



Reporte Final de Estadía

T.S.U. Ángeles Marisol Báez Aguilar

Alternativa para extender el tiempo de vida
útil para las tortillas mediante la adición de
 Ca(OH)_2

**Programa Educativo de Ingeniería en Procesos
Bioalimentarios**

Proyecto de estadía realizado en:

Colegio de Postgraduados Campus Córdoba

Nombre del Proyecto:

**Alternativa para extender la vida útil para las
tortillas mediante la adición $\text{Ca}(\text{OH})_2$**

Nombre del Asesor Industrial:

Dr. José Andrés Herrera Corredor

Nombre del Co-asesor Industrial:

Ing. Juan Manuel Balderas López

Nombre del Asesor Académico

MC. Ismael Alatríste Pérez

Nombre del Alumno:

TSU. Ángeles Marisol Báez Aguilar

Cuitláhuac, Veracruz. A 04 de Abril del 2017

ÍNDICE

1 DEDICATORIA.....	1
2 RESUMEN	2
3 ABSTRACT	3
4 INTRODUCCIÓN.....	4
5 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	6
5.1 Colegio de Postgraduados.....	6
5.1.1 Historia.....	6
5.1.2 Fundación y desarrollo inicial	6
5.1.3 Crecimiento disciplinario.....	6
5.1.4 Identidad y descentralización.....	6
5.1.5 Continuidad del fortalecimiento interdisciplinario.....	7
5.1.6 Conversión a Centro Publico de Investigación y reestructuración.....	8
5.2 Colegio de Postgraduados campus Córdoba	9
5.2.1 Historia.....	9
5.2.2 Ubicación	10
5.2.3 Misión	10
5.2.4 Visión.....	10
5.2.5 Objetivos institucionales.....	11
5.2.6 Política de calidad.....	11
5.2.7 Objetivos de calidad	12
5.2.8 Política de equidad de género.....	12
6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
7 OBJETIVOS.....	14
7.1 Objetivo general.....	14
7.2 Objetivos específicos	14

8 MARCO TEÓRICO	15
8.1 Maíz.....	15
8.1.1 Origen del maíz	15
8.1.2 Tipos de maíz	15
8.1.3 El maíz (Zea mays L.)	16
8.1.4 Estructura del grano de maíz.....	16
8.1.5 Composición química	17
8.1.5.1 Proteínas.....	17
8.1.5.2 Lípidos	17
8.1.5.3 Vitaminas y minerales	18
8.1.5.4 Almidón	18
8.2 Nixtamalización	18
8.3 Tortilla	21
8.4 Vida de anaquel de harinas nixtamalizado y tortilla.....	21
8.5 Hidróxido de calcio	23
9 METODOLOGÍA	24
9.1 Caracterización del maíz.....	24
9.1.1 Impurezas y Granos Quebrados	24
9.1.2 Humedad	25
9.1.3 Peso Hectolítrico	25
9.1.4 Dureza de grano (Índice de flotación)	26
9.1.5 Densidad absoluta.....	26
9.1.6 Peso de 1000 granos	27
9.1.7 Dimensiones del grano	28
9.1.8 Área de pericarpio	28
9.2 Preparación de masas y tortillas (nixtamalización).....	33
9.2.1 Nixtamalización tradicional	33
9.2.2 Nixtamalización modificada	33
9.2.3 Formulaciones de Masa	34
9.3 CARACTERIZACIÓN DE MASA Y TORTILLAS.....	35
9.3.1 Color	35
9.3.2 pH.....	35
9.3.3 Humedad	35
9.3.4 Cenizas.....	36



9.4 EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL SENSORIAL EN TORTILLAS DE MAÍZ.....	37
9.4.1 Almacenamiento De Muestras	37
9.4.2 pH	37
9.4.3 Humedad	37
9.4.4 Color	38
9.5 Evaluación sensorial	39
9.6 Análisis estadísticos	39
10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
10.1.1 Características del grano de maíz.	41
10.1.2 Selección de masas reconstituidas	43
10.1.3 Vida útil	47
10.1.4 Análisis sensorial.....	50
11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
12 REFERENCIAS.....	55

