



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS
NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES
VARIEDADES DE MAÍZ**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A

GABRIELA BARRIOS CÁRDENAS



MEXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado

Presidente	Prof. María del Rocío Santillana Hinojosa
Vocal	Prof. Dulce María Gómez Andrade
Secretario	Prof. Patricia Severiano Pérez
1 ^{er} Suplente	Prof. Daniel Luis Pedrero Fuehrer
2 ^{do} Suplente	Prof. Karla Mercedes Díaz Gutierrez

Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorio 4C, Edificio A, Facultad de Química.
Circuito Interior, Ciudad Universitaria, U.N.A.M.

Dra. Patricia Severiano Pérez
Asesor

Gabriela Barrios Cárdenas
Sustentante

DEDICATORIAS

A mi mamá Carmen Cárdenas Díaz, por estar a mi lado en lo buenos y malos momentos de mi vida. Gracias.

A mi papá Salomón Barrios Silva, que a pesar de la distancia nunca dejó de estar a nuestro lado. Gracias.

A mi hermana Ma. Guadalupe Barrios Cárdenas por enseñarme los caminos que no debía de seguir. Gracias.

A mi hermano J. Salomón Barrios Cárdenas, por no dejarme sola, ser mi compañía y sobre todo por ser mi mejor amigo. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi hermoso Padre Jesús, por cuidar mis pasos y mostrarme la verdad, por levantarme en los momentos más difíciles.

A mi asesora Dra. Patricia Severiano, por presionarme para dar éste último paso y sobre todo por ser amiga.

A cada una de las personas que participaron para desarrollar éste trabajo sin recibir nada a cambio, gracias Teresita, Norma Escobedo, Rocío Belmont, Antonio Beaz., Alejandro González, Alejandro Granillo, Claudia, Miriam.

A Eduardo "Lalito de mi corazón" mil gracias por ser mi amigo y por creer siempre en mí, por que gracias a ti pude seguir adelante, mil gracias T.Q.M.

Al Profesor Reyo, por ser mi ángel en el momento más difícil de la carrera, gracias por tus palabras.

A mi ratoncita Erika Castillo Pereyra. A quien conocí por obra de la casualidad y se convirtió en el pilar más importante durante los primeros semestres de la carrera.

A mis amigos de primer semestre por seguir compartiendo los buenos y malos momentos, gracias Lupita B., Gaby V., Miguel, Manuel, Arturo, Nancy O. Nancy C., Lety, Isaac, Javier., Omar, Isaac, Victor, Amadeo.

A mis amigas Gaby G., Fabiola R., Brenda A., Laura Renata P., Suzzel, gracias por su amistad y apoyo durante cada semestre de la carrera y por su apoyo en los buenos y malos momentos de mi vida.

A Elizabeth Juárez, Sazitl, Cecilia, Luz, Leticia del Río, Jaime, Paty G., Ana Litz, Tania Cuevas, Raúl, René C., Roberto, Mario, Antonio, Cristal, Fernando Brindis, Flor, Jessenia, Juan, Lenin, Miriam Poblano, Lupita G., Luz, Mariana Muñoz, Vianey C., y demás personas que conocí durante la carrera, gracias a ustedes sobreviví varios laboratorios y sobre todo gane grandes amigos.

Y en especial a dos personitas Elizabeth Salinas y Rocío Tavera, con quienes a la fecha comparto logros y fracasos. Gracias por apoyarme y ser mis amigas, las quiero.

Gracias a todos.

No sabes lo que puedes hacer hasta que lo intentas
Henry James

Siempre se pasa por el fracaso en el camino al éxito
Mickey Rooney

Soy más de lo que aparento, toda la fuerza y el poder del mundo
están en mi interior

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN-----	1
2. ANTECEDENTES-----	2
2.1 Historia del maíz-----	2
2.2 Tipos de del maíz-----	3
2.3 Variedades de maíz rojo y azul-----	4
2.4 Estructura del grano-----	4
2.5 Composición química del grano de maíz-----	5
2.6 Características del maíz para la elaboración de tortillas-----	7
3.PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN-----	7
3.1 La masa-----	8
3.2 La tortilla-----	9
3.3 Estudios relacionados con el proceso de Nixtamalización-----	9
4. EVALUACION SENSORIAL-----	11
4.1 Pruebas Analíticas Discriminativas-----	13
4.2 Pruebas Analíticas Descriptivas-----	13
4.2.1 Análisis Descriptivo Cuantitativo QDA-----	14
4.3 Pruebas Afectivas-----	15
4.4 Aplicaciones del Análisis Sensorial-----	15
4.5 Estudios relacionados con la evaluación sensorial en tortillas-----	16
5. OBJETIVOS-----	18
5.1 Objetivo general-----	18
5.2 Objetivos específicos-----	18
6. METODOLOGÍA-----	19

6.1 Diagrama de flujo de la metodología-----	19
6.2 Desarrollo de la Metodología-----	20
6.2.1 Materiales y Métodos-----	20
6.2.2 Acondicionamiento de muestras para el análisis proximal-----	21
6.2.3 Análisis fisicoquímico-----	21
6.2.4 Condiciones de Nixtamalización-----	22
6.2.5 Diagrama de flujo del proceso de Nixtamalización-----	26
6.2.6 Evaluación Sensorial-----	27
6.2.6.1 Desarrollo de la metodología del Análisis Descriptivo Cuantitativo--	28
6.2.7 Preparación de muestras-----	30
6.2.8 Análisis Estadístico-----	31
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	32
7.1 Pruebas de calidad-----	32
7.2 Análisis Fisicoquímico-----	33
7.3 Condiciones de Proceso-----	34
7.4 Selección de Jueces-----	36
7.5 Pruebas triangulares-----	38
7.6 Metodología del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA)-----	39
7.6.1 Primera Evaluación de tortillas-----	46
7.6.2 Evaluaciones con la aplicación de atributos finales-----	50
7.6.3 Evaluaciones posteriores-----	53
7.6.4 Resultados Tortillas Blancas-----	57
7.6.4.1 Análisis Estadístico de los atributos de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco-----	57
7.6.4.2 Análisis Estadístico de los atributos de textura de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco-----	59

7.6.4.3 Análisis Estadístico de los atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco-----	64
7.6.5 Resultados tortillas azules-----	68
7.6.5.1 Análisis Estadístico de los atributos de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz azul-----	68
7.6.5.2 Análisis Estadístico de los atributos de textura de tortillas nixtamalizadas de maíz azul-----	71
7.6.5.3 Análisis Estadístico de los atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz azul-----	74
7.6.6 Resultados tortillas rojas-----	76
7.6.6.1 Análisis Estadístico de los atributos de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo-----	76
7.6.6.2 Análisis Estadístico de los atributos de textura de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo-----	79
7.6.6.3 Análisis Estadístico de los atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo-----	81
8. CONCLUSIONES-----	84
9. BIBLIOGRAFÍA-----	87
10 ANEXOS-----	92

1. INTRODUCCIÓN

Cinco mil años de domesticación del maíz han generado especies de maíz destinadas al consumo humano siendo México el hogar ancestral del maíz que posee una diversidad genética única e insustituible en sus variedades también conocidas como razas locales tradicionales, de estas razas también proviene la mayor parte de la producción de maíz del país. En México, la producción de maíz representa más de dos tercios del valor neto de la producción agrícola abarcando la mitad del total de la superficie destinada a todos los cultivos, siendo además, el segundo país en consumo anual de maíz ya que el 68% de todo el maíz se utiliza directamente como alimento básico para el consumo humano. La intensificación en el cultivo de maíz, provocó la innovación tecnológica al aplicar el proceso térmico alcalino denominado Nixtamalización, cuyas condiciones técnicas del proceso son establecidas empíricamente.

En México la alimentación esta basada en el consumo de la tortilla, la cual acompaña a otros alimentos y le dan autenticidad a la comida mexicana. Los cambios de hábitos alimenticios y la apertura de mercados, han hecho que día con día el consumidor busque mayor variedad en su alimentación, por lo que hoy en día se elaboran tortillas a partir de variedades comerciales de color amarillo, blanco o azul (Ochoa, et al, 2002). Los estudios sensoriales que se han aplicado a éstos productos han incluido el empleo de paneles entrenados, analizadores de textura (Suhendro, et al, 1998, 1999, Ramírez, et al, 1993) y de aroma (Morales et al 2004). Sin embargo, debido a que las características sensoriales son muy importantes para la aceptación o rechazo de un producto por parte del consumidor, resulta adecuado poder conocer y cuantificar todos los atributos importantes en éste alimento, de allí la importancia de desarrollar los perfiles sensoriales de tortillas nixtamalizadas utilizando un método descriptivo como el análisis descriptivo cuantitativo (QDA).

2. ANTECEDENTES

El maíz (*Zea mays*) es el único cereal proveniente del Nuevo Mundo, principalmente de México, que es usado para producir forraje y es la base de fabricación de una gran cantidad de alimentos, productos farmacéuticos y productos de uso industrial. Debido a su productividad y adaptabilidad, el cultivo del maíz se extendió rápidamente a lo largo de todo el planeta después de que los españoles y otros europeos exportaran la planta desde América durante los siglos XVI y XVII. El maíz es actualmente cultivado en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha en importancia después del trigo y el arroz. La mayoría del maíz es cultivado en los Estados Unidos, la República Popular de China y Brasil, sumando aproximadamente el 73% de la producción anual global de aproximadamente 456 millones de toneladas. (www.imsa.com.mx).

2.1 Historia del maíz



Aunque el origen exacto del maíz es debatido, la mayoría de los investigadores señalan que el maíz actual se derivó de una hierba nativa del Valle central de México, hace aproximadamente 7,000 años. En aquel tiempo los indígenas locales recolectaban con fines alimenticios unas pequeñas mazorcas de maíz con sólo cuatro filas de granos cada una. Mil años después el maíz primitivo se convirtió en maíz domesticado e hizo posible el florecimiento de las grandes culturas precolombinas (www.afuegolento.com/noticias/36/firmas/encabo/1482/-38k), cuyo nivel cultural no se hubieran alcanzado sin el maíz, ya que desempeñaba un papel predominante en las creencias y ceremonias religiosas como elemento decorativo de cerámicas, tumbas, templos y esculturas, además de ser motivo de leyendas y tradiciones que resaltaban la importancia económica, agrícola y social de su cultivo, era considerado un Dios, rindiéndole culto y siendo objeto del folklore y ritos religiosos. La primera introducción en Europa fue realizada por Colón en 1494 a la vuelta de su segundo viaje, con maíces

provenientes de Cuba y Haití. Posteriormente las introducciones vendrían de México y Perú.

2.2 Tipos de maíz

El maíz pertenece la familia de las gramíneas, al género *Zea mays L*, el cual cuenta con una sola especie, pero se tienen diferentes variedades que difieren principalmente en la estructura de la semilla.

Tabla 1. Tipos de maíz*

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Maíz palomero	Tiene un tipo de grano con endospermo corneo muy duro, conteniendo una pequeña fracción de almidón encerrado en un pericarpio denso y resistente. Son de grano chico y son los más primitivos usados por los indígenas y se distinguen dos tipos, el blanco de grano más pequeño terminado en punta y el amarillo de corona redondeada, grano más grande
Maíz duro	Los granos de este tipo de maíz son redondos, duros y suaves al tacto. El endospermo está constituido sobre todo de almidón duro córneo con solo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano. El maíz duro germina mejor que otros tipos de maíz, particularmente en suelos húmedos y fríos. Es por lo general de madurez temprana y se seca rápidamente una vez que alcanzó la madurez fisiológica. Está menos sujeto a daño de insectos y mohos en el campo y en el almacenamiento. Sin embargo, los maíces duros rinden por lo general menos que los maíces dentados, son preferidos para alimento humano y para hacer fécula de maíz ("maicena"), son granos anaranjado-amarillentos o blanco-cremosos, aunque existe una amplia gama de colores, por ejemplo, amarillo, anaranjado, blanco, crema, verde, púrpura, rojo, azul y negro.
Maíz dentado	En los tipos dentados el endospermo se caracteriza por tener una alta proporción de almidón y baja proteína, por esta razón en el periodo de madurez fisiológica a comercial al perder humedad el grano, se produce una hendidura en la corona, lo que da una apariencia de diente. La textura del grano es blanda. Tiene una alta tendencia al quebrado durante la cosecha, transporte y almacenaje, lo cual facilita el ataque de insectos y hongos, es preferido, para la molienda húmeda y para alimento del ganado, los granos son de color amarillo y/o blanco, siendo preferido este último para alimento humano por su almidón más blanco. Son característicos de la producción de Estados Unidos, México, Europa y Sudáfrica.
Maíz harinoso o suave	Este maíz es de endospermo harinoso, blando y no interviene en el comercio internacional, es uno de los maíces que usaban los antiguos Aztecas. No tiene prácticamente endospermo vítreo, presentándose como un grano opaco.
Maíz harinoso dulce	Estos tipos de maíces se cultivan principalmente para consumir las mazorcas aún verdes, ya sea hervidas o asadas. En el momento de la cosecha el grano tiene cerca de 70% de humedad y no ha comenzado aún el proceso de endurecimiento. Los granos tienen un alto contenido de azúcar y son de gusto dulce. La conversión del azúcar a almidón es bloqueada por genes recesivos. Los granos en su madurez son arrugados debido al colapso del endospermo que contiene muy poco almidón.
Maíz envainado o tunicado.	Cada grano de este maíz esta encerrado en una pequeña cascarilla propia, además de las que cubren la mazorca. Este maíz es poco cultivado comercialmente, pero también era conocido de los indios de América del Sur.

*Fuente www.fao.org

2.3 Variedades de maíz rojo y azul

Las variedades de maíz rojo y azul, se cultivan en pequeñas comunidades donde son empleados para la preparación de tlacoyos, gorditas, tostadas, atoles, entre otros productos; la demanda de dichos productos se debe a su suave textura y buen sabor, además de que tienen una positiva contribución de calcio para la dieta humana (Cortés-Gómez, A. et al., 2004).

Las principales áreas de cultivo de maíz azul se localizan en los estados de Puebla, Tlaxcala, México e Hidalgo. Desde épocas remotas el agricultor ha seleccionado los tipos de maíz de acuerdo con sus preferencias y necesidades alimentarias, y a las características ambientales de su área de cultivo; de éste modo el maíz azul lo relacionan con la precocidad y lo utilizan para la elaboración de atole, tortillas y "tesgüino" (bebida alcohólica obtenida a través de fermentación del grano, de elaboración casera) (Miguel et al, 2004).

2.4 Estructura del grano

-Capa superficial. Se encuentra la aleurona que contiene 28 % de grasa y proteína que morfológicamente forma parte del endospermo, rodea sólo la parte almidonosa y linda con el escutelo. Esta y todas las capas externas a ella constituyen el salvado, un importante producto secundario en la fabricación de harina de maíz.

-Pericarpio o cascarilla. Es la piel externa o cubierta del grano, que sirve como elemento protector, tiene un gran contenido de fibra cruda, cuyas capas externas frecuentemente se desprenden durante la limpieza, acondicionamiento o molienda.

-Germen. En esta parte del grano de maíz se encuentra la mayor cantidad de lípidos y nutrimentos que se movilizan durante la germinación. El germen contiene grandes cantidades de energía en forma de aceite.

-**Endospermo.** Es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano. Contiene aproximadamente el 90% de almidón y el 9% de proteína, y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza (www.imsa.com.mx/historia; Pérez y Rodríguez, 1988)

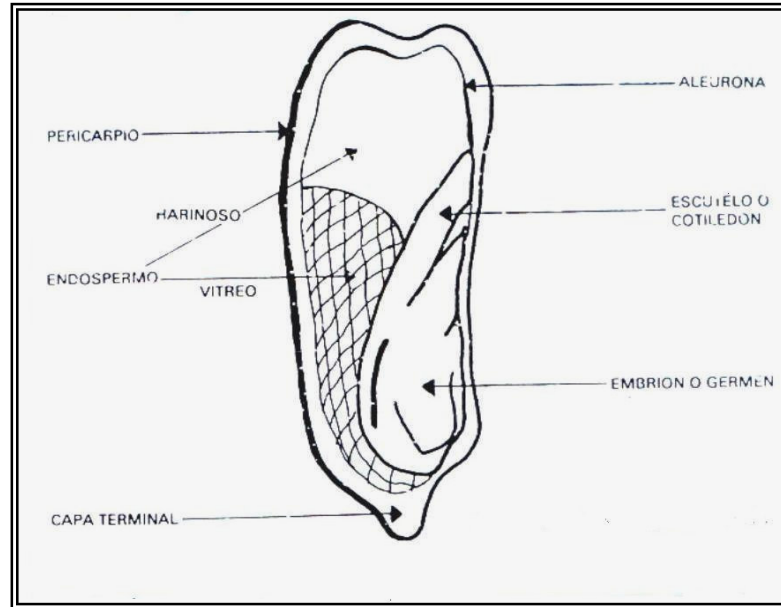


Figura 1. Corte del grano de maíz

2.5 Composición química del grano de maíz

En la tabla 2 se muestra la composición química promedio para el grano de maíz; es un alimento con bajo contenido de proteína, pero alto en carbohidratos por lo que lo convierte en una de las principales fuentes de energía (Anchando 1998).

Tabla 2. Análisis químico proximal del grano de maíz

	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	ELN*
Rango	8.7-13.8	3.22-5.21	2.2-2.9	1.3-2.6	65.5-71.7
Promedio	10.5	4.2	2.5	2.0	69.3

*Extracto libre de nitrógeno (Carbohidratos)

Entre los componentes principales del grano de maíz se tienen:

- **Almidón.** El almidón es el mayor constituyente químico del maíz y es un polímero de la glucosa que presenta enlaces de tipo alfa 1-4 y alfa 1-6. Se encuentra en dos formas: Amilosa de cadena recta y Amilopectina de cadena ramificada.
- **Proteína.** Sus proteínas son generalmente deficientes en los aminoácidos lisina y metionina. El contenido es en promedio de 10.5%.
- **Lípidos.** El contenido graso del maíz es de 4-6%, constituido por grasas, ceras, fosfolípidos, cerebrósidos, esteroides, carotenoides y xantofilas. El 85% de estos se encuentran en el germen (que es la fuente de aceite comercial del maíz), con un alto contenido de ácidos grasos insaturados.
- **Hidratos de carbono.** El contenido de azúcares varía de 1-3%, siendo la sacarosa el principal constituyente, con algo de glucosa y rafinosa. La fibra cruda se encuentra entre 2.1-2.3%, encontrándose en el pericarpio del 41-46% del total
- **Minerales.** Un 95% de la materia mineral de los cereales está formada por fosfatos y sulfatos de magnesio, potasio, y calcio. El 80% de ellos se localizan en el germen. Es bajo en calcio pero esta diferencia se compensa en el caso de las tortillas, por el cocimiento alcalino. El 50% del fósforo se encuentra como fitato disponible.
- **Vitaminas.** Todas las vitaminas solubles en agua conocidas están presentes. La niacina sólo se encuentra después del tratamiento alcalino (Pérez y Rodríguez, 1988)

2.6 Características del maíz para la elaboración de tortillas

Las operaciones que se llevan a cabo para transformar el maíz en tortillas son ajustadas de acuerdo a varios factores tales como: la variedad del maíz, la dureza del grano, humedad del maíz, el tiempo de almacenamiento y la integridad física del grano. Sin



embargo para la industria, la uniformidad de la materia prima es fundamental con respecto a la dureza, tamaño y calidad de grano, para una mayor eficiencia en la transformación y una menor pérdida de sólidos durante la cocción. Así mismo, el tipo de grano debe adaptarse a las operaciones de procesamiento para dar un producto

que llene las características de funcionalidad y sabor que reclama el consumidor (Billeb de Sinibaldi y Bressani, 2001)

3. PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN

El maíz para consumo humano ha sido procesado en México desde tiempos remotos siguiendo la técnica precolombina llamada nixtamalización que significa cocimiento de maíz con cal que proviene del náhuatl *nixtli* cal de cenizas y *tamalli* masa de maíz cocida. Dicho proceso fue desarrollado por los aztecas y se sigue aplicando hoy en día para producir tortillas de buena calidad y otros productos alimenticios (Bello et al, 2000) además de incrementar su valor nutricional (Figuroa et al, 2001). Este proceso consiste en el cocimiento del grano de maíz en abundante agua, con adición de un álcali, preferentemente $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sometido a temperaturas ligeramente menores a la de ebullición, durante un tiempo de cocción entre 30 a 45 minutos (dependiendo de la dureza del maíz a mayor dureza, mayor tiempo). Después del cocimiento, el grano cocido se deja reposar alrededor de 12 y 14 horas en la solución alcalina denominada nejayote, posteriormente éste líquido se desecha y el grano se lava ligeramente con agua para eliminar el exceso de cal, a éste producto se le denomina nixtamal, el cual se muele en molinos de piedra, obteniéndose la masa, la cual es moldeada en discos aplanados de 12 a 18 cm de diámetro y de 2 a 3 mm de espesor, posteriormente se

cuece colocándola sobre una superficie caliente (260 – 360°C) denominada comal (Arámbula et al, 2001).

Durante el cocimiento del grano se originan reacciones bioquímicas, entrecruzamientos e interacciones moleculares que modifican tanto las características fisicoquímicas, estructurales y reológicas de la masa, así como las propiedades estructurales y de textura de la tortilla producida. Un alto porcentaje de estos cambios se debe a modificaciones en la estructura del almidón, que es principal componente químico del maíz. (Arámbula, et al., 2001).

3.1 La masa

La masa esta formada por una mezcla de material cocido en diferentes grados, la cual, desarrolla propiedades de cohesión y adhesión características. Esta constituida por los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina) mezclados con gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, gránulos intactos, partes de endospermo y lípidos. Todos estos componentes forman una malla compleja heterogénea dentro de una fase acuosa continua. Además, la reasociación de la amilosa y amilopectina, que depende del tiempo y de la temperatura de cocción, modifica constantemente el contenido total de agua, y su distribución dentro de la matriz. La cal actúa en los componentes de la pared celular del grano de maíz y convierte la hemicelulosa en gomas solubles.

Durante la nixtamalización, pequeñas cantidades de gránulos de almidón son gelatinizados y la mayor gelatinización se debe a la fricción durante la molienda, durante la cual también se dispersan parcialmente los gránulos hinchados dentro de la matriz, los que actúan como un pegamento que mantiene unidas las partículas de masa. Mucho almidón gelatinizado (debido a un cocimiento excesivo) produce una masa pegajosa que es difícil de manejar. Por otro lado poco cocimiento produce una masa sin cohesividad que da origen a tortillas de textura inadecuada (Bello, et al, 2002).

3.2 La tortilla

La tortilla de maíz es un alimento milenario propio de las culturas centroamericanas que constituye la base calórica fundamental de la dieta de los pobladores que



habitan México por el Norte, hasta Venezuela y Colombia por el Sur, aunque ya para estas últimas zonas el maíz se consume en otro tipo de alimento muy parecido a la tortilla llamada arepa.

Por sus bondades nutricionales y transportadas por un fuerte movimiento migratorio hacia el norte, el mercado de la tortilla ha tomado un gran auge en los Estados Unidos y Canadá, así como en Europa y otros países industrializados. La tortilla ha pasado a formar parte de los alimentos de moda por su aporte energético en comparación con otros cereales, por su alto contenido de fibra, bajo nivel en grasa y el aporte de calcio en la dieta, lo cual es una característica muy importante para aquellos grupos poblacionales carentes de este nutrimento (Ochoa et al., 2002).

La tortilla es un producto milenario que tiene la versatilidad de acompañar a los demás alimentos, y aún seca es comestible, no se descompone y es también fácil de hidratar, además del sabor tan especial e inconfundible debido a los aminoácidos de la proteína que combinados con la cal y el agua rompen el aminoácido triptófano del maíz, produciendo el típico olor, sabor y gusto a nixtamal (Figueroa et al, 2001).

Hoy en día se elaboran tortillas a partir de variedades comerciales de color amarillo, blanco o azul siempre que estas cumplan las características requeridas para dicho proceso (Ochoa, et al, 2002).

3.3 Estudios relacionados con el proceso de Nixtamalización

Los estudios realizados a la tortilla de maíz, han propuesto modificaciones en las etapas involucradas en el proceso de nixtamalización (Tabla 3), desde el número de lavados del nixtamal hasta la cocción de grano con o sin presencia de germen, también en el

control sobre los tiempos de cocción, de reposo, la temperatura de cocción y la concentración de hidróxido de calcio adicionada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), éstas variaciones han mostrado la importancia de las condiciones que se emplean en el proceso ya que de éstas dependen las características del producto final.

La aplicación de lavados exhaustivos del nixtamal y el procesamiento del grano sin germen, produce tortillas con pobres propiedades de elasticidad y resistencia; en cambio al someter el nixtamal a dos lavados manteniendo el germen del grano, se obtienen tortillas con una mejor textura, por lo que la intensidad de lavado en el nixtamal tiene repercusión en las propiedades reológicas y de textura de la masa y de las tortillas producidas, debido a que durante el proceso alcalino se remueve la pared polisacárida del grano, donde el germen, pericarpio y fracciones, realzan el contenido de xilosa, galactosa y ácido D-glucurónico, que proporcionan las propiedades de viscosidad de la masa, dando como resultado una mejor manejabilidad de la masa para la elaboración de tortillas (Martínez, et al., 2001).

La cocción y reposo del grano son importantes para la obtención de productos aceptables. Durante el cocimiento del grano, éste alcanza una humedad máxima y al aplicar tiempos de reposo prolongados se logra el aumento de la humedad de saturación. La humedad 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. Si se procesa el grano inmediatamente después de la cocción la masa y las tortillas no presentan una adecuada textura. Pruebas aplicadas demuestran que con 45 minutos de cocción y 15 minutos de reposo (tiempo acumulado 60 minutos) ya es posible obtener tortillas (ya que a tiempos menores no se logra obtenerlas), que presenten características aceptables, las cuales mejoran al aplicar tiempos de cocción y reposo acumulados de 4 horas, es decir, se mejoran las características de adhesión, por lo que es importante que después del cocimiento se someta a un tiempo de reposo el grano para aumentar la humedad y desarrollar características de consistencia adecuadas. Así como una buena rollabilidad. (Arámbula et al, 2001).

Tabla 3. Condiciones estudiadas para el proceso de nixtamalización

Referencia	Cantidad maíz	Cantidad Ca(OH) ₂	Temperatura cocción	Tiempo cocción	Volumen agua	Tiempo reposo	Nº de lavados
1	2.0Kg	2.0%	85 a 90° C	15º 20min maíz blanco	agua / maíz 2:1	20h Tamb.	2
2	50g	0.6g	100° C	50min	200ml	12 h	Con agua corriente 5min
3	1kg	1.5g/Kg	85° C	60min	3L	15 h	2
4	3Kg	1%	100° C	55min	-	14 h	Lavado con agua corriente
5	-	1.5%	80°C	30 min	Equivalente al doble del peso del maíz	12 h	2
6	3Kg	0.1g /100g de cal	92°C	45min	9L	12 h	-
7		-	94°C	50min	-	14 h	3

Referencias: 1) Ochoa, et al, 2002; 2) Billeb, et al, 2001; 3) Martínez, et al, 2001; 4) Ramírez, et al, 1993; 5) Anchando, 1998; 6) Arámbula, et al, 2001; 7) Guerrero y Lugo, 1980

4. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Por lo tanto es una herramienta que permite obtener valiosa información que no es posible obtener mediante otros métodos (Gállinger, 1998).

Los alimentos tienen una complejidad que está determinada no solo por el tipo de sustancias que los forman sino por las interacciones de éstas entre sí. Por esto resulta prácticamente imposible caracterizar un alimento tomando en cuenta solamente un aspecto específico en cuanto a composición o en cuanto a sus atributos sensoriales; dichos atributos son en general, todo lo que se percibe a través de los sentidos, los cuales se dividen de acuerdo a los sentidos por los que son percibidos en:

Apariencia: se detecta generalmente a través de la vista que comprende el color, el brillo, la forma y puede dar una idea de textura.

Gusto: se detecta en la cavidad oral, específicamente en la lengua, donde se perciben los 4 gustos básicos.

Textura: se detecta mediante el sentido del tacto, está localizado prácticamente en todo el cuerpo. Se pueden conocer las características mecánicas, geométricas y de composición de muchos materiales, incluidos los alimentos.

Aroma: se percibe por medio del olfato, que se encuentra en la cavidad nasal, donde existe una membrana provista de células nerviosas que detectan los aromas producidos por compuestos volátiles.

Sonido: Generalmente se detecta por medio del oído, y se le conoce por la intensidad, altura y timbre.

En la evaluación sensorial de los alimentos, cada sentido resulta ser el instrumento que proporciona información acerca de los mismos. Sin embargo, a veces resulta difícil poder verbalizar y explicar la información que de éstas herramientas se obtiene, por lo que ha sido necesario, a través de diferentes técnicas de estudio, obtener información para clasificar éstos atributos de acuerdo con bases físicas y/o fisiológicas.

El análisis sensorial abarca a un conjunto de técnicas que, aplicadas de una manera científica, permiten obtener resultados fiables sobre las respuestas que dan los sentidos a los alimentos. Para ello, se acude a la experiencia de catadores o panelistas entrenados, quienes trabajan como si se tratara de instrumentos, al ser capaces de establecer diferencias objetivamente.

El analista sensorial es el responsable de determinar cuáles son los objetivos de la prueba sensorial, conocer las muestras que se van a evaluar, diseñar y conducir las diferentes pruebas sensoriales de manera adecuada e interpretar y exponer los resultados con claridad y eficacia.

A la hora de elegir un grupo de panelistas adecuados, se realiza una preselección considerando el interés, disponibilidad, salud, normalidad de percepción fisiológica y habilidad discriminatoria de cada una de las personas que quieran formar parte del panel de catadores. También se considera su capacidad para desarrollar e interpretar un vocabulario específico, la consistencia o reproducibilidad de su juicio, así como una cierta concordancia en la interpretación de los descriptores y en la evaluación de la magnitud de los atributos.

