



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

TORTILLAS DE MAIZ ENRIQUECIDAS CON
PULPA DE FRUTO “XKIJIT” (RENEALMIA
ALPINIA)

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

Licenciatura en Ingeniería en Alimentos

Presenta:

NITZIA VIRIDIANA GARCÍA LOBATO

Director de Tesis:

DRA. MARIA LORENA LUNA GUEVARA

Puebla, Pue.

Noviembre 2016



BUAP

Oficio No. FIQ/AC/765/2016
Asunto: Registro de Tema de Tesis

**C. NITZIA VIRIDIANA GARCÍA LOBATO
PASANTE DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS
P R E S E N T E:**

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos cuyo título es el siguiente:

“Tortillas de maíz enriquecidas con pulpa de fruto "XKIJIT" (*RENEALMIA ALPINIA*)”.

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA**

Directora de Tesis: Dra. María Lorena Luna Guevara

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR UN AÑO**.

ATENTAMENTE
“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”
H. Puebla de Z., 15 de Agosto del 2016


**M.I.C. MA. GPE. TITA VÁZQUEZ E. DE LOS MONTEROS
SECRETARIA ACADÉMICA**



C.c.p Directora de Tesis: Dra. María Lorena Luna Guevara
Minutario Facultad de Ingeniería Química

60
AÑOS DE
AUTONOMÍA
UNIVERSITARIA

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00
Ext. 7250 y 7251

CTAI01



**Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



CIUDAD UNIVERSITARIA

**Mtro. Omar Gerardo Aguirre Ibarra
Director de la Administración Escolar
De la BUAP.
Presente**

**ASUNTO:
AUTORIZACIÓN
IMPRESIÓN DE TESIS**

Por este conducto me permito presentar a Ud. al C. pasante de la carrera de Ingeniería Química

Nitzia Viridiana García Lobato

Quién presenta como tema de tesis:

“Tortillas de maíz enriquecidas con pulpa de fruto “XKIJIT” (RENEALMIA ALPINIA)”

La cual ha sido debidamente revisada y se autoriza para su impresión correspondiente.

Sin otro particular y para los fines que se estimen conducentes reitero mi distinción.

ATENTAMENTE

“Pensar Bien, para Vivir Mejor”

H. Puebla de Z., a 15 de noviembre de 2016

Director de Tesis
Dra. María Lorena Luna Guevara

Agradezco a Dios por cuanto me ha dado, por la fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible.

También debo agradecer de manera especial y sincera a la Dra. María Lorena Luna Guevara por aceptarme para realizar esta tesis, por su apoyo y paciencia. A mis asesores M.E.S. Madaí Sánchez Arzubide y Dr. Juan José Luna Guevara y todos los catedráticos de esta licenciatura.

A mis padres por apoyarme y permitirme cumplir con mis metas.

A demás agradezco a mi familia, mi abuelita, mis hermanas a Julio y Charis, por su apoyo incondicional y su hospitalidad. Y Antonio por su apoyo, por ser mi amigo y cómplice y a su familia por su apoyo y motivación.

A mi inspiración que está en el Cielo...

GRACIAS TOTALES

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE TABLAS.....	V
RESUMEN.....	VI
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVO.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivo específicos.....	3
III.Hipótesis.....	3
Capítulo I.MARCO TEÓRICO	4
1.1.MAÍZ.....	4
1.1.1.Generalidades	4
1.1.2.Tipos.....	5
1.1.3.Producción en México.....	6
1.1.4.Composición química y valor nutritivo	7
1.1.5.Usos	10
1.2.Harina y proceso de obtención.....	10
1.3.Tortilla.....	12
1.3.1.Generalidades	12
1.3.2.Consumo en México	13
1.3.3.Nixtamalización.....	13
1.3.4.Tortillas enriquecidas	14
1.3.5.Calidad de la tortilla	17
1.4. <i>Renealmia alpinia</i>	19
1.4.1.Generalidades	19
1.4.2.Usos	21

Capítulo II.MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.1.Obtención de harina del fruto Xkijit	23
2.1.1.Recolección del fruto.....	23
2.1.2.Acondicionamiento del Xkijit.....	23
2.1.3.Producción de harina	24
2.2.Elaboración y caracterización de tortillas adicionadas con el fruto Xkijit.....	25
2.2.1.Selección de la formulación para la elaboración de las tortillas con el futo Xkijit	25
2.2.2.Elaboración de tortillas.....	27
2.3.Evaluación de Calidad en tortillas	28
2.3.1.Análisis físico de la tortilla	29
2.3.2.Pérdida de peso en tortilla	29
2.3.3.Inflado de la tortilla.....	30
2.3.4.Rolabilidad de la tortilla	31
2.3.5.Perfil de textura: Fuerza de tensión al corte.....	33
2.3.6.Color de las tortillas	35
2.4.Vida útil.....	36
2.5.Evaluación sensorial.....	38
2.6.Evaluación del contenido proteico.....	40
2.7.Análisis de datos.....	42
Capítulo III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1.Análisis físico de la tortilla	43
3.2.Pérdida de peso.....	44
3.3.Inflado.....	45
3.4.Rolabilidad	46
3.5.Fuerza de tensión al corte.....	47
3.6.Color	49
3.7.Evaluación de vida útil	53

3.8.Evaluación sensorial	54
3.9.Determinación de proteína.....	55
CONCLUSIONES	57
SUGERENCIAS.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
Anexo I	69

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 Maíz blanco y amarillo.	6
Figura 2 Diversidad de maíz.	8
Figura 3 Estructura del grano de maíz: corte longitudinal.	9
Figura 4 Diagrama de flujo proceso de obtención de harina de maíz.....	11
Figura 5 Fruto “Xkijit”, hojas elípticas, inflorescencia racimo basal y fruto.....	20
Figura 6 Fruto “Xkijit”, racimo basal, fruto en forma elíptica con grado de madurez medio.	20
Figura 7 Diagrama general de trabajo para tortillas fortificadas con el fruto Xkijit.....	22
Figura 8 Mapa del área de recolección y cosecha manual del fruto “Xkijit”	23
Figura 9 Limpieza del fruto “Xkijit”	24
Figura 10 Deshidratación del fruto Xkijit a T32°C durante 24h	25
Figura 11 Tortillas de maíz adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.	26
Figura 12 Preparación de la masa para tortillas.	27
Figura 13 Preparación de tortillas.	28
Figura 14 Determinación diámetro y grosor.	29
Figura 15 Determinación de pérdida de peso en tortillas.	30
Figura 16 Inflado de la tortilla.	31
Figura 17 Rolabilidad.	32
Figura 18 Forma de la muestra para determinar fuerza de tensión al corte.	33
Figura 19 Análisis de tensión al corte en tortillas	34
Figura 20 Prueba a la tensión en tortillas	34
Figura 21 Fuerza de tensión al corte.....	35
Figura 22 Colorímetro y muestra para determinar color	36
Figura 23 Diagrama de flujo para la determinación de vida útil del producto.....	37
Figura 24 Evaluaciones microbiológicas	38
Figura 25 Escala hedónica facial de 5 puntos.	39
Figura 26 Papeleta y muestra presentada al panelista.....	39
Figura 27 Evaluación sensorial.	40
Figura 28 Método Kjeldhal para la determinación del contenido proteico.....	41
Figura 29 Escala cromática L*, a* y b*.....	49
Figura 30 Color de tortillas de las diferentes formulaciones	52

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Composición química proximal del grano de maíz. (%).....	9
Tabla 2 Pruebas preliminares para la selección del contenido porcentual de harina de Xkijit utilizado en la investigación.	26
Tabla 3 Escala para calificación de inflado en tortillas.	31
Tabla 4 Escala para calificación de rolabilidad en tortillas.....	32
Tabla 5 Evaluación de parámetros físicos de las tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.....	43
Tabla 6 Pérdida de peso en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.....	45
Tabla 7 Inflado en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.	46
Tabla 8 Rolabilidad en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.....	47
Tabla 9 Parámetros de fuerza de tensión al corte evaluados en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit	48
Tabla 10 Parámetros de color evaluados en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.....	50
Tabla 11 Recuentos Microbiológicos obtenidos de tortillas almacenadas en bolsas de plástico durante 20 días en condiciones de refrigeración (7°C).....	54
Tabla 12 Evaluación sensorial de las formulaciones de tortillas adicionadas con harinas de Xkijit.....	55
Tabla 13 Análisis proximales de tortillas de maíz adicionadas con pulpa del fruto Xkijit...	56

RESUMEN

Esta investigación es una alternativa viable para contribuir a buscar estrategias apropiadas para resolver los problemas de desnutrición. Existen ya reportes acerca de la fortificación de las tortillas de maíz a través de la incorporación de vitaminas, minerales y con proteína de soya, obteniéndose efectos positivos en las propiedades nutrimentales de este producto. En la Sierra Norte, se producen el fruto Xkijit (*Renealmia alpina*), cuyo valor de uso se remite a tratamientos medicinales.

Este trabajo de tesis tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas, nutricionales, sensoriales y vida útil en tortillas enriquecidas con el fruto "Xkijit" (*Renealmia alpina*). Para cumplir con el objetivo se determinaron las propiedades de calidad de las tortillas, análisis físicos incluyendo pérdida de peso, inflado, rolabilidad, textura (fuerza a la tensión al corte) y parámetros de color. Así mismo se evaluó la vida útil mediante análisis microbiológico de bacterias mesófilas aerobias, organismos coliformes totales, hongos y levaduras. Se realizaron análisis de los atributos sensorial y contenido proteico. Se realizó un análisis de datos utilizando ANOVA con un nivel de confianza de 0.05 y pruebas de comparación de medias mediante Pruebas de Tukey.

Se presentaron los siguientes valores de propiedades microbiológicas donde se redujeron significativamente los microorganismos coliformes totales, hongos y levaduras lo cual refleja estabilidad microbiana con las concentraciones de 5 y 7.5%, esto podría deberse al efecto antifúngico que podría llegarse a tener la harina del fruto. Las evaluaciones sensoriales reflejaron valores de aceptación general con las tres formulaciones, se encontró diferencias en el atributo de color en relación con el control y diferencias en el olor y sabor a partir de la formulación del 5%. Los resultados obtenidos permitieron enriquecer el contenido nutricional de tortillas por medio de la adición de la harina del fruto "Xkijit" (*Renealmia Alpina*) para beneficiar la alimentación de grupos vulnerables de la región de la Sierra Norte, aprovechando las propiedades de la tortilla y del fruto.

I. INTRODUCCIÓN

La dieta de una población particular forma parte de la memoria colectiva, y no solo comprende la ingesta de alimentos sino también expresa relaciones socioeconómicas y hace patente actos profundamente cargados de simbolismo cultural de acuerdo con lo reportado por García Urigüen (2012). Por estas razones resulta indispensable definir con claridad el significado que ha tenido el maíz en la dieta de la población mexicana a lo largo de la historia y en la actualidad.

Puebla es el tercer Estado con mayor índice de desnutrición en el país después de Oaxaca y Chiapas; (INEGI 2010). Específicamente en las comunidades de la Sierra Norte y la Mixteca. Puebla se ubican 276 poblaciones clasificadas como urbanas, en las cuales viven cerca de tres millones 800 mil personas; donde un alto porcentaje de las familias presenta índices significativos de desnutrición reportado por INEGI (2010). Así mismo las condiciones en las que vive la mayoría de la población son de pobreza y marginación; existe un alto nivel de analfabetismo, un gran número de viviendas en condiciones precarias. Y de esta manera la población indígena de estas comunidades se encuentra en situación de desigualdad y exclusión social frente a la población no indígena de la región y del país. De ahí que la desnutrición en este grupo social frecuentemente incrementa los índices de mortalidad (Copevi, 2015). Ante la situación mencionada en el sector social perteneciente a las localidades rurales la principal fuente alimenticia se encuentra la tortilla, así como en el resto del país. Específicamente se estima que en el 2014 el consumo de tortilla en México osciló entre los 7.3 y 9.4 millones de toneladas, de acuerdo con informes publicados por la Secretaría de Economía y el Consejo Regulador de la Masa (2014), respectivamente.

En México el maíz se consume principalmente en tortillas considerado como un alimento básico en la dieta de los mexicanos. Su consumo se ha incrementado gradualmente y la demanda en diferentes partes del mundo ha crecido constantemente. (Verdalet, 2001). En el último año, según cifras oficiales, el total de harina de maíz utilizada para la elaboración de tortillas fue de 1.7 millones de

toneladas, con las que fueron producidas 3 millones de toneladas de tortilla de maíz, cantidad que representó 35.7% del total de la demanda nacional. (González, 2014)

Cada mexicano consume cerca de 100 Kg de maíz por año, que rinden 150 Kg de tortilla por día y un consumo diario de 410g de tortilla, equivalente a 15 tortillas diarias, las cuales aportan 1000 kilocalorías (el 32% de la energía necesaria) y 24g de proteína son 35% de los requerimientos diarios de proteína; sin embargo el consumo por adulto en el medio rural puede ser hasta de 650g de tortilla (Bressani, 1994).

Para el interés del presente trabajo, se pretende desarrollar tortillas con propiedades potencialmente funcionales ya que las tortillas elaboradas con cereales como el maíz contienen específicamente aminoácidos como la lisina y el triptófano, sin embargo con esta propuesta de invención se ampliaría el aporte de aminoácidos debido a la adición de harina de Xkijit incrementando el valor nutricional del producto.

II. OBJETIVO

Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas, nutricionales, sensoriales y vida útil en tortillas enriquecidas con el fruto “Xkijit” (*Renealmia alpinia*).

Objetivo específicos

- ✓ Establecer las formulaciones para la elaboración de tortillas adicionadas con la harina proveniente de pulpa del fruto “Xkijit” (*Renealmia alpinia*).
- ✓ Determinar la vida útil de las tortillas adicionadas con el fruto “Xkijit” (*Renealmia alpinia*) almacenadas a temperatura de refrigeración mediante el recuento de indicadores como: Bacterias Mesófilas Aerobias, Coliformes Totales y Hongos y Levaduras.
- ✓ Analizar la calidad de los productos mediante parámetros fisicoquímicos (análisis físico, pérdida de peso, inflado, rolabilidad, textura y color).
- ✓ Analizar el contenido de proteico de las tortillas adicionadas con diferentes contenidos de harina de Xkijit.
- ✓ Evaluar el nivel de agrado mediante análisis sensoriales de los productos con diferentes formulaciones.

III.Hipótesis

La adición de la harina del fruto “Xkijit” (*Renealmia Alpinia*) tendrá un efecto positivo sobre la calidad nutricional, vida útil y sensorial de los productos.

Capítulo I. MARCO TEÓRICO

1.1. MAÍZ

1.1.1. Generalidades

El maíz (*Zea mays L.*), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7, 000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América. La supervivencia del maíz más antiguo y su difusión se debió a los seres humanos, quienes recogieron las semillas para posteriormente plantarlas. (FAO, 1993).

Zea mays es conocido con varios nombres comunes; el más usado dentro de los países anglófonos es maize, excepto en los Estados Unidos de América y Canadá, donde se le denomina corn.