Lista de Figuras

<i>Figura 1 Principales partes estructurales del grano de maíz</i>	16
<i>Figura 2 Proceso típico de nixtamalización para producir tortillas</i>	20
<i>Figura 3 Modificación de la imagen digital en formato JPEG</i>	29
<i>Figura 4 Recorte de la imagen digitalizada</i>	30
<i>Figura 5 Selección de imagen para la cuenta de píxeles.</i>	31
<i>Figura 6 Selección de la herramienta histograma</i>	31
<i>Figura 7 Selección para la cuenta de píxeles</i>	32
<i>Figura 8 Comparación de los precios del maíz</i>	43
<i>Figura 9 Formulaciones de masa con diferentes contenidos de hidróxido de calcio.</i>	44
<i>Figura 10 Probabilidad de supervivencia de las tortillas en ambos tratamientos</i>	51
<i>Figura 11 Probabilidad de supervivencia de cada muestra a temperatura ambiente</i>	52
<i>Figura 12 Probabilidad de supervivencia de cada muestra en refrigeración.</i>	53

Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Tipos de maíz más importantes</i>	15
<i>Tabla 2 Composición química del grano de maíz y sus fracciones</i>	17
<i>Tabla 3 Formulaciones de masa reconstituida</i>	34
<i>Tabla 4 Características del grano de maíz.</i>	41
<i>Tabla 5 Dimensiones del grano de maíz</i>	42
<i>Tabla 6 Área de pericarpio</i>	42
<i>Tabla 7 Características de masas reconstituidas.</i>	45
<i>Tabla 8 Humedad y cenizas de masas seleccionadas</i>	46
<i>Tabla 9. Características fisicoquímicas de los factores de las tortillas</i>	47

1 DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la salud, paciencia y tolerancia para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor hacia mí.

A mi familia

Por haberme apoyado en todo momento, a mi madre por sus consejos, sus valores, su dedicación; a mi padre por todas las enseñanzas que me dejó, por los ejemplos de perseverancia y constancia, por el valor mostrado a lo largo de toda su vida y por inculcarme que la vida hay que vivirla feliz.

A mi familia biológica y adoptiva, por mostrar tanto interés y dedicación en mí, por nunca abandonarme y estar presente en cada logro de mi vida, sobre todo gracias por su amor incondicional

A mis maestros

Gracias Dr. Andrés Herrera Corredor, MC. Ismael Alatríste Pérez e Ing. Juan Manuel Balderas López por el apoyo, orientación y dedicación que pusieron en mí a lo largo de mi estancia para poder obtener mi título profesional.

Gracias por todas las vivencias y experiencias adquiridas .

Al Colegio de Postgraduados

Por haberme permitido realizar mis prácticas profesionales en sus instalaciones, lo cual me ayudó a reafirmar mis conocimientos adquiridos en la universidad pero más que nada gracias por enseñarme a convivir de igual manera con todos los integrantes del campus ya que me demostraron que son un gran equipo y hacen distinciones.

A mis amigos

Que siempre han estado conmigo, que me han mostrado un apoyo incondicional a lo largo de toda nuestra formación profesional y que has sabido soportarme cuando mi carácter no era el más agradable, gracias por nunca dejarme sola y ayudarme a seguir adelante y ayudarme a demostrar que el estudio no está peleado con la diversión, espero nuestra amistad no tenga fin y deseo que Dios los colme de bendiciones.

2 RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en un experimento para implementar una alternativa para extender la vida útil de las tortillas, ya que en el Colegio de Postgraduados se realizó una nixtamalización libre de partículas insolubles (NLPI); de esta nixtamalización se obtuvo masa cuyo aspecto es blanco por lo cual se adicionó hidróxido de calcio para aumentar las características de aceptación. Se realizaron diez formulaciones diferentes de las cuales se seleccionaron solo tres, estas cumplían con las características sensoriales de aceptación de la zona; con la masa obtenida de las tres formulaciones seleccionadas (0.05, 0.25 y 0.5%) se elaboraron tortillas, las cuales se confrontaron con tortillas elaboradas con una nixtamalización tradicional.

El conjunto de tortillas se sometieron a tres variables diferentes; los factores fueron: formulación (% de cal y tipo de nixtamalización), tiempo (días) y tipo de almacenamiento (temperatura ambiente o refrigeración). Para poder observar el comportamiento de las tortillas se le realizaron diferentes determinaciones fisicoquímicas como color, pH y humedad; también se le realizó una prueba sensorial para poder establecer hasta que día las tortillas eran aceptadas por el público dependiendo de muestra.