El tipo de método de evaluación sensorial que se debe seguir dependerá, principalmente, del objetivo o finalidad que se persiga. Las pruebas que se llevan a cabo en el análisis sensorial se dividen en las pruebas sensoriales de tipo analítico y las pruebas afectivas.

4.1 Pruebas Analíticas Discriminativas

Se llevan a cabo con la finalidad de establecer si existen diferencias entre productos. Las más comunes son las dúo-trío, y triangular. En éstas no resulta necesario indicar las características diferenciadoras, mientras que si dicha diferencia se puede especificar se utiliza la prueba de comparación por pares direccionada en las cuales se consultan tablas para hallar si estas diferencias son significativamente diferentes.

4.2 Pruebas Analíticas Descriptivas.

Constituyen una de las metodologías más importantes del análisis sensorial. En general, el objetivo primordial de dicho análisis es encontrar un mínimo número de descriptores que contengan un máximo de información sobre las características sensoriales del producto. Este análisis se basa en la detección y la descripción de los aspectos sensoriales cualitativos y cuantitativos del producto, por grupos de catadores que han sido entrenados previamente. Los catadores deben dar valores cuantitativos

proporcionales a la intensidad que perciban de cada uno de los atributos evaluados durante el análisis descriptivo.

4.2.1 Análisis Descriptivo Cuantitativo (Quantitative Descriptive Analysis, QDA)

El Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA), fue desarrollado durante los años 70's, para corregir los problemas percibidos con el método de perfil de sabor. Para éste análisis se requiere un panel de jueces el cual requiere un entrenamiento previo de modo que el juez se familiarice con los atributos sensoriales del producto.

El lenguaje empleado en el método de QDA, es un lenguaje común generado por el panel dentro de las sesiones de entrenamiento. Para la prueba se cuenta con una persona que coordina al grupo en las sesiones de entrenamiento y dirige la evaluación, pero sin participar de forma directa en ella. El diseño del análisis descriptivo se basa en la repetición de las determinaciones y de la aplicación de un análisis estadístico, el cual conduce generalmente a aplicar el análisis de varianza (Murray et al, 2001), mediante el cual se evalúa la reproducibilidad del juicio de los jueces. Al aplicar un análisis de varianza múltiple (muestras, sesiones y catadores) a los resultados obtenidos, tras evaluar cada atributo en las muestras por los jueces, durante un número determinado de sesiones, se puede obtener información sobre la capacidad discriminatoria del equipo respecto a ese atributo, la reproducibilidad y la concordancia de juicio. De acuerdo a las necesidades del investigador, el método QDA, puede emplear escalas estructuradas o no estructuradas, siendo éstas últimas las más empleadas (Franco y Quijano, 1997).

Los datos obtenidos, se pueden llevar a una representación gráfica, denominada gráfica de telaraña. La limitante de éste análisis es la difícil comparación de resultados entre paneles y entre laboratorios (<http://vinocata.com>; Murray et al, 2001), además se requiere inversión de tiempo, esfuerzos humanos y recursos materiales. También se presenta variación en el número de jueces necesarios en este tipo de métodos, siendo recomendados de 6 a 10 individuos por prueba o alrededor de doce.

Dentro de las ventajas que presenta el análisis descriptivo cuantitativo se tiene que:

- Origina descriptores o referencias que pueden ser utilizadas en cualquier tiempo y por cualquier persona para describir y analizar cualquier producto.
- Es una prueba confiable con procedimientos alternativos para su análisis estadístico, de manera precisa y manejable.

4.3 Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas se llevan a cabo mediante la prueba de aceptación-preferencia y la escala hedónica de 9 puntos. Tienen como finalidad determinar el grado de aceptación o preferencia que el consumidor tiene por un conjunto de muestras, por un concepto o una característica específica. El objetivo de las pruebas de preferencia es ordenar a una serie de muestras de acuerdo con un aprecio personal o una preferencia, los resultados se tabulan y analizan como se expresa en el análisis de ordenamiento por rangos, la preferencia indica orden y no necesariamente que la muestra preferida sea la más aceptada, o que la menos preferida sea equivalente a rechazable.

4.4 Aplicaciones del Análisis Sensorial

El análisis descriptivo se puede utilizar para obtener un perfil sensorial completo de productos así como para hacer un monitoreo de la competencia. También se puede utilizar en pruebas de caducidad y almacenamiento, desarrollo de nuevos productos, control de calidad, relaciones entre datos sensoriales y fisicoquímicos.

El análisis de los datos obtenidos por un panel entrenado (prueba descriptiva) y procedentes de un grupo de consumidores (pruebas afectivas) aportan una valiosa información ya que el análisis de los resultados muestran cuál es el grado de aceptación que el consumidor tiene por el producto en estudio y cuáles son las

características sensoriales (aroma, sabor, gusto...) responsables de que el producto sea aceptado en mayor o menor grado por el consumidor.

Estos métodos pueden ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos, lo que se podría denominar investigación sensorial estratégica. La finalidad de la implementación de estas técnicas es poder identificar nuevas tendencias y posibles oportunidades de mejorar el negocio (<http://vinocata.com>).

4.5 Estudios relacionados con la evaluación sensorial en tortillas

La mayoría de estudios sensoriales aplicados en tortillas se han desarrollado de manera instrumental, mediante el empleo de analizadores de textura (Suhendro, et al, 1998, 1999), analizadores de aromas (Morales et al, 2004) o de paneles entrenados.

Los estudios que se han aplicado a la tortilla, se han inclinado a la medición subjetiva de la textura, principalmente para el atributo de la rollabilidad, el cual se ha definido como la capacidad que tienen las tortillas para hacerse taco sin que se rompan (Arámbula et al, 2001), la medición de este atributo se ha llevado a cabo mediante el empleo de una varilla de madera o vidrio con diámetros entre 1 y 2 cm, empleando escalas de 5 puntos, en donde 1 = nada enrollable y 5= muy enrollable. (Suhendro et al, 1999, Ramírez et al, 1993).

Otros atributos que se han estudiado de manera subjetiva son la flexibilidad, la cual engloba la firmeza, compresión y rompimiento, las cuales fueron medidas por un panel entrenado empleando una escala de 5 puntos donde 1= extremadamente firme, rígida e inflexible, y 5= extremadamente suave y flexible (Suhendro et al, 1998).

Los estudios que han aplicado la metodología del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA), han empleado como muestras de evaluación tortillas comerciales elaboradas a partir de harina de maíz nixtamalizada, dando importancia en la evaluación de los atributos de textura, empleando paneles entrenados integrados por 10 jueces. Los atributos de textura que han sido evaluados son la dureza, gomosidad, sensación arenosa o granulosa, tensión, desmoronamiento y la humedad, (Gállinger, 1998).

En dichos estudios se ha tratado de correlacionar los resultados sensoriales de paneles entrenados con los métodos instrumentales, en donde no siempre se presenta una buena correlación, ya que resulta difícil que los atributos percibidos por los jueces, puedan ser percibidos por el instrumental.

La aplicación de métodos químicos y físicos requieren el uso de equipos costosos, muchos de los cuales están automatizados, acoplados a computadoras, y dan información en forma aislada de los diferentes constituyentes del alimento y de su interacción por lo que no permiten observar la aceptación o el rechazo del producto por parte del consumidor (Gállinger, 1998).

En otras investigaciones se ha estudiado la textura en masa fresca analizando los atributos de dureza, firmeza, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y gomosidad, con el objetivo de encontrar las condiciones adecuadas del proceso de nixtamalización en las cuáles las tortillas resultaran con buenas propiedades de rollabilidad, Flexibilidad y extensibilidad (Suhendro et al, 1999).

Se ha llevado a cabo la detección de los aromas presentes en tortillas elaboradas a partir de maíz blanco, rojo y azul, bajo condiciones de nixtamalización con pH 5 y 10, aplicando métodos instrumentales y de un panelista previamente entrenado para atribuir intensidades y describirlos verbalmente; encontrándose en las tortillas aromas florales, químicos, herbáceos, caramelizados, entre otros (Morales et al, 2004).

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

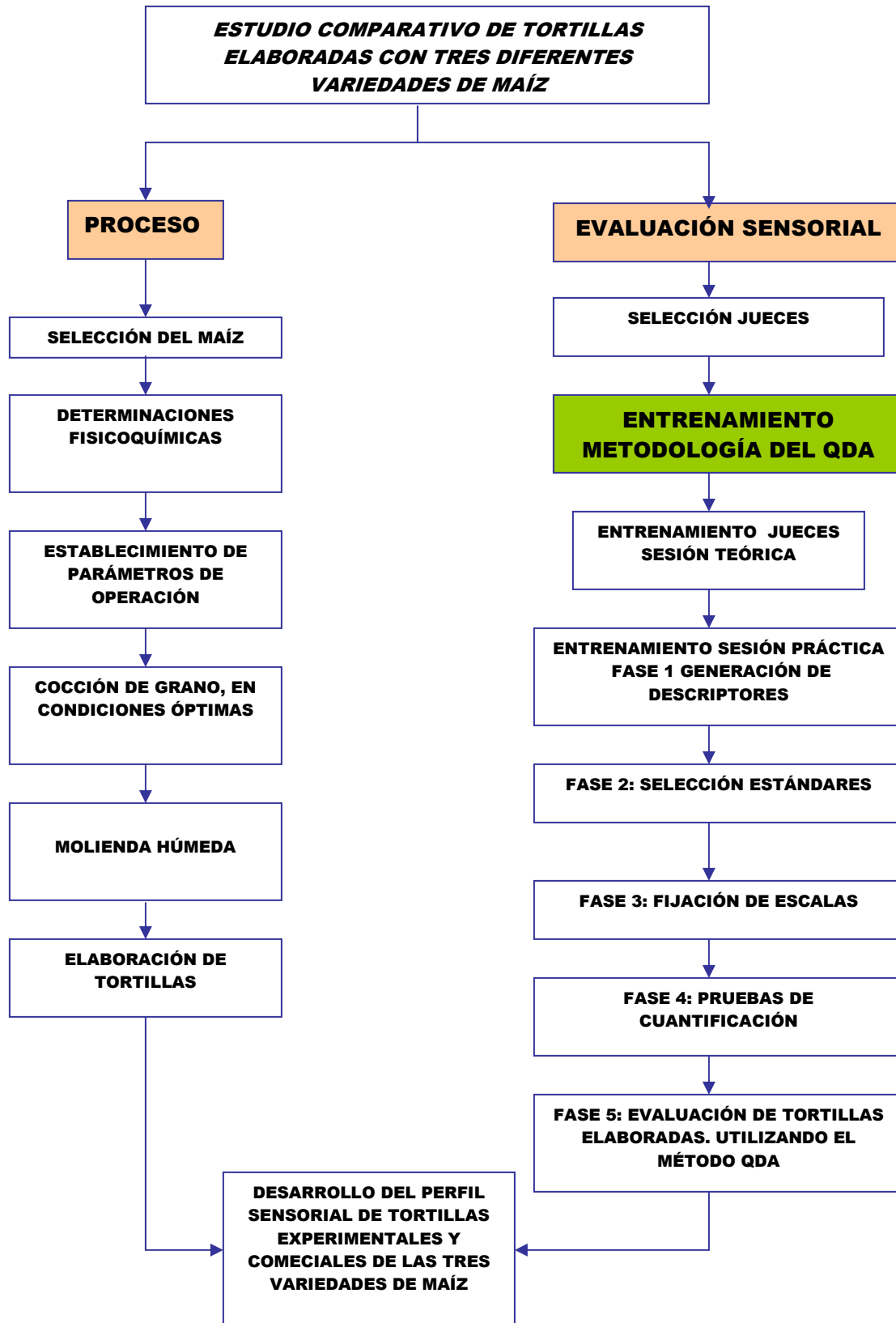
Desarrollar el perfil sensorial de tortillas nixtamalizadas elaboradas con tres diferentes variedades de maíz.

5.2 Objetivos específicos:

1. Determinar los parámetros sanitarios y de calidad de las tres variedades de maíz.
2. Estandarizar las condiciones de operación para el proceso de nixtamalización y aplicarlo a las tres variedades de maíz.
3. Nixtamalizar las variedades de maíz bajo las condiciones óptimas del proceso.
4. Selección de los jueces utilizando pruebas sensitivas y discriminativas
5. Entrenamiento de jueces en la metodología del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA)
6. Elaboración del perfil sensorial de las muestras de tortillas en estudio.

6. METODOLOGÍA

6.1 Diagrama de flujo de la metodología



6.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

6.2.1 Materiales y Métodos

Se emplearon tres variedades de grano maíz criollo de las variedades blanco, azul y rojo provenientes del estado de Puebla, que fueron adquiridas en el mercado del centro de la Delegación Xochimilco.

Los métodos de prueba sanitaria y de calidad se realizaron de acuerdo a la especificación NMX-FF-034/1-SCFI-2002, (PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO.-CEREALES-PARTE 1: MAÍZ BLANCO PARA PROCESO ALCALINO PARA TORTILLAS DE MAÍZ Y PRODUCTOS DE MAÍZ NIXTAMALIZADO – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA), aplicando las pruebas de calidad de ésta norma a las variedades roja y azul, ya que no se cuenta con una norma específica para éstas variedades de maíz.

La prueba de olor se verificó sensorialmente, se procedió abriendo la bolsa de la muestra agitando el maíz para percibir los olores que se desprendían.

La obtención de porcentaje de impurezas se obtuvo mediante la separación manual de granos quebrados y de impurezas (tales como material extraño distinto al grano de maíz incluyendo oletes u otras partes de la planta) en 1000g de maíz.

En porcentaje de daños se obtuvo partiendo de 100g de maíz clasificándolo de acuerdo a defectos en el grano, por color, por daños debidos al calor, por daños debidos a insectos y hongos, que afectaban la calidad del grano.

El peso hectolítrico consistió en determinar la masa del grano por unidad de volumen, para lo cual se vertieron 1000g de maíz en un rasero de madera desde una altura de 7

a 10cm, se dejó caer libremente el grano, se rasó con tres movimientos de zig-zag, se pesó para determinar la masa específica del grano en Kg/hl.

6.2.2 Acondicionamiento de muestras para el análisis proximal

El acondicionamiento de las tres variedades de maíz para la realización del análisis proximal, consistió en pasar por un molino metálico de engranes CeCoCo, 100g de maíz blanco, hasta que se obtuvo una harina que pasara por un tamiz de malla 40, se realizó el mismo procedimiento para las variedades roja y azul.

6.2.3 Análisis fisicoquímico

Para la determinación de Humedad se aplicó el método de secado en estufa, se pesaron de 2 a 3 gramos de la muestra de harina de maíz, que se colocó en un pesafiltro (el cual se puso a peso constante previamente) las muestras se colocaron en una estufa Ríos Rocha a una temperatura de 100-110°C por 2 horas o hasta tenerlas a peso constante, esta prueba se llevó a cabo por duplicado.

La determinación de ceniza se realizó por método de cenizas totales secas, colocando en un crisol de porcelana (se puso a peso constante previamente) de 3 a 3.2 gramos de las muestras de harina de maíz, previamente se calcinaron y se introdujeron en una mufla por aproximadamente 2 horas a 550°C hasta la obtención de cenizas blancas o ligeramente grises, las cuales se pesaron para conocer la cantidad de cenizas obtenidas, esta determinación también se llevó a cabo por duplicado.

La determinación de grasa se realizó mediante extracción intermitente por el sistema Soxhlet. Consistió en colocar a peso constante un matraz de fondo plano con perlas de ebullición a una temperatura de 100°C por aproximadamente 2 horas. Se pesaron de 4 a 5 gramos de las muestras de harina de maíz sobre papel poroso, el cual se enrolló y se colocó en un cartucho de celulosa que se tapó con algodón, y se colocó

en el extractor conectándolo con el refrigerante. Se conectó el matraz al extractor y éste al refrigerante agregándose dos cargas de éter etílico, se colocó el matraz en una parrilla a ebullición suave, se detuvo la extracción al verificar que se extrajo toda la grasa, para ello se dejó caer una gota de la descarga sobre papel filtro y al evaporarse el éter no dejó residuo de grasa, una vez extraída toda la grasa se quitó el cartucho con la muestra desengrasada se siguió calentando hasta la casi total eliminación del éter recuperándolo antes de que se descargara, se quitó el matraz y se dejó secar el extracto a 75-80°C, se enfrió y se pesó, calculando el porcentaje de grasa.

La determinación de proteína se realizó por el método Kjeldhal, el cual consiste en una digestión, en donde se lleva a cabo la oxidación de proteínas y compuestos orgánicos con H_2SO_4 conc. a una temperatura de 300-360°C, con adición de sales catalizadoras, así como la fijación del nitrógeno como sulfato de amonio, en la destilación se lleva a cabo el desprendimiento de amoniaco por una base fuerte, para finalmente realizar una titulación ácido-base. Se pesaron de 0.3 a 0.32 gramos de harina de maíz colocándose en un tubo digestor adicionando 10mL de ácido sulfúrico concentrado y una pastilla catalizadora (1.5g sulfato de potasio K_2SO_4 y 2.5 mg de Selenio), montado los tubos en el equipo Buchi Digest System K-437 para llevar a cabo la digestión de la muestra y determinar el nitrógeno presente en ella, el cual, es un estimador de la cantidad de proteína presente en el maíz.

De la suma de los resultados obtenidos de humedad, cenizas, grasa y proteína, del 100% por diferencia se obtuvieron los porcentajes de carbohidratos totales presentes en cada variedad de maíz.

6.2.4 Condiciones de Nixtamalización

Para estandarizar las condiciones de nixtamalización, se llevaron a cabo pruebas con diferentes concentraciones de hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), de volumen de agua, tiempo de cocción, temperatura de cocción, variaciones en los tiempos de reposo, en

el número de lavados del nixtamal, número de moliendas, así como la fuente de calentamiento para la cocción de las tortillas (tabla 4: condiciones probadas en el laboratorio para la estandarización de las condiciones de nixtamalización).

Se probaron diferentes concentraciones de hidróxido de Calcio Ca(OH)_2 , para el proceso de nixtamalización con el objetivo de encontrar la concentración adecuada para la elaboración de las tortillas

Las últimas condiciones de nixtamalización que se aplicaron para realizar las tortillas en el laboratorio consistieron en una concentración de 0.44% de Ca(OH)_2 , 1.5L de agua, temperatura de cocción de 87°C por un tiempo de 45 minutos, y un tiempo de reposo de 3.5 horas de 70 a 75°C, se lavó el nixtamal hasta que el agua de lavado se obtuviera con un pH de 6 - 7.5, el nixtamal obtenido se pasó 2 veces por un molino eléctrico Nixtamatic para obtener la masa, la cual, se dejó secar en una estufa a una temperatura de 130°C. Una vez seca la masa se paso por el molino Nixtamatic hasta obtener una harina fina que pasara por la malla 40, esta harina se hidrató con agua (la necesaria), se amasó y se elaboraron las tortillas (Quirasco et al, 2004); se tomaron como base éstas condiciones para elaborar las tortillas en el laboratorio, modificando tiempos de cocción y de reposo principalmente, omitiéndose el secado de la masa, ya que se requería elaborar las tortillas a partir de masa fresca, las modificaciones se basaron de los artículos revisados y de la información proporcionada por personas que se dedican a elaborar tortillas por el proceso tradicional de nixtamalización.

Las condiciones de nixtamalización aplicadas para la elaboración de las tortillas en el laboratorio, partieron de nixtamalizar 500 gramos de grano de maíz, con adición de 1.5 L de agua y una concentración de Ca(OH)_2 de 0.44% con relación al peso del grano; se colocó a cocción por 60 minutos, a una temperatura entre 85 y 90°C, transcurrido el tiempo de cocción se dejó reposar por 13 horas. Una vez que se cubrió el tiempo de reposo se lavó con agua hasta que ésta tuviera un pH de 6 - 7.5, el grano ya escurrido se pasó 2 veces por un molino de nixtamal y granos para uso doméstico NIXTAMATIC (Figura 2).

Una vez obtenida la masa se adicionó 70mL de agua, se amasó y se cubrió con una bolsa de plástico dejando en reposo por 20 minutos.

Una vez que la masa se hidrató se volvió a amasar para posteriormente colocarla en la tolva de la máquina tortilladora GONZALEZ (Figura 3), se movió la manivela con la mano izquierda para hacer girar los rodillos así como el cortador y con la mano derecha recibir la tortilla, con el uso de la tortilladora se controló el diámetro y grosor de las tortillas, una vez moldeada se colocaron en un comal de lámina a fuego directo dejándose cocer por 40 segundos aproximadamente sobre uno de los lados y se volteó sobre la otra cara para permitir que se cociera.

Para la nixtamalización del grano de maíz azul y rojo, se aplicó la misma metodología que el grano blanco, adicionando 90 mL de agua a la masa para el reposo de hidratación, siguiendo los pasos para el moldeo de las tortillas así como su cocción.

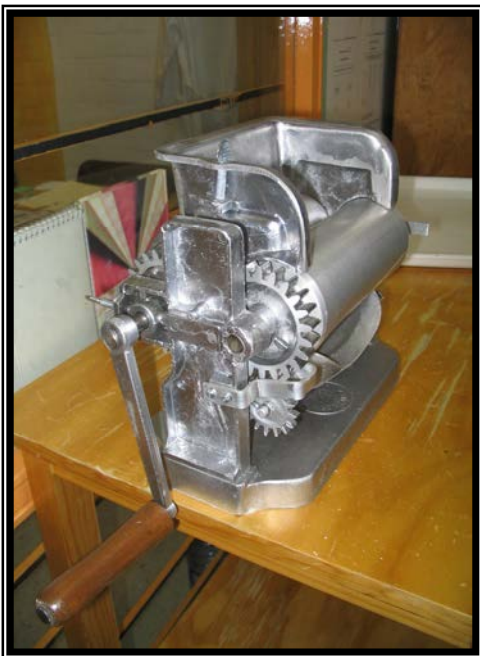


Figura 2. Máquina tortilladora GONZALEZ



Figura 3. Molino de nixtamal y de granos uso doméstico NIXTAMATIC

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIEDADES DE MAÍZ

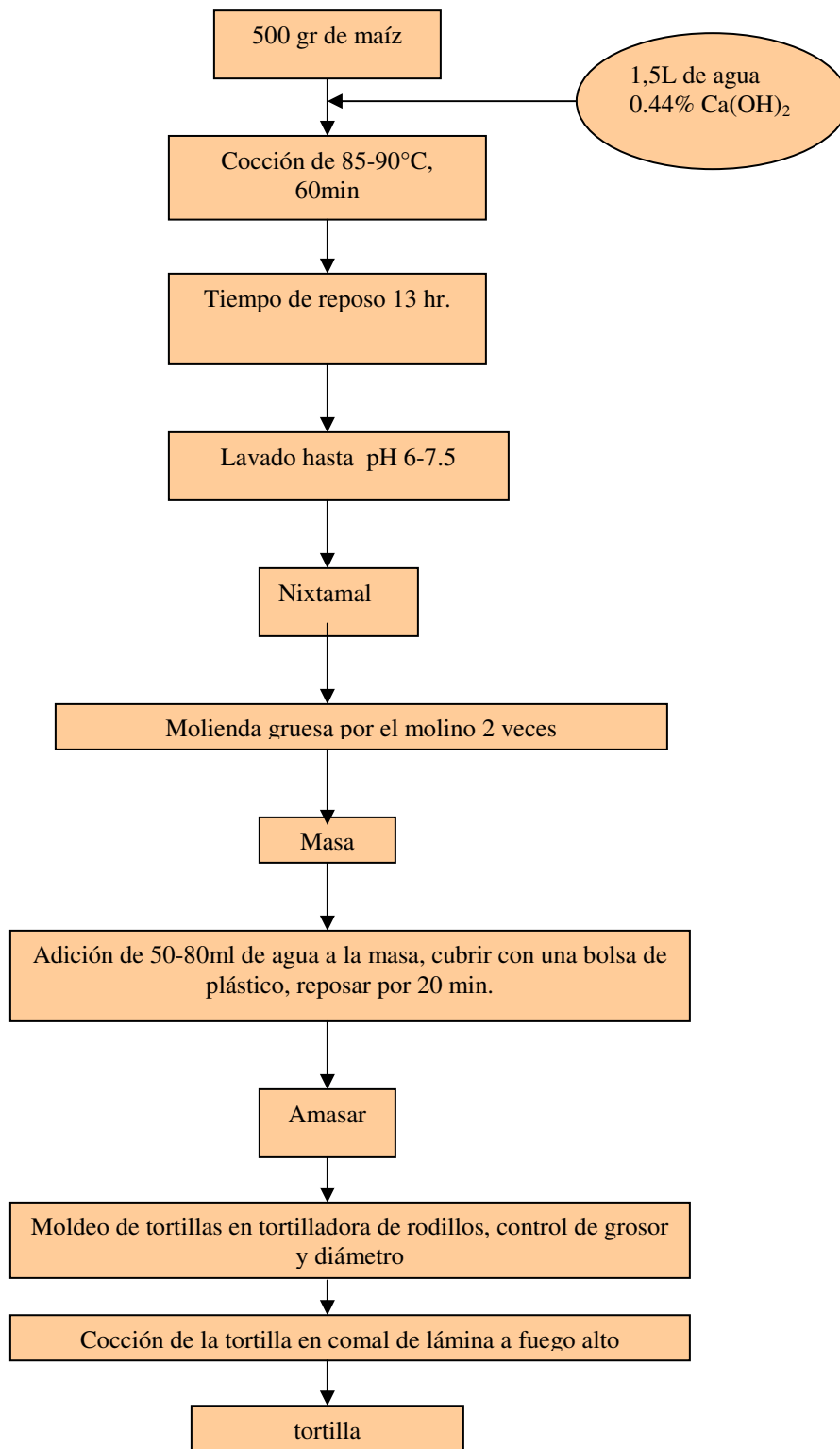
Tabla 4: Condiciones probadas en el laboratorio para la estandarización de las condiciones de nixtamalización

Proceso	Cantidad de grano de maíz	Volumen de agua (Volumen/grano)	Temperatura de cocción	Concentración de Hidróxido de calcio Ca(OH) ₂	Tiempo de cocción	Tiempo de reposo (Horas)	Número de lavados	Número de molindas	Fuente de calor	Observaciones
1	500 gr.	3:1	85-90 °C	2.6 %	8 hr.	12	3	3 en molino manual	Parrilla eléctrica	Se presentaron problemas al aplicar la segunda molienda, ya que el molino se saturaba impidiendo el movimiento de la manija por lo que resultaba complejo el uso del molino manual, además, se desprendían partículas del mismo provocando cambios en el color de la masa. El uso de tortilladoras manuales producía tortillas gruesas con diámetros desiguales. El uso de la parrilla eléctrica provocaba que el calentamiento del comal no alcanzara la temperatura suficiente para llevar a cabo la cocción de la tortilla, por lo que se obtenían tortillas quebradizas, con defectos en el aspecto, así como la falta de cocción de la tortilla.
2	500 gr.	3:1	85-90 °C	2.8 %	8 hr.	12	3	3 en molino manual	Parrilla eléctrica	
3	500 gr.	3:1	85-90 °C	3.0 %	8 hr.	12	3	3 en molino manual	Parrilla eléctrica	
4	250 gr.	5:1	85-90 °C	2.0 %	9 hr.	13	3	2 en molino manual	Parrilla Eléctrica	
5	250 gr.	5:1	85-90 °C	2.4 %	9 hr.	13	3	2 en molino manual	Parrilla Eléctrica	
6	250 gr.	5:1	85-90 °C	2.8 %	9 hr.	13	3	2 en molino manual	Parrilla Eléctrica	
7	500 gr.	1:2	85-90 °C	1.8%	5 hr.	18	Hasta obtener agua clara	2 en molino eléctrico	Mechero Fisher	Se redujeron tiempos de cocción y la concentración de Ca(OH) ₂ para la nixtamalización, el empleo del molino eléctrico facilitó la molienda y con el uso de la tortilladora de rodillos se ajustaron el grosor y diámetro de las tortillas, aunque los tiempos prolongados de cocimiento produjeron masas pegajosas difíciles de manejar
8	500 gr.	1:2	85-90 °C	2.2%	5 hr.	18	Hasta obtener agua clara	2 en molino Eléctrico	Mechero Fisher	
9	500 gr.	1:2	85-90 °C	2.7%	5 hr.	18	Hasta obtener agua clara	2 en molino eléctrico	Mechero Fisher	
10*	500 gr.	1.5L agua	87 °C	0,44%	45 min.	3.5	Hasta obtener el agua con pH 6 - 7.5	2 molino eléctrico	Mechero Fisher	El proceso de deshidratado de la masa, molienda y tamizado produjo una harina fina que al ser hidratada produjo tortillas muy quebradizas
11**	500gr.	1.5 de agua	85-90 °C	0,44%	60 min.	13	Hasta obtener el agua con pH 6 - 7.5	2 molino eléctrico	Mechero Fisher	Las tortillas obtenidas bajo estas condiciones fueron flexibles y fáciles de enrollar. El sabor a cal en la tortilla fue adecuado para las pruebas a aplicar.

*Proceso en el cual se sometió la masa fresca deshidratación en estufa, molienda hasta obtención de la harina nixtamalizada,

**Condiciones que permitieron obtener tortillas con buenas características sensoriales

6.2.5 Diagrama de flujo del proceso de Nixtamalización



6.2.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las muestras se llevó a cabo mediante un panel de jueces entrenado en la metodología del análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA); dicho entrenamiento se llevó a cabo por fases.

