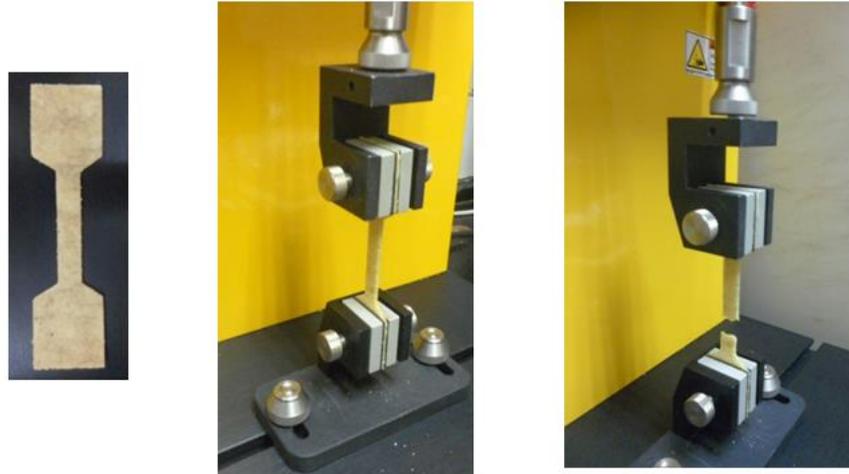


Imagen 5. Determinación de Tensión en texturometro.

6.2.5. Evaluación sensorial

Para evaluar el grado de aceptación de las tortillas, se seleccionaron 22 restaurantes de diferente zona del DF (norte, centro y oriente).

La evaluación sensorial, se realizó con producto recién elaborado, a 5 y 12 días de almacenamiento en refrigeración. El proceso para realizar la evaluación consistió en:

1. Recalentar la tortilla en un comal.
2. “Pochar” la tortilla; proceso que consiste en sumergir la tortilla por unos segundos en aceite caliente (150 – 180° C) y enrollarla (**imagen 6**).

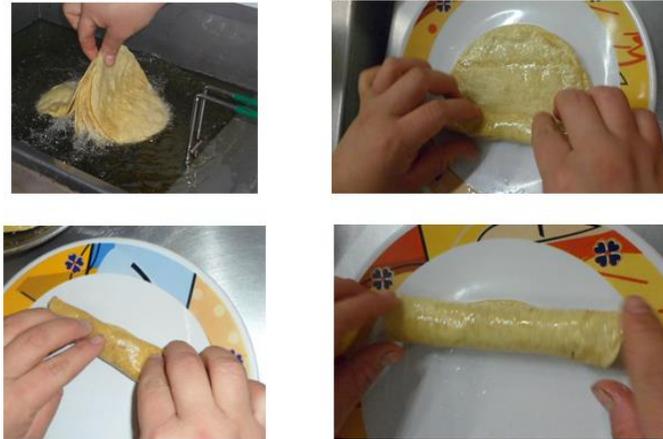


Imagen 6. Proceso de Pochado de tortilla

3. En base a la siguiente escala hedónica, se le indico al chef asignara un valor, del 1 al 9 de acuerdo a las siguientes preguntas:

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

1. Observé las tortillas y evalué el aspecto general de cada una.
2. Observé las muestras y evalué su color.
3. Pruebe cada una de las tortillas y evalué su sabor.
4. Pruebe las tortillas y evalué su textura, en términos de dureza o suavidad y sensación al deglutirla.
5. Después de pochadas, evalué la textura de la tortilla.
6. Marque con una "X" si la tortilla sirve para: Enchiladas, tacos y/o totopos.

6.2.6. Determinación de vida de anaquel

Se establece como vida máxima de anaquel 12 días en temperatura de refrigeración (0 – 4 ° C) del producto, periodo durante el cual se determinan las pruebas texturales y sensoriales, no detectando crecimiento de microorganismos, ni aparición de olores o sabores extraños durante la evaluación sensorial.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

De las tortillas elaboradas con cada tipo de masa y que mejor comportamiento presentaron en un porcentaje de 50/50, se obtuvo:

Formula G: Formula C (90% maíz hibrido + 10 % Maíz criollo) + Formula E (70% harina Blanca + 30 % harina roja)

Formula H: Formula C (90% maíz hibrido + 10 % Maíz criollo) + Formula F (70% harina Amarilla + 30 % harina roja)