Existen testimonios culinarios del maíz (restos arqueológicos y manuscritos como el códice Florentino o el Mendocino) que permiten concluir que se trataba de uno de los componentes de la dieta mesoamericana desde el Preclásico Medio (1200-400 a.C.) (López, 2007).

El maíz contiene casi todos los nutrimentos necesarios para la alimentación de ser humano, su concentración cambia según su variedad, y las condiciones ambientales y se manejó presentes durante su cultivo. Se producen una gran variedad de tipos de maíz, los cuales tienen una composición promedio del 70% de hidratos de carbono, 8% de proteínas, 4% de minerales, 4% de lípidos (Pérez 1996).

México es considerado como el centro de origen, domesticación y dispersión del maíz (*Zea mays* L.). A la fecha se han descrito 59 razas potencialmente diferentes (Ortega, 2003). Como en el continente americano se reportaron unas 300 razas, la variación en México representa 22.7% de la diversidad del maíz en el continente (Serratos, 2009). Esta diversidad está presente aún a nivel de microrregiones, a la que Muñoz (2005) denomina patrón etnofitogenético o patrón varietal y lo define como el conjunto de grupos de variedades de maíz, los estratos o niveles ambientales y las relaciones entre ellos.

Desde el punto de vista alimentario, político, económico y social, el maíz es el cultivo más importante del país (SIAP, 2007). Basta con decir que el consumo per capital de maíz en México es aproximadamente 10 veces mayor que el de Estados Unidos de América (Serna Zaldívar y Amaya Guerra, 2008).

El mercado nacional de maíz en México está compuesto por diversas variedades entre las que destacan el maíz blanco y amarillo, pero también existen otras variedades. Sin embargo las dos primeras son las que ocupan una importante participación en la producción y comercialización en el mercado nacional para consumo humano y animal. (Secretaría de Economía México, 2012).

1.1.2. Tipos

El maíz es clasificado en dos tipos distintos dependiendo de la latitud y del ambiente en el que se cultiva. El maíz cultivado en ambientes más cálidos, entre la línea ecuatorial y los 30° de latitud sur y los 30° de latitud norte es conocido como maíz tropical, mientras que aquel que se cultiva en climas más fríos, más allá de los 34° de latitud sur norte es llamado maíz de zona templada; los maíces subtropicales crecen entre las latitudes de 30° y 34° de ambos hemisferios.

El maíz tropical a su vez, es clasificado en tres subclases, también basadas en el ambiente: de tierras bajas, de media altitud y de zona altas.

El maíz blanco, es utilizado principalmente para consumo humano a través de diversos alimentos tradicionales, como: atole, pan, tamales y como tortilla, esta última procede de la harina de maíz sometida a nixtamalización y deshidratación y cocción.

Por su parte, el maíz amarillo tiene aplicaciones para consumo humano, animal y de uso industrial, entre las que destacan la elaboración de féculas y almidones (insumo utilizado en la industria química, textil, alimentaria, entre otras); la elaboración de botanas, frituras y similares; cereales para el desayuno y producción de alimentos para animales (insumo utilizado para alimento balanceado para mascotas y el sector pecuario). (Secretaría de economía México, 2012). (Figura 1)



Figura 1 Maíz blanco y amarillo.

1.1.3. Producción en México

México es el principal productor de maíz blanco a nivel mundial, representando aproximadamente el 35% de la superficie sembrada durante un año agrícola.

Además, se consumen anualmente alrededor de 20 millones de toneladas métricas.

Para el 2020, se estima un consumo de 24.6 millones de toneladas métricas, y dadas las condiciones actuales, se estima que en promedio, los inventarios finales de maíz blanco oscilen en aproximadamente 2 millones de toneladas métricas por año agrícola. Además, a lo largo del periodo 2012 al 2020, se estima que México será autosuficiente en este grano. (SFA SAGARPA, 2011).

El estado de Puebla ocupa el octavo lugar en superficie cosechada de maíz (INEGI, 2010) y 93 % de esa área se cultiva en condiciones de temporal (INEGI, 2007). Gil et al., (2004) estudiaron la diversidad de maíz en 15 microrregiones del Estado de Puebla y encontraron una amplia variación en días, floración, color de grano y características agronómicas. Esta diversidad también ha sido reportada para el Valle de Puebla (Hortelano et al., 2008).

Durante el periodo 2002-2003 se sembraron 3672 ha, de las cuales 74 % se cultivaron en condiciones de temporal (INEGI, 2007), donde solamente se cosechó 35 % de la producción total del grano. Los bajos rendimientos se deben principalmente a los suelos pobres y degradados y a la baja precipitación pluvial (650 mm anuales, en promedio) con un régimen de lluvias mal distribuido (Muñoz, 2005). Pese a estas adversidades, los productores cultivan maíz todos los años con fines de autoconsumo y como costumbre cultural. Esto ha permitido proteger y mantener la diversidad genética local.

1.1.4. Composición química y valor nutritivo

Para diseñar el aprovechamiento de algunas formas dentro de la diversidad genética regional de una especie, es necesario conocer de manera detallada la variación existente (Figura 2), y con ello clasificar la diversidad genética regional, lo que permite hacer un uso sistemático de las poblaciones a través de delinear procedimientos para un mejor aprovechamiento de los materiales nativos.



Figura 2 Diversidad de maíz.

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química (Figura 3). La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0,1%). El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), aproximadamente 8% de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo. (Burge y Duensing, 1989). Por último, el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas, (el 33%) por término medio, y contiene también un nivel relativamente elevado de proteínas (próximo al 20%) y minerales. Se dispone de algunos datos sobre la composición química de la capa de aleurona, elemento con un contenido relativamente elevado de proteínas (aproximadamente el 19%) y de fibra cruda. En la (Tabla 1) se muestra la composición química proximal de las partes principales del grano de maíz (%).

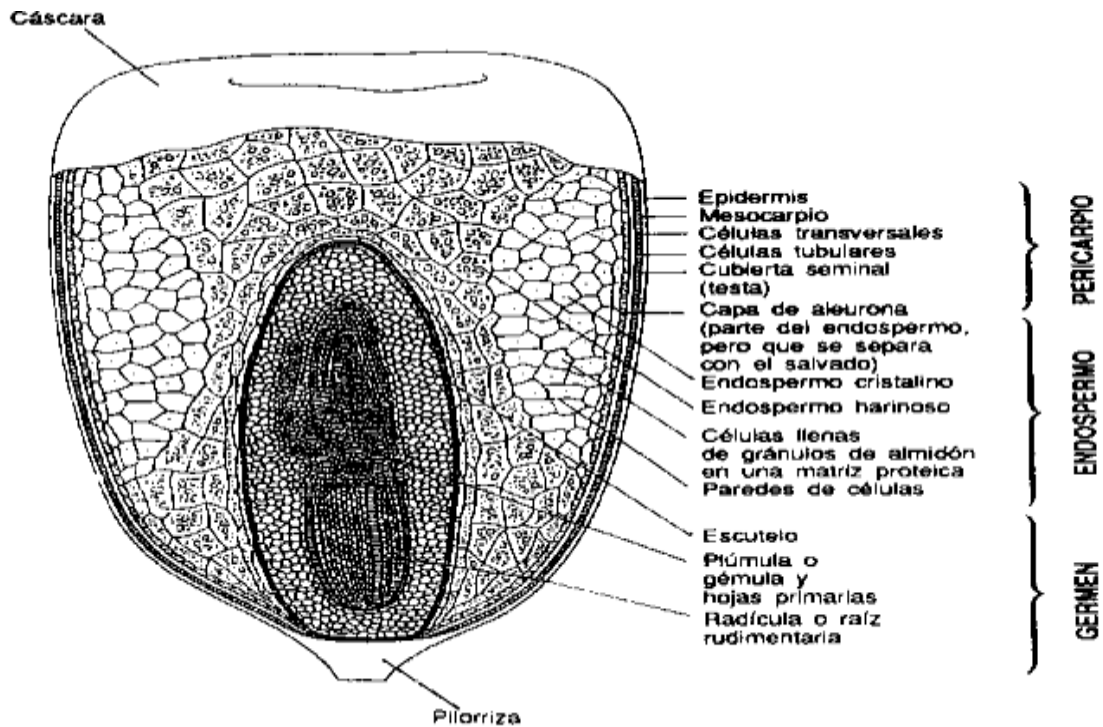


Figura 3 Estructura del grano de maíz: corte longitudinal.

Tabla 1 Composición química proximal del grano de maíz. (%)

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: Watson, 1987.

1.1.5. Usos

Algunos usos probables del maíz en la época prehispánica eran la producción de harinas, pinole y granos reventados, en la forma que hoy conocemos como “palomita de maíz” (Mera Ovando, 2009). Es posible que también se bebiera el jugo dulce de la caña del maíz y del teocintle (Mera et al., 2009).

El maíz se consume de diversas maneras, hervido, tostado o sometido a diferentes procesos. En América Latina, se consume de diferentes formas, por ejemplo los granos de la mazorca cocida o asada, como ingrediente de diversos platillos, o el maíz en forma líquida. (Franco, 2004).

Actualmente, uno de los productos alimenticios industriales que ha tenido mayor relevancia, es la harina nixtamalizada para la elaboración de tortillas, la cual se obtiene a partir de granos que son nixtamaizados, molidos y secados. La versatilidad actual de este producto ha hecho que su consumo vaya en aumento, debido a que es necesario únicamente rehidratarla para obtener una masa a partir de la cual se elaboran las tortillas y por ende todos los derivados de la misma. Otras ventajas de la harina incluyen su fácil transporte y almacenamiento, así como un periodo de vida útil mayor que el de la masa fresca para hacer tortillas. (Calaveras 2004).

1.2. Harina y proceso de obtención

El procedimiento para la obtención de harinas nixtamalizadas (Figura 4) a nivel industrial consiste en seleccionar el maíz, someterlo a un proceso de limpieza y determinación de humedad. Una vez condicionado, éste es almacenado para su posterior proceso. A nivel industrial, la nixtamalización puede realizarse por lotes o en continuo. El proceso en continuo consiste en cocer los granos de maíz en aproximadamente 3l de agua acondicionada con 1% de cal en temperaturas entre 70y 95°C durante 40-55min. En estas condiciones el grano de maíz alcanza una humedad del 36% aproximadamente; el grano es cocido, lavado mediante agua a presión hasta

eliminar todo el excedente, posteriormente el proceso pasa a molienda hasta obtener masa, la cual se seca y se muele hasta generar una harina de partícula muy fina. (Jaime, 2002).

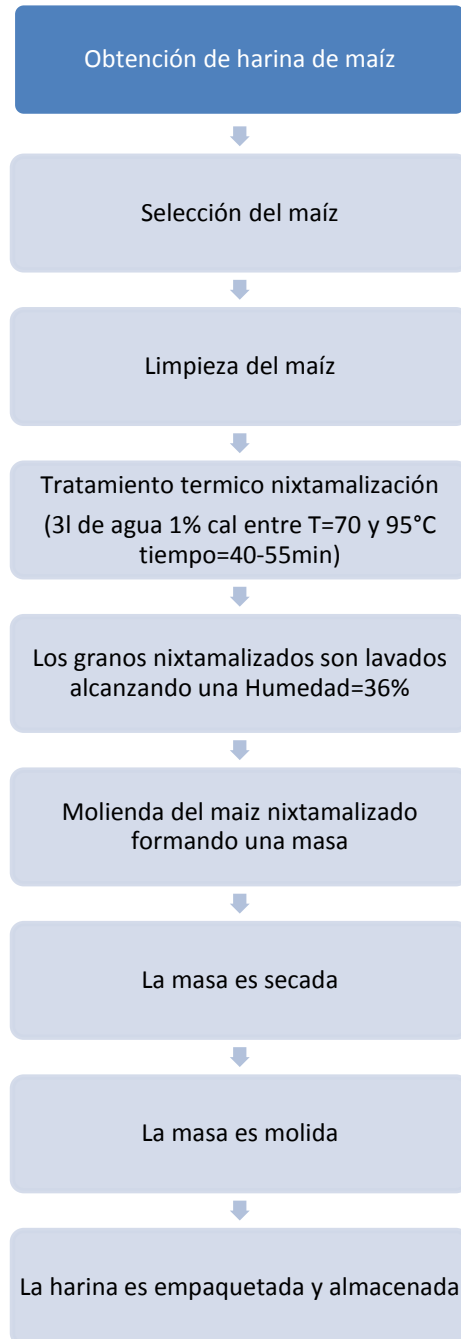


Figura 4 Diagrama de flujo proceso de obtención de harina de maíz

En México se manufacturan en promedio 3.0 millones de toneladas de harina nixtamalizada, de las cuales Maseca procesa aproximadamente 1.9 millones de toneladas de maíz. La producción a nivel industrial es una adaptación del proceso tradicional de nixtamalización (Deschamps, 1995).

1.3. Tortilla

1.3.1.Generalidades

La tortilla, hoy se sabe que era poca conocida al principio aunque a la llegada de los españoles ya predominaba en la dieta mesoamericana (Ortega 2003). Hoy por hoy, la tortilla es considerada como la base de la supervivencia del pueblo mexicano desde hace más de 3500 años (Paredes et al., 2009).

La tecnología para producir tortilla de maíz nixtamalizado (según el proceso tradicional) es muy antigua; fueron los aztecas quienes transmitieron este procedimiento de generación en generación, el cual ha perdurado a través de los años. En aquella época, el maíz nixtamalizado era molido en un metate de piedra para producir la masa que se utilizaba para formar discos de aproximadamente veinte centímetros de diámetro, los que se cocían en comales de barro. El producto resultante era llamado tlaxcalli por los aztecas y posteriormente fue bautizado como “tortilla” por los españoles. (Cruz y Verdalet, 2007)

Este complejo proceso heredado de nuestros ancestros se utiliza como tal desde hace aproximadamente 3,500 años con sólo algunas modificaciones técnicas en su producción, pero en esencia se sigue utilizando el mismo proceso, que involucra como primera etapa un cocimiento térmico alcalino del maíz denominado nixtamalización.

De ahí que la definición de la tortilla se define como un disco aplanado de masa de maíz nixtamalizado, cuyas dimensiones varían entre doce y dieciocho centímetros de diámetro y de uno a dos milímetros de espesor. Se cuece sobre una superficie

caliente (260- 280 °C) generalmente metálica, denominada comal (Cruz y Verdalet, 2007).

1.3.2. Consumo en México

En México la tortilla forma parte de la dieta de todos los estatus sociales, con un consumo anual aproximado de 12 millones de toneladas. Este producto es el de mayor consumo a nivel nacional, además de ser el más popular. Y comercialmente, puede variar mucho en cuanto a calidad, debido a que no hay un proceso estandarizado a nivel mediana o pequeña empresa.

Así mismo la tortilla es básicamente la base de la alimentación mexicana y su consumo se ha incrementado en América central y Estados Unidos de América.