Sesión 1: Selección de jueces

Se aplicó un cuestionario a las personas interesadas en formar parte del panel (CUESTIONARIO 1, ANEXO 5), con el fin de conocer la disponibilidad de tiempo, hábitos alimenticios y estado de salud, etc. Se lograron reunir 12 personas a las cuales se les explicó el objetivo del proyecto y de la importancia de su participación. Para la selección de los jueces se aplicaron en las dos primeras sesiones pruebas de umbral y pruebas triangulares, en ésta primera sesión se les aplicó la prueba de umbral (CUESTIONARIO 2, ANEXO 6) evaluando los gustos dulce y amargo, así como una prueba triangular con muestras de cacahuates estilo japonés (Nishikawa y Great Value) para determinar su nivel de percepción de los gustos básicos y su capacidad discriminadora (CUESTIONARIO 3, ANEXO 7)

Sesión 2: Selección de jueces

Se aplicó la segunda parte de la prueba de umbral para los gustos ácido y salado, así como una segunda y tercera prueba triangular con chicharrones de harina de trigo con picante en polvo (Sabritones de Sabritas, Chicharrones de Barcel) y carne de conejo y de pollo en salsa picante, con éstas últimas pruebas se eligieron a las personas que presentaron una buena percepción de los gustos básicos aplicados, así como de su buena capacidad discriminante, esto evaluado mediante las pruebas triangulares. En éstas últimas se aplicó la estadística Ji cuadrada para establecer si se presentaba o no diferencia significativa entre las muestras presentadas.

Triangular 1. Muestras evaluadas, cacahuates estilo japonés (Nishikawa, Great Value)

Triangular 2. Muestras evaluadas, Chicharrones de harina de trigo con picante en polvo (Sabritones de Sabritas, Chicharrones de Barcel)

Triangular 3. Muestras evaluadas. Carne de conejo y carne de pollo en salsa roja con diferente intensidad de picor

Triangular 4. Muestras evaluadas. Carne de conejo y carne de pollo en salsa roja con diferente intensidad de picor

Triangular 5.Muestras evaluadas, (Carne de conejo, Carne de pollo)

Pruebas de Umbral: Se prepararon soluciones para cada uno de los gustos, en las concentraciones que se muestran en la tabla 5.

Para el gusto ácido se utilizó como estándar ácido cítrico monohidratado, granular J.T.Baker. Para el gusto amargo cafeína Alyt, No. CAS-082, Lote No 971003-AI, para el dulce sacarosa (azúcar), azúcar refinada, contenido neto Kg Great Value y para el salado Cloruro de sodio, sal de mesa refinada, yodatada y Fluorada, contenido neto 1Kg, Comercial Mexicana.

Tabla 5. Concentraciones de los gustos básicos para las pruebas de umbral

GUSTO		CONCENTRACIONES (%)						
ÁCIDO	0	0,005	0,01	0,014	0,016	0,018	0,02	0,03
AMARGO	0	0,004	0,006	0,008	0,01	0,02	0,03	0,04
DULCE	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0
SALADO	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2

6.2.6.1 Desarrollo de la metodología del análisis descriptivo cuantitativo

Fase 1: Generación de descriptores.- se llevó a cabo la generación de los descriptores de las tortillas de maíz blanco mediante una evaluación general de atributos que el juez percibió en muestras comerciales: Milpa Real, Milpa Real Nixtamalizada, tortillería supermercado Wal Mart y tortillería de la colonia Sto. Domingo

Coyoacan; a los jueces, se les proporcionó un cuestionario en el cual anotaron los atributos que percibieron en las tortillas antes y durante su consumo, poniendo atención en los atributos de aroma, aspecto, sabor y textura (CUESTIONARIO 4, ANEXO 8)

Fase 2: Selección de estándares.-Mediante la información proporcionada por los jueces en la sesión anterior se seleccionaron los descriptores más comunes entre los jueces y con ayuda de éstos se eligieron los estándares que servirían de apoyo para el reconocimiento de cada uno de los atributos encontrados en las tortillas. Para evaluar las muestras con estándares se le proporcionaron dos muestras de tortilla comercial (Tortillería Milpa Real y Tortillería del Barrio Guadalupe Delegación Xochimilco), que fueron evaluadas tanto en frío como en caliente, y se pidió a los jueces que anotaran con respecto a los estándares proporcionados que atributos percibían en las muestras.

Fase 3: Fijación de escalas.- Una vez seleccionados los descriptores a evaluar en las tortillas de acuerdo a lo establecido por los jueces en la sesión anterior, se plantearon las escalas para la evaluación de dichos descriptores, se establecieron escalas de 10 puntos siendo el número 1 la percepción más baja, el número 5 la intermedia y el número 10 la más alta. Con la escala seleccionada se evaluaron tres muestras comerciales de tortillas (CUESTIONARIO 5, ANEXO 9). En la sesión siguiente se establecieron los descriptores finales a evaluar.

Fase 4: Pruebas de cuantificación.- En el transcurso de las sesiones posteriores, se evaluaron diferentes muestras de tortillas comerciales, incluyendo muestras hechas a mano, para ajustar la dispersión de las evaluaciones y enseñar a los jueces la metodología de evaluación.

Se realizaron evaluaciones con diferentes muestras hasta que el panel estuvo entrenado esto se observó cuando el CV disminuyó hasta 35%.

Fase 5: Evaluación de tortillas elaboradas, utilizando la metodología en QDA

Tortillas nixtamalizadas de maíz blanco.- Una vez establecidas las condiciones de nixtamalización de las tortillas a elaborar en el laboratorio; se realizó la evaluación de tortillas comerciales y experimentales.

Tortillas nixtamalizadas de maíz azul y rojo.- una vez ajustado el panel para la evaluación de tortillas de maíz blanco, se llevó a cabo la generación de los descriptores para tortillas azules y rojas mediante la evaluación de tortillas comerciales. Para las tortillas azules se evaluaron dos muestras hechas a mano (Hecha a mano mercado Xochimilco centro y Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco), en el caso de las tortillas rojas solo se evaluó una sola muestra (Hecha a mano Sra. Aurora San Mateo Xalpa, Xochimilco) ya que no es muy común su consumo y venta.

6.2.7 Preparación de muestras

Las muestras evaluadas se adquirieron principalmente en las Delegaciones Xochimilco y Coyoacan. Una vez que las tortillas se compraban se pasaban a una servilleta de tela y se introducían en una bolsa de plástico para evitar que se enfriaran y perdieran humedad. Ya en el laboratorio se introducían las muestras con todo y bolsa en tortilleros de unicel hasta el momento de la evaluación.

Las muestras experimentales se elaboraban el mismo día de la prueba para evitar cambios sensoriales que afectaran los resultados de las pruebas. Las tortillas experimentales una vez preparadas se envolvían en una servilleta de tela y se metían en bolsas de plástico para mantenerlas calientes y evitar que se resecaran, y se mantenían en los tortilleros de unicel.

Al momento de la prueba si las muestras requerían de un calentamiento previo, éste se realizó en un horno de microondas marca DAEWOO KOR-181G con un tiempo de calentamiento de 30 segundos para las tortillas de establecimientos (tortillerías) y de 1

minuto para las hechas a mano que eran más gruesas y requerían más tiempo de calentamiento. Al momento de la evaluación se acercaban al panel los tortilleros de unicel marcados con claves de tres dígitos para su identificación, las muestras eran tomadas directamente por los jueces para su evaluación.

6.2.8 Análisis Estadístico

Para el tratamiento estadístico se aplicó la ji-cuadrada para determinar si las comparaciones entre muestras que se generaron en las pruebas triangulares fueron significativamente diferentes o no.

Para la detección de valores anómalos se aplicó el análisis gráfico de cajas (Box-and-Whisker Plot) para detectar los datos "outliers" alejados del valor medio que pudieran interferir en los análisis posteriores.

El análisis de varianza (ANOVA), se realizó mediante la aplicación de la F de Snédecor para un factor, y para t niveles, y para un nivel de significancia generalmente a un $\alpha=0,05$. Paralelamente, se realiza la Prueba LSD (Least Significant Difference) que muestra las medidas que pueden ser consideradas estadísticamente diferentes. La ANOVA se llevó a cabo empleando el software Stat Graphics for Windows 5.1, Professional Edition, al 95% de nivel de confianza y $\alpha=0,05$, a una vía, donde se explica la diferencia en una variable en estudio. (Utrera 2007).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Pruebas de Calidad

De las pruebas de calidad y sanitarias aplicadas a los granos de maíz (Tabla 6) se observó que los porcentajes de granos quebrados, porcentaje de granos dañados por insectos y por hongos para los tres tipos de maíz son variables. De acuerdo a la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002, (PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO. - CEREALES - PARTE 1: MAÍZ BLANCO PARA PROCESO ALCALINO PARA TORTILLAS DE MAÍZ Y PRODUCTOS DE MAÍZ NIXTAMALIZADO ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA). Se obtiene que los resultados para las tres variedades de maíz con respecto a daños en el grano, fueron clasificaron como grado 1 en calidad.

Debido a que no se cuenta con una norma para el maíz azul y rojo, se aplicaron las pruebas indicadas en la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 PARA MAÍZ BLANCO.

Las tres muestras de maíz presentaron un peso hectolítrico cercano, el cual muestra que el maíz blanco resultó más denso que el azul y el rojo, los cuales presentaron prácticamente la misma densidad. En la prueba de olor, ninguna de las tres variedades de maíz presentó olores extraños.

Tabla 6. pruebas de calidad y sanitarias de los granos de maíz

MAÍZ	GRANOS QUEBRADOS %	GRANOS DAÑADOS POR CALOR %	GRANOS DAÑADOS POR INSECTOS %	GRANOS DAÑADOS POR HONGOS %	PESO HECTOLÍTRICO (KG / HL)
BLANCO	1.10	2.26	0.94	0.04	80
AZUL	0.6	0.1	0.03	0	75
ROJO	0.73	2.46	0.35	1.82	74

7.2 Análisis Físicoquímico

Se realizó el análisis proximal aplicando las pruebas de humedad, ceniza, grasa, proteína y carbohidratos totales, los cuales se obtuvieron por diferencia. Obteniéndose para los tres tipos de maíz humedades entre 10 y 12%, la cual se considera aceptable, ya que el grano no debe de sobrepasar el 14% de humedad, para su almacenamiento.

Para las cenizas el grano de maíz presentó porcentajes por abajo del 2% para los tres tipos de maíz. En tanto a la cantidad de proteína presente en el grano se obtuvo para el maíz blanco el 8.48% que resultó por arriba de lo reportado en la literatura (Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de mayor consumo en México, 1992) que es del 7.9%, en tanto el maíz azul presentó 8.3% de proteína que resultó cercano al 8% reportado en la literatura (Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de mayor consumo en México, 1992). Para el grano de maíz blanco se tiene reportado el porcentaje de grasa del 4.7% que resulta ser mayor a la obtenida que fue del 3.6%; Para el maíz azul lo reportado es del 4.3% (Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de mayor consumo en México, 1992) que es bastante cercano a lo obtenido en el laboratorio que fue del 4.01%. En tanto para los carbohidratos el grano de maíz blanco se obtuvo del 73.9% que se presentó ligeramente por arriba de lo reportado en tablas que es del 73%; Para el maíz azul se obtuvo 74.7% de carbohidratos que se encontró ligeramente por arriba del 74.6% reportado en tablas (Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de mayor consumo en México, 1992). Para el maíz rojo no se tiene reportado valores para el análisis proximal, que presentó resultados cercanos a lo obtenido para el maíz blanco y azul (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados del análisis Próximo del maíz base húmeda

MAÍZ	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEÍNA	GRASA	CARBOHIDRATOS
BLANCO	12.24±0.07	1.78±0.05	8.48±0.3	3.6	73.9
AZUL	11.68±0.09	1.33±0.03	8.25±0.7	4.0	74.7
ROJO	10.02±0.16	1.62±0.07	8.72±0.2	3.4	76.2

*Los resultados son promedio de dos réplicas

7.3 Condiciones de Proceso

Una vez que se establecieron las condiciones de proceso fué necesario fijar la concentración de hidróxido de calcio para llevar a cabo la nixtamalización, por lo que se prepararon tres muestras de tortilla con tres concentraciones de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (0.44%, 2.6% y 2.7%). Las tortillas preparadas con estas condiciones, fueron evaluadas por el panel, obteniéndose para los atributos de aspecto que la presencia de capa resultó ser igual para las tres muestras de tortillas, no así en el color en donde la muestra que presentó mayor coloración fue la de concentración 2.7%, en tanto la de menor intensidad en el color resultó ser la de concentración 2.6%, obteniéndose como valor intermedio de éstas concentraciones la 0.44% resultando ser también la más homogénea (Figura 4).

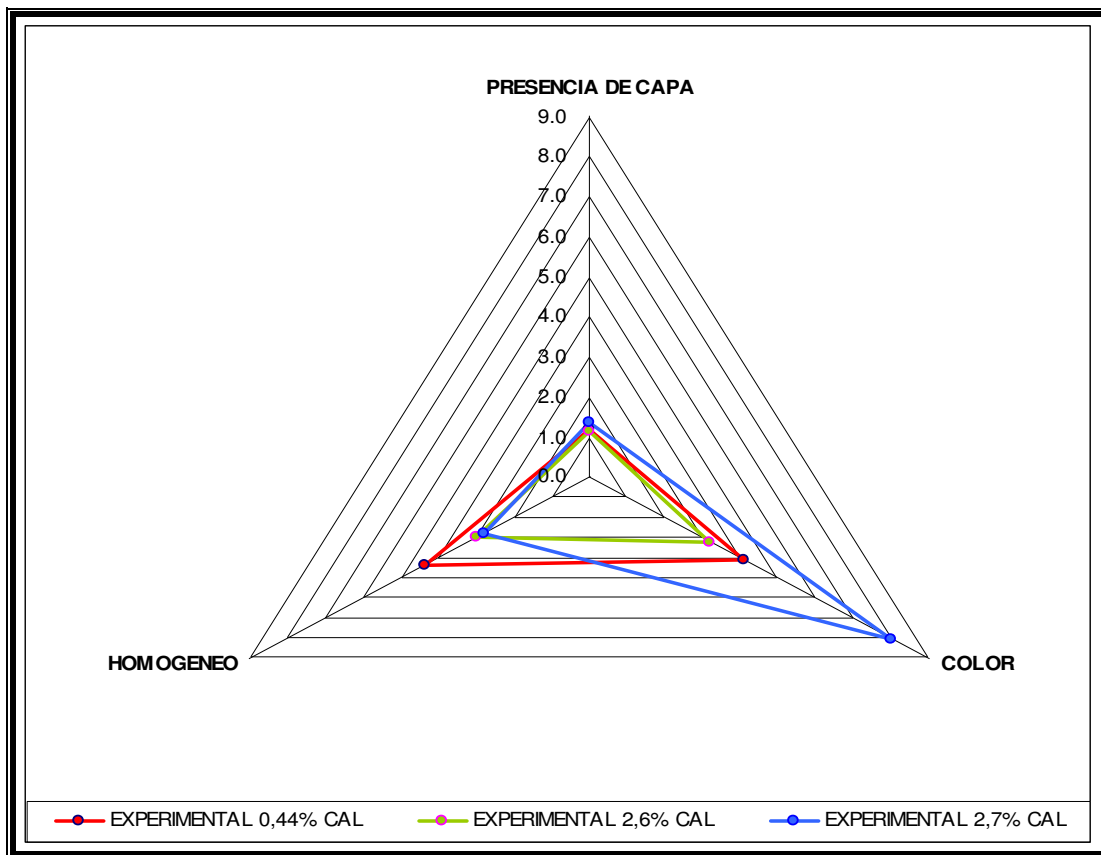


Figura 4. Parámetros de aspecto de tortillas experimentales con tres diferentes concentraciones de cal. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas.

Los atributos de textura de las muestras evaluadas no presentaron diferencia estadísticamente significativa en los descriptores de rollabilidad, fracturabilidad y

masticabilidad (Figura 5), en tanto la dureza para las muestras experimentales 2.6% y 2.7% resultaron iguales, siendo éstas diferentes con respecto a la muestra con concentración 0.44%. En cuanto a la rugosidad entre las muestras experimentales 0.44% y 2.6% resultaron iguales, presentándose más rugosa la muestra experimental 2.7%, así mismo la humedad, la adhesividad y la cohesividad resultaron ser mayores para ésta última muestra.

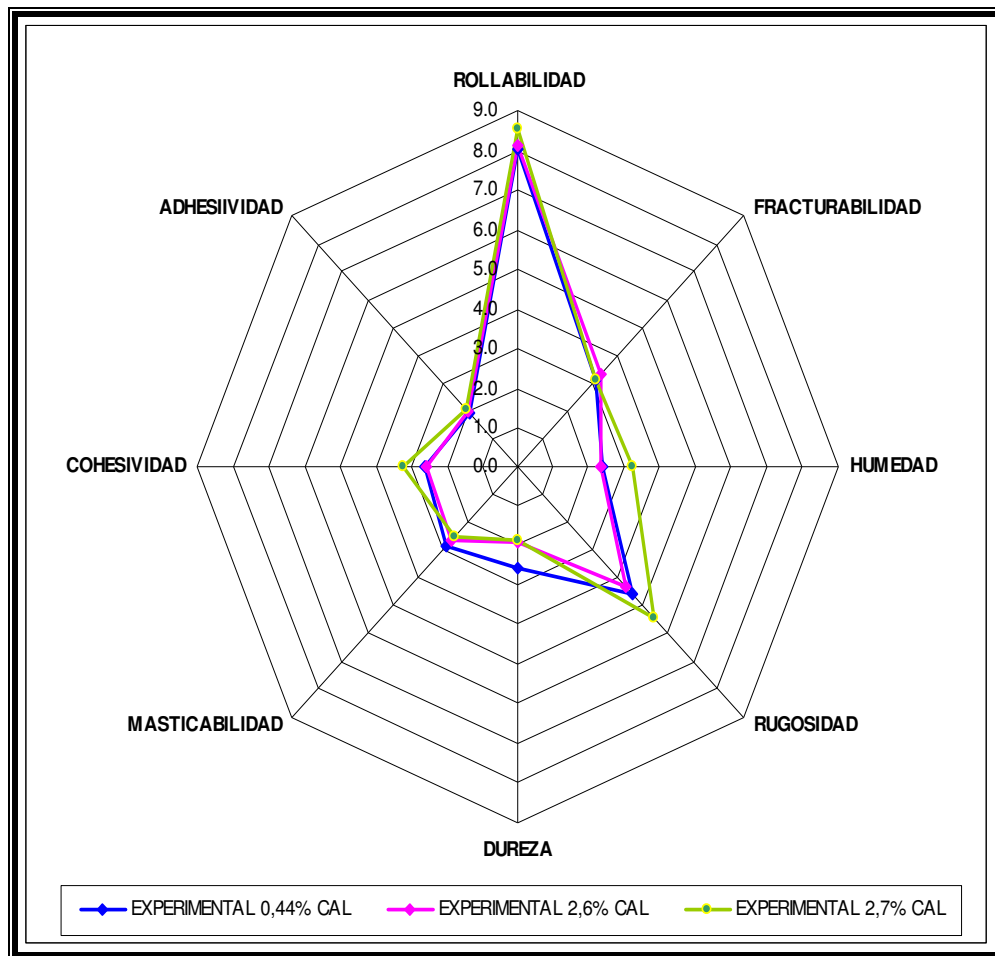


Figura 5. Parámetros de textura de tortillas experimentales con tres diferentes concentraciones de cal. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas.

La muestra experimental 2.7% presentó con respecto a las muestras experimental 2.6% y 0.44% más sabor a masa, más sabor a cal y más olor a masa, la concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ elegida por el panel para la elaboración de las tortillas en el laboratorio fué la

de 0.44% cal, el criterio que siguieron para elegir ésta concentración fué que no provocaba alteración en la percepción de otros atributos de sabor (Figura 6).

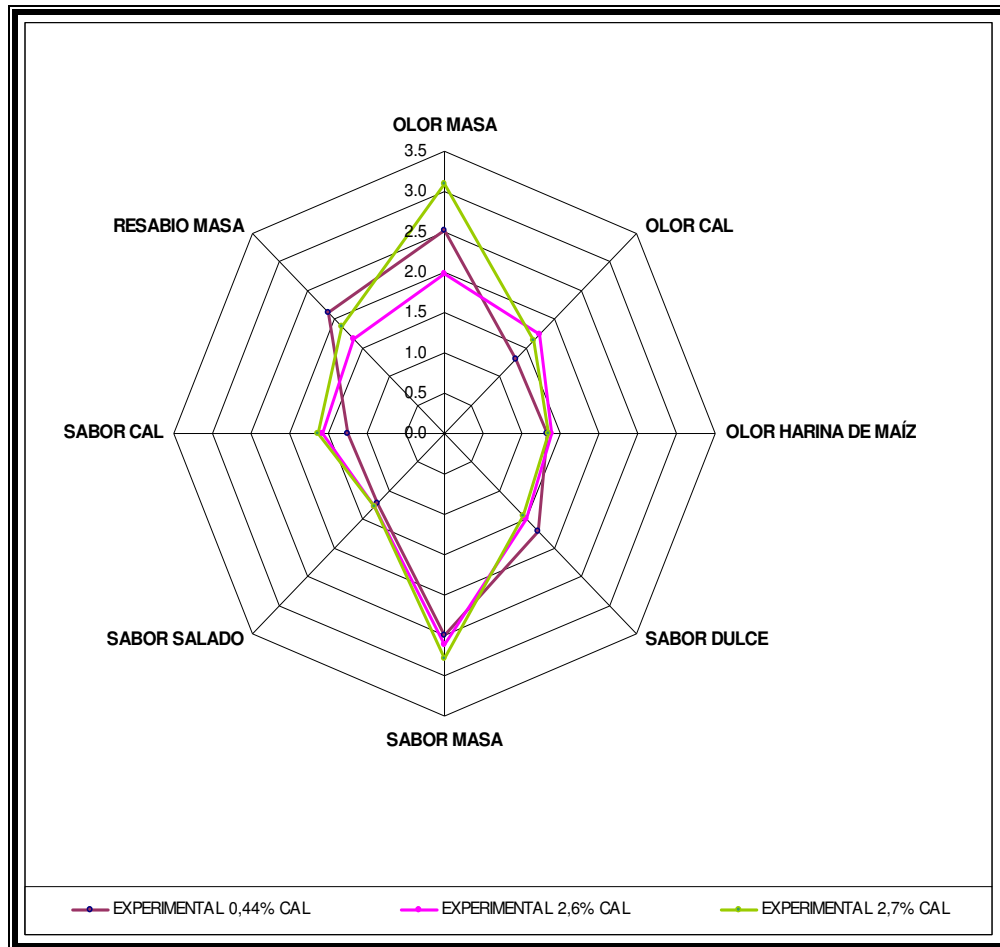


Figura 6. Parámetros de sabor y olor de tortillas experimentales con tres diferentes concentraciones de cal. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas.

7.4 Selección de jueces

Se aplicaron pruebas de umbral para la selección de los jueces, con las cuales, se eligieron a las personas que presentaron buenos umbrales de percepción y que no presentaron problemas para identificar los gustos básicos aplicados; dichas pruebas se iniciaron con 12 jueces, de los cuales 10 presentaron umbrales iguales o menores al umbral de grupo, que para cada gusto fueron: 0.45% para el gusto dulce, 0.015% para

el gusto amargo, 0.046% para el gusto salado y 0.017% para el gusto ácido (Los resultados completos de las pruebas de umbral se muestran en las tablas 1, 2, 3, 4 del Anexo 1 y 2).

Las gráficas del calculo del umbral para los cuatro gustos (Figuras 7, 8, 9 y 10) mostraron para cada uno de los gustos básicos, que al aumentar la concentración del gusto evaluado, el porcentaje de respuestas acertadas tendió a aumentar, es decir, los jueces reconocían más fácilmente el gusto de que se trataba.

Las pruebas de umbral fueron determinantes para seleccionar al panel final, ya que era necesario para el proyecto que presentaran sensibilidad para reconocer y no confundir los gustos básicos.

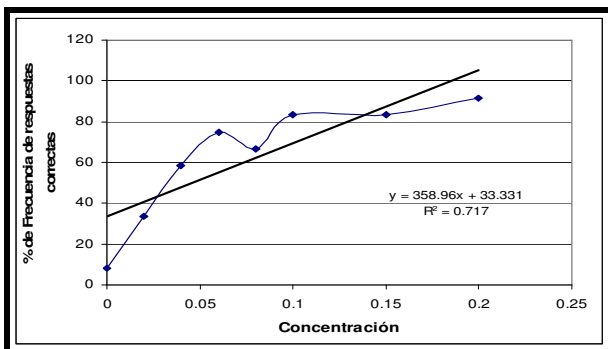


Figura 7. Umbral para gusto salado

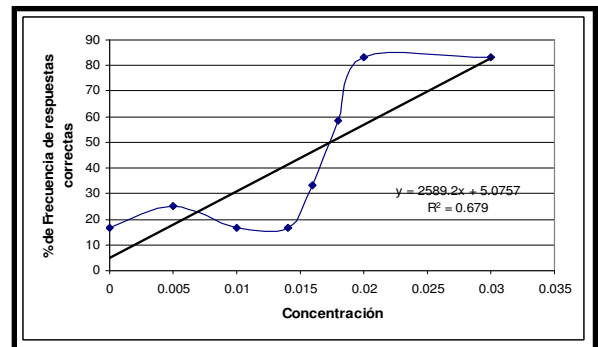


Figura 8. Umbral para gusto ácido

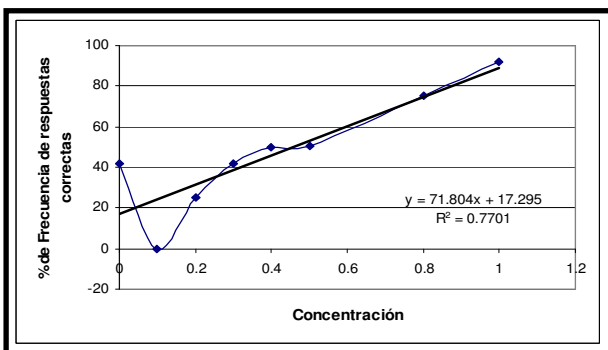


Figura 9. Umbral para gusto dulce

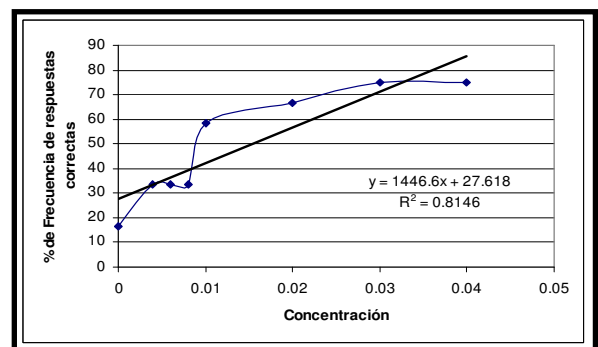


Figura 10. Umbral para gusto amargo

7.5 Pruebas triangulares

Se aplicaron pruebas triangulares para conocer la capacidad discriminante de los jueces (tabla 8). Para la primera prueba realizada se obtuvieron menos aciertos por parte del panel, lo que indica que no todos los jueces identificaron la muestra de cacahuete que era diferente, en el caso de la segunda prueba triangular aplicada, todos los jueces acertaron en encontrar el chicharrón diferente, debido que la muestra les resultó familiar y por ello les resultó más fácil de identificar. En el caso de las muestras donde evaluaron salsas con diferente intensidad de picor los aciertos son mínimos, considerando que la mayoría de los jueces con tan sólo probar una salsa presentaron alteración en las papilas gustativas, por lo que les resultaba difícil dar una respuesta (tabla 8). En el caso de la última prueba triangular aplicada, los aciertos obtenidos fueron altos, por lo que los jueces identificaron satisfactoriamente las muestras de pollo y de conejo; en términos generales se establece que los jueces presentaron buena capacidad discriminativa, ya que algunos fueron capaces de discriminar muestras que no habían probado hasta el momento de la prueba tal como la carne de conejo.