	Formula	A	B	C	D	E	F	G	H
Masa de Maíz Nixtamalizado	% Maíz Híbrido	70	80	90					
	% Maíz Criollo	30	20	10					
Masa de Harina de Maíz Nixtamalizado	% HMN Amarilla				77		70		
	% HMN Blanca					70			
	% HMN Roja				23	30	30		
Masa de Mezcla	% Formula C							50	50
	% Formula E							50	
	% Formula F								50

Tabla 1. Formulaciones de masa utilizada para la elaboración de tortillas

La humedad de las tortillas del día cero hasta el día 12 se mantuvo dentro de los valores reportados por Arámbula ⁽¹⁾, en la cual menciona que las tortillas con mejores propiedades texturales son aquellas que presentan 43 – 44 % Humedad, y que al disminuir la humedad se tiene una tortilla quebradiza.

Las tortillas elaboradas con masa de mezcla de MMN y mezcla de MMN con MHMN tuvieron una disminución de pH, ya que generalmente si el nixtamal se lava varias veces, produce masas con pH más bajos que las masas elaboradas con HMN, por lo que las tortillas de MHMN mantuvieron un pH más estable. La diferencia de pH se debe a que la masa fresca fermenta rápidamente produciendo ácido que disminuye el pH.

Tabla 2. pH y Humedad de tortillas elaboradas con MMN, MHMN y sus mezclas a cero, cinco y doce días de almacenamiento en refrigeración (0 - 4 °C)

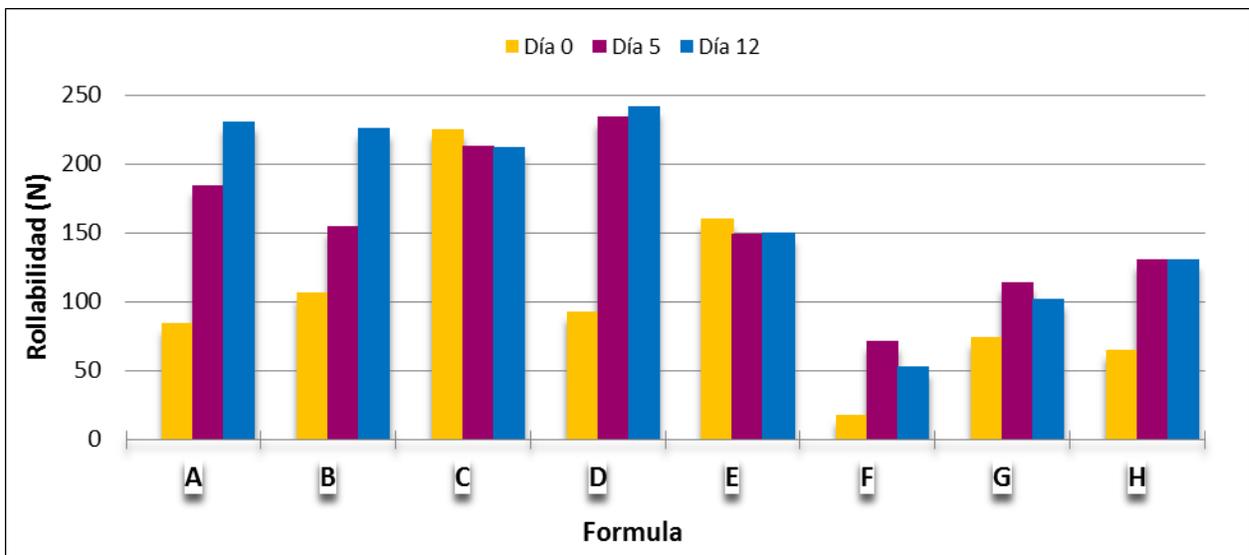
Formula	pH			% Humedad		
	Día 0	Día 5	Día 12	Día 0	Día 5	Día 12
A	8.9	7.8	7.8	43.5	44.2	45.2
B	8.9	8.6	8.5	51.2	47.8	44.5
C	9.0	8.9	8.8	48.0	46.9	45.7
D	9.4	9.1	9.0	44.5	43.5	42.4
E	9.0	8.9	8.5	45.0	44.0	43.5
F	8.6	8.5	8.5	44.0	43.6	43.0
G = C + E	9.0	8.5	8.5	45.0	44.3	42.0
H = C+ F	9.5	8.0	7.9	45.0	44.5	44.0