Bello et al., (2000) reportan que la tortilla es la principal fuente de carbohidratos y forma parte de la dieta de todos los estatus sociales con un consumo de 328 g diarios por persona en promedio, lo que representa 120 kg por año. Campus et al., (1999) reportan que el consumo de tortilla aporta 38.8% de las proteínas, 45.2% de las calorías y 49.1% del calcio de la dieta diaria a la población.

1.3.3. Nixtamalización

La nixtamalización del maíz es un proceso muy antiguo desarrollado por los aztecas, el cual todavía se utiliza para producir tortillas de buena calidad y otros productos alimenticios, este proceso produce cambios que mejoran la calidad nutricional del maíz. De acuerdo a la NOM-147-SSA1-1996, se denomina maíz nixtamalizado o nixtamal, al maíz sano y limpio que ha sido sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal).

Este proceso, consiste en el cocimiento del grano de maíz en una solución alcalina a temperaturas que oscilan de 80-100 °C por 30-45 minutos, para posteriormente

dejar en reposo el grano en soluciones acuosas de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, por periodos de 8 hasta 24 horas. La solución de cocción o nejayote es drenada y el grano es lavado, posteriormente el grano nixtamalizado es sometido a una molienda y secado para la producción de harina para la elaboración de tortilla y productos derivados como frituras, totopos, tostadas, etc. (Serna et. al., 1993).

Un aspecto importante del proceso de nixtamalización tradicional es la hidratación paulatina del grano, ya que es la condición necesaria para la gelatinización del almidón y la entrada del ión calcio; la difusión del calcio al interior del grano, es de sumo interés desde el punto de vista nutrimental debido al bajo contenido de endógeno de este mineral en el maíz (0.01 a 0.04% del grano seco) y es sólo a través de la nixtamalización con un tiempo de reposo de 8 a 12 horas en el nejayote donde se eleva a los valores de calcio que caracterizan al nixtamal (Gutiérrez et al., 2007).

La nixtamalización tiene la mayor repercusión en las propiedades reológicas y de textura de los productos elaborados a partir de masa. A pesar de esta complejidad, se ha avanzado en el entendimiento del proceso de nixtamalización y sus efectos en el grano de maíz (Rooney y Suhendro, 1999). La cal actúa en los componentes de la pared celular del grano de maíz y convierte la hemicelulosa en gomas solubles. De esta forma, el tratamiento térmico-alcalino gelatiniza el almidón, saponifica parte de los lípidos, libera la niacina y solubiliza parte de las proteínas que rodean los gránulos de almidón. Adicionalmente, debido al pH las cadenas de glucosa a partir de la amilosa y la amilopectina se cargan, lo cual ayuda a disminuir la retrogradación. De cualquier manera, para unir todos estos eventos y producir una masa de alta calidad, tanto la nixtamalización como la molienda del nixtamal deben ser óptimos (Rooney y Suhendro, 1999).

1.3.4. Tortillas enriquecidas

Los seres humanos son los únicos del reino animal que cosechan, almacenan y procesan los alimentos que han cultivado. La gente busca preservar los alimentos

y mejorar su calidad, mediante una variedad de técnicas como secado, enlatado, escabechado, adición de preservativos químicos, refrigeración, congelación e irradiación. El objetivo principal de estos procesos es lograr que los alimentos permanezcan en condición comestible, sin deterioro serio. Los procesos incluyen: cocción; adición de sustancias para mejorar el sabor o apariencia de los alimentos; toma de medidas para hacer que los alimentos sean más nutritivos, por ejemplo, agregar micronutrientes o germinar los granos; y substracción de constituyentes indeseables, como ciertas toxinas. Algunas técnicas de procesamiento de alimentos tienen efectos múltiples. Casi todos los aspectos del procesamiento tienen cierta relevancia para la nutrición. Los aspectos del proceso que tienen cierto impacto en la calidad nutricional de los alimentos consumidos en los países en desarrollo o que afectan su seguridad. La fortificación de los alimentos con nutrientes es un aspecto del procesamiento alimentario dirigido directamente a reducir las enfermedades causadas por deficiencia FAO (2002).

La fortificación es una forma de procesamiento de alimentos de especial interés para los nutricionistas. Cuando se utiliza adecuadamente puede ser una estrategia para controlar la carencia de nutrientes. Los términos fortificación y enriquecimiento se utilizan casi siempre en forma intercambiable. La fortificación se ha definido como la adición de uno o más nutrientes a un alimento a fin de mejorar su calidad para las personas que lo consumen, en general con el objeto de reducir o controlar una carencia de nutrientes. Esta estrategia se puede aplicar en naciones o comunidades donde hay un problema o riesgos de carencia de nutrientes.

En algunos casos, la fortificación puede ser el procedimiento más fácil, económico y útil para reducir un problema de deficiencia, pero se necesita cuidado y también evitar su excesiva promoción como panacea general en el control de las carencias de nutrientes. Hay que evaluar los pros y los contras de la fortificación en cada circunstancia. Aun así, muchas veces la fortificación se ha subutilizado en los países en desarrollo como estrategia para controlar las carencias de nutrientes,

mientras que en muchos países industrializados generalmente se usa en exceso FAO (2002).

Los análisis químicos de la harina nixtamalizada del maíz y los resultados de estudios de alimentación en animales y en el hombre, han permitido llegar a la conclusión de que su valor nutritivo sufre de deficiencia en ciertos nutrientes. De ahí que se estén realizando estudios con el fin de hacer de la tortilla un alimento más nutritivo, agregando los nutrimentos que hacen falta (Figueroa et al., 2008).

Las razones son de logística ya que mucha población todavía procesa su maíz a nivel doméstico, así como también la aceptabilidad ya que se le puede alterar el sabor, la textura, el color y el olor a la tortilla y otros alimentos derivados de ella. Otro factor importante de la adición de los nutrimentos es el costo ya que todos los aditivos nutrimentales son más costosos que el maíz y por lo general no son de producción nacional. (Figueroa et al., 2008).

La tortilla representa una fuente importante de calorías (hasta el 70% de la energía total y 50% del consumo proteico total en poblaciones indígenas). Este dato es de suma importancia porque si bien el contenido de proteínas es relativamente alto, la calidad proteica de la tortilla no es muy buena, siendo deficiente en lisina y triptófano por lo que esto puede repercutir en enfermedades por deficiencia de proteína como marasmo; afectando integralmente el desarrollo físico, fisiológico y cerebral del individuo. Además de este hecho, la tortilla de maíz adolece de niveles adecuados de micronutrientes como Hierro y Zinc; vitamina A, vitamina D, vitamina E y B12. (Serna Zaldívar y Amaya-Guerra, 2008).

El enriquecimiento de la tortilla de maíz nixtamalizado con harinas ricas en proteína y micronutrientes podría evitar estos problemas causados por la deficiencia de nutrientes de acuerdo con Vázquez, (2010).

Desde 1999, la tortilla de maíz es fortificada con vitaminas y minerales (5mg/Kg de vitamina B1, 3mg/Kg de B2, 35mg/Kg de Niacina, 2mg/Kg de ácido fólico y 30mg/Kg de Hierro y 20mg/Kg de Zinc) (ENSANUT, 2006). Sin embargo, la

fortificación proteica de la tortilla ha quedado al margen de esta situación, siendo las proteínas de gran importancia para el desarrollo fisiológico y cognitivo del infante, así como para el mantenimiento de un buen estado de salud. Por otro lado, la adición de fibra dietética podría ayudar a personas con sobrepeso y obesidad, ya que está comprobado su efecto coadyuvante para disminuir problemas cardiovasculares, diabetes y pérdida de peso, así como de índice de masa corporal.

El grupo MASECA® fabrica un tipo de harina nixtamalizado con soya y la reparte entre comunidades rurales del país pero esta actividad no ha tenido mucha difusión en todas las industrias relacionadas con la producción de harinas. Lo anterior puede atribuirse a varios factores, entre ellos el costo extra que implica la fortificación, la resistencia al cambio y falta de literatura científica que avale los beneficios y efectos de la fortificación de la tortilla (Amaya, 2003).

1.3.5. Calidad de la tortilla

El término “calidad” grado en el que un conjunto de características son inherentes a un objeto (producto, servicio) cumple con los requisitos (ISO 9001).

El factor que determina la calidad funcional de una tortilla de maíz, se considera el uso de su consumo como alimento de acompañamiento y aspectos sensoriales que son siempre muy relevantes en todos los alimentos.

En la evaluación de calidad de los alimentos no hay un consenso sobre el tipo de pruebas a realizar mismas que requieren ser objetivas. Sin embargo, se ha considerado que las tortillas de buena calidad dependen de ciertas características del grano y condiciones de elaboración mismas que inciden en las propiedades nutricionales del producto (Bedolla y Rooney, 1984).

En México se prefiere consumir la tortilla tradicional; es decir, la recién elaborada con maíz nixtamalizado debido a su olor y sabor, a su color crema brillante y por

ser fácil al corte y al enrollado (Ordaz y Vázquez, 1997). Aunadas a esas características de calidad se encuentran dimensión: apariencia, grosor, nivel de inflado, flexibilidad y resistencia para poder ser enrollada y así formar el típico taco (Waliszewski et al., 2002).

Generalmente las tortillas son consumidas el mismo día de su producción, debido a que su alto contenido de humedad de 45 a 50% (Islam et al., 1984) y su actividad acuosa hacen que el producto sea susceptible a deterioro microbiano. Después de un almacenamiento de 40 horas a temperatura ambiente, se observa la aparición de mohos y levaduras. La refrigeración es la mejor manera de conservar las tortillas. Sin embargo, esta no ha sido una práctica exitosa debido a que los consumidores las prefieren frescas (Talles et al., 1988) Por ello, los fabricantes requieren métodos alternativos a fin de prevenir daños bacteriológicos.

La textura es el conjunto de propiedades reológicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un producto, perceptibles por los aspecto mecánicos, los táctiles y en ciertos casos por los visuales y auditivos ISO 5492 (1992). La textura es un atributo importante que afecta al proceso y manejo, y determina la vida útil y la aceptación de un producto por parte de los consumidores. Los sistemas de caracterización de textura, se han dividido normalmente en dos, métodos sensoriales e instrumentales.

Entre las pruebas que pueden ser utilizadas para caracterizar o para monitorear las características de la calidad en las tortillas, se encuentran determinaciones objetivas como son la rollabilidad, punción y extensibilidad, que trata de simular lo que sucede con los alimentos cuando sus consumidores o durante su manipulación en el transporte y manejo (Chávez y Muños, 2002)

1.4. *Renealmia alpinia*

1.4.1. Generalidades

Los frutos comestibles Xkijit (*Renealmia alpinia*) son muy apreciados en la Sierra Norte de Puebla (México), en donde son manejados a nivel familiar. La planta crece silvestre en la región, aunque es una especie poco frecuente. La parte comestible es el arilo de los frutos. Tras la cosecha, se extrae en fresco el arilo y se procesa para su consumo familiar. Ocasionalmente los frutos se comercializan en los mercados tradicionales y solamente el 19% del peso total de los frutos se aprovecha para alimentación.

El fruto Xkijit (*Renealmia alpinia*) proviene de una hierba rizomatosa aromática de 2-6 m de altura. Sus hojas son elípticas, 30-110 x 5-18 cm, con pecíolos normalmente ausentes. (Figura 5). La inflorescencia es un racimo basal de 12-55 cm y los frutos son cápsulas elipsoides, 1,5-3,5 cm, coronados por restos del cáliz y de color rojizo a negruzco-morado cuando están maduros. (Macía, 2013). (Figura 6).

Los frutos se venden en los mercados próximos, especialmente en la localidad de Jonotla al Norte del estado de Puebla, México lo que representa un ingreso económico complementario para las familias. En la época de máxima cosecha se cobran "ocho pesos por kilo de fruto Xkijit (*Renealmia alpinia*).

Particularmente en la Sierra Norte en la comunidad de Cuetzalan del Progreso, en el estado de Puebla, se producen una gran diversidad de frutos y plantas incluyendo al Xkijit (*Renealmia alpina*), cuyo valor de uso se remite a tratamientos medicinales. Sin embargo gran parte de esta información se encuentra poco documentada.



Figura 5 Fruto “Xkijit”, hojas elípticas, inflorescencia racimo basal y fruto.



Figura 6 Fruto “Xkijit”, racimo basal, fruto en forma elíptica con grado de madurez medio.

1.4.2. Usos

Xkijit (*Renealmia alpinia*) ha sido usada por los indígenas del Chocó Colombia contra la mordedura de serpiente del genero *Bothrops* (Otero, et al, 2000); así mismo, en medicina tradicional este frutos es apreciablemente utilizado como febrífugo (antifebril, antipirético) y antiemético, para tratar heridas y úlceras malignas (Martínez, 1995); además en Surinam es usada para la epilepsia (Ruyschaert et al, 2009).

También es utilizada tradicionalmente para infecciones fúngicas (Ficker, 2003), para la preparación de aceites a partir de semillas, como comestible (arilo de las semillas), contra náuseas y vómitos (Ruyschaert S. et al, 2009); incluso algunas de sus partes, como los trozos de las vainas foliares, son agregadas a los huecos de siembra de algunos cultivos como el maíz, para evitar que sean comidas por roedores y aves (Macía, 2003).

Su rica composición química incluye taninos, carotenoides, monoterpenos, diterpenos y sesquiterpenos, al igual que un alto contenido en cumarinas, metabolitos encontrados en algunas plantas con actividad antiofídica comprobada (Maiorano, 2005).

Capítulo II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con los objetivos de esta investigación se planteó la siguiente metodología general. En este apartado se reseña detalladamente los materiales y métodos que se utilizaron para la elaboración de las tortillas adicionadas con el fruto Xkijit. La Figura 7 corresponde al diagrama general del trabajo. Después se especificaron las técnicas que se emplearon en cada evaluación.