Tabla 8. Pruebas triangulares aplicada para la selección de los jueces que conformarían el panel

JUEZ	TRIANGULAR 1	TRIANGULAR 2	TRIANGULAR 3	TRIANGULAR 4	TRIANGULAR 5
1	1	0	0	1	2
2	0	1	0	0	2
3	0	1	0	0	2
4	1	1	1	1	0
5	0	1	0	1	2
6	1	1	1	0	2
7	0	1	0	0	2
8	1	1	0	0	0
9	1	1	1	0	1
10	0	1	0	1	2
11	1	1	NE	NE	NE
12	1	1	NE	NE	NE
N° DE ACIERTOS	7	11	3	4	15
% DE ACIERTOS	58.3	91.6	25	33.3	62.5

NE- no evaluó

Triangular 1. Muestras evaluadas cacahuates estilo japonés, marcas Nishikawa y Great value

Triangular 2. Muestras evaluadas Chicharrones de harina con picante en polvo (Sabritones de Sabritas y Chicharrones de Barcel)

Triangular 3. Muestras evaluadas, Carne de conejo y carne de pollo con diferente intensidad de picor de salsa roja

Triangular 4. Muestras evaluadas, Carne de conejo y carne de pollo con diferente intensidad de picor de salsa roja

Triangular 5. Muestras evaluadas, Carne de conejo y Carne de pollo

7.6 Metodología del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA)

Fase 1. Se llevó a cabo la generación de los descriptores de las tortillas de maíz nixtamalizadas (CUESTIONARIO 4, ANEXO 8), mediante una evaluación general de atributos en muestras comerciales: Tortilla Milpa Real, Tortilla Milpa Real Nixtamalizada, tortillería supermercado Wal Mart, y de una tortillería de la Colonia Sto. Domingo (Coyoacan), a los jueces se les proporcionó un cuestionario en el cual anotaron los atributos que percibieron en las tortillas antes y durante su consumo, poniendo atención en los parámetros de aroma, aspecto, sabor y textura. (Tablas 9, 10, 11, 12)

Tabla 9. Descriptores generados de la evaluación de las tortillas comerciales
Muestra Tortilla Marca Milpa Real

Juez	Olor	Aspecto	Rollabilidad	Sabor	Textura
1	Maíz agrio	Circular, suave, quebradiza, blancas	Poca	Maíz, salado	Suave, rugosa, gruesa, masticable
2	Olote	Blanca, rugosa, redonda	Se enrolla fácilmente, pero se quiebra	Masa	Suave, masticable
3	Masa un poco cruda	Media cruda, translúcida, amarilla. suave, con zonas de burbujas, en algunas plana, redonda, manejable por el tamaño, delgada (adecuada)	Poca dificultad al enrollarla de las orillas	Maíz crudo, poco chiclosa	Suave, semi-lisa, con zonas de burbuja, maleable, resistente, un poco más gruesa en las orillas, delgada, poco elástica
4	De una tortilla de harina de trigo	Amarillo claro con puntos blancos, áspera, redonda, gruesa	Un poco difícil de lograr pero se enrolla bien	Un poco salada, sabe a tortilla de maíz	Es un poco áspera de los dos lados, suave
5	Masa	Granular, color amarillo claro, opaco, blando forma circular	Mala, ya que se enrolla con facilidad pero se deshace inmediatamente	Salado, a maíz	Blanda, ligeramente granular
6	Salvado	Rugoso, pálido, circular	Poca, se quiebra al enrollarse, y no se mantiene	Harinoso	Quebradiza, masticable, delgada
7	Un poco a maíz y harina	Rugoso, tortilla pálida, opaca, flexible, circular	Buena	A maíz	Cohesiva, rugosa, suave
8	Aroma característico, diferente y desagradable	café amarillento, uniforme, poco rugoso, redondo perfecto, grueso	Rollabilidad fácil	Ligeramente salado, neutro	Ligeramente duro, muy elástico, granular-forma grumos
9	Nixtamal, un poco resaltado el olor a cal	Circular, regular, amarillo-blanquecino	Buena (mientras está caliente), fría se factura	Poco sabor a maíz, no salado	Suave, Cohesividad media, poco fracturable, masticable, predominantemente lisa
10	Harina, maíz	Color amarillo muy tenue, forma redonda, lisa (pocos grumos), opaca	si se puede hacer pero no se mantiene	Harina, maíz	Suave, masticable, lisa

Tabla 10. Descriptores generados de la evaluación de las tortillas comerciales
Muestra Tortilla Marca Milpa Real Nixtamalizada

Juez	Olor	Aspecto	Rollabilidad	Sabor	Textura
1	Maíz	Amarilla, circular, suave	poca	Masa de maíz	Suave, rugosa, gruesa, masticable
2	Masa	Amarillenta, redonda, tiene partículas oscuras un poco rugosa	Se enrolla fácilmente, no se quiebra	Masa	Dura, masticable
3	Masa un poco cruda	Media cruda, poco translúcida, opaca, se le pegó la burbuja, pálida, redonda, plana, casi lisa, manejable, delgada (adecuada)	Buena, manejable	Maíz un poco crudo	Suave, casi lisa, rasposa en la orilla, maleable, delgada en general (adecuada), poca elasticidad, resistente
4	Tortilla de maíz	Redonda, el color amarillo no es muy uniforme	Es fácil enrollar	El sabor es como si no se hubiera eliminado toda la cal del nixtamalizado	Es muy áspera de ambos lados
5	Masa	Liso, color amarillo oscuro con pequeñas partículas café oscuro, blando, forma circular	Media, ya que se enrolla con facilidad, pero se mantiene solo unos segundos	Maíz	Blanda
6	Maíz	Liso, cohesivo, circular, masa	Se enrolla fácilmente y se puede mantener enrollado	masa	Lisa, masticable, amasable, gruesa
7	A maíz	Color amarilla, brillante, circular	Muy buena	Mucho mejor sabor a maíz	Suave, lisa, masuda (como cruda)
8	Aroma característico, solo encontrado en las tortillas	Amarillo-café, uniforme con puntos oscuros, redonda, rugoso, muy delgada	difícil	Nulo, con resabio dulce	Dura, áspero, poco elástico, seca
9	Maíz, poco olor a nixtamal	Circular, amarilla, regular lisa	Muy buena	Sabor a maíz	Suave, no Fracturable, masticable, cohesiva
10	Maíz, masa	Color amarillo fuerte, forma redonda, es lisa pero no muy uniforme, opaca, se ve con aspecto graso y con y otros puntos	Si se puede hacer, pero no se mantiene	Masa, (maíz), no tiene sal	Suave, masticable, lisa

Tabla 11. Descriptores generados de la evaluación de las tortillas comerciales
Muestra Tortillería supermercado Wal Mart

Juez	Olor	Aspecto	Rollabilidad	Sabor	Textura
1	Maíz	Circular, blanca	Regular	maíz	Suave, rugosa, masticable
2	Masa	Blanca, redonda, menos rugosa	Se enrolla fácilmente, no se quiebra	masa	suave, masticable, porosa
3	Masa un poco cruda	Media cruda, poco translúcida, opaca, se le pegó la burbuja, pálida, redonda, plana, casi lisa, manejable, delgada (adecuada)	Buena manejable	Maíz un poco crudo	Suave, casi lisa, rasposa en la orilla, maleable, delgada en general (adecuada), poca elasticidad, resistente
4	Tiene olor a palomitas	Blanquecina, un poco seca, redonda es	fácil de enrollar	es simple	es muy suave de ambos lados, suave
5	Maíz	Forma circular, color blanco-amarillo, con toques de color café oscuro, blando	Media, ya que se enrolla con facilidad y se mantiene unos segundos	maíz	Blanda, con la orilla un poco dura granular
6	Harina integral	Circular, liso, blanco, harina	Fácil de enrollar pero no se mantiene por sí solo	trigo	Blanda, suave, delgada, lisa, masticable
7	Mejor olor a maíz	Redonda, rugoso, flexible, blanca, opaca	bueno	insípida	Suave, lisa, seca en comparación a las otras
8	Aroma característico, solo encontrado en tortillas	Rugoso, no uniforme, café amarillento, redondo, con puntos café	Rollabilidad difícil	Neutro, resabio dulce	Suave, elástico, chicloso, pegajoso en las muelas, granular, suave-forma grumos, áspero
9	No-olor a nixtamal, olor a fritura	Circular, blanca con partes café	Muy buena (aún fría)	No tiene sabor a maíz	No Fracturable, suave, lisa, masticable, Cohesividad media
10	Maíz	Color amarillo claro con manchas cafés, es lisa un poco. Forma redonda	Fácil de hacer, no se mantiene mucho tiempo	Masa / harina	Suave, un poco polvosa, lisa, masticable, fácil de desmoronarse

Tabla 12. Descriptores generados de la evaluación de las tortillas comerciales
Muestra Tortillería Sto. Domingo Coyoacan

Juez	Olor	Aspecto	Rollabilidad	Sabor	Textura
1	Masa, maíz	Circular, rugosa, suave, amarilla	muchas	Masa de maíz	Suave, cohesiva, masticable
2	Masa	Café, tiene partículas oscuras, redonda, rugosa	Se enrolla fácilmente	masa	Muy suave, masticable, masa masuda
3	Masa un poco cruda	Media cruda, menos translúcida, opaca, se le pegó la burbuja, pálida, redonda, plana, casi lisa, manejable, delgada (adecuada)	Buena, manejable	Maíz un poco crudo	Suave, lisa, maleable, manejable, delgada (adecuada), poca elasticidad, resistente
4	De una tortilla de maíz	Amarilla, poco rugosa, suave, redonda, cocido, delgada	Es muy fácil de enrollar	Es un poco dulce	De un lado es suave mientras del otro es un poco rugosa
5	Masa	Color amarillo oscuro, forma circular, presenta puntos café oscuro, blando	Media, ya que se enrolla con facilidad y se mantiene unos segundos	maíz	Blanda, granular, orilla un poco dura
6	Masa	Circular, amarillento, cohesivo, liso, con una capa delgada encima, con puntos negros	Fácil de enrollar y se mantiene así por sí sola	masa	Suave, blanda, lisa, masticable
7	Poco a maíz	Muy rugosa con pellejo, redonda, amarillo opaco	Regular	Un poco dulce, maíz	Rugosa, suave
8	Cal	Muy rugoso, no uniforme con partes quemadas, redondo, muy delgada	Rollabilidad fácil	Maíz, dulce	Claro, poco elástico, áspero
9	Olor a cal	Circular, ligeramente amarilla	Buena	Ligero sabor a maíz	No fracturable, suave, poco rugosa, muy cohesiva, masticable, fría es quebradiza
10	No se percibe olor a harina	Color amarillo oscuro, opaco, forma redonda, se ve poco gruesa	Si se puede hacer, se mantiene por poco tiempo	masa	Suave, lisa, masticable

Se puede observar que los atributos de aspecto y textura fueron los que más descriptores presentaron, mientras que sabor y aroma fueron más escasos, siendo el sabor a maíz, masa y dulce los más mencionados. Para los aromas los más mencionados fueron maíz y masa.

Fase 2. Mediante la información proporcionada por los jueces en la sesión anterior se seleccionaron aquellos descriptores que fueron comunes entre los jueces (Tabla 13) para hacer la selección de los mismos se evaluaron los descriptores con ayuda de los estándares (tabla 14), los cuales sirvieron de apoyo para el reconocimiento de cada uno de los atributos encontrados en las tortillas.

En esta fase, se evaluaron dos muestras de tortilla comercial (Tortilla Milpa Real y Tortillería del Barrio Guadalupe Delegación Xochimilco), en frío y en caliente, se les pidió a los jueces que anotaran con respecto a los estándares que atributos percibían en las muestras, obteniéndose 22 descriptores que posteriormente fueron evaluados en muestras comerciales (Tabla 15).

Tabla 13. Descriptores seleccionados de la evaluación tortillas comerciales

OLOR	ASPECTO	SABOR	ROLLABILIDAD	TEXTURA
*Masa, harina, *maíz, olote, salvado, cal,	*Color, * forma circular, opaca, *rugosas, lisas, *heterogéneo, puntos, *sólido, cohesivo, *secas, compacto, grosor, tamaño regular	*Masa, *maíz, *dulce, insípido, salado, cal, resabio	*Se puede clasificar en alta, media, baja. Se clasifica dentro de textura	quebradiza→Fractu rable, adhesivo, *masticable, Cohesividad, rugosidad, humedad

*característica común en todas las muestras

Tabla 14. Estándares empleados para reconocimientos de los descriptores generados por el panel

OLOR	SABOR	TEXTURA	ASPECTO
Masa fresca	Dulce solución de sacarosa Mínimo 0.45% Máximo 2%	Fracturabilidad Mínimo tortilla fresca fría Máximo tostada	Color Mínimo tortilla blanca Máximo tortilla amarilla
Cal humedecida	Salado Solución de NaCl Mínimo 0.046% Máximo 1%	Humedad Mínimo tortilla de 1 día antes, la cual al calentar se endurecía Máximo tortilla humedecida (por introducción en bolsa de plástico)	Opaca Mínimo Tortilla TMR Máximo Tortilla de tortillería
Harina de trigo húmeda	Cal Solución de cal 0.1%	Rollabilidad Mínimo Tortillas del día, en frío y caliente Máximo Tortillas de un día antes, en frío y caliente Cohesivo	Compacto Mínimo tortilla Milpa Real Máximo tortilla hecha a mano
Harina de maíz húmeda		Mínimo tortilla de tortillería del día Máximo tortilla de la tortillería de un día antes Seca	Mínimo tortilla de tortillería Máximo tortilla Milpa Real Presencia de capa
		Mínimo tortilla de tortillería del día Máximo tortilla tortillería de un día antes Grosor (medición con vernier)	Mínimo tortilla Milpa Real Máximo tortilla de tortillería (caliente)
		Mínimo Tortilla de tortillería y tortilla Milpa Real Máximo Tortilla hecha a mano	
		Rugosa	
		Mínimo Tortilla Milpa Real Máximo Tortilla hecha a mano	
		Heterogénea	
		Mínimo tortilla Milpa Real Máximo tortillería	

Tabla 15. Primeros descriptores evaluados en la sesión de entrenamiento del método QDA

Olor	Sabor	Textura	Aspecto
Olor masa Olor cal Olor harina de maíz	Sabor dulce Sabor masa Sabor salado Sabor cal Resabio masa Insípido	Fracturabilidad Humedad Rollabilidad Rugosidad Cohesivo	Opaca Lisa Heterogéneo Compacto Puntos de maíz Cohesivo Seca Grosor Color

Fase 3. Se establecieron escalas de medición de 10 puntos siendo el número 1 la percepción más baja, el número 5 la intermedia y el número 10 la más alta, se evaluaron muestras de tortilla aplicando la escala establecida (CUESTIONARIO 5, ANEXO 9). Se evaluaron los 22 descriptores seleccionados en la fase anterior en tres muestras de tortilla comercial (Milpa Real, Tortillería supermercado Wal Mart, y tortillería Colonia Sto. Domingo Coyoacan).

7.6.1 Primera evaluación de tortillas

En la primera evaluación de tortillas posterior a la definición de atributos y escala de evaluación, se presentaron coeficientes de variación (CV) muy altos, debido a la gran dispersión con la que los jueces usaban las escalas. Esto se esperaba ya que se trataba de la primera prueba de cuantificación y el panel no se encontraba familiarizado con la cuantificación de los atributos así como del uso de la escala. En los atributos de aspecto (figura 8) se obtuvieron CV del 70% (para el atributo seca), teniendo CV de entre el 40 y 50% para los atributos opaca, heterogéneo y compacto. Para el caso del grosor CV resultó alrededor del 30% por tratarse de una característica de fácil percepción por parte del panel (Figura 11).

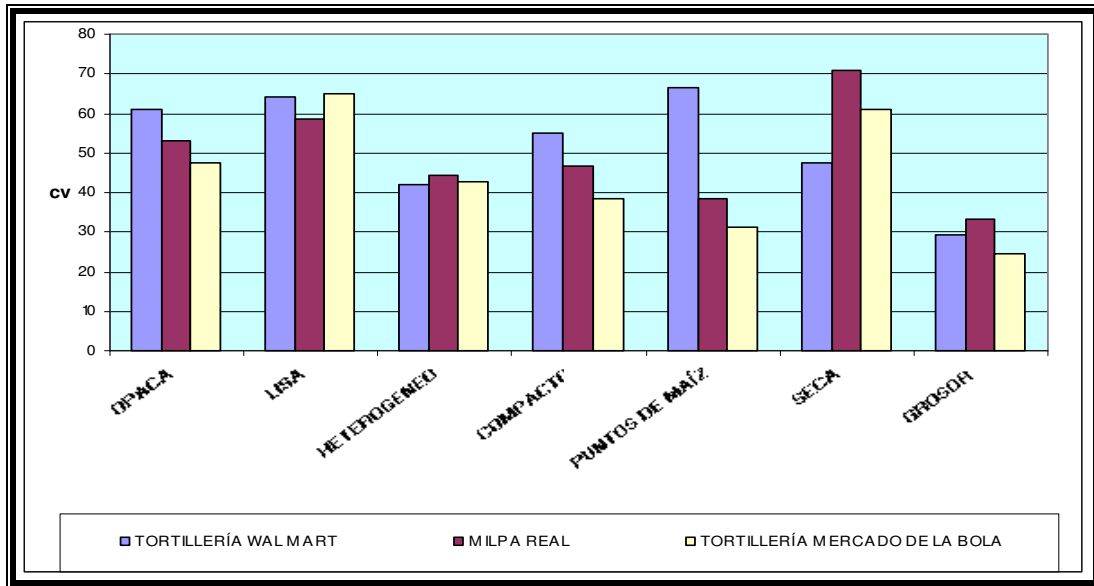


Figura 11. Parámetros de aspecto de tortillas comerciales

Para la textura, se presentaron CV muy altos del 80% para los atributos adhesivo y fracturabilidad, ya que son los atributos con los que no se está familiarizado y que en otros estudios también se ha observado son de los más difíciles de evaluar y por tanto requieren de un entrenamiento (Severiano 2002, Jardón 2006, Utrera 2007); para los descriptores humedad, rollabilidad y rugosidad, se presentaron CV cercanos al 50% (figura 12)

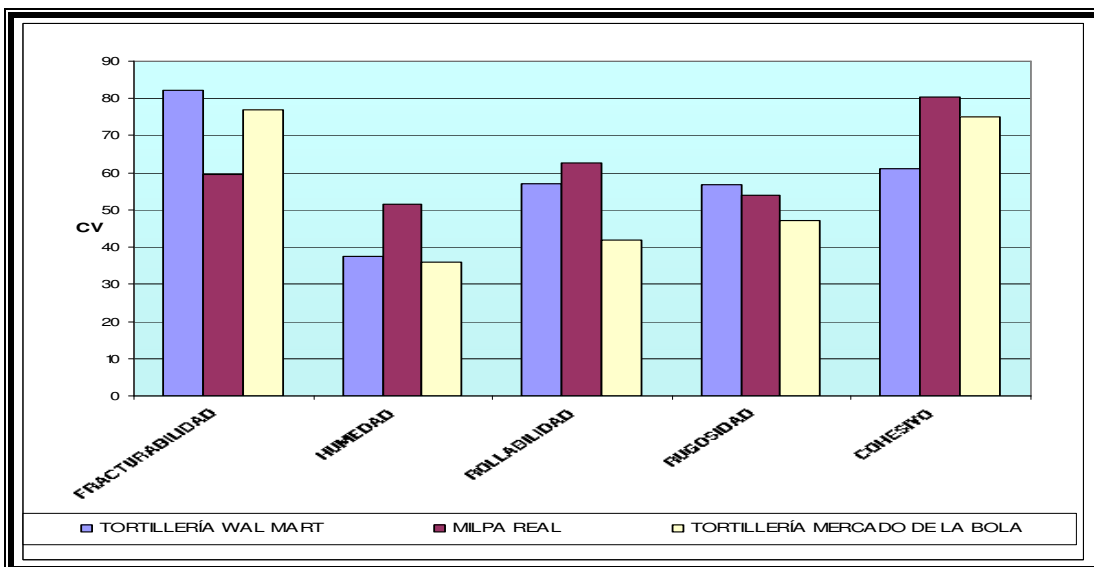


Figura 12. Parámetros de textura de tortillas comerciales

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIETADES DE MAÍZ

Los parámetros de sabor fueron los que presentaron mayor variabilidad ya que por ejemplo el sabor a cal varió entre 37% para la muestra de Wal Mart hasta el 92% para la muestra de tortillería de la Colonia Sto. Domingo Coyoacan, variaciones similares se observaron para los atributos resabio a masa e insípido, en tanto sabor salado fue el que presentó un CV de alrededor del 50% (figura 13).

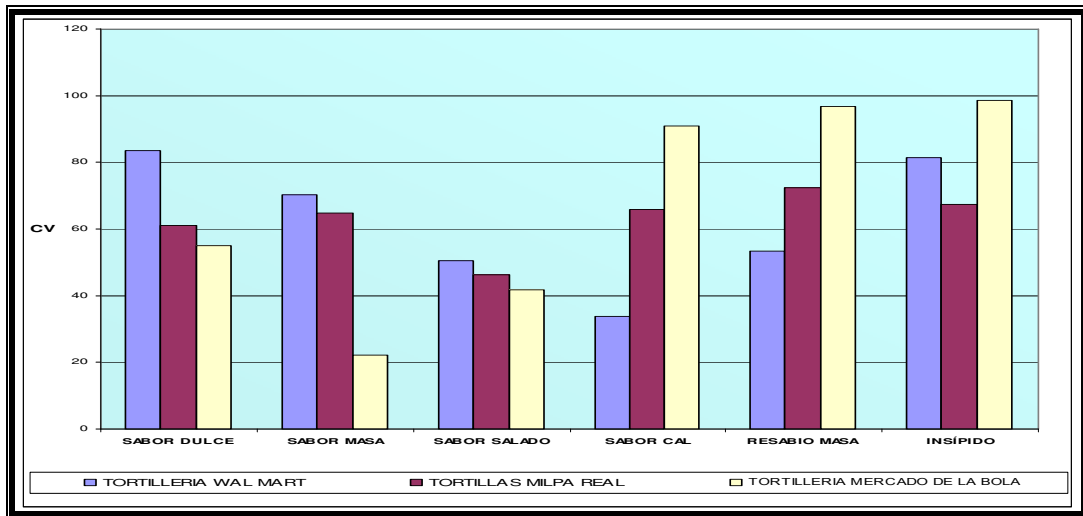


Figura 13. Parámetros de sabor de tortillas comerciales

Se observa lo mismo para los parámetros de olor, en los cuales también se obtienen CV demasiado altos, siendo la muestra del mercado de la bola, la que presenta una mayor dispersión para el olor a masa con un CV cercano al 30% en comparación con la muestra del Wal Mart, la cual presentó un CV de hasta el 70% (Figura 14).

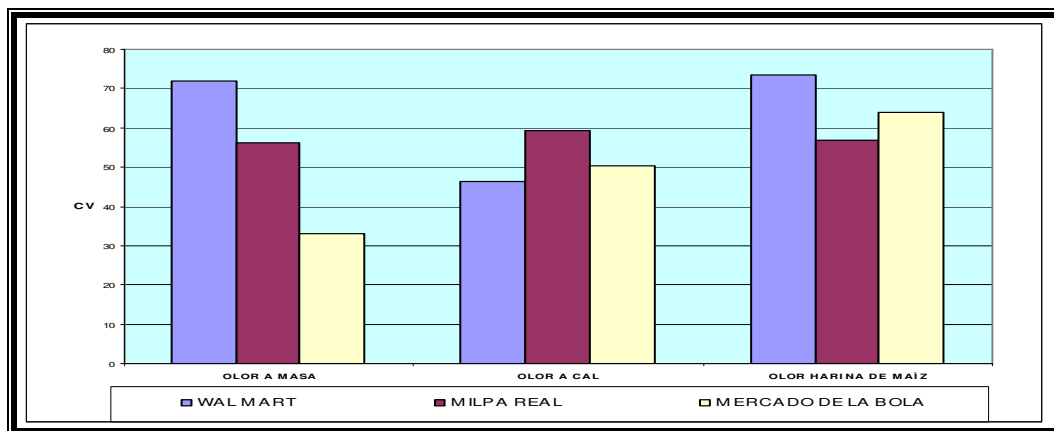


Figura 14. Parámetros de olor de tortillas comerciales

De las continuas sesiones grupales donde se analizaban los resultados y se revisaban las dificultades que se presentaban en el anclaje de las escalas para la evaluación de los atributos, se llegó a un consenso y se establecieron los atributos finales, ya que se observó que algunos como: Lisa, seca e insípido, podían ser tomados como referencias para los extremos en las escalas de cuantificación, y se estableció cambiar el atributo Heterogéneo por Homogéneo; además de los atributos de textura: Fracturabilidad, Humedad, Rollabilidad y Rugosidad, definieron otros atributos de textura importantes de evaluar que aparecían de manera constante en las tortillas como: Dureza, Masticabilidad y Adhesivo, que eran característicos en éste tipo de productos (tabla 16).

Tabla 16. Descriptores finales para la evaluación de las muestras

Olor	Sabor	Textura	Aspecto
Olor masa Olor cal Olor harina de maíz	Sabor dulce Sabor masa Sabor salado Sabor cal Resabio masa	Rollabilidad Fracturabilidad Humedad Rugosidad Cohesivo *Dureza *Masticabilidad *Adhesivo	Presencia de capa Homogéneo Color

***Atributos que se anexaron para la evaluación**

Una vez que en sesión grupal el panel estableció los descriptores finales a evaluar y las referencias (empleando dos tortillas comerciales para establecer los valores mínimos y máximos en la escala de cuantificación, muestras Milpa Real y Tortillería Sto. Domingo Coyoacan), así como las definiciones para cada atributo (Tabla 7, ANEXO 14); se evaluaron dos tortillas comerciales, en las cuales se obtuvieron coeficientes de variación (CV) más bajos en comparación con la primera evaluación. El uso de las referencias ayudó a anclar las escalas con lo cual los jueces empezaron a evaluar de manera homogénea.

7.6.2 .Evaluaciones con la aplicación de los atributos finales

La evaluación de las tortillas comerciales Milpa Real y Tortillería Sto. Domingo Coyoacan presentaron CV más bajos. Los resultados de la evaluación de la apariencia que incluye 3 atributos (Presencia de capa, Homogéneo y Color) se observó que presencia de capa presentó CV entre el 40 y 45%, en tanto homogéneo presentó un CV de alrededor del 30% (Figura 15).

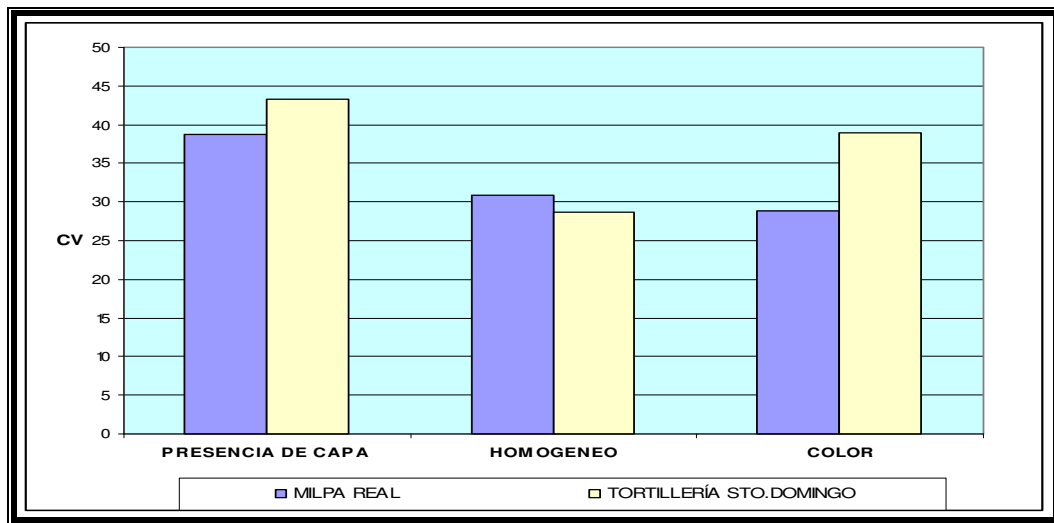


Figura 15. Parámetros de aspecto de tortillas comerciales, evaluándose los descriptores finales

Los atributos de textura que se cuantificaron en la primera evaluación eran 5, para la segunda evaluación se cuantificaron 8, incluyéndose Dureza, Masticabilidad y Adhesivo. En general para todos los atributos se observó un CV menor que la primera evaluación, disminuyendo en fracturabilidad y cohesivo.

La rollabilidad fue la que presentó el menor CV pasando del 60% a un valor por abajo del 20%. Los descriptores de textura evaluados fueron adhesivo, masticabilidad y dureza, los cuales a pesar de no haber sido evaluados en la primera evaluación, presentaron CV de alrededor del 30 y 40% (Figura 16).

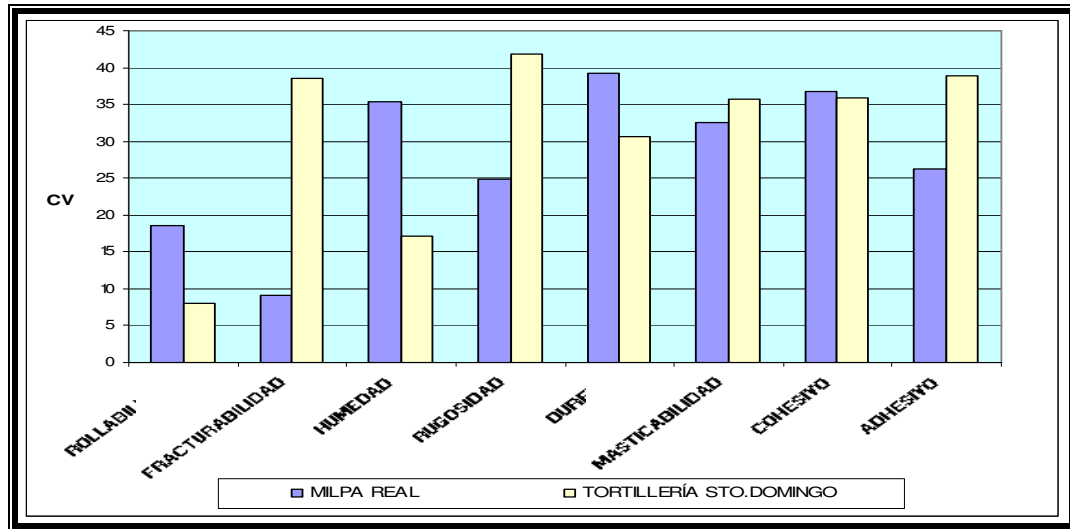


Figura 16. Parámetros de textura de tortillas comerciales, evaluándose los descriptores finales

Los parámetros de sabor en general disminuyeron pasando del 80% al 40 y 45% en las evaluaciones posteriores donde se emplearon referencias para la cuantificación, para el sabor a masa y sabor salado se obtuvieron CV de alrededor del 35%, siendo el más notorio el resabio a masa que pasó de valores de CV cercanos al 100% en la primera evaluación a valores del 35% (Figura 17).