De las tres formulaciones seleccionadas la formulación 2 tuvo mayor pH y fue similar a la tradicional; la formulación 1 fue la que tuvo menor pH, eso repercutió en que fuera más propensa al desarrollo de microorganismos; la humedad de las muestras dependió de los días y del tratamiento. Las muestras tuvieron mayor luminosidad a temperatura ambiente que en refrigeración, debido a que este método de conservación reseca las tortillas y disminuye el brillo característico en las tortillas

La formulación que tiene mayor probabilidad de supervivencia a temperatura ambiente y refrigeración es la formulación 2, seguida de la tradicional. Por lo tanto el efecto que tiene la adición de hidróxido de calcio en la masa aumenta la vida útil y se asemeja con el comportamiento de la tortilla elaborada de manera tradicional.

3 ABSTRACT

The present work focuses on an experiment to implement an alternative to extend the useful life of tortillas, since in the College of Postgraduates a nixtamalización free of insoluble particles (NLPI) was realized; Of this nixtamalization was obtained mass whose appearance is white so that calcium hydroxide was added to increase the acceptance characteristics. Ten different formulations were made, of which only three were selected, which complied with the sensorial acceptance characteristics of the area; With the mass obtained from the three formulations selected (0.05, 0.25 and 0.5%), tortillas were prepared, which were compared with tortillas elaborated with a traditional nixtamalización.

The set of tortillas were subjected to three different variables; The factors were: formulation (% of lime and type of nixtamalization), time (days) and type of storage (room temperature or refrigeration). In order to observe the behavior of the tortillas, different physicochemical determinations were made, such as color, pH and humidity; Also a sensorial test was carried out to be able to establish until the day the tortillas were accepted by the public depending on sample.

Of the three formulations selected, formulation 2 had a higher pH and was similar to the traditional one; the formulation 1 was the one that had lower pH, that repercussion in that it was more prone to the development of microorganisms; The humidity of the samples depended on the days and the treatment. The samples had higher brightness at room temperature than in refrigeration, because this method of preservation parched tortillas and reduced the characteristic brightness in tortillas

The formulation that is most likely to survive at room temperature and refrigeration is formulation 2, followed by the traditional formulation. Therefore the effect of the addition of calcium hydroxide in the dough increases the useful life and resembles the behavior of the traditionally made tortilla.

4 INTRODUCCIÓN

Maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.) son los cereales más importantes del mundo, entre los cuales el maíz constituye la base de la alimentación para la mayor parte de los países en desarrollo. El maíz pertenece a la especie *Zea* de la familia de las gramíneas, y es una planta anual dotada de un amplio sistema radicular fibroso (FAO, 1993).

Las pruebas arqueológicas indican que el maíz existió en América en forma silvestre hace 8,000 años. Dos mil años después este cereal desempeñaba un papel vital en el desarrollo de las grandes civilizaciones que se establecieron en Mesoamérica, particularmente la nahua y la maya; en primer lugar, por la decisión de utilizar la cal para cocer el grano, lo cual incrementa el aporte nutritivo del maíz en su alimentación; en segundo lugar, por la importancia de este cultivo en términos de las calorías aportadas a la dieta (Paredes-López, 2006).

La tortilla ha sido el principal alimento en la dieta del pueblo mexicano y base de su supervivencia y desarrollo desde hace más de 3,500 años, en la actualidad su consumo per cápita es de aproximadamente 120kg (Paredes-López, 1983). Por ello, la industria de la tortilla es una de las más importantes dentro de nuestro país.; generalmente las tortillas se consumen en el mismo día en que se producen, ya que su contenido de humedad es muy elevado y por lo tanto es un alimento altamente perecedero, para evitar este inconveniente se ha buscado la manera de prolongar la vida útil de la misma adicionando una mezcla de conservadores y aditivos.

La refrigeración es la mejor manera de conservar las tortillas. Sin embargo, ésta no ha sido una práctica exitosa debido a que los consumidores las prefieren frescas (Téllez-Girón *et al.*, 1988). Por ello, los fabricantes requieren métodos alternativos a fin de prevenir daños bacteriológicos. El medio más económico para incrementar la vida útil de la tortilla es su mantenimiento en un pH alcalino (>9).