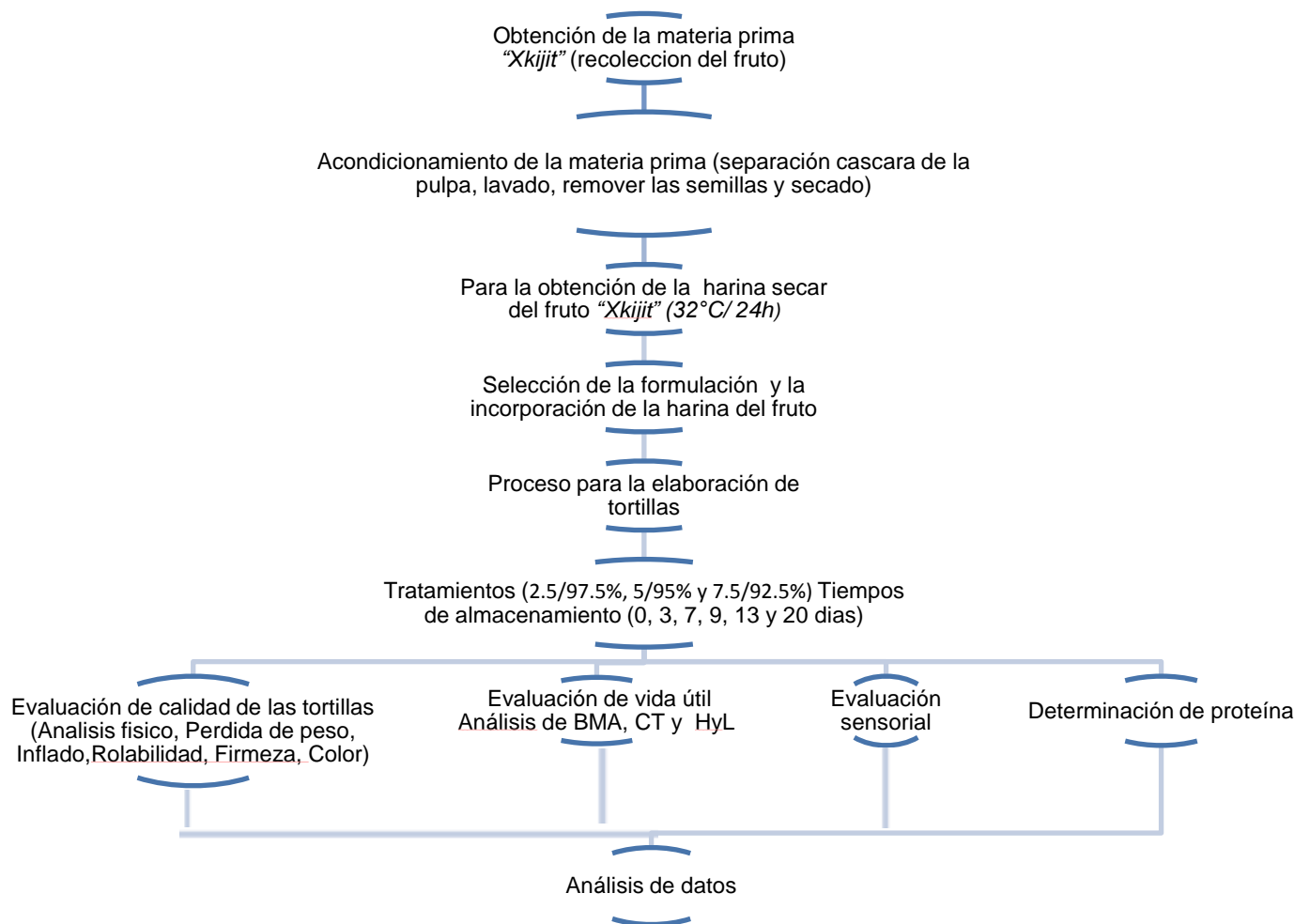


Figura 7 Diagrama general de trabajo para tortillas fortificadas con el fruto Xkijit

2.1. Obtención de harina del fruto Xkijit

2.1.1.Recolección del fruto

El fruto “Xkijit” (*Renealmia alpinia*) se recolectó manualmente en la zona de la Sierra Norte en la comunidad de Cuetzalán del Progreso, en el estado de Puebla (Figura 8) Posteriormente se seleccionaron los frutos tomando en cuenta el grado de madurez, color, tamaño y firmeza.



Figura 8 Mapa del área de recolección y cosecha manual del fruto “Xkijit”

2.1.2.Acondicionamiento del Xkijit

Se realizó la limpieza conforme a lo sugerido por la FAO (2003) con la finalidad de seleccionar los frutos dañados o en descomposición, así como cualquier tipo de impureza que pudiera contaminar al resto de los frutos. (Figura 9). Posteriormente

se procedió al lavado de los frutos con agua corriente y se pelaron manualmente y finalmente se separó la pulpa frotando las semillas.



Figura 9 Limpieza del fruto “Xkijit”

2.1.3. Producción de harina

Para la deshidratación de la pulpa, ésta se colocó en charolas de aluminio (Figura 10) y se introdujo en una estufa de flujo a una T de 32°C durante 24 horas, y se procedió con la molienda utilizando un molino Krups GX41001 y el polvo se tamizó con una malla de (0.42mm). Finalmente el polvo se resguardó en condiciones de sequedad y a temperatura ambiente.



Figura 10 Deshidratación del fruto Xkijit a T32°C durante 24h

2.2. Elaboración y caracterización de tortillas adicionadas con el fruto Xkijit

2.2.1. Selección de la formulación para la elaboración de las tortillas con el fruto Xkijit

En la Tabla 2 se presentan las pruebas preliminares para la elaboración de tortillas tomando distintas formulaciones, considerando su manejabilidad y características fisicoquímicas (rolabilidad e inflado), y organolépticas, (sabor y color). A partir de estas características se definieron los porcentajes adicionados de harina del fruto Xkijit adicionados a las tortillas.

Tabla 2 Pruebas preliminares para la selección del contenido porcentual de harina de Xkijit utilizado en la investigación.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Harina Comercial de Maíz Blanco (Maseca) (%)	25,50 y 75	95, 90, 85	<u>97.5, 95, 92.5</u>
Harina de xkijit (%)	75, 50, 25	5, 10, 15	<u>2.5, 5 y 7.5</u>

Nota: Se consideraron como control tortillas elaboradas con 100% harina de maíz blanco Maseca®.

Las porciones de las harinas se mezclaron homogéneamente y se adicionó la cantidad de agua necesaria para garantizar una masa consistente y la mezcla idónea de los ingredientes (Figura 11).

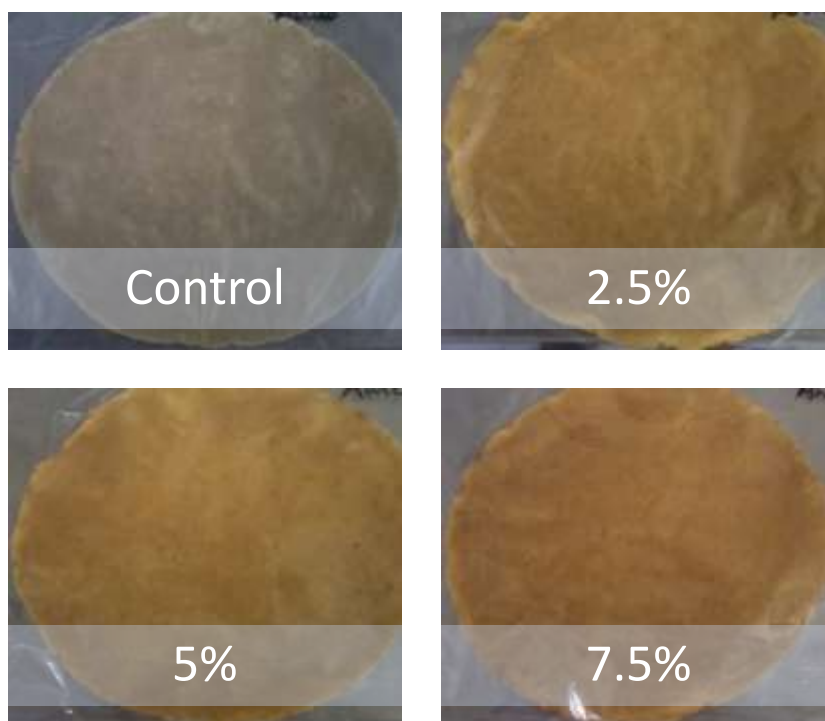


Figura 11 Tortillas de maíz adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.

2.2.2. Elaboración de tortillas

De acuerdo con los tratamientos seleccionados (2.5, 5, 7.5%), Tabla 2 mencionados, se pesaron las harinas y se adiciono agua a una temperatura de (28-30°C), y se prosiguió con el amasado hasta obtener una masa homogénea suave, con humedad aproximada del 55%. Se dejó reposar de 5 a 10 minutos en un recipiente tapado con papel film para evitar la pérdida de humedad por el ambiente (Figura 12).



Figura 12 Preparación de la masa para tortillas.

Para preparar las tortillas en su forma tradicional, se pesaron porciones de 30 ± 0.5 g de masa formando una esfera; utilizando como molde un círculo de plástico de 15cm de diámetro, la masa fue moldeada y colocada utilizando una prensa manual de madera ejerciendo presión para formar discos con un grosor de

1.2±0.5mm y un diámetro de 12.5±0.5cm. Se procedió con la cocción en una placa de aluminio a una temperatura de 270±10.8°C aproximadamente por un tiempo estimado de 2±1.5min. Con tiempos de cocimiento de 40±5s por un lado 60±5s para la formación de la capa gruesa y 20±5s para permitir el inflado (Figura 13) Las tortillas se mantuvieron tapadas hasta alcanzar la T ambiente y posteriormente se colocaron en bolsas de plástico herméticas y se almacenaron a 7°C, fueron retiradas para realizar las pruebas de textura, vida útil y color.



Figura 13 Preparación de tortillas.

2.3. Evaluación de Calidad en tortillas

Para determinar la evaluación de las tortillas se analizó el peso, diámetro, espesor, pérdida de peso, inflado, rolabilidad, textura: fuerza de tensión al corte, color, vida útil, evaluación sensorial, contenido proteico.

2.3.1. Análisis físico de la tortilla

Se determinó diámetro, grosor y peso de la tortilla después de 30 ± 5 min de ser elaborada. Se consideró como tiempo de elaboración desde el acondicionamiento de la masa hasta que se colocó la tortilla en el comal, se incluyó el moldeo de la masa. El tiempo de cocción se midió desde que se colocó la tortilla sobre el comal hasta que fue retirada después del inflado (Figura 14)

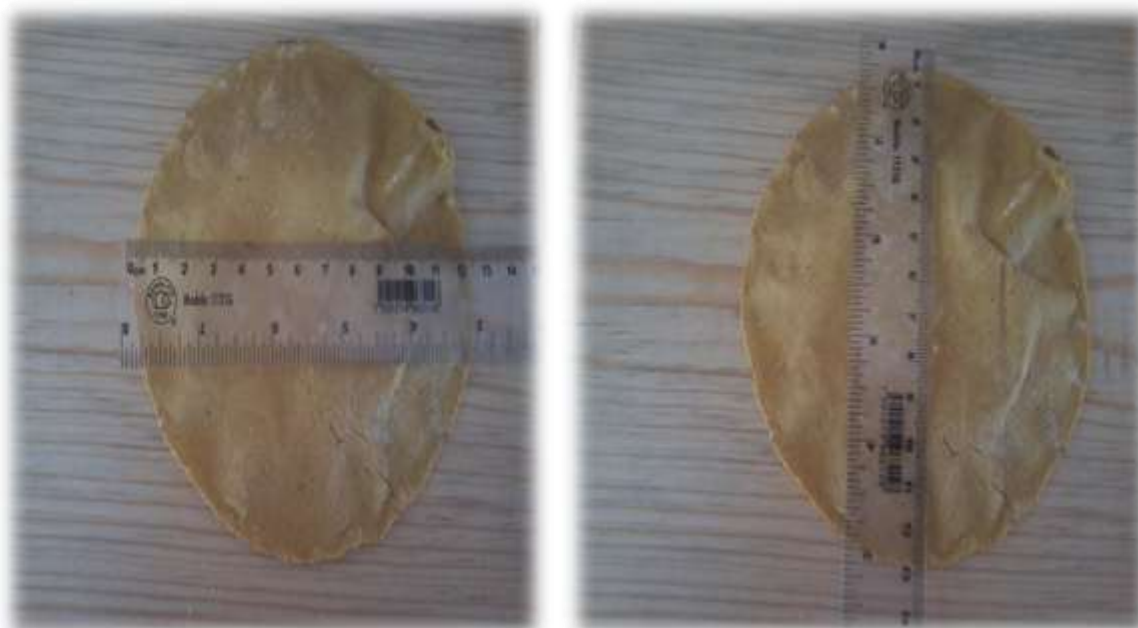


Figura 14 Determinación diámetro y grosor.

2.3.2. Pérdida de peso en tortilla

Se determinó por diferencia de peso de la tortilla cruda y peso de la tortilla cocida a temperatura de $30 \pm 5^\circ\text{C}$. La tortilla cruda se pesó junto con el molde de polietileno para evitar la pérdida de peso por la evaporación del agua por el ambiente (Figura 15). (Arámbula et al., 1999). Para la determinación de pérdida de peso se utilizó la siguiente fórmula [1].

$$\%PP = \frac{(PT \text{ cruda} - PT \text{ cocida})}{PT \text{ cruda}} * 100 \quad [1]$$

Dónde:

PP= Pérdida de peso, PT= Peso de la tortilla en gramos.



Figura 15 Determinación de pérdida de peso en tortillas.

2.3.3. Inflado de la tortilla

Esta prueba subjetiva se hizo observando el inflado de las tortillas durante el último tiempo de cocción, donde se evaluó el tamaño de la ampolla, tal como se muestra en la Figura 16. Se le asignó una calificación de acuerdo a la siguiente escala: (Tabla 3) (Figuroa, 2001a).

Tabla 3 Escala para calificación de inflado en tortillas.

Escala	% de inflado
1	100
2	75
3	50
4	25
5	0



Figura 16 Inflado de la tortilla.

2.3.4. Rolabilidad de la tortilla

Para determinar la rolabilidad se utilizó el método propuesto por Bedolla y Rooney (1984) de la tortilla se utilizó un tubo de acrílico de 1.7 cm de diámetro. Esta

prueba se realizó con tortillas a temperatura ambiente después de 20 ± 5 min de elaboradas se considerarán 5 piezas por tratamiento y se observó después de 30 ± 5 min si presentase o no ruptura. Se asignó una calificación dependiendo el grado de rompimiento utilizando una escala de 1 al 5 de rompimiento de la longitud de la tortilla. (Tabla 4) (Arámbula et al., 2004). (Figura 17).

Tabla 4 Escala para calificación de rolabilidad en tortillas.

Escala	% de rompimiento
1	0
2	25
3	50
4	75
5	100



Figura 17 Rolabilidad.

2.3.5. Perfil de textura: Fuerza de tensión al corte

Para determinar la fuerza de tensión al corte se cortaron dos piezas por tortilla en forma rectangular en la parte central, evitando los bordes de la tortilla. Las dimensiones se muestran en la Figura 18.

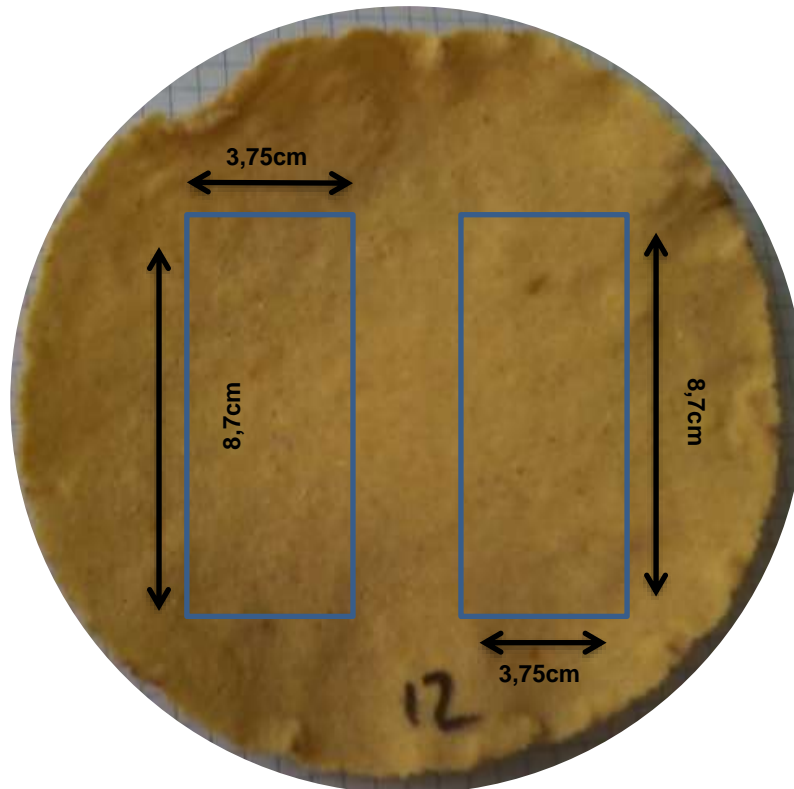


Figura 18 Forma de la muestra para determinar fuerza de tensión al corte.