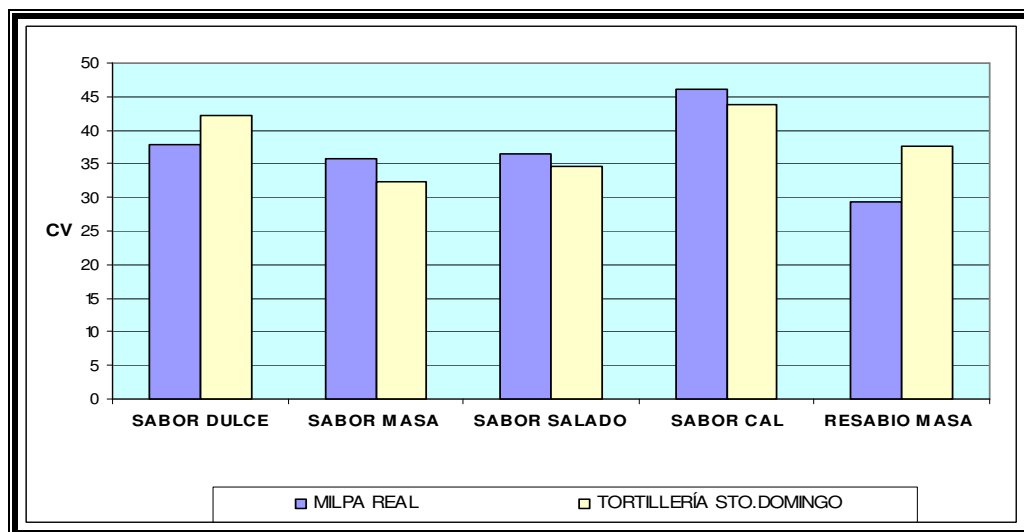


Figura 17. Parámetros de sabor de tortillas comerciales, evaluándose los descriptores finales

Los parámetros de olor resultaron para la segunda evaluación con CV más bajos al emplear los estándares como referencia, ya que ayudaron al panel a establecer los extremos de la escala de cuantificación, dando como resultado una baja variabilidad; se obtuvo para el olor masa CV cercanos al 20% y el olor a cal presentó CV cercanos al 45% (Figura 18).

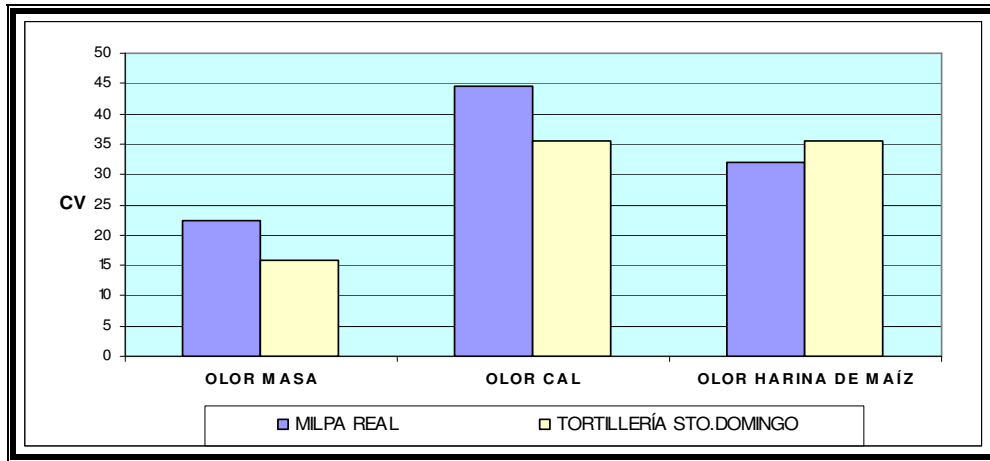


Figura 18. Parámetros de olor de tortillas comerciales, evaluándose los descriptores finales

En esta tercera fase se pudo observar claramente como el uso de estándares de referencia ayudo a anclar las escalas disminuyendo con ello para todos los parámetros los CV.

Fase 4. En las primeras evaluaciones se tenían agrupados los descriptores en olor, sabor, textura y aspecto (CUESTIONARIO 5, ANEXO 9) éste orden ocasionaba una variación muy alta en los resultados, por lo que en sesión grupal los jueces acordaron evaluar los descriptores en el orden siguiente: rollabilidad, fracturabilidad, humedad, rugosidad, presencia de capa, olor a masa, olor a cal, olor harina de maíz, color, homogéneo, dureza, masticabilidad, cohesivo, adhesivo, sabor dulce, sabor a masa, sabor salado, sabor a cal y resabio a masa (CUESTIONARIO 6 ANEXO 10). El cambio en el orden de cuantificación de los descriptores resultó en coeficientes de variación cercanos al 40%, lo cual demuestra que los jueces comenzaban a tener mayor dominio

de las escalas y de los extremos de cuantificación, ya que el valor de coeficiente de variación que se considera aceptable para tener un panel entrenado es del 35%, el cual habría de obtenerse en el transcurso del entrenamiento (Figuras 19, 20, 21, 22). El uso de estándares y la familiarización de los jueces con la metodología se vieron reflejados en la disminución de los coeficientes de variación (CV).

7.6.3 Evaluaciones posteriores

En las evaluaciones posteriores transcurridos tres meses de iniciado el entrenamiento, se obtuvieron CV por abajo del 30% en los parámetros de aspecto, por lo que ya no era necesario el ajuste en la escala, ya que ésta se encontraba anclada ya que los jueces habían establecido las escalas de cuantificación con sus respectivos estándares de referencia (Figura 19).

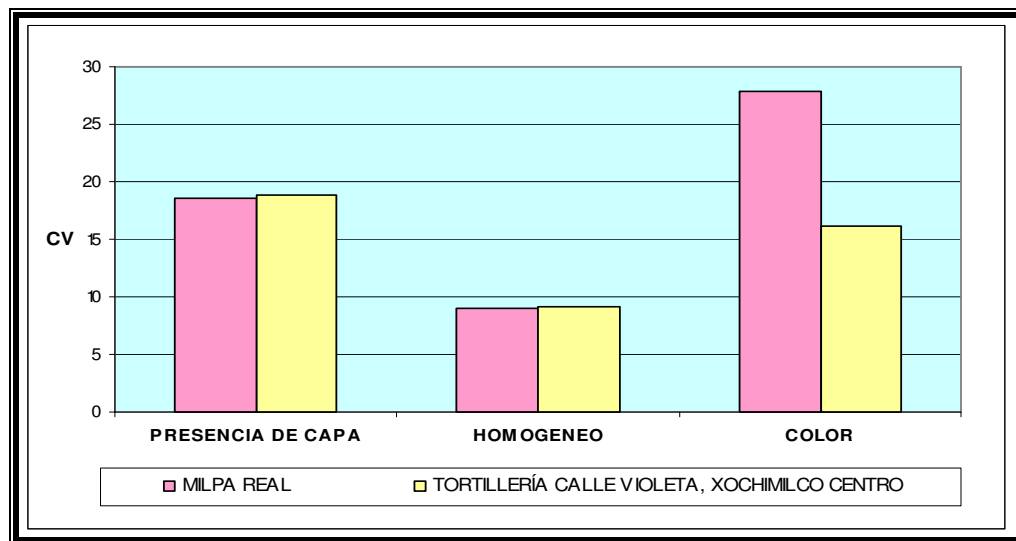


Figura 19. Parámetros de aspecto en tortillas comerciales evaluando los descriptores finales y el orden de evaluación

En los parámetros de textura, se observó para la rollabilidad CV cercanos al 15 %, lo que hace suponer que el panel tenía anclada la escala de cuantificación para éste atributo; en tanto dureza, masticabilidad, cohesivo y adhesivo, presentaron valores del

CV por abajo del 30%, por lo que el panel se encontraba familiarizado con su cuantificación; faltarían por ser ajustados los atributos fracturabilidad, humedad y rugosidad, ya que los CV se encontraron por arriba del 35% que es el valor límite esperado en la variabilidad (figura 20).

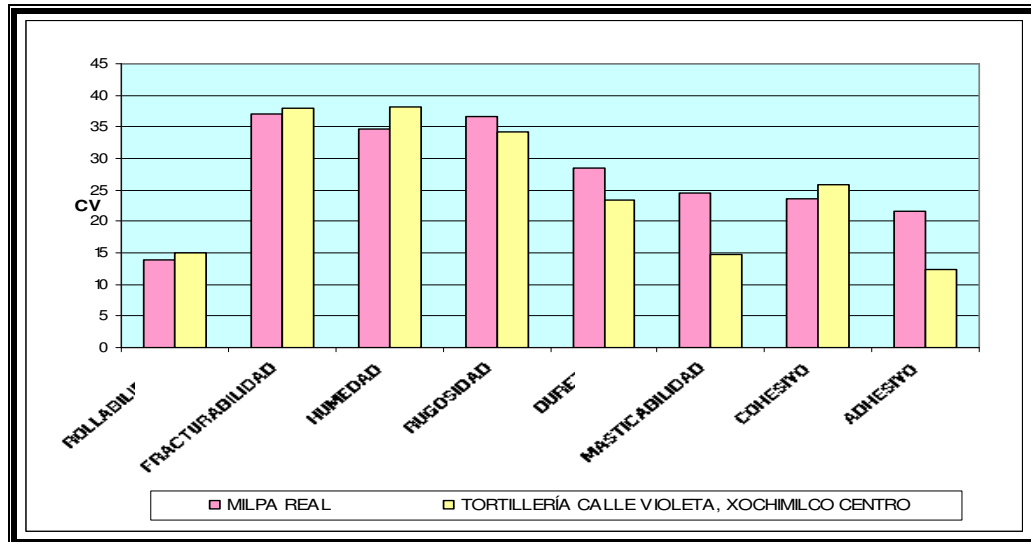


Figura 20. Parámetros de textura en tortillas comerciales evaluando los descriptores finales y el orden de evaluación

Para los parámetros de sabor resultaron con CV por abajo del 30% sabor dulce, sabor masa y sabor cal, en tanto sabor salado que presentó CV del 40% era necesario el ajuste, ya que se dificultó más debido a que se presenta en una nota baja (Figura21).

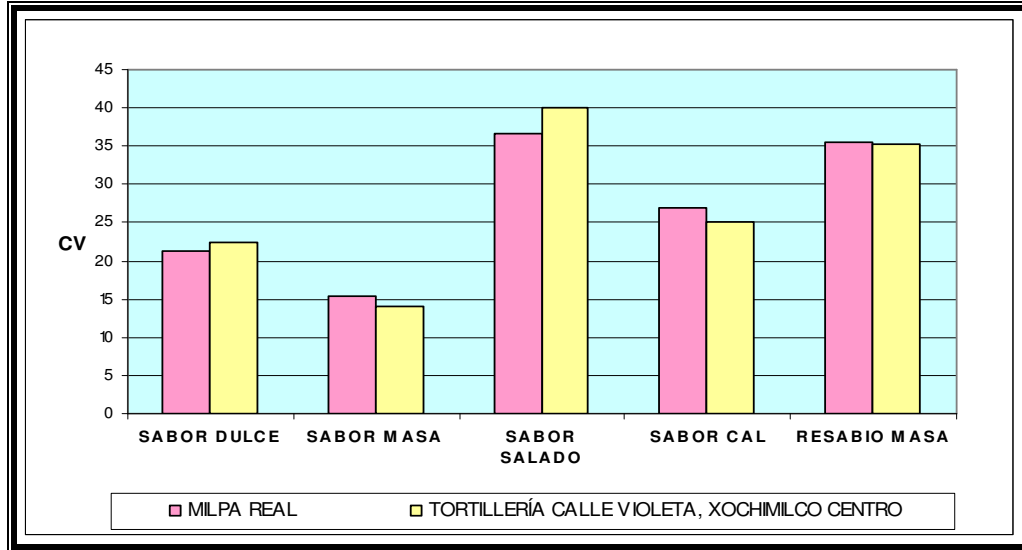


Figura 21. Parámetros de sabor en tortillas comerciales evaluando los descriptores finales y el orden de evaluación

Los parámetros de olor en los cuales el panel no presentó problema fueron olor a masa con un CV del 15%, olor a cal con un CV por abajo del 35%, siendo olor harina de maíz que aún necesitaba ajustarse, ya que se encontró aún por arriba del esperado (Figura 22).

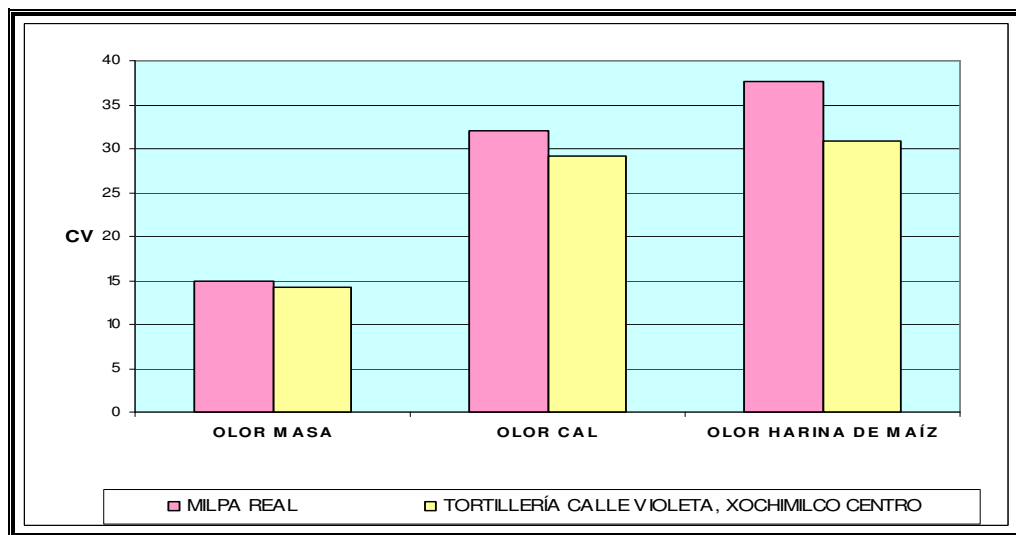


Figura 22. Parámetros de olor en tortillas comerciales evaluando los descriptores finales y el orden de evaluación

Fase 5. Para esta etapa los coeficientes de variación resultaron ser cercanos o menores al 35%, por lo que se consideró que el panel se encontraba entrenado y listo para

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIETADES DE MAÍZ

evaluar las muestras experimentales y comerciales, aplicando la cuantificación de los descriptores de acuerdo a lo establecido por el panel (Tabla 7 ANEXO 14)

El número de muestras experimentales que se evaluaron durante el estudio el estudio fueron: 8 muestras de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco, 5 de maíz azul y 3 de maíz rojo.

Una vez que el panel se encontraba entrenado para la evaluación de las tortillas blancas, se generaron los descriptores a evaluar en tortillas azules y tortillas rojas (Tabla 5 y 6, ANEXOS 3 y 4), que de acuerdo a estos, el panel estableció cuantificar para las muestras de maíz azul y rojo 18 descriptores (Tablas 17 y 18),

Tabla 17. Descriptores evaluados en las tortillas nixtamalizadas de maíz azul

Olor	Sabor	Textura	Aspecto
Olor a masa Olor a cal Sensación de sequedad	Sabor dulce Sabor a masa azul Resabio a masa	Rollabilidad Fracturabilidad Humedad Rugosidad Dureza Masticabilidad Cohesivo Adhesivo	Presencia de capa Color Presencia de puntos amarillos Presencia de puntos azules

Tabla 18. Descriptores evaluados en las tortillas nixtamalizadas de maíz rojo

Olor	Sabor	Textura	Aspecto
Olor masa Olor cal Olor harina de maíz	Sabor dulce Sabor masa Sabor salado Sabor cal Resabio masa	Fracturabilidad Humedad Rollabilidad Rugosidad Dureza Masticabilidad	Presencia de capa Homogéneo Cohesivo Adhesivo Color

7.6.4 RESULTADOS TORTILLAS BLANCAS

7.6.4.1 Análisis estadístico de los atributos de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco.

Presencia de capa

Los resultados de la evaluación de los parámetros de aspecto, se muestran en la Figura 23. En ella se puede observar que los jueces detectaron que las muestras de tortillas se pueden agrupar en cuatro grupos que no presentaron diferencia estadísticamente significativa; las muestras que tuvieron la menor presencia de capa fueron EXPB, TMR y TC VX, seguida de la muestra TSDC y HMIB, las cuales fueron significativamente diferentes entre sí y finalmente las muestras con la mayor presencia de capa fueron HMAB, HMMXB y TMSM. Es importante mencionar que dos de las tres muestras hecha a mano fueron iguales en éste atributo presentando mayor capa (HMAB y HMMXB), mientras que en general, las muestras de tortillería fueron las que presentaron menor formación de capa.

Color

Las tortillas presentan variaciones en la intensidad de color (Tabla 19) que va de una tonalidad amarillo claro sin llegar al blanco como un valor mínimo para la muestra TMR y a un valor máximo de tonalidad, para la muestra TSDC. Para éste parámetro las muestras que no presentaron una diferencia estadísticamente significativa fueron la EXPB, la HMIB, y la HMAB, las cuales presentaron el mismo color con una intensidad intermedia. Entre las muestras TMR y TC VX, tampoco se presentaron diferencias estadísticamente significativas, teniendo un color cercano al blanco.

Las muestras que presentaron un color más intenso fueron la de las TSDC y esta diferencia fue estadísticamente significativa del TMSM; en general los jueces fueron capaces de identificar las diferencias en color entre muestras de establecimientos con aquellas que se elaboran a mano.

Homogéneo

En éste aspecto las muestras que no presentaron diferencia estadísticamente significativa fueron las muestras EXPB, TMR y la TSDC que a su vez resultaron ser diferentes del resto de las muestras.

Las muestras que de acuerdo al análisis estadístico presentaron irregularidades en la superficie de la cara principal de la tortilla (detectada de forma táctil de acuerdo a lo establecido por los jueces) fueron la HMIB, HMAB y HMMXB, las cuales presentaron diferencia estadísticamente significativa entre sí y una homogeneidad intermedia. La muestra de la TCVX no presentó irregularidades, es decir, fue la más homogénea, mientras que la de la TMSM fue la más irregular. Es importante indicar que la presencia de defectos en la superficie de la tortilla es independiente de la forma de elaboración, lo cual se observa en los resultados obtenidos.

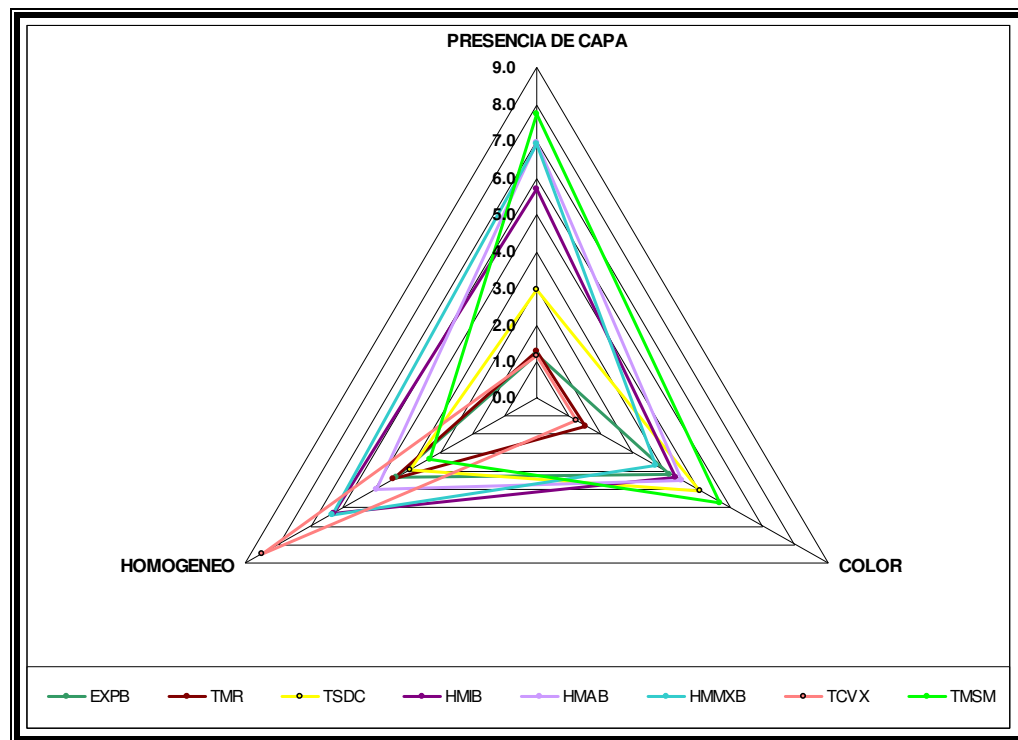


Figura 23. Parámetros de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPB= Experimental 0,44% cal, Blanca; TMR= Tortilla Milpa Real; TSDC= Tortillería Sto. Domingo Coyoacan; HMIB= Hecha a mano Iglesia San Mateo Xalpa Xochimilco, Blanca; HMAB= Hecha a mano Sra. Aurora San Mateo Xalpa Xochimilco, Blanca; HMMXB=Hecha a mano mercado Xochimilco Centro, Blanca; TCVX= Tortillería calle Violeta Xochimilco Centro; TMSM= Tortillería mercado San Mateo Xalpa, Xochimilco

Tabla 19. Resultados de los atributos de aspecto para las tortillas nixtamalizadas de maíz blanco

Número de muestra	Clave	Muestra	Presencia de capa	Color	Homogéneo
1	EXPB	Experimental 0,44% cal Blanca	1.2 ^a	4.1 ^{bc}	4.3 ^{ab}
2	TMR	Milpa Real	1.3 ^a	1.5 ^a	4.4 ^{ab}
3	TSDC	Tortillería Sto. Domingo, Coyoacan	3.0 ^b	5.0 ^{cd}	3.9 ^{ab}
4	HMIB	Hecha a mano Iglesia, San Mateo Xalpa, Xochimilco. Blanca	5.7 ^c	4.3 ^{bc}	6.3 ^{cd}
5	HMAB	Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco. Blanca	6.9 ^d	4.5 ^{bc}	4.9 ^{bc}
6	HMMXB	Hecha a mano mercado Xochimilco Centro Blanca	6.9 ^d	3.7 ^b	6.3 ^d
7	TCVX	Tortillería calle Violeta; Xochimilco	1.2 ^a	1.2 ^a	8.5 ^e
8	TMSM	Tortillería mercado San Mateo Xalpa, Xochimilco.	7.7 ^d	5.7 ^d	3.3 ^a

^{abcd} Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de aspecto de las diferentes muestras en una columna

7.6.4.2 Análisis estadístico de los atributos de Textura de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco

Rollabilidad

En éste tipo de producto alimenticio lo primero que se nota como una de sus características principales es la rollabilidad, para este atributo se ha propuesto como forma de medición el enrollar la tortilla en una varilla de vidrio de 2 cm de diámetro, midiendo el grado de rompimiento de la tortilla de forma subjetiva utilizando una escala del 1 al 5, donde 1 correspondió a un rompimiento de 0%, 2, a un rompimiento de 1 a 25%, 3, de 26 a 50%, 4, de 51 a 57% y 5 desde 76 a 100% de rompimiento de la longitud de la tortilla (Arámbula et al, 2001); en el caso particular de la evaluación sensorial llevada a cabo, el panel estableció la medición de éste parámetro como la facilidad de las tortillas para enrollarlas al ser deslizada entre las manos (ANEXO 13).

De acuerdo al análisis estadístico de las muestras evaluadas se obtuvo que la muestra con menor rollabilidad fue la HMAB seguida de la EXPB siendo estadísticamente diferentes, mientras que la muestra con mayor rollabilidad fue la de la TSDC, no existiendo diferencia clara entre el resto de las muestras, es importante mencionar que todas las muestras excepto la muestra HMAB, presentaron una alta rollabilidad con calificaciones superiores a 8, es decir, los jueces las detectaron como fácilmente enrollables (Tabla 20).

Fracturabilidad

Para el grado de rompimiento de la tortilla al hacerla taco, estadísticamente se obtuvo que las muestras TMR, HMIB, HMMXB y TCVX presentaron la misma fracturabilidad calificada por los jueces como baja, las muestras HMAB y TMSM, también presentan una baja intensidad en éste atributo pero resultaron ser estadísticamente diferentes a las 4 muestras antes mencionadas. Las muestras EXPB y TSDC fueron estadísticamente más fracturables. Es importante notar que para este atributo la intensidad del mismo estuvo en intensidades bajas ya que ninguna de las muestras recibió la calificación de 5 que indicaba la intensidad media de éste atributo. Este resultado era esperado ya que se espera que las tortillas presenten una baja fracturabilidad (Tabla 20).

Humedad

La muestra que presentó la menor humedad fue la EXPB, coincidiendo que fue además de las más fracturables, sin embargo la muestra HMMXB, que también presenta una baja humedad, resultó ser poco fracturable.

Las tortillas que no presentaron diferencia en la humedad fueron TMR, HMIB, HMAB y TMSM siendo que ninguna de ellas recibió una puntuación mayor a 3.5, es decir, todas ellas también presentan baja humedad, la muestra más húmeda fue de la TSDC y también es la que presenta alta fracturabilidad, esto se puede deber a que al ser muestras más delgadas se enfrían más rápidamente y esto pudo provocar que se evaluaran como más fracturables (Tabla 20).

Rugosidad

En este atributo se observó una alta variabilidad siendo todas las muestras diferentes a excepción de la HMIB y TMSM, de ellas las más rugosas fueron la EXPB con la TCVX y la menos rugosa la TMR, coincidiendo que fue la muestra con alta humedad así como la más delgada (Tabla 20).

Dureza

Las muestras menos duras fueron TMR, TSDC y TCVX siendo todas ellas muestras delgadas y similares en aspecto, mientras que las muestras HMIB, HMMXB y TMSM fueron estadísticamente más duras que las anteriores y a su vez las muestras EXPB y HMAB fueron las más duras de todas, esto se pudo deber a que ambas fueron muestras hechas a mano. En todos los casos se observa que las muestras de tortilla tuvieron una dureza baja (Tabla 20).

Masticabilidad

La menor masticabilidad la presentó la muestra TCVX seguida de las muestras EXPB, HMIB y de la TMSM que a su vez resultaron ser diferentes con las muestras TMR, TSDC y HMMXB. La muestra HMAB, resultó como la más masticable, siendo la que presentó una mayor dureza, lo cual puede deberse a que las muestras hechas a mano presentaron un mayor grosor. La masticabilidad fue definida como la facilidad de la tortilla para ser fragmentada, formar el bolo alimenticio y ser deglutida, los resultados mostraron que en las tortillas este atributo se encontró en valores bajos a medios en la escala de cuantificación, y esto es de acuerdo a la humedad que pudiese estar presente en la muestra al ser evaluada, ya que a una baja humedad en la tortilla implicaba más tiempo en ser masticada, de ahí la importancia de que las muestras se evaluaran al momento de la compra (Tabla 20).

Cohesivo

La cohesividad de las tortillas se evaluó como el grado de unión de los fragmentos de tortilla al ser mordida, en general no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, sólo la muestra HMAB que resultó ser la de mayor cohesividad con

respecto a las demás muestras, además de ser la muestra que presentó una mayor masticabilidad y dureza (Tabla 20).

Adhesivo

Las muestras EXPB, TSDC y TCVX, presentaron la misma adhesividad al igual que la muestras TMR y HMMXB, que a su vez resultaron diferentes con respecto a las muestras HMIB, HMAB y TMSM.

De las muestras evaluadas el panel percibió como la muestras de menos adhesividad la HMIB y como la de mayor adhesividad la HMAB. Las adhesividades cuantificadas fueron bajas al presentar valores por debajo de 2.

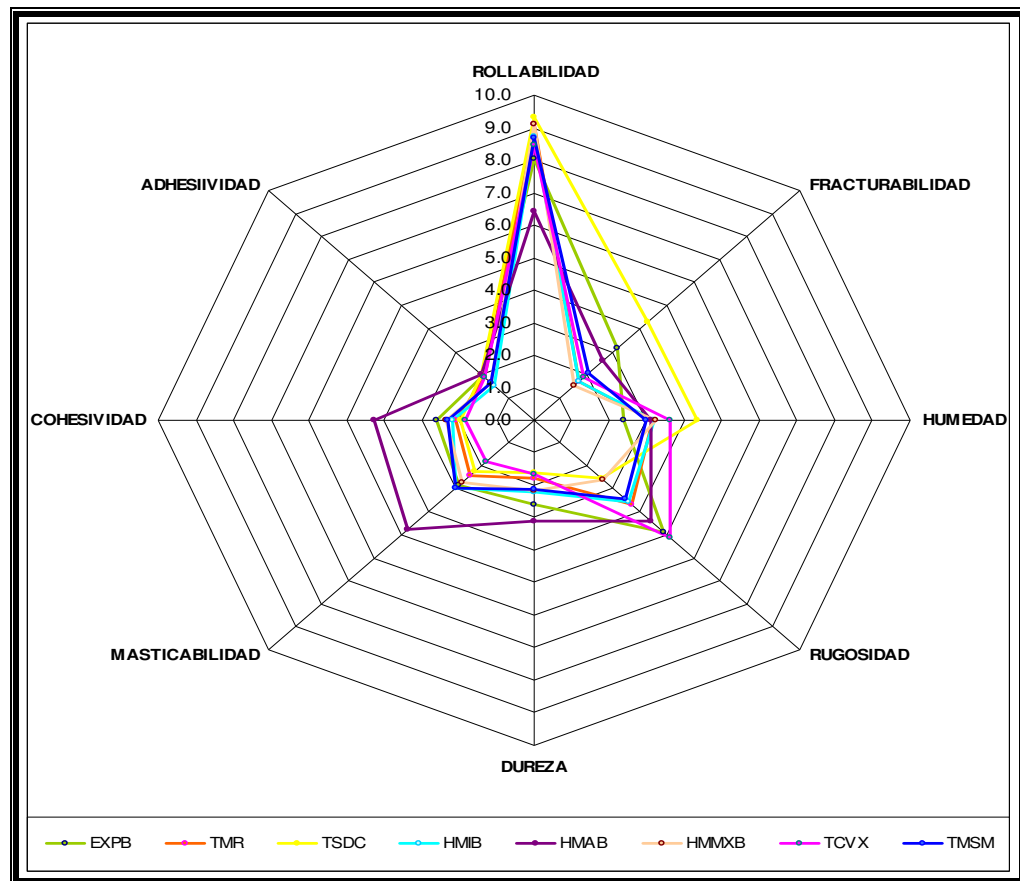


Figura 24. Parámetros de textura de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPB= Experimental 0,44% cal, Blanca; TMR=Tortilla Milpa Real; TSDC= Tortillería Sto. Domingo Coyoacan; HMIB=Hecha a mano Iglesia San Mateo Xalpa Xochimilco, Blanca; HMAB=Hecha a mano Sra. Aurora San Mateo Xalpa Xochimilco, Blanca; HMMXB=Hecha a mano mercado Xochimilco Centro, Blanca; TCVX=Tortillería calle Violeta Xochimilco Centro; TMSM=Tortillería mercado San Mateo Xalpa, Xochimilco.