Entre más suave y blanda sea una tortilla, se requiere menos trabajo para su masticación y el producto será de mejor calidad ⁽¹⁾. **La rollabilidad es una propiedad de textura que nos ayuda a medir que tan suave o dura es la textura de la tortilla.**

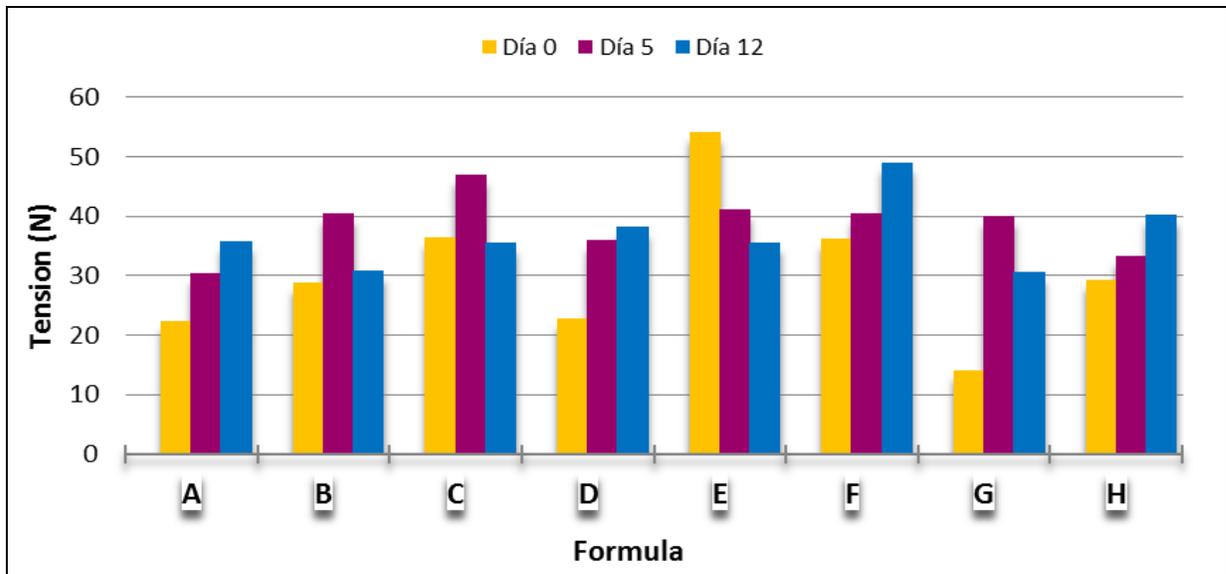
En las gráficas 1 y 2, se muestra el comportamiento de los valores de rollabilidad y tensión de cada una de las formulaciones. Si bien, varios autores mencionan que las tortillas de HMN se endurecen más rápidamente (lo cual se reflejaría en mayor fuerza de rollabilidad y menor tensión), en nuestro caso no fue evidente, ya que los valores más altos de fuerza de rollabilidad corresponden a las tortillas preparadas con MMN, sin embargo, la tortilla que tuvo mayor



estabilidad durante el tiempo de almacenamiento fue la elaborada con la Masa de 90 % maíz híbrido y 10 % Maíz criollo (formula C). **Suhendro y col.** ⁽¹⁷⁾, encontraron que la fuerza y el trabajo de rollabilidad aumentan con el almacenamiento y que se empieza a detectar diferencias como efecto de la adición de CMC (carboximetilcelulos) y malta, las cuales son adicionadas a las HMN ya que para su elaboración se utilizan menores temperaturas y tiempos de cocción del maíz, lo que causa una insuficiente absorción de agua, limita su redistribución durante el remojo y restringe el hinchamiento de los gránulos de almidón, comparado con lo que ocurre en la masa fresca. Es por ello que las tortillas elaboradas con masas de harina de maíz nixtamalizado que contienen gomas tuvieron valores de rollabilidad más bajos (formula E y F). Lo anterior se debe a que al agregar hidrocoloides a la harina se evita la retrogradación ya que se forman redes que detienen el agua por medio de puentes de hidrogeno y se colocan entre las cadenas de amilosa y amilopectina gelatinizadas, retardando la recristalización.