Se evaluó el perfil de como la fuerza de tensión o al corte, se utilizó un texturómetro (modelo TA-XT2; Texture Technologies, Corp., Scarsdale, N.Y., USA). (Arambula et al., 2001). (Figura 19)



Figura 19 Análisis de tensión al corte en tortillas

En las pruebas se ocuparon unas pinzas de retención las cuales se colocaron las piezas de la tortilla mismas que se sometieron a tensión hasta lograr un rompimiento en la parte central de la pieza (Figura 20).

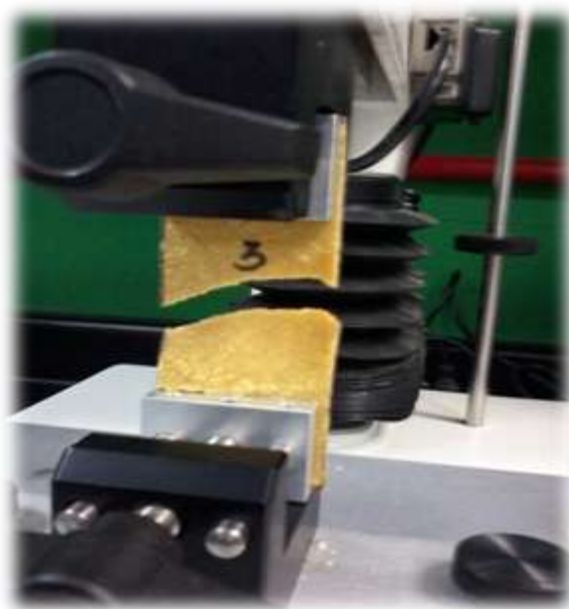


Figura 20 Prueba a la tensión en tortillas

De la curva resultante se obtuvo la fuerza máxima (g) convirtiéndolas (Figura 21) las condiciones de análisis 2mm/s y una distancia de 15mm y se reportó la fuerza de tensión al corte (N). Las pruebas se realizara por triplicado en cada tratamiento (2.5, 5, 7.5%), y para los diferentes tiempos de almacenamiento (0, 3, 7, 9, 13 y 20 días del producto).

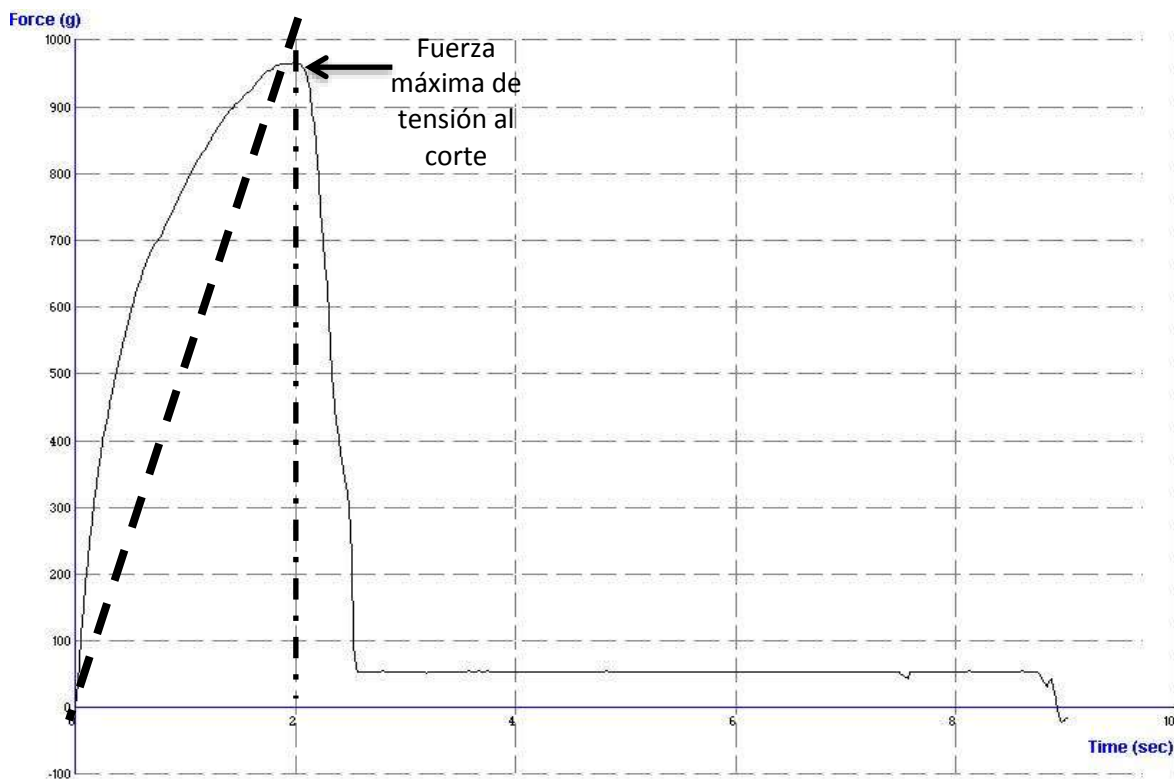


Figura 21 Fuerza de tensión al corte.

2.3.6. Color de las tortillas

El color de las tortillas se analizó utilizando la escala triestímulos (L^* , a^* y b^*), en mismos que se determinaron en cada uno de los tiempos de almacenamiento de acuerdo con lo reportado por (Martínez et. al., 2001), en el modo reflectancia se ocupó un colorímetro (Colorflex Hunter Lab) (Figura 22). El método consistió midiendo una tortilla directamente en ambas caras, utilizando dos puntos del centro de la tortilla evitando las orillas. El colorímetro se calibró previamente utilizando patrones de color blanco y negro dando lectura en tres coordenadas L,

a, b; para definir la posición del color en espacio tridimensional y específico en valor absoluto.



Figura 22 Colorímetro y muestra para determinar color

2.4. Vida útil

Las tortillas luego de su preparación se pusieron a enfriar para después ser almacenadas en bolsas plásticas con cierre hermético y en condiciones de refrigeración (8°C) durante 20 días, simulando condiciones de almacenamiento del consumidor.

En la Figura 23 se mencionan las normas oficiales para la determinación de los organismos indicadores. Para evaluar la vida útil de las tortillas se realizaron evaluaciones microbiológicas (Organismos Coliformes Totales, Hongos y Levaduras, Bacterias Mesófilas Aerobias) de acuerdo con lo establecido en la NOM-247-SSA1-2008, en productos almacenados a 0, 3, 7, 9, 13 y 20 días, (Figura 24) .

Para la preparación de la muestra se consideraron 10g de producto y se homogenizaron para su análisis, utilizando un homogeneizador de paletas (BAGMIXER 400P) y se realizaron diluciones seriadas siguiendo la NOM-110-SSA1-1994.

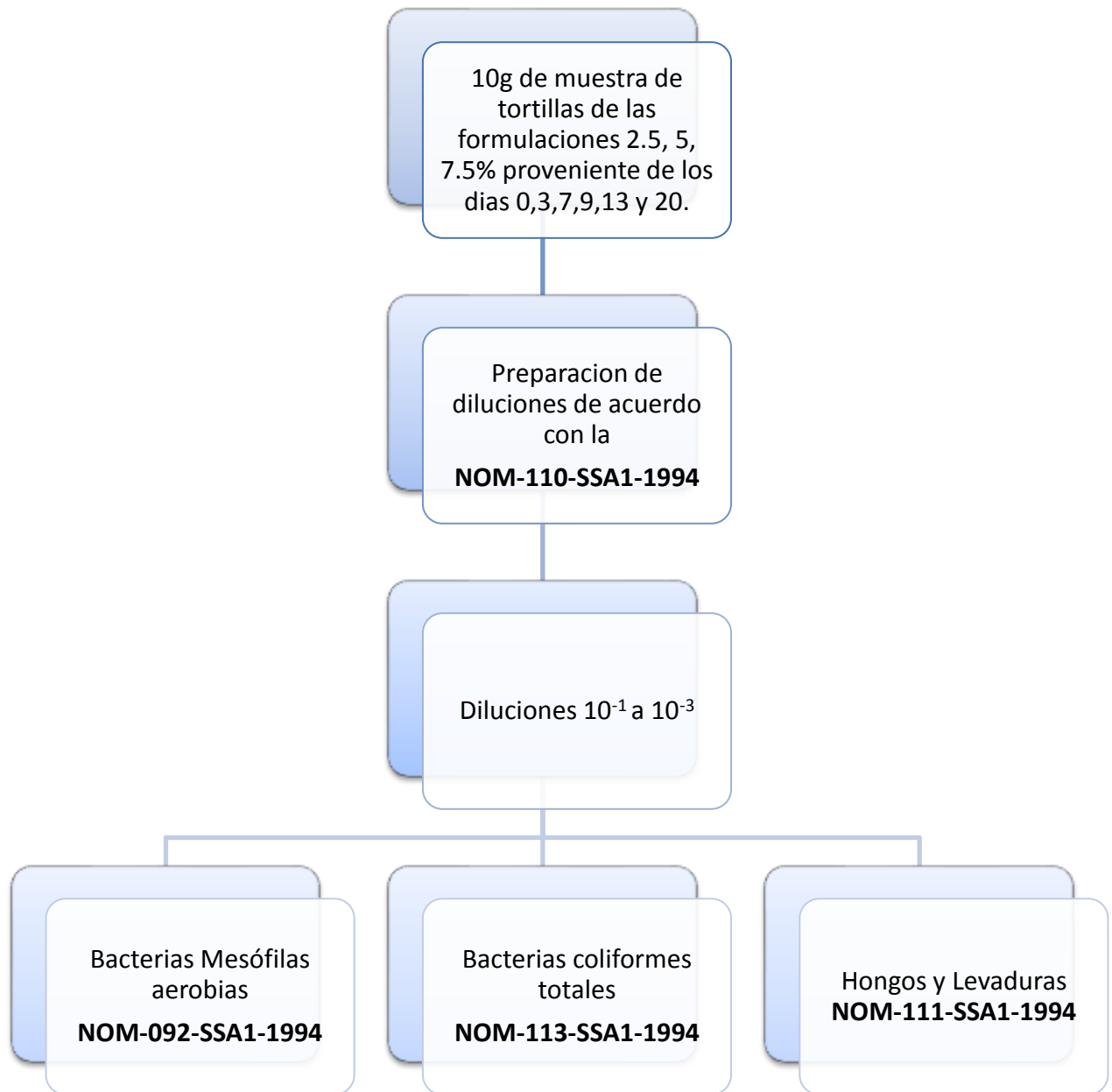


Figura 23 Diagrama de flujo para la determinación de vida útil del producto.



Figura 24 Evaluaciones microbiológicas

2.5. Evaluación sensorial

Se realizaron los análisis sensoriales con el objetivo de evaluar su nivel de aceptación por el consumidor en relación con el control y los diferentes productos (concentraciones de 2.5, 5 y 7.5% de harina de Xkijit).

Se utilizó un panel de 50 consumidores no entrenados pero consumidores regulares de tortillas de maíz, provenientes de la región donde fue recolectado el fruto. Los criterios a evaluar fueron olor, sabor, color, textura, utilizando una escala hedónica facial de 5 puntos (Figura 25).

El formato de evaluación sensorial se presenta en el Anexo I

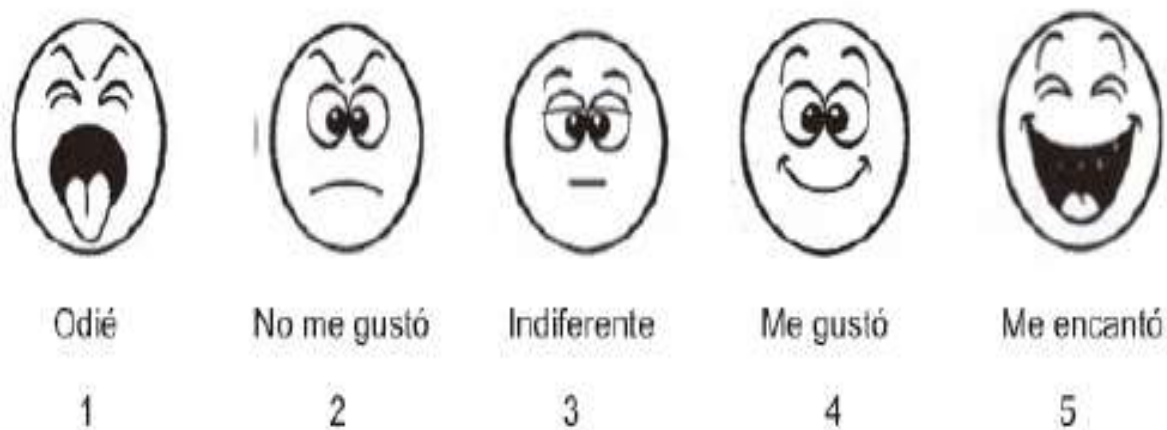


Figura 25 Escala hedónica facial de 5 puntos.

Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de 3 dígitos y se presentaron en platos desechables con una porción de 3g aproximadamente (Figura 26). Entre cada análisis se les solicitó a los panelistas enjuagar la boca con agua (Figura 27).