Por tal motivo en el Colegio de Postgraduados se decidió implementar una alternativa para extender la vida útil de las tortillas adicionando hidróxido de calcio aplicándola a la masa obtenida de la Nixtamalización Libre de Partículas Insolubles (NLPI) ya que la adición del hidróxido sirve de dos formas, la primera es para acondicionar la masa para que tenga características organolépticas aceptables para el consumidor final y la segunda es que como el hidróxido es una sustancia alcalina lo que provoca es que mantiene un pH alcalino en el producto final el cual retarda el desarrollo de hongos y levaduras.

5 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

5.1 Colegio de Postgraduados.

5.1.1 Historia.

El Colegio de Postgraduados se fundó en 1959, como parte de la entonces Escuela Nacional de Agricultura (hoy Universidad Autónoma Chapingo), es una institución educativa mexicana dedicada a la educación, investigación y vinculación en ciencias agrícolas.

En sus cincuenta años de existencia el Colegio de Postgraduados ha atravesado por diferentes etapas que se pueden resumir de la siguiente manera:

5.1.2 Fundación y desarrollo inicial.

Este periodo inicio en 1959 y comprendió los primeros cinco años de vida institucional con cuatro centros disciplinarios: genética, suelos, entomología y fitopatología. Dichos centros tuvieron el propósito de formar profesionales para el programa nacional de incremento de la producción de alimentos en zonas de ambiente favorable basado en los conceptos que posteriormente dieron lugar a la revolución verde.

5.1.3 Crecimiento disciplinario.

Esta etapa fue de 1964-1978, se fundaron cinco nuevos centros: Botánica, Economía, Estadística y Cálculo, Riego y Drenaje, y Divulgación. Es en este periodo en el que se funda el primer centro regional en Puebla y se establecen dos programas: Fruticultura y Ganadería. En esta fase las actividades en el Colegio de postgraduados tuvieron más amplio reconocimiento y apoyo de la Secretaría de Agricultura

5.1.4 Identidad y descentralización.

Esta etapa abarcó de 1979 a 1989, inicio con la transformación del Colegio de Postgraduados en organismo público descentralizado, cambio que implicó la separación de

la Universidad Autónoma de Chapingo y por tanto la creación de una identidad propia a partir de su nueva sede Montecillo, Estado de México. El cambio de forma jurídica estuvo asociado con un crecimiento institucional, a través de la creación de los centros regionales que siguieron en Puebla en 1976; Veracruz en 1979, San Luis Potosí en 1980; y Tabasco en 1986. Los programas de Fruticultura y Ganadería se constituyeron en centros disciplinarios y los de Suelos, Riego y Drenaje, Divulgación y Entomología se transformaron respectivamente en los programas de Edafología, Hidrociencias, Desarrollo rural, y Entomología y Acarología. En esta etapa se estableció el primer programa interdisciplinario, el Programa Forestal y, posteriormente en orden cronológico se crean los programas interdisciplinarios de Agrometeorología Fisiología Vegetal y semillas.

El decreto de creación de 1979 confirió al Colegio de Postgraduados el mandato de “impartir enseñanza de postgrado, realizar investigaciones, prestar servicios y asistencia técnica en materia agropecuaria y forestal”. En este sentido, el Colegio de Postgraduados enseña a investigar para enseñar en un contexto de vinculación integral con su entorno bajo un sistema de Campus localizados en Campeche, Campeche; Montecillo, Estado de México; Puebla, Puebla; San Luis Potosí, San Luis Potosí; Córdoba, Veracruz; Cárdenas, Tabasco, y Tepetates, Veracruz.

5.1.5 Continuidad del fortalecimiento interdisciplinario.

Durante el periodo de 1989 a 1998, la crisis del país y la disminución de la contribución del sector al Producto Interno Bruto nacional, se tradujo en un menor presupuesto federal asignado al Colegio de Postgraduados.