En general el panel percibió la muestra de la TSDC, como la más fracturable a pesar de presentar una alta rollabilidad y una mayor humedad. En tanto la muestra HMAB se percibió como la de mayor masticabilidad y cohesividad. La muestra de la TCVX fue en comparación de las demás muestras la más rugosa. En tanto la adhesividad se observa que las muestras resultaron ser iguales entre sí (Figura 24).

Tabla 20. Resultados de los atributos de Textura para las tortillas nixtamalizadas de maíz blanco

Número de muestra	Clave	Muestra	Rollabilidad	Fracturabilidad	Humedad	Rugosidad	Dureza	Masticabilidad	Cohesivo	Adhesivo
1	EXPB	Experimental 0,44% cal Blanca	8.0 ^b	3.1 ^c	2.4 ^a	4.9 ^d	2.6 ^{bc}	2.8 ^b	2.6 ^a	1.9 ^{bc}
2	TMR	Milpa Real	9.1 ^{cd}	1.7 ^a	3.2 ^{ab}	3.6 ^{bc}	1.8 ^a	2.4 ^{ab}	2.1 ^a	1.9 ^{abc}
3	TSDC	Tortillería Sto. Domingo, Coyoacan	9.3 ^d	4.2 ^d	4.3 ^c	2.5 ^a	1.6 ^a	2.2 ^{ab}	2.0 ^a	1.9 ^{bc}
4	HMIB	Hecha a mano Iglesia, San Mateo Xalpa, X. Blanca	8.7 ^{bcd}	1.7 ^a	3.2 ^{ab}	3.5 ^{abc}	2.2 ^{ab}	2.9 ^b	2.2 ^a	1.5 ^a
5	HMAB	Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, X. Blanca	6.4 ^a	2.6 ^{ab}	3.1 ^{ab}	4.4 ^{cd}	3.1 ^c	4.8 ^c	4.2 ^b	2.0 ^c
6	HMMXB	Hecha a mano mercado Xochimilco Centro Blanca	9.1 ^{cd}	1.5 ^a	3.2 ^b	2.6 ^{ab}	2.2 ^{ab}	2.7 ^{ab}	2.4 ^a	1.6 ^{abc}
7	TCVX	Tortillería calle Violeta; Xochimilco	8.5 ^{bc}	1.9 ^a	3.6 ^{bc}	5.1 ^d	1.6 ^a	1.8 ^a	1.8 ^a	1.9 ^{bc}
8	TMSM	Tortillería mercado San Mateo Xalpa, Xochimilco	8.7 ^{bcd}	2.0 ^{ab}	3.0 ^{ab}	3.4 ^{abc}	2.1 ^{ab}	3.0 ^b	2.3 ^a	1.6 ^{ab}

^{abcd} Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de textura de las diferentes muestras en una columna

7.6.4.3 Análisis estadístico de los atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco

Olor a masa

Para este atributo la muestra TCVX presentó una baja intensidad para el olor a masa seguida de la muestra TMR, las cuales a su vez fueron diferentes, en tanto la muestra que presentó una mayor intensidad de olor a masa fue la TSDC que a su vez fue diferente a todas las muestras. La intensidad del Olor a masa es independiente de la forma de elaboración de la tortilla ya que se presentaron muestras sin diferencia a pesar de tratarse de tortillas de establecimientos (tortillería) y elaboradas de manera tradicional (Hechas a mano) que es el caso que se observó en las muestras HMAB, HMMXB y TMSM (Tabla 21).

Olor a cal

Para éste atributo la muestra que presentó una mayor intensidad fue de la TSDC, al presentar un valor de cuantificación del panel por arriba de 4, siendo la tortilla EXPB la que presentó una baja percepción para éste olor, a su vez estas muestras fueron diferentes entre sí y del resto de las muestras evaluadas. Los valores de cuantificación de 1.5 los obtuvieron las muestras que no presentaron diferencia las cuales fueron TMR, HMIB, HMAB, HMMXB y TCVX. Si se considera que la nota a cal la da la concentración de cal empleada para el proceso de nixtamalización, puede pensarse que las concentraciones de cal empleadas en estos casos fueron cercanas por lo que no se detectaron diferencias (Tabla 21).

Olor harina de maíz

La intensidad más baja percibida de éste atributo fue en la muestra EXPB, seguida de la muestra TSDC, HMMXB y TMSM, las cuales no presentaron diferencia estadística entre ellas.

La muestra de la TCVX centro presentó una mayor intensidad de éste olor al ser calificada con un valor de 2.6 en comparación con el resto de las muestras que

presentaron valores según el panel entre 1.7 y 2.1. Es importante notar que se tienen establecimientos tipo tortillería que elaboran tortillas mezclando la masa fresca con la harina de maíz nixtamalizada, lo cual explicaría la detección de éste atributo en las muestras evaluadas (Tabla 21).

Sabor dulce

La muestra de la TMSM, resultó con la más baja intensidad, seguida de las muestras TMR y TCVX, las cuales presentaron prácticamente la misma intensidad al no presentar diferencia estadística, siendo notorias que las tres muestras resultaron ser de tortillerías, por otro lado las muestras EXPB y HMIB resultaron ser igual de dulces, (ambas muestras hechas a mano). La muestra HMAB fue la de mayor intensidad para éste atributo, además de presentar diferencia con el resto de las muestras. Se percibió la intensidad del sabor dulce en valores bajos debido a que los cereales presentan pequeñas cantidades de azúcares que se transportan a la semilla para convertirse en almidón (Tabla 21).

Sabor a masa

Las muestras que menor intensidad a sabor masa presentaron fueron TCVX y TMR, que a su vez no presentaron diferencia entre ellas. Mientras que las muestras que presentaron una mayor intensidad en cuanto al sabor a masa fueron HMAB, TMSM y TSDC, de las cuales una de ellas fue elaborada de manera tradicional, lo que indica que la intensidad de dicho atributo no depende de la forma de elaboración, ya que la intensidad de sabor a masa se presentó igual para éstas últimas muestras. El sabor a masa se presenta por el proceso de nixtamalización, ya que los aminoácidos de las proteínas al combinarse con la cal y durante el calentamiento rompen el aminoácido triptófano, produciendo el típico olor, sabor y gusto a nixtamal (Figuerola et al 2001), dicho sabor a nixtamal es el que se percibe como a masa.

Sabor salado

La cantidad de minerales presentes en el grano es baja, por lo que la percepción de éste atributo se encontró por debajo de valores de 2, en donde las muestras TSDC, HMIB y TMSM, presentaron la misma intensidad en el sabor salado, en tanto la muestra

que presentó una mayor intensidad además de ser totalmente diferente con respecto a las otras muestras fue la TCVX.

Resabio a masa

El resabio es el sabor que deja el alimento en la boca después de ser deglutido, el cual se relacionó con el sabor masa, que para las muestras evaluadas se percibieron con bajas intensidades, siendo la muestra TMR y TCVX como las de menos intensidad en éste atributo. En tanto la muestra TSDC resultó con el mayor resabio a masa que a su vez resultó ser diferente con respecto a las otras muestras.

Las tortillas de maíz blanco presentaron diferencias en los parámetros de aspecto evaluados, independientemente de la forma de elaboración, se encontraron diferencias entre muestras hechas a mano, y entre muestras de establecimientos (tortillerías). En los parámetros de textura también resultaron con diferencias entre muestras, siendo el descriptor adhesividad donde no se presentó una diferencia muy notoria entre muestras. Aún para los parámetros de sabor fue posible identificar diferencias entre las muestras (Tabla 21)

En el caso de los parámetros de sabor, la muestra de la TSDC resultó, en comparación con el resto de las muestras, ser la de mayor intensidad en sabor a masa, resabio a masa, olor a cal y olor masa (figura 25)

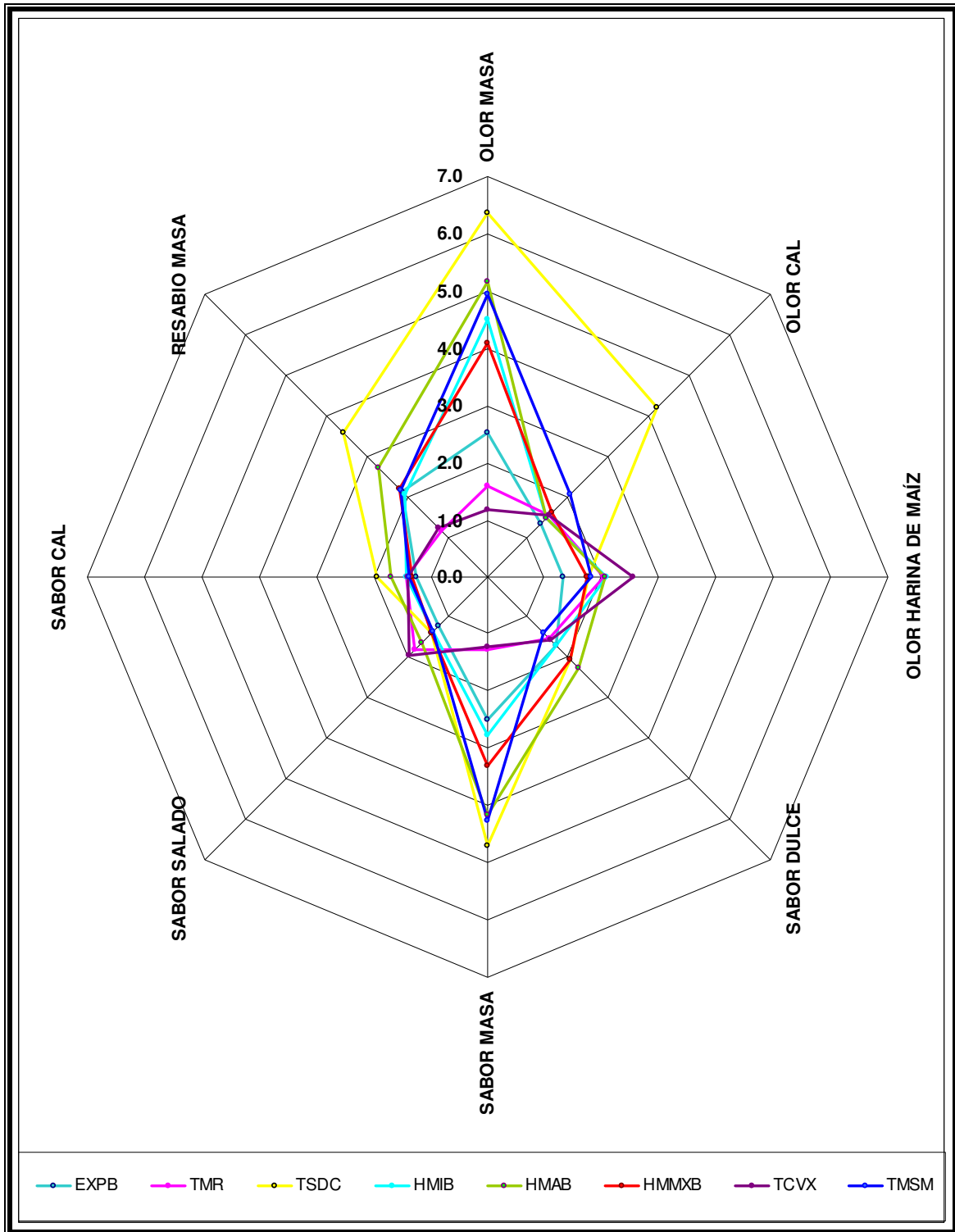


Figura 25. Atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz blanco. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPB=Experimental 0,44% cal, Blanca; TMR=Tortilla Milpa Real; TSDC=Tortillería Sto. Domingo Coyoacan; HMIB=Hecha a mano Iglesia San Mateo Xalpa Xochimilco, Blanca; HMAB=Hecha a mano Sra. Aurora San Mateo Xalpa Xochimilco, Blanca; HMMXB=Hecha a mano mercado Xochimilco Centro, Blanca; TCVX=Tortillería calle Violeta Xochimilco Centro; TMSM=Tortillería mercado San Mateo Xalpa, Xochimilco.

Tabla 21. Resultados de los atributos de sabor y olor para las tortillas nixtamalizadas de maíz blanco

Número de Muestra	clave	Muestra	Olor masa	Olor cal	Olor harina de maíz	Sabor dulce	Sabor masa	Sabor salado	Sabor cal	Resabio masa
1	EXPB	Experimental 0,44% cal Blanca	2.5 ^b	1.3 ^a	1.3 ^a	1.7 ^{ab}	2.5 ^b	1.2 ^a	1.3 ^a	2.1 ^b
2	TMR	Milpa Real	1.6 ^{ab}	1.5 ^{ab}	2.0 ^{bc}	1.5 ^a	1.3 ^a	1.8 ^{cd}	1.4 ^{ab}	1.2 ^a
3	TSDC	Tortillería Sto. Domingo, Coyoacan	6.4 ^d	4.2 ^c	1.8 ^{ab}	2.1 ^{bc}	4.7 ^c	1.4 ^{ab}	1.9 ^c	3.5 ^d
4	HMIB	Hecha a mano Iglesia, San Mateo Xalpa, X. Blanca	4.5 ^c	1.5 ^{ab}	2.1 ^{bc}	1.7 ^{ab}	2.8 ^b	1.4 ^{ab}	1.4 ^{ab}	2.0 ^b
5	HMAB	Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, X. Blanca	5.2 ^c	1.5 ^{ab}	2.1 ^{bc}	2.3 ^c	4.2 ^c	1.6 ^{bcd}	1.7 ^{bc}	2.7 ^c
6	HMMXB	Hecha a mano mercado Xochimilco Centro Blanca	4.1 ^c	1.6 ^{ab}	1.7 ^{ab}	2.0 ^{bc}	3.3 ^b	1.4 ^{abc}	1.3 ^{ab}	2.2 ^{bc}
7	TCVX	Tortillería calle Violeta; Xochimilco	1.2 ^a	1.5 ^{ab}	2.6 ^c	1.6 ^a	1.2 ^a	1.9 ^d	1.4 ^{ab}	1.2 ^a
8	TMSM	Tortillería mercado San Mateo Xalpa, Xochimilco.	4.9 ^c	2.0 ^b	1.8 ^{ab}	1.4 ^a	4.3 ^c	1.3 ^{ab}	1.4 ^{ab}	2.1 ^b

^{abcd} Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sabor y olor de las diferentes muestras en una columna

7.6.5 RESULTADOS TORTILLAS AZULES

7.6.5.1 Análisis estadístico de los atributos de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz azul

Presencia de capa

En las tortillas azules éste atributo se presentó en una alta variabilidad, siendo la muestra EXPA la que resultó con la menor presencia de capa, seguida de la TWM las cuales resultaron ser iguales para éste atributo.

Era de esperarse que la muestra TMR presentara baja presencia de capa posiblemente por la forma de fabricación, ya que es la única de las muestras que se adquiere empaquetada.

La muestra de la TMX fue la que presentó una mayor presencia de capa obteniéndose un valor de 8.5, lo cual indica que se presentó un desprendimiento casi total de la capa. En tanto la muestra HMAA, también presentó una alta presencia de capa. Es importante resaltar que las tortillas de establecimientos (tortillerías) presentan ésta capa, la cual se llega a desprender en su totalidad en la mayoría de los casos.

Color

El color de las tortillas fué evaluado empleando una escala Pantone (5497U, 5365U) como referencia. Los resultados obtenidos mostraron que todas las muestras fueron diferentes, siendo la muestra TMX la de menor intensidad de color, mientras que la muestra HMAA, presentó la mayor intensidad en color azul. Las muestras presentaron alta variabilidad en el color con diferentes tonalidades que fueron de grises a verdes, y que se deben a la presencia de antocianinas en el maíz azul (Miguel et al, 2004), además se ha reportado que un aumento en la concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ provoca una intensificación del color azul.

Presencia de puntos amarillos

La masa obtenida de la molienda del nixtamal de maíz azul, presenta partículas del grano de maíz en diferente tamaño, las cuales en el producto final (tortillas) se presentan como puntos amarillos y azules. Dichos puntos se cuantificaron al desprender la capa de la cara interna de la tortilla. Se obtuvo que la muestra HMMXA, fue la de menor presencia de puntos amarillos seguida de otra muestra HMAA, las cuales no presentaron diferencia estadística entre ellas.

La muestra de la TWM fue la que obtuvo la mayor presencia de puntos amarillos, con un valor cercano a 4.

Presencia de puntos azules

Las muestra HMMXA resultó ser la muestra con la menor presencia de puntos azules, no teniendo diferencia con la HMAB (que a su vez presentó una menor cantidad de puntos amarillos), mientras la muestra de la TMX fue la de mayor presencia de puntos azules.

La presencia de puntos amarillos y azules puede estar relacionada con la molienda del nixtamal, ya que si la molienda es lo suficientemente fina estas fracciones del grano quedan distribuidas uniformemente en la superficie de la tortilla percibiéndose más.

Las muestras evaluadas presentaron diferencias en los parámetros evaluados, presentando mayor presencia de capa y menor color la muestra de la TMX, en tanto, la muestra que presentó mayor intensidad de color fue la HMAA (Figura 26)

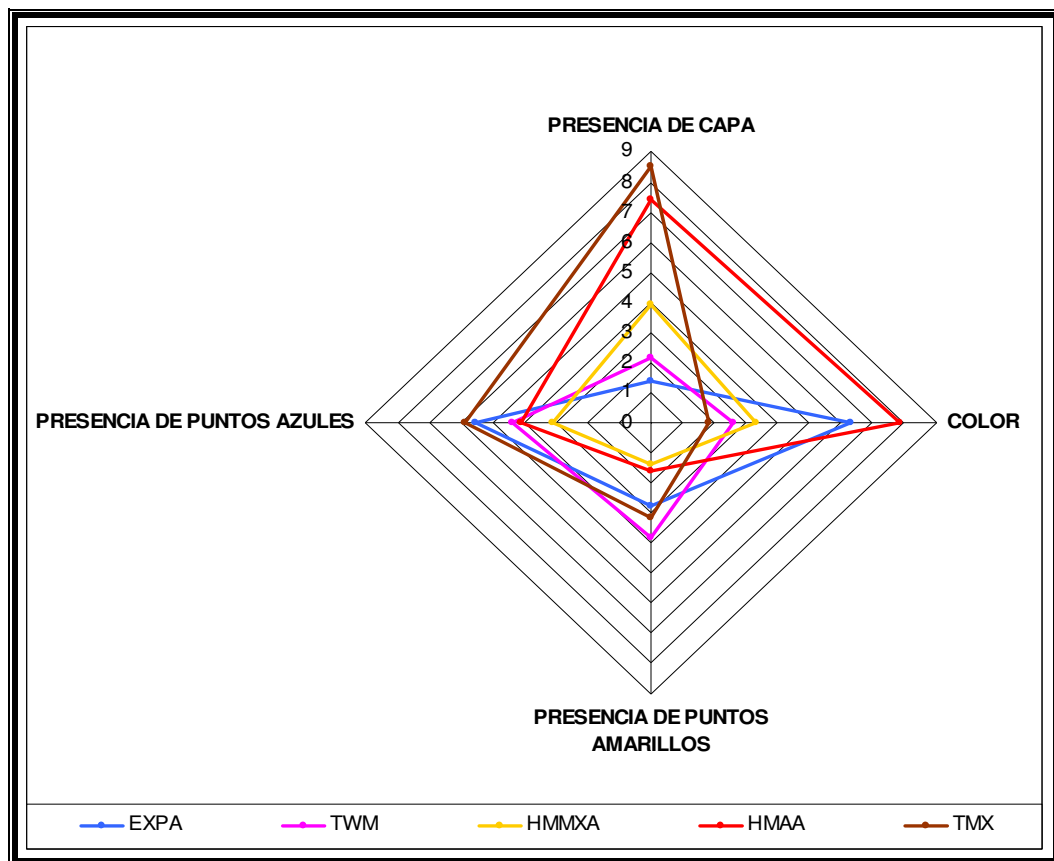


Figura 26. Parámetros de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz azul. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPA=Experimental 0,44% cal, Azul; TWM=Tortillería Wal Mart; HMMXA=Hecha a mano mercado Xochimilco Centro, Azul; HMAA=Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco; TMX=Tortillería mercado Xochimilco Centro

Tabla 22. Resultados de los atributos de aspecto para las tortillas nixtamalizadas de maíz azul

Número de muestra	Clave	Muestra	Presencia de capa	Color	Presencia de puntos amarillos	Presencia de puntos azules
9	EXPA	Experimental 0,44% cal Azul	1.4 ^a	6.3 ^c	2.7 ^b	5.5 ^{bc}
10	TWM	Tortillería Wal Mart	2.2 ^a	2.6 ^{ab}	3.8 ^c	4.4 ^{ab}
11	HMMXA	Hecha a mano mercado Xochimilco Centro Azul	3.9 ^b	3.3 ^b	1.4 ^a	3.1 ^a
12	HMAA	Hecha a mano Sra. Aurora San Mateo Xalpa Xochimilco, Azul	7.4 ^c	7.8 ^d	1.6 ^a	4.1 ^a
13	TMX	Tortillería mercado Xochimilco Centro	8.5 ^d	1.8 ^a	3.2 ^{bc}	5.9 ^c

abcd Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de aspecto de las diferentes muestras en una columna

7.6.5.2 Análisis estadístico de los atributos de Textura de tortillas nixtamalizadas de maíz azul

Rollabilidad

De las propiedades que debe presentar la tortilla es la flexibilidad y textura adecuadas para poder para doblarlas y enrollarlas en “taco”.

En la tortilla azul se obtuvieron resultados por arriba de 7.7, siendo la EXPA, la que presentó una menor rollabilidad al obtener una calificación de 7.7, en tanto la de mayor rollabilidad fue de la TWM que obtuvo una calificación de 9.5 seguida de la muestra de la TMX con un valor de 8.9 entre las tres muestras se presentó diferencia estadística.

Fracturabilidad

Al hacer taco la tortilla se llega a fracturar por falta de humedad y calentamiento. Se obtuvo como la menos fracturable la muestra HMMXA que a su vez presentó una alta rollabilidad; en tanto la de mayor fracturabilidad fue la EXPA que a su vez fue la menos enrollable; tanto la rollabilidad como la fracturabilidad se relacionan, ya que una alta rollabilidad esta acompañada de una baja fracturabilidad y una baja rollabilidad de una alta fracturabilidad.

Humedad (al tacto)

Las muestras de tortillas azul evaluadas no presentaron diferencias estadísticas en este atributo. Sin embargo se observó que, la muestra EXPA resultó ligeramente menor en humedad con respecto a las otras muestras presentando además una baja rollabilidad y una alta fracturabilidad. En tanto la muestra TWM fue la que presentó un valor más alto de humedad y resultó tener la de mayor rollabilidad y menor fracturabilidad.

Rugosidad (al tacto)

Para éste atributo la muestra menos rugosa fue la HMMXA seguida de la TMX entre las cuales no presentaron diferencia estadísticamente significativa. La tortilla más rugosa resulto ser la EXPA que a su vez fue diferente con respecto a las otras muestras. Se observó que la muestra de baja humedad fue la que presentó una alta rugosidad, en tanto la HMMXA fue la que presentó una baja fracturabilidad y una alta rollabilidad.

Dureza

Para éste atributo todas las muestras presentaron diferencia estadísticamente significativa siendo la muestra de la TWM la de menor dureza que a su vez fue la que presentó una mayor humedad y rollabilidad; El caso de la muestra HMAA, presentó una mayor dureza aunque la rollabilidad y humedad para esta muestra fueron altas; lo cual puede deberse a que las tortillas elaboradas de forma tradicional son más gruesas que las de establecimientos (tortillerías) y endurecen al enfriarse, de aquí la importancia de evaluar las muestras justo el día de la compra y en caliente para evitar resultados erróneos.

Masticabilidad, Cohesividad y Adhesividad

Las muestras evaluadas no presentaron diferencias estadísticamente significativas para éstos atributos, es decir todas fueron igualmente masticables, cohesivas y adhesivas.

En general para las tortillas azules, el descriptor rollabilidad, adhesivo, cohesivo y humedad, no presentaron diferencias entre las muestras, siendo la muestra EXPA la que presento una alta Fracturabilidad y rugosidad.

Tabla 23. Resultados de los atributos de Textura para las tortillas nixtamalizadas de maíz azul

Número de muestra	Clave	Muestra	Rollabilidad	Fracturabilidad	Humedad	Rugosidad	Dureza	Masticabilidad	Cohesivo	Adhesivo
9	EXPA	Experimental 0,44% cal Azul	7.7 ^a	2.9 ^b	2.3 ^a	4.6 ^c	2.4 ^{abc}	3.2 ^a	2.4 ^a	2.0 ^a
10	TWM	Tortillería Wal Mart	9.5 ^c	1.6 ^a	2.7 ^a	3.3 ^b	1.8 ^a	2.6 ^a	2.1 ^a	1.7 ^a
11	HMMXA	Hecha a mano mercado Xochimilco Centro Azul	8.3 ^{bc}	1.4 ^a	2.2 ^a	1.8 ^a	2.4 ^c	2.2 ^a	1.8 ^a	1.6 ^a
12	HMAA	Hecha a mano Sra. Aurora San Mateo Xalpa, X. Azul	8.1 ^{ab}	1.8 ^a	2.4 ^a	3.4 ^b	2.5 ^{bc}	2.9 ^a	2.5 ^a	1.7 ^a
13	TMX	Tortillería mercado Xochimilco Centro	8.9 ^{bc}	1.7 ^a	2.5 ^a	2.4 ^a	2.0 ^{ab}	2.6 ^a	2.1 ^a	1.9 ^a

^{abcd} Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de textura de las diferentes muestras en una columna

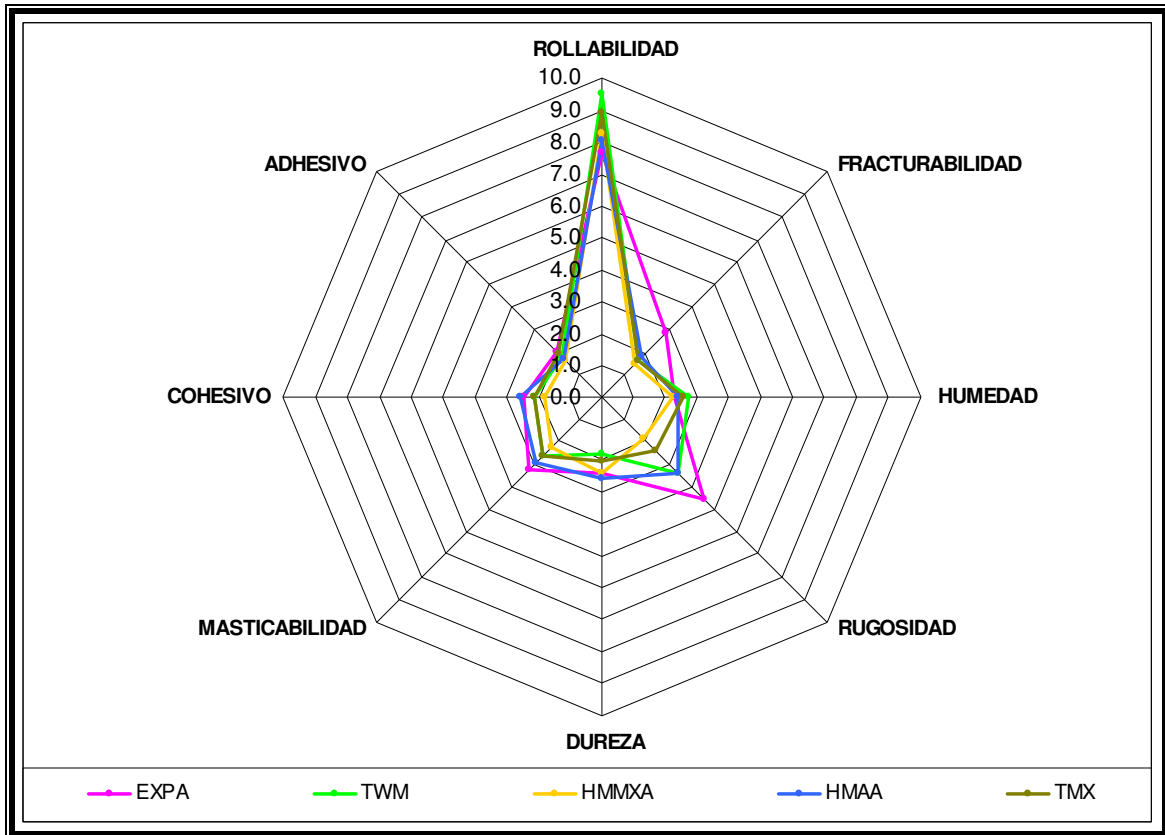


Figura 27. Parámetros de textura de tortillas nixtamalizadas de maíz azul. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPA=Experimental 0,44% cal, Azul; TWM=Tortillería Wal Mart; HMMXA=Hecha a mano mercado Xochimilco Centro, Azul; HMAA=Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco; TMX=Tortillería mercado Xochimilco Centro

7.6.5.3 Análisis estadístico de los atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz azul

Olor a masa

Este olor es característico en las tortillas, debido al proceso de nixtamalización. La muestra EXPA resultó con la menor intensidad de olor a masa siendo diferente a todas las muestras evaluadas, en tanto la muestra TWM presentó una mayor intensidad en olor a masa siendo también diferente a las demás muestras (Tabla 24 y Figura 28).

Olor a cal, Sensación de sequedad, Sabor dulce, Sabor a masa azul y Resabio a masa

Las muestras de tortilla azul, no presentaron diferencia estadísticamente significativa en los atributos de Olor a cal, Sensación de sequedad, Sabor dulce, Sabor a masa azul y Resabio a masa, es decir se percibieron con igual intensidad en estos atributos independientemente del proceso de elaboración (Tabla 24 y Figura 28).