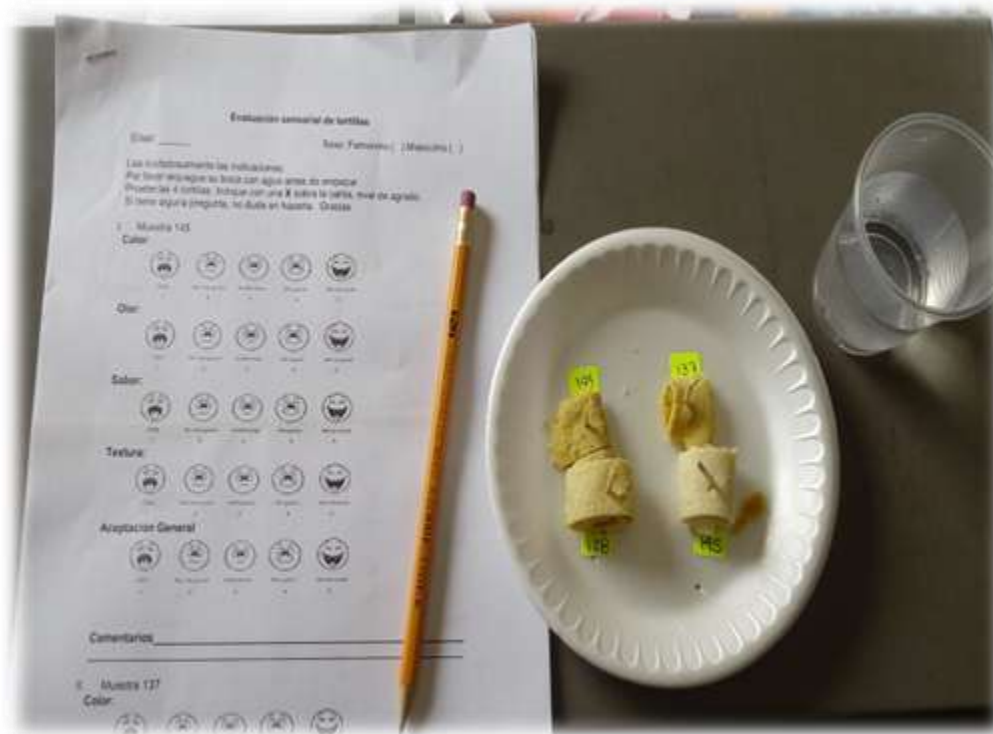


Figura 26 Papeleta y muestra presentada al panelista.



Figura 27 Evaluación sensorial.

2.6. Evaluación del contenido proteico

Los contenidos de proteína (% de nitrógeno) se analizaron en los productos elaborados con las concentraciones 2.5, 5 y 7.5% y el control de acuerdo con lo establecido por NMX-F-068-S-1980.

La metodología se describe a la Figura 28 utilizando la muestra desengrasada y se cuantificó a través del método Kjeldhal, usando como indicador rojo de metilo y 6.25 como factor de proteína.

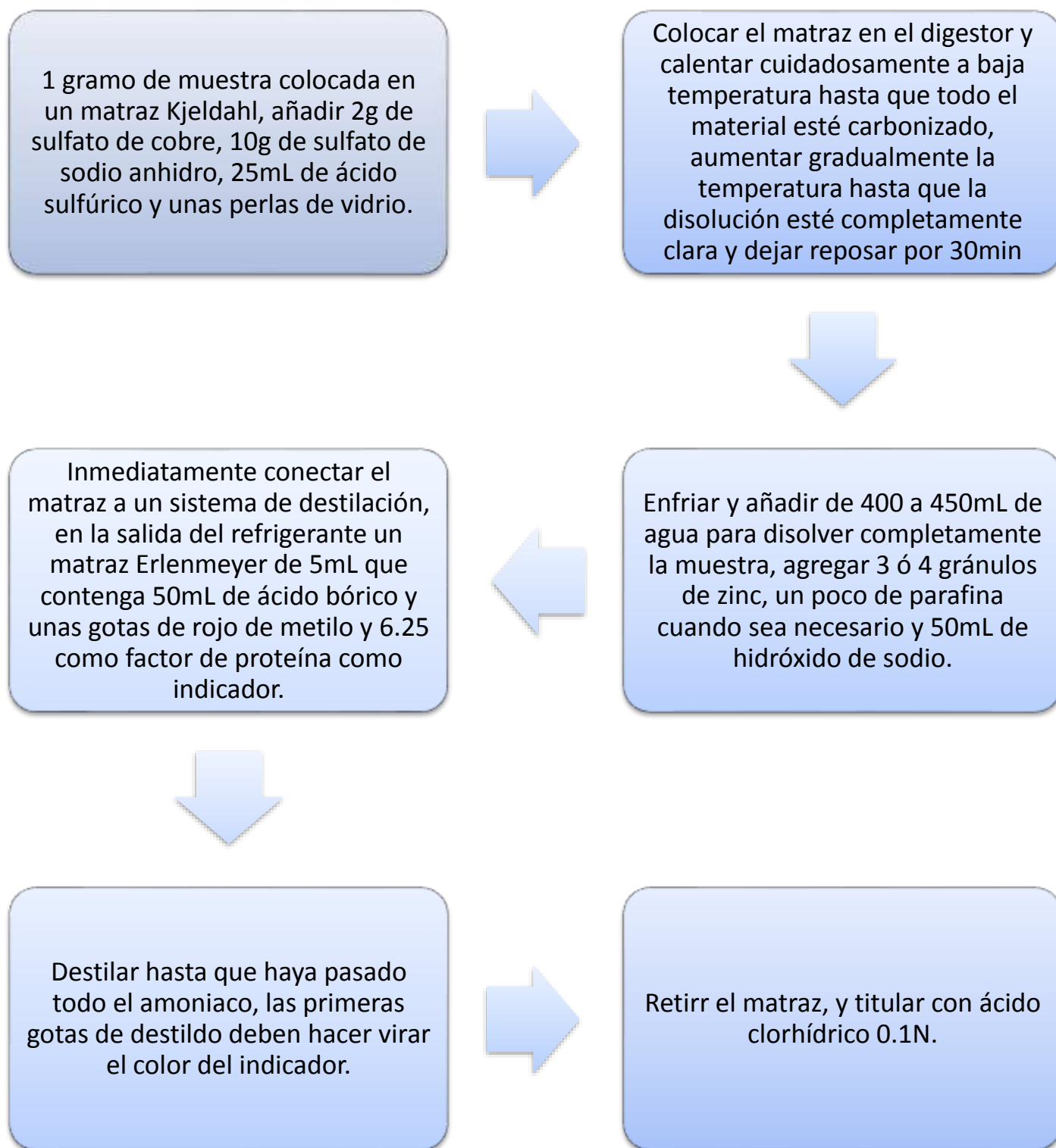


Figura 28 Método Kjeldhal para la determinación del contenido proteico.

El nitrógeno presente en la muestra, expresado en por ciento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(V * N * 0.014)}{m} * 100 \quad [2]$$

Dónde:

V=Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación, en cm³, N=Normalidad del ácido clorhídrico, m=Masa de la muestra en g., 0.014=Miliequivalente del nitrógeno.

2.7. Análisis de datos

Se analizaron los resultados obtenidos en las evaluaciones sensoriales, calidad (Color, Firmeza, Rolabilidad e Inflado) y vida útil de las tortillas; utilizando ANOVA con un nivel de confianza de 0.05. Asimismo se realizaron análisis de comparación de medias mediante Pruebas de Tukey para identificar los tratamientos significativamente diferentes tomando en cuenta las variables; tiempos de almacenamiento (0, 3, 7, 9, 13 y 20 días) y contenidos de harina de xkijit en tortillas (2.5, 5.0 y 7.5%). Los datos se analizaron con el software Statistix Analysis System versión (8.1)

Capítulo III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis físico de la tortilla

Los parámetros de calidad (diámetro, grosor y peso) fueron evaluados en tortillas elaboradas con las diferentes concentraciones de harina de Xkijit y determinados en productos recién elaborados (2 ± 1.5 min), (Tabla 5):

Tabla 5 Evaluación de parámetros físicos de las tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.

Formulación (%)	Diámetro (cm)	Grosor (mm)	Peso inicial (g)
Control			
2.5	12.5 \pm 0.5	1.2 \pm 0.5	30 \pm 0.5
5			
7.5			

Como se puede observar en la Tabla 5 fueron estandarizados los parámetros, independientemente de la concentración de harina de Xkijit adicionada.

Las características de calidad de las tortillas varían según la región de su consumo en México e incluso en otros países. Existen tortillas delgadas dado que pesan desde los 18-23 g y un diámetro de 12-15 cm; gruesas que van desde los 20-34g y un diámetro de 16-23cm (ORPMCYC, 2005), donde se consideró que las tortillas

elaboradas se asemejaran a las características de las tortillas comerciales que consumen en la región; tortillas delgadas con un peso inicial de $30\pm 0.5\text{g}$ y un diámetro de 12-15cm de diámetro. Muchos consumidores prefieren su sabor y aroma característico que su aspecto físico, sin embargo de las preferencias más comunes es su flexibilidad y tamaño.

3.2. Pérdida de peso

El valor de pérdida de peso durante el tiempo de cocimiento es un parámetro relacionado con la humedad de la masa, además de la temperatura y tiempo de cocción en el comal (Arámbula et al., 2001).

Se determinaron los valores de pérdida de peso en las diferentes concentraciones de harina de Xkijit (Tabla 6). De acuerdo con lo reportado Tallez (1988) el nivel de humedad de la tortilla juega un papel muy importante, debido a que este parámetro es decisivo durante el recalentado y el producto mantenga su flexibilidad. Lo anterior debido a que las tortillas con baja humedad tienden a ser más rígidas, (Tallez, 1988).

En este estudio los valores de pérdida de peso estuvieron entre 17.60% y 31.75% correspondientes al control y el tratamiento de 2.5%, respectivamente. Según Arámbula et al., 2001 reportan que es deseable que la tortilla tenga una pérdida de peso menor del 20% para que posea cualidades óptimas de textura. Las tortillas con mayores contenidos de harina de Xkijit 5 y 7.5% no presentaron diferencias significativas con respecto al control, mientras que con la concentración de 2.5% tendió a perder más humedad durante el cocimiento. Con lo anterior se puede concluir que un incremento en la adición de la harina de Xkijit en las tortillas no afectó en la propiedad física relacionada con la pérdida de peso.

Tabla 6 Pérdida de peso en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.

Formulación (%)	Pérdida de peso (%)
Control	17.60±1.92 b
2.5	31.75±5.95 a
5	22.13±5.88 b
7.5	18.98±2.46 b

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

3.3. Inflado

El inflado en la tortilla es un parámetro deseable debido a que está relacionado con los valores de humedad en la masa que favorece el tamaño de ampolla (Yáñez Ortega, 2002). No todas las tortillas pueden inflar ya que puede tener pequeñas imperfecciones que no permiten que el aire se acumule. Cuando la masa se coloca en el comal se pierde poco a poco la humedad a través de la evaporación. En el momento que se voltea la parte superior tiene una ligera capa de masa cocida que funciona como barrera evitando que el vapor se escape quedando dentro de ella, es decir, este vapor es el que causa que la tortilla infle.

Los parámetros obtenidos se muestran en la tabla siguiente Tabla 7. El inflado o formación de ampolla se pudo observar en todas las tortillas incluyendo las tres concentraciones. Específicamente hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las tortillas con el tratamiento 2.5 y 7.5% con valores desde 2.9 (48%) a 4.5 (28%) respectivamente. Se puede notar que el inflado es menor con la cantidad añadida de harina de Xkijit. De acuerdo con lo reportado con Yáñez Ortega, (2002), los

valores obtenidos de inflado en la formulación de 5% corresponden a un nivel de inflado medio (58%).

Tabla 7 Inflado en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.

Formulación (%)	Inflado	% Inflado
Control	4.2 a	26
2.5	2.9 b	48
5	3.5 ab	58
7.5	4.5 a	28

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). La escala de los valores de inflado se muestran en la Tabla 3

3.4. Rolabilidad

Históricamente el enrollar una tortilla en forma de taco es una de las pruebas subjetivas que se han aplicado para evaluar la calidad de este producto (Bedolla, 1984); la rolabilidad es un parámetro de flexibilidad de las tortillas y está estrechamente relacionado por la capacidad que tiene para hacerse taco sin romperse. Las tortillas recién echas son suaves y se enrollan con facilidad, en tanto que ya fueron almacenadas son rígidas y quebradizas y se rompen fácilmente cuando se enrollan (Suhendro et al., 1999). Este método se ha utilizado para monitorear cambios de textura en tortillas de maíz, durante el almacenamiento. (Yau et al., 1994). Los resultados de rolabilidad se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Rolabilidad en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit.

Formulación (%)	Rolabilidad	% Rolabilidad
Control	3.4 a	56
2.5	3.4 a	56
5	2.9 ab	48
7.5	2.2 b	27

Media de N, N=10 tortillas

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

La escala de los valores rolabilidad se muestran en la Tabla 4

Como se observa en la tabla 8, las tortillas adicionadas con harina de Xkijit al 2.5 y 5% no presentaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en relación con el control, con valores de 3.4 (56%) y 2.9 (48%). Sin embargo con el contenido de 7.5% de harina de Xkijit disminuye la rolabilidad a 2.2 (27%) lo cual puede relacionarse con lo reportado por Figueroa et al., (2001b) quienes mencionan que ciertos factores como el contenido de humedad y de fibra en el producto pueden afectar esta prueba.

3.5. Fuerza de tensión al corte

En general los valores de fuerza de tensión al corte fueron analizadas en tortillas elaboradas con las 3 formulaciones incluyendo el control durante su almacenamiento a los 0, 3, 7, 9, 13 y 20 días (Tabla 9).

Tabla 9 Parámetros de fuerza de tensión al corte evaluados en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit

Formulaciones (%)	Almacenamiento (Días)					
	0	3	7	9	13	20
Fuerza (Newton)						
Control	5.08 d A	9.68 c C	9.49 c A	22.61 a A	15.61 b A	17.69 b A
2.5	2.98 d B	16.16 a AB	6.65 c B	12.01 b B	17.59 a A	5.49 cd C
5	3.78 c AB	19.56 a A	10.76 b A	11.84 b B	7.80 bc B	5.30 c C
7.5	2.56 d B	13.69 a BC	10.64 abc A	6.59 cd C	9.37 bc B	11.32 ab B

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Letras minúsculas corresponden al análisis por concentración con respecto al tiempo; letras mayúsculas analiza el comportamiento de las concentraciones en un mismo tiempo.

Los valores reportados en la fuerza de tensión al corte requerida, variaron en relación con los días de almacenamiento de las muestras, observándose los valores máximos en las formulaciones 5 y 7.5% con valores de 19.56 y 13.69N respectivamente en el día 3 de almacenamiento. Sin embargo para el control la fuerza de tensión al corte máxima se evaluó en el día 9 de almacenamiento teniendo un valor de 22.61N. En relación con la concentración de harina los valores máximos se presentaron con las tortillas elaborada con el 5% con un valor de fuerza al corte de 19.56 N evaluado en el día 3. Los valores obtenidos fueron mayores a los reportados en la bibliografía quienes especifican que para tortillas elaboradas con harinas instantáneas y comerciales se obtienen valores de fuerza entre 1.99 a 2.77 N (Flores *et al.*, 2000). El resultado dentro del rango de los valores reportados se encuentra en la formulación de 7.5% evaluado el día de

elaboración de las tortillas, con un valor de 2.56N, siendo el valor que requiere la menor fuerza al corte.

3.6. Color

El color de las tortillas es un parámetro organoléptico que no afecta su funcionalidad pero es importante para la aceptación del consumidor en la siguiente Tabla 10 se muestran los parámetros obtenidos en el análisis.