Gráfica 1. Comportamiento de rollabilidad de tortillas elaboradas con MMN, MHMN y sus mezclas a cero, cinco y doce días de almacenamiento en refrigeración (0 - 4 °C).



Gráfica 2. Comportamiento de tensión de tortillas elaboradas con MMN, MHMN y sus mezclas a cero, cinco y doce días de almacenamiento en refrigeración (0 - 4 °C).

Las partículas de las masas tienen cantidades significativas de gránulos libres de almidón con bajo contenido de proteína. Entonces, al combinar la masa de MMN con la MHMN, se obtuvieron tortillas con valores de fuerza bajos, es decir con buena rollabilidad y aunque estos valores también aumentaron con el tiempo de almacenamiento, fueron más bajos. Lo anterior, se debió a que la gelatinización se vio influenciada por la presencia de compuestos hidrocoloides contenidos en la harina (blanca y roja principalmente) que se utilizó para elaborar la MHMN. Los hidrocoloides se agregan a las masas para mejorar la textura, eliminar adhesividad y pegajosidad en las tortillas, mejoran la estabilidad al congelamiento- deshielo e incrementan el rendimiento ⁽¹⁶⁾.

Al elaborar una tortilla con una masa que está constituida por un 50 % de masa de maíz nixtamalizado (con 90 % maíz híbrido y 10 % maíz criollo) y un 50 % de Harina de maíz nixtamalizado (70 % harina blanca + 30 % harina roja) se mantiene estable durante 12 días en refrigeración (formula G), debido a que la cantidad de hidrocoloides presentes en las harinas atrapan el agua durante el mezclado y mantienen la humedad en la cocción.

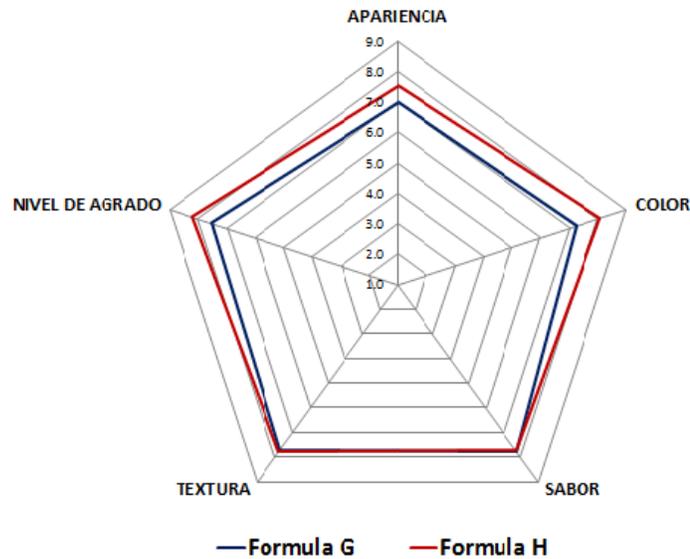
Las tortillas elaboradas con mezcla de MMN y MHMN:

Formula G: Formula C (90% maíz híbrido + 10 % Maíz criollo) + Formula E (70% harina Blanca + 30 % harina roja)

Formula H: Formula C (90% maíz híbrido + 10 % Maíz criollo) + Formula F (70% harina Amarilla + 30 % harina roja)

Los Chef's de las 22 unidades restauranteras realizaron una evaluación sensorial con las tortillas de las formulas G y H respectivamente, en la cual, argumentaron que la textura es uno de los atributos más importantes para la elaboración de sus platillos, por lo que se requiere un producto suave, manejable y que no se quiebre. De acuerdo a la gráfica 3, el producto de mayor

preferencia con respecto a color y apariencia fue la formulación H, Sin embargo, los chefs prefieren la tortilla de la formulación G para totopos y la formulación H para tacos y enchiladas.



Gráfica 3. Evaluación sensorial de las formulas G y H



Imagen 7. Tortillas elaboradas con formulación G y H almacenadas 12 días en refrigeración, pochadas y evaluadas por el Chef en unidad.

Así, pues para poder evaluar el comportamiento de las tortillas que la industria restaurantera necesita para la elaboración de sus platillos deberá utilizar técnicas objetivas como la rollabilidad y tener un mayor control en el proceso de fabricación.