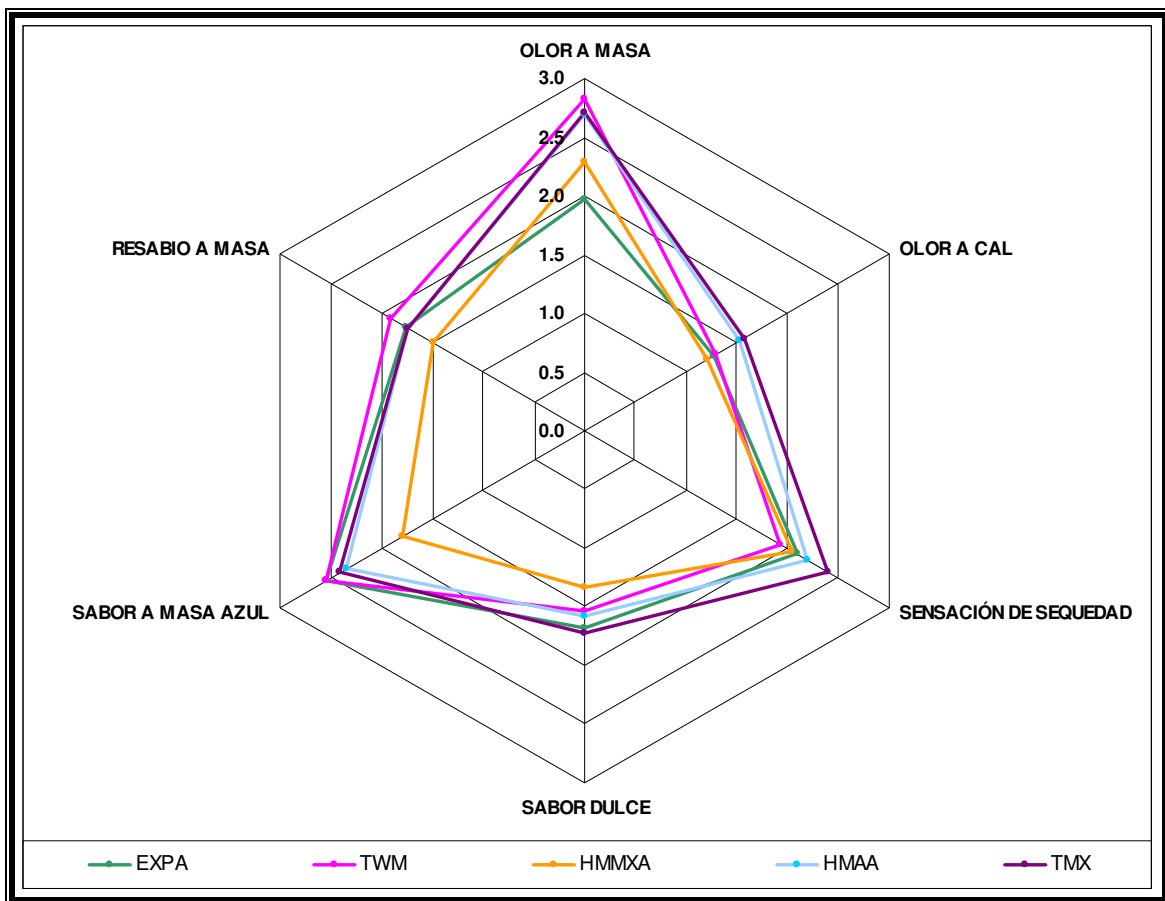


Figura 28. Atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz azul. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPA=Experimental 0,44% cal, Azul; TWM=Tortillería Wal Mart; HMMXA=Hecha a mano mercado Xochimilco Centro, Azul; HMAA=Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco; TMX=Tortillería mercado Xochimilco Centro

Tabla 24. Resultados de los atributos de sabor y olor para las tortillas nixtamalizadas de maíz azul

Número de muestra	Clave	Muestra	Olor masa	Olor cal	Sensación de sequedad	Sabor dulce	Sabor masa azul	Resabio a masa
9	EXPA	Experimental 0,44% cal Azul	2.0 ^a	1.3 ^a	2.1 ^a	1.7 ^a	2.6 ^a	1.8 ^a
10	TWM	Tortillería Wal Mart	2.8 ^b	1.3 ^a	1.9 ^a	1.5 ^a	2.6 ^a	1.9 ^a
11	HMMXA	Hecha a mano mercado Xochimilco Centro Azul	2.3 ^{ab}	1.2 ^a	2.0 ^a	1.3 ^a	1.8 ^a	1.5 ^a
12	HMAA	Hecha a mano Sra. Aurora San Mateo Xalpa, Xochimilco, Azul	2.7 ^{ab}	1.5 ^a	2.2 ^a	1.6 ^a	2.3 ^a	1.7 ^a
13	TMX	Tortillería mercado Xochimilco Centro	2.7 ^{ab}	1.6 ^a	2.4 ^a	1.7 ^a	2.4 ^a	1.7 ^a

^{abcd} Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sabor y olor de las diferentes muestras en una columna

En general se observó que son los atributos de aspecto los que permitirían diferenciar a las muestras de maíz azul, así como el atributo de olor a masa.

7.6.6 RESULTADOS TORTILLAS ROJAS

7.6.6.1 Análisis estadístico de atributos de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo

Presencia de capa

Las muestras de maíz rojo al igual que las muestras blancas y azules suelen presentar la capa de forma característica. La muestra percibida con la menor presencia de capa fue la EXPR al ser calificada con valores cercanos a 1, lo que indica que no se logró desprender la capa de ésta tortilla. Por otro lado las muestras que resultaron ser

diferentes estadísticamente de la EXPR, presentaron valores altos para éste atributo. Para el caso de la muestra HMAR, presentó éste atributo un valor de 8.2, lo que indica que se pudo desprender la capa casi en su totalidad, seguida de la muestra HMCU que se calificó con un valor de 7.9

Color

También en el maíz rojo se presentan las antocianinas que le dan la coloración característica como en el caso del maíz azul. Para llevar a cabo la evaluación de éste atributo se empleo el Pantone como referencia (441U, 466U), ya que las tonalidades que se presentaron al nixtamalizar éste tipo de maíz variaban en tonos inclinados al café, por lo que era necesario establecer las referencias. Las muestras evaluadas resultaron ser estadísticamente significativas entre sí, presentando una mayor intensidad de color la tortilla HMCU, seguida con un valor intermedio la tortilla EXPR, en tanto la muestra HMAR presentó una menor intensidad de color al ser evaluada con un promedio de 4.4, las diferencias en las tonalidades pudieron deberse a la concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ empleada en la nixtamalización.

Presencia de puntos amarillos

La presencia de puntos amarillos en las muestras de maíz rojo evaluadas no presentó diferencia estadísticamente significativa.

Presencia de puntos café

En éste atributo las muestras evaluadas resultaron diferentes, presentando una menor presencia de puntos la tortilla HMCU, siendo la HMAR la que más puntos presentó. Al tratarse de muestras elaboradas de manera tradicional (artesanal) se esperaba que presentaran el mismo resultado, sin embargo presentaron diferencias notorias para éste atributo.

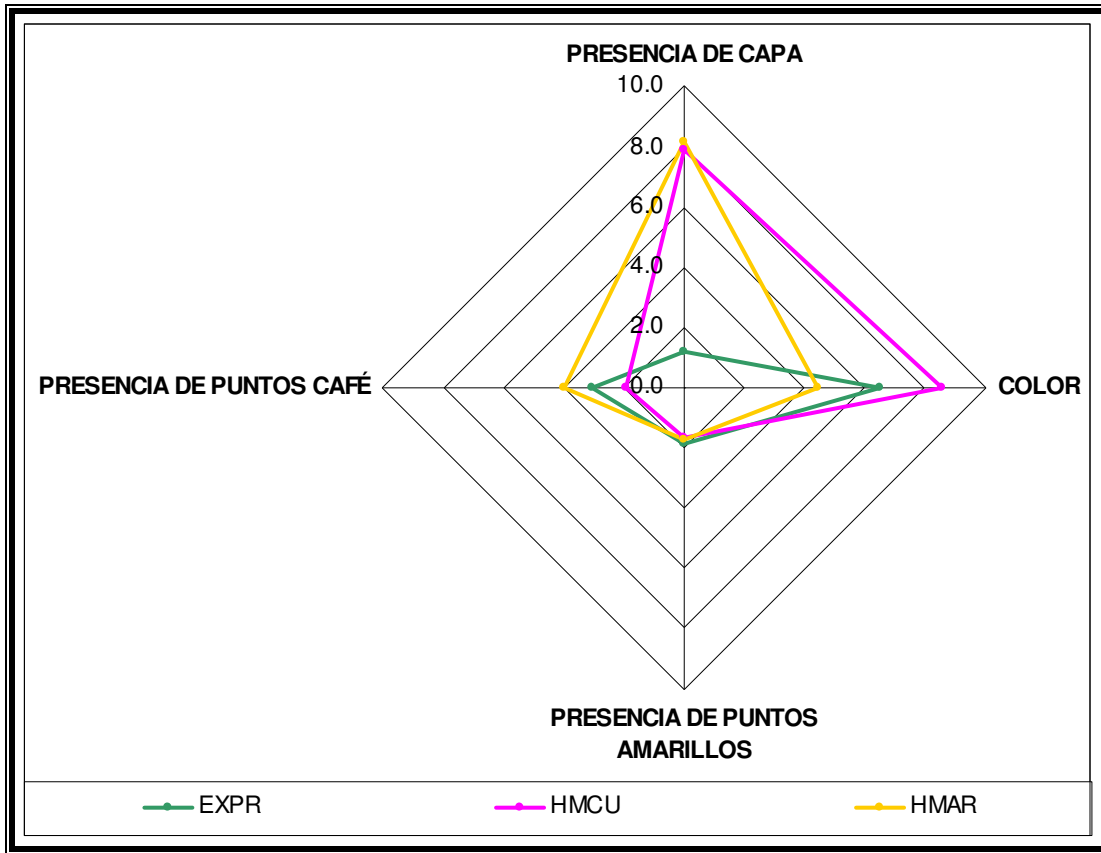


Figura 29. Gráfico de araña de los atributos de aspecto de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPR=Experimental 0,44% cal; HMCU=Hecha a mano CU; HMAR=Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco.

Tabla 25. Resultados de los atributos de aspecto para las tortillas nixtamalizadas de maíz rojo

Número de muestra	Clave	Muestra	Presencia de capa	Color	Presencia de puntos amarillos	Presencia de puntos café
14	EXPR	Experimental 0,44% cal, Roja	1.2 ^a	6.5 ^b	1.8 ^e	3.0 ^b
15	HMCU	Hecha a mano CU	7.9 ^b	8.5 ^c	1.6 ^a	1.9 ^e
16	HMAR	Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco, Roja	8.2 ^b	4.4 ^a	1.7 ^a	4.0 ^c

abcd Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de aspecto de las diferentes muestras en una columna

7.6.6.2 Análisis estadístico de los atributos de Textura de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo

Los resultados de los diferentes atributos evaluados se muestran en la Figura 30 y la Tabla 26.

Rollabilidad

Las muestras presentaron alta rollabilidad siendo la HMAR la que presentó la más alta rollabilidad seguida de la HMCU entre las cuales no se presentó diferencia. En el caso de la EXPR resultó con menor rollabilidad con respecto a las muestras antes mencionadas.

Fracturabilidad

Las tortillas rojas, presentaron diferencias estadísticas entre sí para la fracturabilidad, siendo la muestra menos fracturable la HMAR, que a su vez fue la que presentó una alta rollabilidad. La EXPR presentó una mayor fracturabilidad, relacionada con el hecho de haber sido la de menor rollabilidad.

Humedad (al tacto), Dureza, Masticabilidad y Cohesividad

Los resultados mostraron que las muestras de tortillas de maíz rojo fueron iguales en Humedad (al tacto), Dureza, Masticabilidad y Cohesividad, lo que podría indicar que el proceso de elaboración fué similar para todas las muestras.

La humedad entre las muestras evaluada no presentó diferencia estadística, de las cuales se percibió como la menos húmeda la EXPR además de ser la más fracturable y la menos enrollable. Para el caso de las más húmedas se presentó entre la HMCU y HMAR, que también presentaron una baja fracturabilidad y una alta rollabilidad.

Rugosidad (al tacto)

La tortilla HMAR fué la menos rugosa, y la EXPR fue la mas rugosa, siendo notorio que ésta muestra fue más fracturable y menos humeda, en tanto la HMAR fue la que presentó más humedad y menor fracturabilidad. Lo anterior podría suponer que la fracturabilidad y la humedad están relacionadas con la presencia de irregularidades en la superficie de la tortilla, percibidos por el tacto.

Adhesivo

Las muestras requirieron diferente intensidad de fuerza para ser retiradas de molares y paladar, al mostrar diferencia estadística, resultaron como las menos adhesivas la EXPR y HMAR, siendo la HMCU como la más adhesiva.

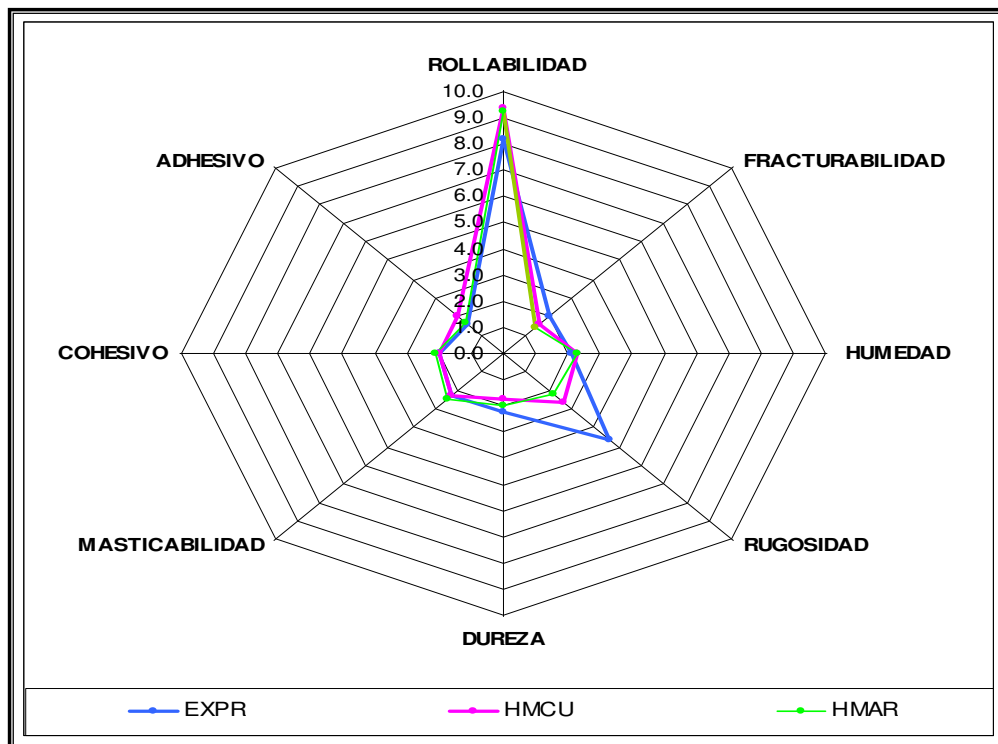


Figura 30. Atributos de textura de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPR=Experimental 0,44% cal, Roja; HMCU=Hecha a mano CU; HMAR=Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco, Roja.

Tabla 26. Resultados de los atributos de Textura para las tortillas nixtamalizadas de maíz rojo

Número de muestra	Clave	Muestra	Rollabilidad	Fracturabilidad	Humedad	Rugosidad	Dureza	Masticabilidad	Cohesivo	Adhesivo
14	EXPR	Experimental 0,44% cal, Roja	8.2 ^a	2.0 ^b	2.1 ^a	4.6 ^b	2.2 ^a	2.3 ^a	2.0 ^a	1.6 ^a
15	HMCU	Hecha a mano CU	9.3 ^b	1.6 ^{ab}	2.3 ^a	2.7 ^a	1.8 ^a	2.3 ^a	2.0 ^a	2.1 ^b
16	HMAR	Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco, Roja	9.2 ^b	1.3 ^a	2.3 ^a	2.2 ^a	2.0 ^a	2.4 ^a	2.1 ^a	1.6 ^{ab}

^{abcd} Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de textura de las diferentes muestras en una columna

7.6.6.3 Análisis estadístico de los atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz Rojo

Olor masa, Sensación a sequedad, sabor dulce y resabio a masa

No se observó diferencia estadísticamente significativa en los atributos olor masa, sensación a sequedad, sabor dulce y resabio a masa, es decir se percibieron con la misma intensidad.

El atributo **Olor a elote**, fué representativo para las muestras de maíz rojo, ya que no fue percibido por el panel en las muestras blancas y azules. Para éste atributo se presentaron diferencias estadísticas, siendo la EXPR la de menor intensidad; Para el caso de HMCU, resultó ser la de mayor olor a elote al presentar un valor de 2.3

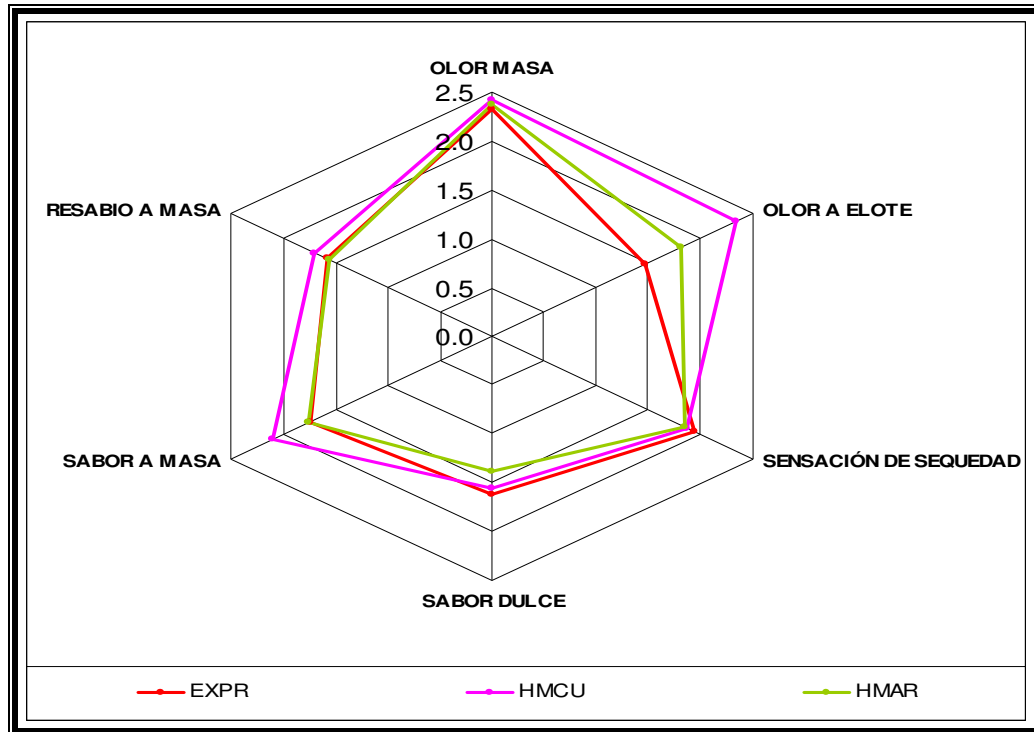


Figura 31. Atributos de sabor y olor de tortillas nixtamalizadas de maíz rojo. Cada punto en la gráfica corresponde al promedio de 7 replicas. EXPR=Experimental 0,44% cal, Roja; HMCU=Hecha a mano CU; HMAR=Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco, Roja.

Tabla 27. Resultados de los atributos de sabor y olor para las tortillas nixtamalizadas de maíz rojo

Número de muestra	Clave	Muestra	Olor masa	Olor a elote	Sensación de sequedad	sabor dulce	Sabor masa	Resabio masa
14	EXPR	Experimental 0,44% cal, Roja	2.3 ^a	1.5 ^a	1.9 ^a	1.6 ^a	1.7 ^a	1.6 ^a
15	HMCU	Hecha a mano CU	2.4 ^a	2.3 ^b	1.9 ^a	1.6 ^a	2.1 ^a	1.7 ^a
16	HMAR	Hecha a mano Sra. Aurora, San Mateo Xalpa, Xochimilco, Roja	2.4 ^a	1.8 ^{ab}	1.9 ^a	1.4 ^a	1.8 ^a	1.6 ^a

abcd Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sabor y olor de las diferentes muestras en una columna

Las tortillas rojas mostraron una mayor uniformidad en los resultados, sin embargo, para los parámetros de aspecto es posible encontrar diferencias entre las muestras.

En la textura los parámetros que no permitirían establecer diferencias serían en la humedad, masticabilidad, cohesivo y dureza, ya que no se encontró diferencia en estos atributos

En tanto en olor y sabor, el descriptor que establecería una diferencia entre muestras de maíz rojo, sería el olor a elote.

8. CONCLUSIONES

- Se estableció para las tres variedades de maíz (blanco, rojo y azul), como grado 1 de calidad sanitaria, de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-FF-034/1-SDFI-2002, (PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO.-CEREALES-PARTE 1: MAÍZ BALNCO PARA PROCESO ALCALINO PARA TORTILLAS DE MAÍZ Y PRODUCTOS DE MAÍZ NIXTAMALIZADO-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA).
- Se establecieron las condiciones para llevar a cabo la nixtamalización del grano de maíz, empleando una concentración de 0.44% de hidróxido de calcio, por un tiempo de cocción de 60 minutos a una temperatura de cocción 85-90°C, con un tiempo de reposo de 13 horas, condiciones que permitieron obtener masa con la textura adecuada para la elaboración y evaluación de tortillas.
- Se logró conformar un panel de jueces para ser entrenados en la metodología del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA), integrado por 7 personas, que fueron capaces de identificar diferencias entre las muestras evaluadas.
- Para las tortillas blancas se generaron y evaluaron 19 atributos, agrupados en 8 para la textura, 3 para el aspecto, 3 para el olor y 5 para el sabor, en tanto para las tortillas azules y rojas se obtuvieron 8 atributos para la textura, 4 en aspecto, 2 en olor y 4 en sabor.
- Se encontró que para las muestras de maíz blanco en los atributos de aspecto se presentaron diferencias en la presencia de capa, color y homogéneo. Los resultados mostraron que se tiene una relación de la humedad con la rollabilidad, fracturabilidad y dureza, ya que si la humedad es baja, estos atributos tienden a ser altos. También en el olor y el sabor se pueden encontrar diferencias siendo más notorias para el olor a masa y resabio a masa.
- En el caso de las tortillas azules las evaluaciones mostraron una mayor diferenciación en los parámetros de aspecto, ya que en la textura, los descriptores de humedad, masticabilidad, cohesivo, adhesivo y fracturabilidad, no lo mostraron.

- En las tortillas rojas en los atributos de aspecto se pueden establecer diferencias excepto en la presencia de puntos amarillos, en tanto, en los parámetros de textura los descriptores rollabilidad, fracturabilidad, adhesividad y rugosidad, son los que permitieron la diferenciación entre ellas. En cuanto al sabor, el panel no encontró diferencias entre estas tortillas. Para el caso del olor, el atributo olor a elote, resultó ser representativo de las muestras rojas, ya que sólo éstas presentaron este atributo.
- No se presentaron diferencias en la mayoría de los atributos evaluados para las tortillas rojas, posiblemente debido a que se trató del mismo maíz procesado bajo diferentes condiciones.
- Las tortillas de maíz presentan atributos como presencia de capa, rollabilidad, fracturabilidad, humedad, rugosidad, dureza, masticabilidad, cohesivo, adhesivo, sabor dulce, resabio a masa que son característicos independientemente de la variedad de maíz procesado, los cuales se presentan en diferente intensidad en éste tipo de productos.
- Es posible identificar muestras blancas de azules y rojas, ya que presentan atributos que pueden ser considerados como representativos en las tortillas de diferente variedad de maíz. Para las tortillas blancas se encontraron homogéneo, olor a cal, olor a harina de maíz, sabor salado y sabor a cal. Para las tortillas azules presencia de puntos amarillos y azules, olor a cal, sensación de sequedad, sabor a masa azul. En el caso de las rojas presencia de puntos amarillos y café, sensación de sequedad y olor a elote.
- La sensación de sequedad solo apareció en las tortillas rojas y azules, presentándose con mayor intensidad en estas últimas. El atributo olor a elote se presentó solo en las tortillas rojas,

RECOMENDACIONES

- Para continuar con este trabajo se debe realizar la determinación de las características fisicoquímicas del maíz, masa y tortillas así como la evaluación instrumental de color y textura de las tortillas.

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIEDADES DE MAÍZ

- Determinar si el color que presentan las tortillas de maíz azul y rojo son debidas a la presencia de las antocianinas o de la adición de pigmentos artificiales.

9. BIBLIOGRAFÍA

ACHONDO-E.L. (1998) "Estudio sobre la Retrogradación del almidón de tortilla de maíz mediante Calorimetría Diferencial de Barrido", **Tesis Licenciatura UNAM, facultad de Química**, México D.F. Q.A

ARÁMBULA-VILLA-G; BARRO-AVILA-L; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ-J; MORENO-MARTÍNEZ-E; LUNA-BARCENA,-G. (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 tortilla de maíz". **Archivos Latinoamericanos de Nutrición** Vol. 51 N°2 187-194.

ARAMBULA -VILLA, G; GONZALEZ-HERNÁNDEZ-M.E; MORENO AND F.C.A. ORDORICA (2002) "Characteristics of Tortillas Prepared from dry Extruded Masa Flour Added with Maize Pericarp", **Food Engineering and Physical Properties** Vol. 67, Nr. 4.

BELLO PÉREZ L. A., OSORIO DÍAZ P; AGAMA ACEVEDO E; NÚÑEZ SANTIAGO C; Y PAREDES LÓPEZ O. (2002) "Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masa y harinas de maíz Nixtamalizado", **Agrociencia** 36: 319-328.

BILLEB DE SINIBALDI A.C. Y BRESSANI R. (2001). "Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz". **Archivos Latinoamericanos de Nutrición** Vol. 51 N°1 86-94.

CORTÉS-GÓMEZ, A; SAN MARTÍN-MARTINEZ, E.; MARTINEZ-BUSTOS, F.; VAZQUEZ-CARRILLO, M. (2005) "Tortillas of blue maize (*Zea mays* L.) prepared by fractionated proces of nixtamalization: analysis using respose surface methodology". **Journal of food Engineering**. 66, 273-281.

FIGUEROA CARDENAS J. DE D. Y GONZALEZ HERNÁNDEZ J. (2001), "LA TECNOLOGÍA DE LA TORTILLA Pasado, Presente y futuro" , **Ciencia y desarrollo** 156, enero-febrero

FRANCO S. M. y QUIJANO GARCÍA C. I. D.,(1997) "Desarrollo del Perfil de sabor del tequila", **Tesis Licenciatura UNAM. Facultad de Química**, México D.F.

FIGUEROA C. J. D. Y GONZALEZ H. J. (2001). "La tecnología de la tortilla, pasado, presente y futuro". **Ciencia y Desarrollo** Vol. 27 N°156 21-31

FIGUEROA C. J.D.; ACERO GODNES, M.G., VASCO MÉNDEZ N.L., LOZANO GUZMÁN A., FLORES ACOSTA L.M., GONZÁLEZ HERNANDEZ J. (2001) "Fortificación y evaluación de tortilla de nixtamal". **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, V. 51, n.3

GÁLLINGER M. M; (1998) "Análisis sensorial y análisis descriptivo ¿Para qué sirve?" **La Alimentación Latinoamericana** Vol. 31 N°223 33-35

GUERREO J. M. DE J., LUGO R. P. (1980) "Cambios Físicoquímicos que sufre el maíz en la nixtamalización"; **Tesis; UNAM; Facultad de Química Q.F.B.**

HOUGH-G., MARTÍNEZ-E., CONTARINI-A., BARBIERI-T. VEGA-M.J., SÁNCHEZ-R.(1999), " Diseño y uso de pruebas de triángulo secuenciales para la selección de evaluadores sensoriales", **La Alimentación Latinoamericana**, No 227

<http://vinocata.com/HTMLYJS/industriavitivinicola.htm>

JUGENHEIMER W. ROBERT, PH. D."Maíz Variedades Mejoradas, métodos de cultivo y Producción de semillas"; Editorial Limusa, 1981

LIMANOND-B, CASTELL-PEREZ,E., MOREIRA-G.R.(1999), "Effect of Time and Storage Conditions on the Rheological Properties of Masa for Corn Tortillas", **Academic Press** Vol.32, No.6

LOPEZ-MEJÍA O.A., HERNADEZ-BECERRA J.A., CARDENAS-CAGAL A.,BERISTAIN-GUEVARA C.I., AND GARCIA-GALINDO H.S. (1997) " Sensory evaluation of maize tortillas supplemented with lysine and tryptophan", **Food Science and Technology International**, 3, 175-179

LYON-B.G; ROBERTSON-J.A; MEREDITH-F.I. (1993) "Sensory Descriptive Analysis of cv. Cresthaven Peaches- Maturity, Ripening and Storage Effects", **JOURNAL OF FOOD SCIENCE**, V. 58, No. 1

MARTÍNEZ- BUSTOS-F.; MARTÍNEZ-FLORES-HE; SANMARTÍN-MARTÍNEZ-E; SÁNCHEZ-SINENCIO-F; CHANG-YK; BARRERA-ARELLANO-D; RIOS-E. (2001). "Effect of the components of Maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process". **Journal of the science of food and Agriculture**; 81(15) 1455-1462.