El principio de la determinación de color se basa en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro, y reflejada por el color blanco, así como la descomposición de la misma en colores rojo, azul, amarillo y verde. Los valores que caracterizan a estos colores son a^* , b^* y L^* . El eje L^* o de luminosidad va de 0 que corresponde al negro y al 100 correspondiente al blanco (Figura 29). Los otros dos ejes de coordenadas a^* y b^* representan variaciones de rojo (valores positivos) al verde (valores negativos) y de amarillos (valores positivos) a azul (valores negativos), respectivamente (Hunter Lab, 2001).



Figura 29 Escala cromática L^* , a^* y b^* .

Tabla 10 Parámetros de color evaluados en tortillas adicionadas con diferentes concentraciones de harina de Xkijit

Formulaciones (%)	Almacenamiento (Días)					
	0	3	7	9	13	20
L*						
Control	70.06 a -	62.98 c -	65.37 bc -	62.99 c -	62.23 c -	68.78 ab -
2.5	63.11 a A	54.21 b A	60.22 a A	61.52 a A	51.44 b A	60.06 a A
5	58.22 a B	51.50 c A	53.14 bc B	58.00 ab B	51.62 c A	57.51 ab B
7.5	56.44 a C	53.15 b A	51.43 b B	55.21 a C	47.00 c B	51.42 b C
a*						
Control	-0.95 c -	-0.64 b -	0.36 a -	-1.39 d -	-0.80 bc -	-0.69 b -
2.5	1.68 d C	2.09 cd C	4.45 a C	-0.13 e C	3.09 b C	2.79 bc C
5	4.59 bc B	4.06 c B	6.23 a B	1.84 d B	5.59 ab B	4.75 bc B
7.5	6.36 bc A	5.75 c A	7.86 a A	3.28 d A	7.21 ab A	7.91 a A
b*						
Control	19.05 abc -	17.39 d -	19.51 ab -	18.82 bc -	18.09 cd -	20.21 a -
2.5	37.39 a C	33.97 b B	36.79 ab C	36.36 ab C	33.67 b B	36.75 ab B
5	41.04 ab B	36.84 b AB	40.22 ab B	41.89 ab B	40.01 ab A	46.70 a A
7.5	44.75 a A	41.33 bc A	42.51 b A	44.63 a A	40.57 c A	41.23 bc AB
ΔE						
Control	---	---	---	---	---	---
2.5	196.07 ab C	203.11 a C	174.28 ab C	158.23 b C	192.04 ab C	183.32 ab A
5	328.24 a B	282.33 a B	314.22 a B	285.87 a B	322.33 a B	479.06 a A
7.5	452.01 a A	357.01 b A	393.52 ab A	378.32 b A	406.06 ab A	410.43 ab A

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Letras minúsculas corresponden al análisis por concentración con respecto al tiempo; letras mayúsculas analiza el comportamiento de las concentraciones en un mismo tiempo.

Las tortillas presentaron cambios significativos en comparación con el control; observándose una reducción de la luminosidad (L) en las tres formulaciones 2.5, 5 y 7.5% y un incremento en los parámetros de a (coloraciones verdes a rojizas) y b (coloraciones azul a amarillas), mismos que tuvieron un efecto sobre ΔE , en las formulaciones con respecto al control (Tabla 10).

El comportamiento de las cromátidas L, a y b evaluadas en los 0, 3, 7, 9, 13 y 20 días de almacenamiento, en relación con los valores de L disminuyeron el día 3 y los valores de a y b se incrementaron hasta los 20 días de almacenamiento. Los valores de ΔE presentaron diferencias significativas en relación con las formulaciones (mayor cantidad de harina de Xkijit adicionada) y no con respecto al tiempo de almacenamiento de los productos.

Específicamente la luminosidad obtenida para el control presentó un valor promedio de 70.06 en el día de elaboración y disminuyó a 62.23 para el día 13, valores similares a los reportados por Flores (2004) y Figueroa et al., (2004) con valores 67.29 y 77.32, respectivamente.

Con la cromátida "a" los diferentes tratamientos presentaron diferencias significativa ($P < 0.05$) comparadas con el control, los valores encontrados se encontraron en el rango de -1.39 y 0.36 para el control y 3.28 y 7.91 para la concentración de 7.5%, siendo la formulación con mayor contenido de harina de Xkijit, obteniéndose coloraciones más rojizas. Estos los valores de "a" fueron mayores que los reportados por Flores (2004) de 1.33.

Los valores del parámetro b correspondieron a colores de azules a amarillos en las tortillas, el control presentó valores menos amarillos con valores de 17.39-20.21 en comparación con la concentración más alta de 7.5% con valores de 40.57 - 44.75. Los valores mencionados fueron mayores a los obtenidos por Flores, (2004) y Figueroa et al., (2001a) con resultados de 15.02 y 24.69, respectivamente. . Un incremento en la coloración de las tortillas puede resultar un atributo interesante para este producto, debido a que en México se cultivan diferentes variedades de maíces "criollos" (amarillos, púrpuras y azules), los

cuales le imparten diferentes pigmentaciones a las tortillas. Otro factor que interviene en el color es la incorporación de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 (cal) durante el proceso de nixtamalización, el cual también se adiciona para evitar la descomposición rápida de las tortillas (Téllez et al., 1988). De ahí que la tonalidades amarillas de las tortillas elaboradas y evaluadas en este estudio que presentaron mayores cantidades de harina de Xkijit (5 y 7.5%) podrían ser consideradas como una alternativa viable y fácilmente aceptadas por el consumidor (Figura 30).

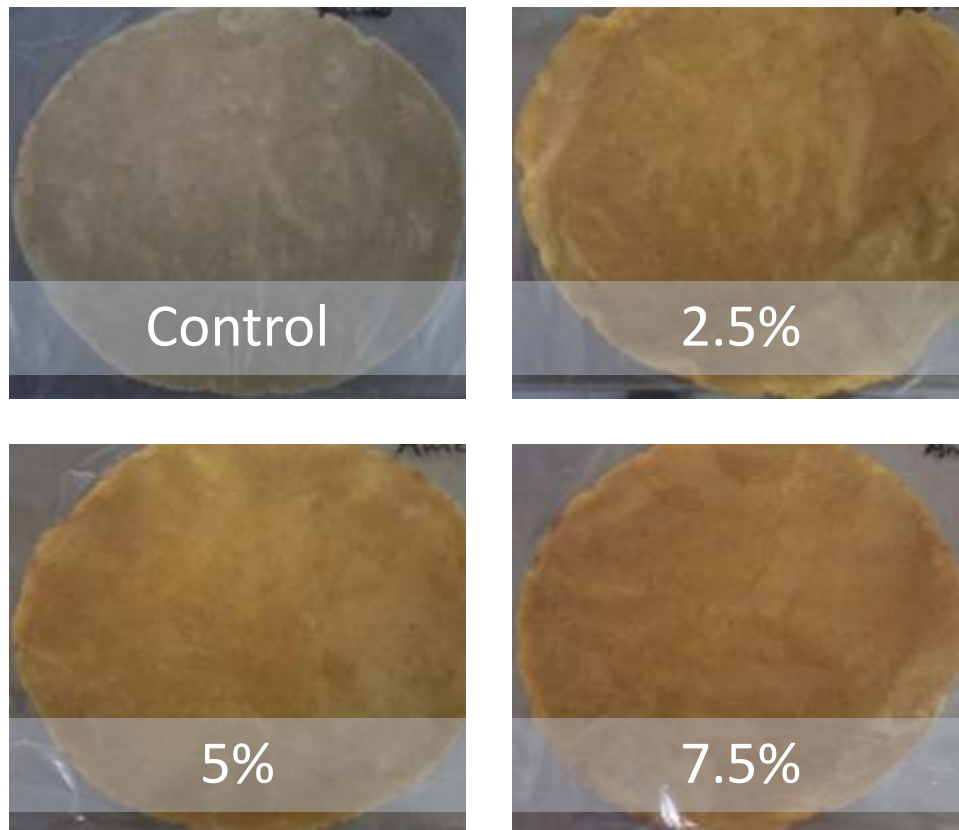


Figura 30 Color de tortillas de las diferentes formulaciones

3.7. Evaluación de vida útil

Para evaluar la vida útil de los productos se realizaron recuentos microbianos en muestras almacenadas a diferentes tiempos y en condiciones de refrigeración (Tabla 11).

Las bacterias mesófilas aerobias redujeron significativamente ($P \leq 0.05$) su crecimiento hasta el día 7 de almacenamiento, en las formulaciones de 5 y 7.5% en comparación con valores obtenidos con el control, con valores de 730 UFC/g y 430 UFC/g, respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los límites permisibles ya que estos son valores menores a 10000 UFC/g establecidos por NOM-247-SSA1-2008

Según la NOM-247-SSA1-2008 los límites máximos permisibles para los organismos coliformes son de <30 UFC/g, estos microorganismos inhibieron su crecimiento o disminuyeron significativamente su recuento en comparación con el control con las tres formulaciones hasta el día 9 (Tabla 11)

Una tendencia similar se presentó con los hongos y levaduras, los cuales tienen como límite permisible de 300 UFC/g (NOM-247-SSA1-2008), en este se mantuvieron recuentos mínimos en comparación con el control hasta los 20 días de almacenamiento, lo cual refleja una vida útil amplia y la estabilidad microbiana de las tortillas con las concentraciones de 5 y 7.5% de harina adicionada de Xkijit, esto podría deberse al efecto antifúngico que podría llegarse a presumir que contenga la harina del fruto.

Tabla 11 Recuentos Microbiológicos obtenidos de tortillas almacenadas en bolsas de plástico durante 20 días en condiciones de refrigeración (7°C).

Formulaciones (%)	Almacenamiento (Días)					
	0	3	7	9	13	20
Microorganismos Mesófilas Aerobias						
Control	2600 e B	56350 a A	2750 e A	14500 d B	42500 b B	33000 c B
2.5	25250 b A	25250 b B	855 c B	1495 c C	51000 a B	42500 a B
5	1500 cd B	1800 c C	730 cd BC	37200 a A	7450 b C	475 d C
7.5	2350 c B	1355 c C	430 c C	4750 c C	80500 b A	87500 a A
Microorganismos Coliformes Totales						
Control	0 d A	620 b A	220 c B	2000 a -	0 d B	355 c C
2.5	0 b A	300 b B	0 b C	0 b -	5 b B	5550 a B
5	0 c A	40 c C	150 b B	0 c -	220 b A	560 a C
7.5	20 cd A	195 c BC	405 b A	0 d -	0 d B	8050 a A
Hongos y Levaduras						
Control	220 c A	3140 a A	990 b A	865 b A	35 c A	90 c A
2.5	35 a B	70 a B	300 a B	115 a B	5 a B	440 a A
5	278 a A	40 b B	10 b B	25 b C	5 b B	5 b A
7.5	165 a AB	15 b B	40 b B	20 b C	5 b B	35 b A

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Letras minúsculas corresponden al análisis por concentración con respecto al tiempo; letras mayúsculas analiza el comportamiento de las concentraciones en un mismo tiempo.

3.8. Evaluación sensorial

Los valores promedio de las evaluaciones sensoriales reflejaron valores de aceptación general con las tres formulaciones, de me gusta moderadamente y me gusta (3.25-3.88) de acuerdo con la escala hedónica utilizada, lo cual refleja un nivel aceptable de aprobación de las tortillas (Tabla 12). Asimismo el panel

encontró diferencias significativas en el atributo de color en relación con el control (valores que fueron confirmados por colorimetría) y así como también se detectaron diferencias significativas en el olor y sabor a partir de la formulación del 5%.

Tabla 12 Evaluación sensorial de las formulaciones de tortillas adicionadas con harinas de Xkijit

Formulación (%)	Color	Sabor	Textura	Olor	Aceptación General
Control	4.04 a	3.90 a	3.92 a	4.01 a	4.03 a
2.5	3.98 ab	3.79 a	3.79 a	3.62 ab	3.88 a
5.0	3.65 bc	3.09 b	3.65 a	3.36 b	3.25 b
7.5	3.43 c	3.23 b	3.56 a	3.32 b	3.56 ab

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

3.9. Determinación de proteína

Los contenidos de proteínas fueron mayores a los obtenidos con el control, lo cual refleja que las tortillas enriquecidas con harina de Xkijit representan una fuente significativa de proteínas, lo cual lo hace recomendable para su consumo. (Tabla 13). Los valores que se reportan de la concentración de 7.5% es de 53.23 lo cual es mayor a lo reportado por otras investigaciones con harina de soya desgrasada (Stylianopoulos et. al., 2002).

Tabla 13 Análisis proximales de tortillas de maíz adicionadas con pulpa del fruto Xkijit.

Formulación (%)	Proteína % de nitrógeno
Control	11.67 ± 1.26 d
2.5	25.16 ± 1.55 c
5	32.81 ± 2.19 b
7.5	53.23 ± 1.26 a

Nota: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

A continuación se mencionan las conclusiones y sugerencias obtenidas en esta investigación a partir de los resultados obtenidos.

- Las tortillas adicionadas que tuvieron mayor pérdida de peso son las adicionadas con la concentración 2.5% con un valor de 31.75% las cuales perdieron el mayor índice de humedad, se puede concluir que una mayor pérdida de humedad afecta en el recalentado haciendo que las tortillas sean más rígidas y menos flexibles.
- Se concluye que los resultados de rolabilidad disminuyeron con el contenido de harina Xkijit, donde la concentración 7.5% presentó una menor flexibilidad y capacidad para hacerse taco.
- El valor que necesito menor fuerza de tensión al corte correspondió a la concentración 7.5% en tortillas recién elaboradas, siendo los productos mejor elaborados ya que este es un atributo importante que simula lo que sucede con las tortillas cuando se consume o durante su manipulación.
- En general los valores evaluados de color, en la cromátida L disminuyeron a partir del día 3 representando tortillas menos brillantes y los valores de a y b se incrementaron hasta los 20 días para todas las concentraciones correspondientes a productos con tonalidades más amarillas y rojizas.
- El comportamiento de los microorganismos analizados inhibieron su crecimiento en el día 9 significativamente en hongos y levaduras y organismos coliformes totales, lo cual refleja una vida útil amplia, donde podría presumirse que la harina adicionada de Xkijit contenga un efecto antifúngico.

- Los valores promedio de la evaluación sensorial de acuerdo a la escala hedónica reflejan un nivel aceptable entre los consumidores para la concentración del 5%, teniendo los parámetros de aceptabilidad de color, olor y textura.
- Las tortillas enriquecidas con harina de Xkijit en la concentración de 7.5% tuvo un mayor contenido de proteína teniendo un valor de 53.23% lo que la hace recomendable para su consumo.

SUGERENCIAS

Se recomienda realizar las determinaciones del contenido de aminoácidos para conocer más a fondo la calidad de proteínas adicionadas a las tortillas.

Proponer la incorporación del fruto Xkijit en otros sub productos de gran consumo, similares a la tortilla donde la adición de pulpa del Xkijit le imparte un valor nutricional lo cual permite que los productos sean aceptados fácilmente por el consumidor, sin embargo contiene un mayor contenido proteico. Con este tipo de productos se amplía la oferta de mercado de productos enriquecidos.