8. CONCLUSIONES

El cambio de textura de la tortilla es directamente proporcional al tiempo de almacenamiento. Por lo que, a mayor tiempo de almacenamiento, la tortilla pierde suavidad y flexibilidad, por lo tanto, aquellas tortillas que garantizan la calidad y estabilidad durante la elaboración de los platillos en cada uno los restaurantes ubicado en el DF y Área Metropolitana, serán aquellas tortillas que tengan valores de rollabilidad entre 50 y 150 N con una humedad entre 44 – 45 %. Lo anterior es posible elaborando tortillas a partir de una combinación de 50 % de masa de maíz nixtamalizado (con 90 % maíz híbrido y 10 % maíz criollo) y un 50 % de Harina de maíz nixtamalizado (70 % harina blanca o amarilla + 30 % harina roja), lo cual, garantiza la estabilidad del producto durante 12 días en refrigeración.



9. BIBLIOGRAFIA

1. **Arámbula Villa, G. et. al. 2001.** Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays L.*) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 51(2): 187-193.
2. **Braham, J. E y Behar, M. 1972.** Mejoramiento nutricional del maíz; Memorias de una conferencia de nivel internacional celebrada en el INCAP. Guatemala, INCAP. pp. 5-21-165-171.
3. **Bressani, R. 1957.** Temas Nutricionales para el agricultor; Composición química del maíz. Guatemala, INCAP. pp 7
4. **Breuner, M. y Ortíz, M.A. 1989.** Contenido de fibra ácido neutro-detergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (MX) 39(3): 382-389.
5. **Cabrera, A. Pineda, J.C. Duran de Bazua, C. Segura- Jauregui, J.S. and Vernon, E.J. 1984.** Kinetic of Water Diffusion and Starch Gelatinization During Corn Nixtamalization. Vol. 1:117-124. En: B. McKenna (ed). Engineering and Food. Elsevier Applied Science Publ. , London.
6. **Cantarow, A. y Shepartz, B. 1964.** Bioquímica. 3ª.ed. México, Interamericana. pp 791.
7. **FAO.** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT), 1993. El maíz en la nutrición humana. Roma, FAO. pp. 15-83. (No. 25)
8. **Figueroa Cárdenas, J.D., et. al. 2001.** Fortificación y evaluación de las tortillas de nixtamal. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 51(3): 293-301.
9. **Herrera, M. Zyman, J., García-Peña, J. Segura JAuregui, J.J. and Vernon, J. 1986.** Kinetic Studies on the Alkaline Treatment of corn (*Zea mays*)for Tortilla Produccion, J. Food Sci. 51:1487 – 1490.
10. **Menchú, M. T., et. al. 1996.** Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala, INCAP/OPS. pp 98
11. **Méndez, H. , y Lemus, J. 2000.** Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 2ª. ed. Guatemala, INCAP/OPS. pp 40



12. **Ordaz Ortíz, J.J y Vásquez Carrillo, M.G. 1997.** Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 47(4): 372-375
13. **Paz, R., y Scrimshaw, N. 1958.** Chemical Changes in Corn during Preparation of Tortillas. Institute of Nutrition of Central América and Panamá. (GT) 6(10): 770-773.
14. **Rooney, L.W. and Serna – Saldivar, S.O. 1987.** Food Uses Whole Corn and Dry-Millet Fractions. pp. 399-429. En: S.A. Watson and P.E. Ramstad (eds). Corn: Chemistry and technology. AACC. Inc. St. Paul, MN, E.U.A.
15. **Silliker, J.H., et. al. 1980.** Ecología microbiana de los alimentos; Factores que afectan la supervivencia de los microorganismos en los alimentos 1. España, Acribia. Volumen 1. pp. 25-29.
16. **Serna-Saldivar, S.O., Gómez, M. H. and Rooney, L.W. 1990.** The Chemistry, Technology and Nutritional Value of Alkaline – Cooked Corn Products. Chapter 4: Advances in cereal science & Technology, Vol X, pp. 243-307.
17. **Suhendro, E. L. 1997.** Instrumental methods for evaluation of corn tortilla texture. Ph. Dissertation. Texas A and M University: Collage Station TX.
18. **Tejada Valenzuela, C. 1970.** Nutrición y Prácticas Alimentarias en Centroamérica; Un estudio Histórico de la Población Maya. Guatemala, INCAP/USAC. pp. 77-81.
19. **Torres y col., 1996.** Consejo Empresarial de la Industria del Maíz y sus Derivados, 2001.