MC-DONNELL-E.,HULIN-BERTAUD-S., SHEEHAN-E.M. DELAHUNTY-C.M (2001)"Development and Learning Process of a Sensory vocabulary for the odor Evaluation of selected distilled beverages using Descriptive Analysis", **Journal of Sensory Studies**, 16, 425-445

MEULLENET, J-F., XIONG, R., MONSOOR-M.A. BELLMAN-HOMER T., DIAS-P. ZIVANOVIC-S. FROMM-H AND LIU-Z. (2002) "Preference Mapping of Commercial Toasted White Corn Tortilla Chips". **Sensory and Nutritive Qualities of food**,Vol. 67, No. 5

MIGUEL MANUEL A., ARELLANO VÁZQUEZ J.L., GARCÍA DE LOS SANTOS G., MIRANDA COLLIN S., MEJÍA CONTRERAS J.A., GONZALEZ COSSÍO F. V. (2004) "Variedades Criollas de maíz Chalqueño. Características Agronómicas y Calidad de semilla", **Revista Fitotecnia Mexicana**, Vol. 27 (1): 9-15

M. DE CHAVEZ M; HERNADEZ M; ROLDAN J. A., (1992) "Tablas de uso Práctico del Valor Nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México", **Comisión Nacional de Alimentación, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.**

MORALES BATALLA R., MIRANDA LÓPEZ D., (2004), "Análisis del Perfil del Aroma de tortillas hechas con diferentes tipos de grano de maíz (zea mays l.)", **Revista de la Salud Pública y Nutrición.**

MORALES-FERIA, ALEJANDRO M., AND PANGBORN, (1982) " Sensory Attributes of Corn Tortillas whit Substitutions of Potato, Rice, and Pinto Beans", **Journal of food Science**, Vol. 2

MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M. y BAXTER, I.A. (2001) "Descriptive sensory analysis, past, present and future", **Food Research International** 34 461-471

NMX-FF-034/1-SCFI-2002, PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO-CEREALES- PARTE 1 MAÍZ BLANCO PARA PROCESO ALCALINO PARA TORTILLAS DE MAÍZ Y PRODUCTOS DE MAÍZ NIXTAMALIZADO-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.

OCHOA, M.; BENCOMO, G.;BLANCO, J.; GONZÁLEZ, R.; FRAGA, R.; Y TARRAU, A. (2002) "Caracterización y aptitud de variedades de maíz amarillo cubano para la elaboración de tortilla mejicanas". **Alimentaria** N° 336, 95-99.

PEDRERO D. "Evaluación Sensorial de los alimentos, Métodos Analíticos"; (1996); Alhambra Mexicana, pp 145

PÉREZ R. R. Y RODRÍGUEZ M. J. (1988). "Estudio de las características reológicas y sensoriales de tortillas de maíz, sorgo y mezclas de maíz y sorgo". **Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM.**

QUIRASCO M; SCHOEL B; PLASENCIA J; FAGAN JOHN; GALVEZ A. (2004) "Suitability of Real-Time Quantitative Polymerase Chain reaction and Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for cry9C Detection in Mexican Corn Tortillas: Fate of DNA and Protein After Alkaline Cooking". **Journal of AOAC International** Vol. 87, No 3.

RAMIREZ-WONG, B.; SWEAT, V. E. ; TORRES, P.I. Y ROONEY, L.W. (1993). "Development of two Instrumental Methods for Corn Masa Textura Evaluation". **Cereal Chemistry** 70 (3) 286-290.

REYES CASTAÑEDA, P.; "EL Maíz y su cultivo"; AGT Editor, S.A., 1990

REYES-VEGA, M. L.; PERALTA-RODRÍGUEZ, R. D.; ANZALDÚA-MORALES A.; FIGUEROA-CÁRDENAS, J. D. y MARTÍNEZ-BUSTOS, F. (1998) "Relating Sensory Textural Attribute of corn Tortillas to some Instrumental Measurements", **Journal of Texture Studies** 29, 361-373.

SEVERIANO P.P. (2002). "Desarrollo de la metodología de análisis sensorial e instrumental para la evaluación de la textura: aplicación en salchichas cocidas". **Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias. Universidad de Burgos. España**

SUHENDRO E.L., ALMEIDA-RODRIGUEZ, H.D., ROONEY L.W. AND WANISKA R.D. (1998)"Objective Rollability Method for Corn Tortilla Textura Measurement",**Cereal Chemistry**, Vol. 75, No. 31, 320-324

SUHENDRO E.L., ALMEIDA-RODRIGUEZ, H.D., ROONEY L.W., WANISKA R.D. AND MOREIRA R.G. (1998) "Tortilla Bending Techique: An Objective Method for Corn Tortilla Textura Measurement",**Cereal Chemistry**, Vol. 75, No. 6, 854-85

UTRERA A.M. (2007). "Queso cotija auténtico: Estudio de la relación de sus características sensoriales, texturales y de color". **Tesis Licenciatura Q.A., Facultad de Química. UNAM.**

www.imsa.com.mx/historia_maiz2.htm

ANEXOS

Tabla 1. Prueba de umbral gusto dulce para selección de jueces

Concentración %	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.8	1
Juez								
1	D	?	D	D	D	D	D	D
2	D	0	0	0	D	0	D	D
3	S	S	0	0	0	0	?	?
4	0	0	0	0	0	D	D	D
5	0	0	D	D	D	D	D	D
6	Ac	S	A	D	D	D	D	D
7	D	0	0	D	D	D	D	D
8	0	0	0	0	0	0	D	D
9	D	0	D	D	D	D	D	D
10	D	0	0	0	0	D	D	D
11	0	0	0	0	0	?	?	?
12	Ac	A	A	Ac	A	A	A	D
Sx	5	0	3	5	6	7	9	11
% Reconocimiento	41.66	0	25	41.66	50	50.33	75	91.66

Ac =ácido D = dulce A = amargo S = salado 0 = nada ? = no sabe

Tabla 2. Prueba de umbral gusto amargo para selección de jueces

Concentración %	0	0.004	0.006	0.008	0.01	0.02	0.03	0.04
Juez								
1	A	A	A	A	A	A	A	A
2	D	0	0	0	A	A	A	A
3	?	0	0	A	A	A	A	A
4	0	0	0	0	A	A	A	A
5	?	S	S	S	S	A	A	A
6	A	A	A	S	A	A	A	A
7	0	S	S	S	S	S	S	S
8	0	A	A	A	A	A	A	A
9	S	0	S	S	S	S	S	S
10	0	0	0	0	A	0	0	0
11	0	0	0	0	0	?	A	A
12	Ac	A	A	A	A	A	A	A
Sx	2	4	4	4	7	8	9	9
% Reconocimiento	16.66	33.33	33.3	33.33	58.33	66.66	75	75

Ac =ácido D = dulce A = amargo S = salado 0 = nada ? = no sabe

Tabla 3. Prueba de umbral gusto salado para selección de jueces

Concentración %	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,20
Juez								
1	?	S	S	S	S	S	S	S
2	0	0	S	S	S	S	S	S
3	0	A	0	0	?	S	S	S
4	0	0	S	S	D	S	S	S
5	?	?	S	S	S	S	S	S
6	D	S	S	S	S	S	S	S
7	0	S	S	S	S	S	S	S
8	0	0	0	S	S	S	S	S
9	A	0	A	A	A	A	A	A
10	0	0	0	S	S	S	S	S
11	0	0	0	0	0	?	?	S
12	S	S	S	S	S	S	S	S
Sx	1	4	7	9	8	10	10	11
% Reconocimiento	8.33	33.33	58.33	75	66.66	83.33	83.33	91.66

Ac = ácido D = dulce A = amargo S = salado 0 = nada ? = no sabe

Tabla 4. Prueba de umbral gusto ácido para selección de jueces

Concentración %	0	0,005	0,01	0,014	0,016	0,018	0,020	0,030
Juez								
1	?	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
2	0	0	0	0	0	Ac	Ac	Ac
3	0	D	D	A	?	?	Ac	Ac
4	0	0	0	0	0	A	A	A
5	0	?	?	?	Ac	Ac	Ac	Ac
6	S	S	S	S	S	Ac	Ac	Ac
7	Ac	Ac	Ac	0	Ac	Ac	Ac	Ac
8	0	0	0	0	0	0	Ac	Ac
9	Ac	Ac	0	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
10	0	0	0	0	0	Ac	Ac	Ac
11	0	0	0	0	0	0	0	?
12	D	D	D	D	D	D	Ac	Ac
Sx	2	3	2	2	4	7	10	10
% Reconocimiento	16.66	25	16.66	16.66	33.33	58.33	83.33	83.33

Ac = ácido D = dulce A = amargo S = salado 0 = nada ? = no sabe

Tabla 5. Descriptores generados por los jueces para las tortillas de maíz azul

JUEZ	OLOR	ASPECTO	ROLLABILIDAD	SABOR	TEXTURA
1	-maíz -ligeramente a elote -dulce	Color entre verde y gris, presenta capa -puntos de maíz amarillos, cafés y negros -muy heterogénea	-Presenta rollabilidad sin fracturas	-masa de maíz algo dulce	-presenta pocos bordes, la orilla de la tortilla es más dura

2	-un olor a cal -muy poco a masa	-puntos de color azul y amarillo	-se enrolla fácilmente	-a masa con un poco de sal -difícil de masticar	-un poco rugosa -presenta capa - no se fractura
3	-elote -maíz	Color verde pasto- grisáceo -puntos amarillos -puntos azules	-alta	-sensación de sequedad -masa -a elote	-poca rugosidad -poco dura -poca humedad
4	-No se percibe el olor a cal y el olor es similar al de la masa azul	-es muy seco, tiene puntos amarillos y azules y muy pocos puntos cafés -el color es gris rojizo tiene buena presencia de capa, pero es rugosa	-es buena y no se fractura	-tiene un sabor similar al de las tortillas azules pero la sensación de sequedad es más perceptible	-es poco cohesiva aunque cuesta más trabajo deglutirla
5	-elote	-puntos azules -puntos amarillos -color gris, seco	-alta	-masa -seco	-poco rugosa
6	-a masa húmeda	-grande, color -gris suave en el centro y dura a la orilla, con capa 80%, seca en algunas partes. -puntos azules -puntos amarillos bajo la capa	Regular por lo grande y por las orillas duras	-agradable, dulce a masa -más o menos húmeda -poca sensación a sequedad	-rugosa, quebradiza en la orilla y suave en el centro -la capa lisa
7	-masa -maíz	-heterogénea, puntos amarillos, puntos azules, partes rojizas- gris -capa desprendible en su totalidad	-poca rollabilidad -no presenta fracturas	- a masa, dulce, resequedad, poca masticabilidad	-suave, rugosa, delgada -poca humedad
8	-olor a masa y a	-color	-buena no hay	-sabor intenso a	-suave, gruesa,

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIETADES DE MAÍZ

	maíz harina -a cal	tiene puntos azules igual cantidad de amarillos -capa tres cuartos a entera	fractura	masa de maíz azul -no a cal	media humedad
--	-----------------------	---	----------	--------------------------------	---------------

ANEXO 4

Tabla 6. Descriptores generados por los jueces para las tortillas de maíz rojo.

JUEZ	OLOR	ASPECTO	ROLLABILIDAD	SABOR	TEXTURA
1	-maíz algo dulce en caliente -olor a cal	-color entre café y ámbar, -presenta capa, - puntos amarillos y café del maíz, -es muy heterogénea	-presenta rollabilidad -hay poca fracturabilidad	-Es dulce -es poco salada -sabor a masa de maíz	-presenta bordes
2	-levemente a masa	-un color más café que rojo -Pocos puntos amarillos	- se enrolla fácilmente	-masa con un pequeño sabor a cal (muy poco) y dulce	- poco rugosa -presencia de capa -no se fractura
3	-Masa de - maíz elote	- color café tenue -homogénea	- alta	- a masa de maíz - sal	- alta rugosidad - poca dureza -presencia de puntos color café poca presencia de puntos amarillos, poca humedad, capa
4	-es muy similar al de la masa amarilla -el olor a cal	-color café -presencia de puntos café y amarillos -es húmeda -tiene buena presencia de capa	-es alta -no se fractura	-es distinta al de las tortillas azules y las amarillas pero es poco perceptible	-es muy cohesiva y difícil de tragar, cuesta más trabajo -es muy lisa
5	-masa -elote	-color café -puntos cafés -puntos amarillos	- alta	-masa -maíz	- rugosa
6	-masa maíz azul (mezcla?)	-olor a masa -grande -lisa -dura en la orilla -con capa -poco rugosa -pocos puntos amarillos -puntos cafés -cruda en la orilla -poco húmeda -color café- chocolate	-regular por lo grande y lisa	-agradable -dulce -con sensación de sequedad -a masa	-lisa en la parte con capa - poco rugosa -dura en la orilla
7	-masa -cal	-Heterogéneo, -capa -color café claro -presencia de puntos negros, pocos amarillos -delgada	-poca rollabilidad	-masa, cal, un ligero sabor a cloro -poca adhesividad y masticabilidad	Partes rugosas y lisas, dura, bordes gruesos, poco húmeda

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIEDADES DE MAÍZ

8	-maíz, masa y harina -poco a cal	-Color café claro, -pocos puntos amarillos intermedios puntos cafés, con capa tres cuartos	-Cuesta trabajo por estar tan grande la tortilla, no se fractura	-insaboro, al inicio sabor a masa, no dulce, ni salado	-poco áspero, dura en las orillas mucho -nada húmeda -se seca muy rápido
---	-------------------------------------	--	--	--	--

CUESTIONARIO 1

ANEXO 5

ENCUESTA GENERAL PARA LA SELECCIÓN DE MIEMBROS DE UN PANEL DE CATADORES ENTRENADOS

Por favor, conteste verazmente las preguntas que se le presentan a continuación:

1.- DATOS PERSONALES

Nombre: _____ Edad: _____
Sexo: _____

Fecha: _____

Teléfono o lugar de contacto: _____

Vinculación con la Universidad: _____

Horario del trabajo: _____ am a _____ pm

2.- INTERÉS Y DISPONIBILIDAD

¿Estaría dispuesto a participar en la evaluación de tortillas?
SI _____ NO _____

Si la respuesta anterior es afirmativa; ¿podría asistir en el horario que se le marca a continuación?

DIA	LUNES	MIERCOLES	VIERNES
HORARIO	3-4	3-4	1-2

Marca con una X dos de los horarios en los que puedas asistir

3.- HÁBITOS DE CONSUMO

Horario habitual de comidas:
desayuno: _____ a.m.
comida: _____ p.m.
cena: _____ p.m.

¿Fuma? NO _____ SI _____ ¿Cuántos cigarrillos al día? _____

4.- SALUD

Padece alguna enfermedad que pueda afectar los sentidos como resfriados, anosmia (perdida del olfato), agüensia (no percibe sabores) ó daltonismo.

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIEDADES DE MAÍZ

NO _____ SI _____

¿Cuál(es) y con que frecuencia? _____

¿Tienes dentadura postiza?

Total: NO _____ SI _____

Parcial: NO _____ SI _____

¿Es alérgico? a:

Alimentos: NO _____ SI _____ ¿Cual(es)? _____

Medicamentos: NO _____ SI _____ ¿Cual(es)? _____

Otros: NO _____ SI _____ ¿Cual(es)? _____

¿Le disgusta en particular algún alimento como para no participar en su degustación?

NO _____ SI _____ ¿Cual(es)? _____

¿Padece de alguna intolerancia a algún alimento? NO _____ SI _____

¿Cuál(es)? _____

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

CUESTIONARIO 2

ANEXO 6

Pruebas de umbral



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Laboratorio de Evaluación Sensorial

Pruebas de umbral

Nombre _____ Fecha _____

INSTRUCCIONES: Ante usted tiene una serie de muestras con diferentes sustancias con un solo gusto básico. Pruébelas de izquierda a derecha y de atrás hacia delante No se trague las muestras y enjuáguese entre muestra y muestra. GRACIAS.

MUESTRA

GUSTO DETECTADO

CUESTIONARIO 3

ANEXO 7

PRUEBA TRIANGULAR

Nombre:

Fecha:

INSTRUCCIONES

Anote el código de las muestras que se le presentan en los vasos.

De las series de tres muestras que se presentan, dos de ellas son iguales y una diferente.

Seleccione la muestra diferente y anote su código.

Pruebe las muestras que se le presentan de izquierda a derecha.

Espere al menos treinta segundos entre muestra y muestra, beba un poco de agua si lo cree necesario.

TRIADA	CÓDIGO DE MUESTRAS	MUESTRA DIFERENTE
A	____ _	_____

CUESTIONARIO 4

ANEXO 8



GENERACIÓN DE DESCRIPTORES

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Laboratorio de Evaluación Sensorial

Nombre:

Fecha:

INSTRUCCIONES

Ante usted tiene una muestra de tortilla.

Empiece evaluando su olor y describa todas las notas que encuentre, posteriormente evalúe el aspecto y rollabilidad y finalmente pruebe la muestra e indique las diferentes notas de sabor y las características de textura que encuentre.

Al terminar enjuáguese, y coma un poco de galleta si lo cree necesario. Espero al menos 5 min. antes de evaluar la siguiente muestra la cual le será proporcionada por el coordinador de la prueba.

Clave	Olor	Aspecto	Rollabilidad	Sabor	Textura

CUESTIONARIO 5

ANEXO 9

SELECCIÓN DE ESCALAS PARA CUANTIFICAR

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Laboratorio de Evaluación Sensorial

Nombre:

Fecha:

INSTRUCCIONES

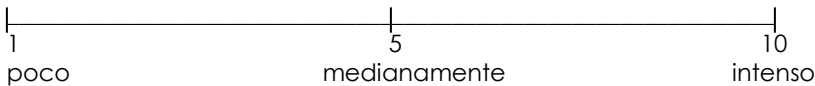
Ante usted tiene una muestra de tortilla. Empiece evaluando su olor, posteriormente evalúe el aspecto y rollabilidad y finalmente pruebe la muestra e indique las notas de sabor y las características de textura que encuentre, marque la intensidad de cada una de las características con una X sobre la escala.

Espere al menos 5 minutos antes de evaluar la siguiente muestra la cuál le será proporcionada por el coordinador de la prueba.

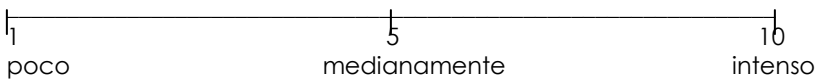
MUESTRA _____

OLOR

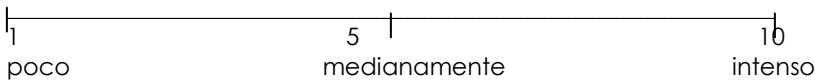
Masa



Cal



Harina



SABOR

Dulce



Masa



Salado



Cal



Insípido



PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIEDADES DE MAÍZ

resabio

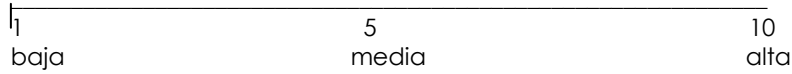


TEXTURA

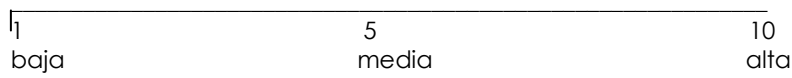
Fracturabilidad



Humedad

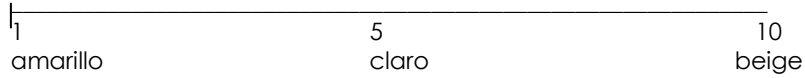


Rollabilidad

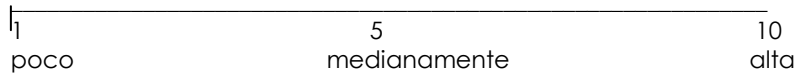


ASPECTO

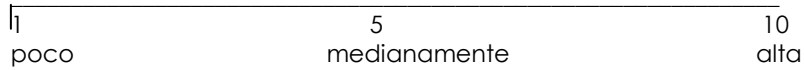
Color



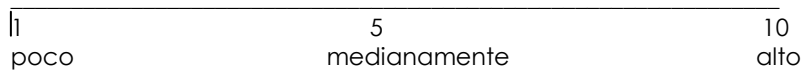
Opaca



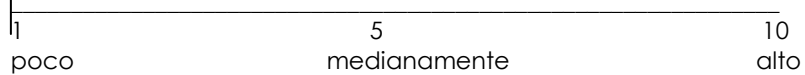
Rugosa



Lisa



Heterogéneo



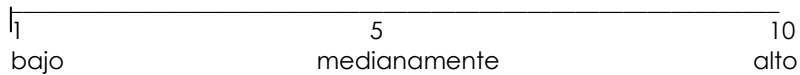
Compacto



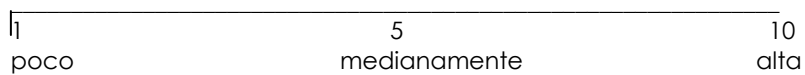
Puntos de maíz



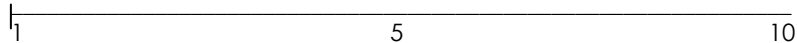
Cohesivo



Seca



Grosor



poco
Presencia de capa

medianamente

alto

Si _____

CUESTIONARIO 6

ANEXO 10

CUANTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS BLANCA

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Laboratorio de Evaluación Sensorial

NOMBRE: _____

FECHA: _____

INSTRUCCIONES

Ante usted tiene una muestra de tortilla. Empiece evaluando su aspecto, posteriormente evalúe el olor, las características de textura y finalmente pruebe la muestra e indique las notas de sabor que encuentre, marque la intensidad de cada una de las características con una X sobre la escala.
Espere al menos 5 minutos antes de evaluar la siguiente muestra la cuál le será proporcionada por el coordinador de la prueba.

MUESTRA _____

1) Rollabilidad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

2) Fracturabilidad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

3) Humedad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

4) Rugosidad al tacto

1	5	10
<i>poca</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

5) Presencia de capa

1	5	10
<i>baja</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

6) Olor a Masa

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

7) Olor a cal

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

8) Olor a harina de maíz

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

9) Color

1	5	10
<i>Blanco</i>		<i>Amarillo</i>

10) Homogeneidad al aspecto

1	5	10
<i>poca</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

11) Dureza

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

12) Masticabilidad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

13) Cohesividad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

14) Adhesividad

1	5	10
<i>poca</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

15) Sabor dulce

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

16) Sabor a masa

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

17) Sabor salado

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

18) Sabor a cal

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

19) Resabio a masa

1 _____ 5 _____ 10
poco medianamente intenso

CUESTIONARIO 7

ANEXO 11

CUANTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS AZUL

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Laboratorio de Evaluación Sensorial

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

INSTRUCCIONES

Ante usted tiene una muestra de tortilla. Empiece evaluando su aspecto, posteriormente evalúe el olor, las características de textura y finalmente pruebe la muestra e indique las notas de sabor que encuentre, marque la intensidad de cada una de las características con una X sobre la escala.
Espere al menos 5 minutos antes de evaluar la siguiente muestra la cuál le será proporcionada por el coordinador de la prueba.

MUESTRA _____

1) Rollabilidad

1 _____ 5 _____ 10
baja media alta

2) Fracturabilidad

1 _____ 5 _____ 10
baja media alta

3) Humedad

1 _____ 5 _____ 10
baja media alta

4) Rugosidad al tacto

1 _____ 5 _____ 10
poca medianamente alta

5) Presencia de capa

1 _____ 5 _____ 10
baja medianamente alta

6) Olor a Masa (Evaluado en frío y después de fragmentarla)

1 _____ 5 _____ 10

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIETADES DE MAÍZ

poco *medianamente* *intenso*

7) Olor a cal

1 5 10
poco *medianamente* *intenso*

8) Color

1 5 10
gris *azul* *verde*
P 441 P 5395 / P 5463 P 5467

9) Presencia de puntos amarillos

1 5 10
poca *medianamente* *alta*

10) Presencia de puntos azules

1 5 10
poca *medianamente* *alta*

11) Dureza

1 5 10
baja *media* *alta*

12) Masticabilidad

1 5 10
baja *medianamente* *alta*

13) Cohesividad

1 5 10
baja *medianamente* *alta*

14) Adhesividad

1 5 10
poca *medianamente* *alta*

15) Sensación de sequedad (evaluada en caliente)

1 5 10
poco *medianamente* *intenso*

16) Sabor dulce

1 5 10
poco *medianamente* *intenso*

17) Sabor a masa azul

1 5 10
poco *medianamente* *intenso*

18) Resabio a masa

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

CUESTIONARIO 8

ANEXO 12

CUANTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS ROJA

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Laboratorio de Evaluación Sensorial

NOMBRE: _____

FECHA: _____

INSTRUCCIONES

Ante usted tiene una muestra de tortilla. Empiece evaluando su aspecto, posteriormente evalúe el olor, las características de textura y finalmente pruebe la muestra e indique las notas de sabor que encuentre, marque la intensidad de cada una de las características con una X sobre la escala. Espere al menos 5 minutos antes de evaluar la siguiente muestra la cuál le será proporcionada por el coordinador de la prueba.

MUESTRA _____

1) Rollabilidad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

2) Fracturabilidad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

3) Humedad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

4) Rugosidad al tacto

1	5	10
<i>poca</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

5) Presencia de capa

1	5	10
<i>baja</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

6) Olor a Masa (Evaluado en caliente y después de fragmentar)

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIEDADES DE MAÍZ

7) Olor a elote

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

8) Color

1	5	10
---	---	----

9) Presencia de puntos amarillos

1	5	10
<i>poca</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

10) Presencia de puntos cafés

1	5	10
<i>poca</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

11) Dureza

1	5	10
<i>baja</i>	<i>media</i>	<i>alta</i>

12) Masticabilidad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

13) Cohesividad

1	5	10
<i>baja</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

14) Adhesividad

1	5	10
<i>poca</i>	<i>medianamente</i>	<i>alta</i>

15) Sensación de sequedad (evaluada en caliente)

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

16) Sabor dulce

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

17) Sabor a masa

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

18) Resabio a masa

1	5	10
<i>poco</i>	<i>medianamente</i>	<i>intenso</i>

CUESTIONARIO 9

ANEXO 13

PRUEBA DE PREFERENCIA

Edad:

Sexo:

INSTRUCCIONES:

Ante usted tiene una serie de muestras de tortilla. Antes de iniciar la evaluación y entre muestra y muestra enjuague su boca con un poco de agua. Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique el orden de preferencia (1er lugar la más preferida y 4º lugar la menos preferida). No se permiten empates.

Orden de Preferencia

Código muestra

1º	
2º	
3º	
4º	

¿Por qué motivo/s le gustó más la muestra que ha señalado en primer lugar?

Sabor textura apariencia olor

otros: _____

La muestra que menos le ha gustado (3º lugar) es por:

Sabor textura apariencia olor

otros: _____

¿Ha encontrado defectos en alguna muestra? SI NO

En caso afirmativo, señale en cual

Muestra	Defecto
---------	---------

Tabla 7. Definición de atributos, generados por el panel

PARÁMETRO	DEFINICIONES
Cara principal	Es el lado más grueso de la tortilla
Cara interna	Es el lado delgado de la tortilla, donde se presenta una capa delgada
ASPECTO	
Homogéneo	Grado en que se percibe visualmente la superficie del alimento sin alteración, es igual en toda su superficie
Color	Tonalidad que se percibe en la tortilla por efecto del reflejo de la luz
Presencia de capa	Superficie fácilmente desprendible en la cara interna de la tortilla
Presencia de puntos amarillos	Cantidad de partículas del grano de maíz perceptibles a simple vista en la superficie de la cara interna del alimento (después de desprender la capa) debidas a la molienda del nixtamal y que son característicos en las tortillas azules y rojas
Presencia de puntos azules	Cantidad de partículas del grano de maíz perceptibles a simple vista en la superficie de la cara interna del alimento (después de desprender la capa) debidas a la molienda del nixtamal y que son característicos en la tortilla azul
Presencia de puntos café	Cantidad de partículas del grano de maíz perceptibles a simple vista en la superficie de la cara interna del alimento (después de desprender la capa) debidas a la molienda del nixtamal y que son característicos en la tortilla roja
OLOR	Para la evaluación del aroma, mantener la muestra a 2cm de distancia de las fosas nasales.
Masa	Aroma característico del producto obtenido de la molienda del nixtamal
Cal	Aroma de las tortillas generado por la adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para la nixtamalización
Harina de maíz	Aroma característico de la harina de maíz que es empleada para la elaboración de tortillas
Olor a elote	Aroma característico del elote tierno
SABOR	
Dulce	Gusto básico agradable al paladar relacionado con la sacarosa
Masa	Sabor pastoso y alcalino de la molienda del maíz relacionado con la nixtamalización

PERFIL SENSORIAL DE TORTILLAS NIXTAMALIZADAS ELABORADAS CON TRES VARIEDADES DE MAÍZ

Salado	Gusto básico detectado en las tortillas, relacionado con el cloruro de sodio (NaCl)
Cal	Sabor que se percibe en las tortillas por la adición de Ca(OH) ₂ en la nixtamalización
Sensación de sequedad	Sensación que produce el alimento en la lengua después de ser deglutido
Resabio a masa	Sabor que se percibe en la boca después de ser deglutida la tortilla
Sabor a masa azul	Intensidad de sabor a masa azul de la tortilla
TEXTURA	
Adhesivo	Fuerza requerida para retirar el material adherido en paladar y dientes, durante la masticación
Cohesivo	Grado de unión entre las parte que constituyen el alimento, es la capacidad de la tortilla para ser fragmentada en la boca por acción de los molares y percibirse como fragmento
Dureza	Fuerza requerida para comprimir entre los dientes molares la tortilla y alcanzar su deformación
Fracturabilidad	Facilidad en que la tortilla se rompe o quiebra al momento de hacerla rolo entre las manos (después de evaluar la rollabilidad)
Humedad (al tacto)	Percepción de la cantidad de agua que presenta la tortilla al ser colocada entre los dedos índice y pulgar
Rollabilidad	Facilidad con que se hace rolo la tortilla al deslizar la mano derecha sobre la mano izquierda
Rugosidad (al tacto)	Bordes o irregularidades detectados en la cara principal del alimento, al pasar los dedos índice, medio y anular sobre la superficie de la cara principal
Masticabilidad	Facilidad con que la tortilla se desintegra en los molares para formar el bolo y tragar