Al mismo tiempo se sugiere realizar un estudio de mercado para saber la factibilidad del consumo del fruto Xkijit y así incrementar el consumo del fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya Guerra, C.A., 2003. Efectos de la Fortificación y Enriquecimiento de Tortillas regulares y de maíz de Alta calidad Proteíca en el Desarrollo Fisiológico, Cerebral y Desempeño en el Aprendizaje de Ratas de Laboratorio. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias Biológicas, UANL. Monterrey, N.L., México.
- Arámbula, V.G., Mauricio, R.R.A., Figueroa, J.D.C., González, H.J., & Ordorica, F.C.A. (1999). Corn Masa and Tortillas of extruded instant corn flour added with hydrocolloids and lime. *Journal of Food Science*, 64, 120–124.
- Arámbula V. G., L., Barrón A., J. E., Moreno, M. y Luna B., G. (2001). Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zeamays L.*) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51, 187-194.
- Arámbula V. G., Méndez A. A., González H. J., Gutiérrez Á. E. y Moreno M. E. (2004). Evaluación de una metodología para determinar características de textura en tortillas de maíz (*Zea mays L.*). *Archivos latinoamericanos de nutrición*, Vol.54 N°2, 1-7p.
- Bedolla S. and Rooney LW. Characteristics of US. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 1984; 29(11):732-735.
- Bello P. L.A, Aguirre C.A, Solorza F.J. 2000. Mejoramiento del perfil reológico de masas de maíz nixtamalizado por adición de hidrocoloides. (Documento Web). México. http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones.
- Bressani, R., Turcios, J., Reyes, L., Merida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51: 309-313.

- Bressani, R. 1994. Opaque- corn in human nutrition and utilization. En: Larkings, B.A. y Mertz, E. P. (eds). Quality protein maize. 1964-1994. Proceedings of the international symposium on quality protein maize. Embrapa/ Cnpms. Sete Lagoas, Brazil. pp. 41-63.
- Burge, R.M. y Duensing, W.J. 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. Cereal Foods World 34: 535-538.
- Calaveras Jesús, 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería Mundi-Prensa Libros. ISBN 8484761479, 9788484761471.
- Campus-Baypoli, O. N., E. C. Rosas-Burgos, P. I. Torres-Chávez, B. Ramírez-Wong, and S. O. Serna-Zaldívar. 1999. Physicochemical changes of starch during maize tortilla production. Starch/ Starke 51: 173-177.
- Centro Operacional de la Vivienda y Poblamiento (COPEVI). (2015). Procesos Territoriales Integrados Sierra Norte de Puebla. Noviembre 2016, Sitio web: <http://www.copevi.org/>
- Chávez, A. y Muños de Chávez, M. 2002. La tortilla de alto valor nutritivo. McGraw-Hill.
- Cruz Huerta Elvia y Verdalet Guzmán Íñigo. (2007). Tortillas de maíz: una tradición muy nutritiva. La ciencia y el hombre, xx3, 1-3.
- Deschamps A.L. 1995. Aprovechamiento industrial del maíz en la manufactura de productos alternos a los de panificación originados en el trigo. Congreso Tecnología de Alimentos Viña del Mar, Chile.

- El Universal. (2014). Especialistas en finanzas y académicos de la UNAM consideran que no hay necesidad de controlar los precios. Regular tortilla no ayudará a bajar precios.
- Encuesta Nacional de Nutrición (ENSANUT). 2006: Estado nutricional en niños y mujeres en México. Instituto Nacional de Salud Pública. 320p.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1993. El maíz en la nutrición humana. <http://www.fao.org/docrep/t0395S/T0395S00.htm>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Procesamiento y fortificación de los alimentos. <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s10.htm>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2003. Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas. http://www.fao.org/ag/agn/CDfruits_es/others/docs/alinorm03a.pdf.
- Ficker CE, Smith ML, Susiarti S, Leamanb DJ, Irawati C, Arnason JT. 2003. Inhibition of human pathogenic fungi by members of Zingiberaceae used by the Kenyah (Indonesian Borneo). *Journal of Ethnopharmacology* 85, 289.
- Figueroa J.D.C., Acero, G.M.G. Flores A.L.M., Lozano, S.A., González, H.J., Arámbula, V.G., Moreno, M.M.E. 1999. La tortilla Vitaminada. *Avance y Perspectiva* (18):149-158.
- Figueroa J. D., Acero G. M. G., Vasco M. N., Lozano G. A., Flores A. L., González H. J., 2001a Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. *Alan* 51: 3: 293-302. ISSN 0004- 0622.
- Figueroa J.D.C. y González Hernández J. 2001b. La tecnología de la tortilla pasada, presente y futuro. *Ciencia y Desarrollo*. 27(156):22-31.

- Figueroa J.D.C. Morales S.E, González H.J. and Arámbula V. G. 2004 Nixtamalized Corn and Products obtained from Same. Patente Enternaconal PCT No. WO03/045154 A. Registrada en 150 países. 5 de junio 2004.
- Figueroa J.D.C. Morales S.E y González H.J. 2008. Dispositivo electromagnético para la formulación automática de tortillas. Patente Mexicana No. Patente 258131. 18 de junio 2008.
- Flores F. R. 2004. Efecto de la incorporación de la fibra dietética de diferentes fuentes obre propiedades de textura y sensoriales en tortillas de maíz (Zea maíz L.) Tesis de maestría. CICATA, Querétaro.
- Franco Daniel, 2004. Productos de maíz. Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentos.
- García Urigüen P, 2012. La Alimentación de los Mexicanos. Cambios Sociales y Económicos, y su Impacto en los Hábitos Alimenticios. Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA) D.F., México. 162 p.
- Gil M A, P A López, A Muñoz O, H López S (2004) Variedades criollas de maíz (Zea mays L.) en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. In: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. J L Chávez–Servia, J Tuxill y D I Jarvis (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp:18–25.
- Gómez M. H., Waniska R. D., y Rooney and Pflugfelder, R. L. 1987. Dry corn masa flours for tortilla and snack production. Cereal Foods World. 32:372.
- González Amador Roberto. (2014). Baja cotización en el precio del maíz no ha reducido el de tortilla. La Jornada, 1

- Gutiérrez, E., Rojas, I., Pons, J. L., Guzmán, H., Aguas, B., Arenas, J., Fernández, P., Palacios, A., Herrera, G. and Rodríguez, M. E. 2007. Study of calcium ion diffusion in nixtamalized quality protein maize as a function of cooking temperatura. *Cereal Chem.* 84(2):186-194.
- Hortelano S R R, A Gil M, A Santacruz V, S Miranda C, L Córdova T (2008) Diversidad morfológica de maíces nativos en el Valle de Puebla. *Agric. Téc. Méx.* 34:189–200.
- Hunterlab 2001, Principios básicos de medida y percepción del color. Versión 1.2.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2007). Anuario Estadístico de Puebla. Tomo II. INEGI; Aguascalientes, Ags. 1284 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Anuario de Estadística por Entidad Federativa. INEGI–Aguascalientes, Ags. México. 594 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Censo perfil sociodemográfico de adultos mayores, (Consultado: marzo 2015).
- Islam M., N., M. Lirio E., and F. DelValle R. 1984. Mold inhibition in tortilla by dimethyl fumarate. *J. Food Processing and Preservation.* 8: 41-45.
- ISO 5492:1992 Sensory analysis. Vocabulary. International standard.
- ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad- Fundamentos y vocabulario. NMX-CC-9000-IMNC-2015.
- Jaime F. M. R. 2002 Estudio de las variables de un nuevo proceso de nixtamalización fraccionada de maíz (*Zea mays*) en la elaboración de harina instantánea y tortillas., Tesis de maestría CICATA-INP., México
- Khan, M. Des Rosiers, M.; Ronney, L. Morgan, R. and Sweat, V. 1982. Corn tortillas: evaluation of corn cooking procedures. *Cereal Chem.* 59 (4): 279–284.

- Lobeira, R.; Almeida, H. and Ronney L. (1998). Methods to evaluate hydration and mixing properties of nixtamalized corn flours. *Cereal Chem.* 75 (4): 417 – 420.
- López M (2007) *Antiguas Representaciones del Maíz*. CONACULTA/Archivo General de la Nación. D.F., México. 89 p.
- Macía MJ. 2003. *Renealmia alpinia* (Rottb) Maas (Zingiberaceae). Planta comestible de la Sierra Norte de Puebla México. *Anales del jardín Botánico de Madrid*, Madrid, España, 60, 183.
- Maiorano VA, Marcussi S, Daher MA, Oliveira CZ, Couto LB, Gomes OA, et al. Antiphidian properties of the aqueous extract of *Mikania glomerata*. *J Ethnopharmacol.* 2005; 102:364-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2005.06.039>
- Martínez Alfaro MA, Evangelista V, Mendoza M, Morales G, Martínez Alfaro MA, Evangelista V, Mendoza M, Morales G, Toledo G, Wong A. 1995. Catálogo de plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, México D.F: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. *Cuadernos del Instituto de Biología* 27, 1-303
- Martínez, F., Martínez, H., Sanmartín, E.; Sánchez, F.; Chang, Y.; Barrera, D. and Ríos, E. 2001. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalization process. *J. of the Science of Food and Agric.* 81: 1455 462.
- Mera Ovando L M (2009) Aspectos socioeconómicos y culturales. In: *Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica*. T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp:33-42.
- Mera Ovando L M, C Mapes Sánchez (2009) El maíz. Aspectos biológicos. In: *Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica*. T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión

Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp:19-32

- Muñoz O A (2005) Centli Maíz. Ed. América. 2da ed. México, D. F. 210 p.
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. determinación de proteínas. Foods determination of proteins. normas mexicanas. dirección general de normas.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-110-SSA1- 1994, Bienes y Servicios. Preparación y dilución de alimentos para su análisis microbiológico.
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-147-SSA1-1996. Bienes y servicios. cereales y sus productos. Harinas de cereales, semolas o semolinas. alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. productos de panificación. disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.
- NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

- Oficina Regional para México, Centro América y el Caribe (ORPMCYC). Disponible: <http://www.Mejoramientodelacalidaddeproductosnixtamalizados>. Agosto 2005.
- OMS 2015. Nutrición documento de la OMS, (Consultado: marzo 2016).
- Ordaz Ortiz J. J. Y Vázquez Carrillo M. G. (1997). Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores. Chapingo México.
- Ortega P R (2003) La diversidad del maíz en México. In: Sin Maíz no Hay País. G Esteva, C Marielle (coords). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México, D. F. pp:123–154.
- Otero R, Fonnegra R, Jiménez SL, Núñez V, Evans N, Alzate SP, García ME, Saldarriaga M, del Valle, G., Osorio, R.G., Díaz, A., Valderrama, R., Duque, A., Vélez, H.N., 2000. Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia. Part I: Traditional use of plants. *Journal of Ethnopharmacology* 71, 493–504.
- Paredes López O, F Guevara-Lara, L A Bello-Pérez (2009) La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias* 92-93:60-70.
- Pérez D. A. 1996. Adición de proteínas de soya al maíz, *Asociación Americana de Soya* CAT. No. 65: 1-2.
- Rooney, L. W., and E. L. Suhendro. 1999. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. *Cereal Foods World* 44: 466-470.
- Ruyschaert S, Van AndelT, Van de PutteK, Van DammeP. 2009. Bathe the baby to make it strong and healthy: plant use and child care among Saramaccan Maroons in Suriname. *Journal of Ethnopharmacology* 121, 148.
- Secretaria de Economía, 2012. Análisis de la cadena de valor maíz tortilla: situación actual y factores de competencia local. Dirección General de Industrias Básicas. Distrito Federal, México. 38p

- Serna, S.; Gómez, M.; Almeida, H.; Islas, A. and Rooney, L. 1993. A method to evaluate the lime cooking properties of corn (*Zea mays*). *Cereal Chem.* 70 (6): 762 – 764.
- Serna Saldívar, S. O., Amaya Guerra, C.A. Nixtamalización del Maíz a la Tortilla: Aspectos Nutrimientales y Toxicológicos. El Papel de la Tortilla Nixtamalizada en la Nutrición y Alimentación. Universidad de Querétaro, Series Ingeniería. México. 2008. Rodríguez García, M., Serna Zaldívar, S.O. y Sánchez Senecio, F. pp: 105- 151.
- Serratos H J A (2009) El Origen y la Diversidad del Maíz en el Continente Americano. Greenpeace. Ciudad de México, México. 33 p.
- SFA-SAGARPA Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011- 2020 Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, junio de 2011.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2007) Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996 - 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 208 p.
- Stylianopoulos C, Serna-Saldivar SO, Arteaga G (2002) Effects of fortification and enrichment of maize tortillas on growth and brain development of rats throughout two generations. *Cereal Chem* 79:85–91
- Suhendro, E. L.; Almeida-Domínguez, H. D.; Ronney, L. W.; Waniska, R. D. and Moreira, R. G. 1999. Use of extensibility to measure corn tortilla texture. *Cereal Chem.* 76(4):536-540.
- Téllez Girón A., G. Acuff R., Vanderzant, and C. L. Rooney W. 1988. *J. Food Protection.* 51 (12): 945-948.
- Vázquez Rodríguez, J. A.a, Amaya Guerra, C. A.a.. (Jueves 27 y viernes 28 de mayo de 2010). Evaluación sensorial de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto,

frijol y nopal. XII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, ES, 111-117.

- Verdalet G., I., Ojeda R., M. M. y Silva H., E. R. (2001). Diagnóstico alimentario y nutricional en familias mexicanas. Información Tecnológica, 5, 12-79
- Waliszewski, K. N.; Pardo, V. and Carreón, E. 2002. Physicochemical and sensory properties of corn tortillas made from nixtamalized corn flour fortified with spent soymilk residue (okara). J. Food Sci. 67:3194-3197
- Watson, S.A. 1987. Structure and composition. En S.A. Watson y P.E. Ramstad. eds. Corn: chemistry and technology, p. 53-82. St Paul, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem.
- Yáñez Ortega Yadira, 2002. Nixtamalización por extrusión de las fracciones del grano de maíz para la obtención de harinas instantáneas. Tesis de maestría, CICATA, Legeria.
- Yau, J. C. Waniska, R. D. and Rooney, L. W. 1994. Effects of food additives on storage stability of corn tortillas. Cereal Foods World, 39: 396-402.

Anexo I

Formato de evolución sensorial

Evaluación sensorial de tortillas

Edad: _____

Sexo: Femenino () Masculino ()

Lea cuidadosamente las indicaciones:

Por favor enjuague su boca con agua antes de empezar.

Pruebe las 4 tortillas. Indique con una **X** sobre la carita, nivel de agrado.

Si tiene alguna pregunta, no dude en hacerla. Gracias

I. Muestra 145

Color:



Olor:



Sabor:



Textura:



Aceptación General



Comentarios _____

II. Muestra 137

Color:



Olor:



Sabor:



Textura:



Aceptación General



Comentarios

III. Muestra 101

Color:



Olor:



Sabor:



Textura:



Aceptación General



Comentarios

IV. Muestra 128

Color:



Olor:



Sabor:



Textura:



Aceptación General



Comentarios

GRACIAS POR SU ATENCIÓN