Tanto el deterioro ecológico, como la situación económica y social de la agricultura del país, hicieron más evidente la necesidad de adoptar una organización interdisciplinaria en el Colegio de Postgraduados. Por indicaciones de Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en 1994 se reestructuró el Colegio en cuatro institutos con el objetivo de promover el trabajo interdisciplinario. Se impulsó la idea del titulación a los centros

regionales con la finalidad de apoyar su desarrollo hacia unidades académicas independientes.

5.1.6 Conversión a Centro Público de Investigación y reestructuración.

En agosto de 2001 el Colegio de Postgraduados fue reconocido como Centro Público de Investigación por la SAGARPA y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Desde 2002 ha suscrito un Convenio de Desempeño con la Administración Pública Federal con metas multianuales relacionadas con sus actividades sustantivas, mismas que son calificadas por un Comité de Evaluación Externa.

Con la finalidad de hacer del Colegio de Postgraduados una institución más pertinente, acorde con los cambios sociales actuales, en 2005 se aprobó una Reestructuración Integral para la Modernización de la Institución, que contempla el establecimiento del Plan Rector Institucional, el cual está conformado por el Plan Rector de Investigación, el Plan Rector de Educación y el Plan Rector de Vinculación, con la finalidad de cumplir con la misión, la visión y los objetivos estratégicos institucionales.

Actualmente el Colegio cuenta con una planta de 616 académicos, que incluye tanto a profesores como a investigadores, siete campus distribuidos estratégicamente en las diferentes áreas climáticas del país, y una infraestructura que le ha permitido consolidar uno de los grupos científicos y tecnológicos más sólidos en materia agroalimentaria en México, gracias a la visión que tuvo para iniciar y dar continuidad a un programa institucional de superación académica. En específico, el Subprograma de Formación de Profesores Investigadores (SFPI) ha tenido un impacto sin precedentes en la actualización del personal académico institucional, al aumentar el número de profesores formados en las mejores instituciones del país y del extranjero, de aproximadamente 200 en la década de 1990 a una proyección de 450 hacia 2015.

5.2 Colegio de Postgraduados campus Córdoba

5.2.1 Historia

El Campus Córdoba tiene su origen en la donación que hizo el gobierno federal al Colegio de Postgraduados del inmueble y los bienes muebles del ex Centro Nacional de Investigaciones Azucareras (CNIA), perteneciente en ese entonces al Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA).

El traspaso se formalizó el 4 de Noviembre de 1992 con la firma del acta de recepción para incorporar al patrimonio del Colegio de Postgraduados (CP) las instalaciones antes mencionadas. El 15 de Diciembre de 1992 inició la administración del Campus Córdoba (CC) dependiendo de la Secretaría General del Colegio. El 19 de Mayo de 1994 se firmó el acta para la incorporación del CC al Instituto de Fitosanidad en el marco de la reestructuración del Colegio.

El primero de Enero de 1997 por acuerdo del Consejo Técnico, el CC pasa a depender directamente de la Dirección General del CP. El 3 de Marzo de ese mismo año fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el Acuerdo Secretarial por medio del cual se destina al servicio del Colegio este inmueble, pero fue hasta abril del 2008 que se publica en el DOF el paso del dominio pleno de dichas instalaciones al CP.

De 1993 a 1999 el CC se mantuvo en estado de mantenimiento mínimo, incluso recibía el nombre de Campo Córdoba en alusión a que aquí no se realizaban todas las actividades sustantivas del Colegio. Sin embargo, existía un encargado del Campo, un administrador y dos o tres investigadores de tiempo completo.

Fue en 1999 que se empezó a llamarle Campus y se nombró su primer director, Dr. Lauro Bucio Alanís, quien tuvo la encomienda de desarrollar talento humano y actividades académicas que respondieran a las necesidades agropecuarias de su zona de influencia. Inicialmente en CC se orientó al desarrollo de proyectos productivos de impacto a corto plazo.

En ese tiempo se diagnosticó que la agroindustria debía ser el eje sobre el que se desarrollaran las actividades sustantivas del Campus. Fue así que se facilitó la incorporación de maestros en ciencias con formación de Ingenieros Agroindustriales y áreas afines. Entre el año 2000 y el 2006 salieron a estudiar el doctorado a universidades del extranjero 15 académicos del Campus, de los cuales 11 se han reintegrado. Hoy día el Campus se compone de un grupo multidisciplinario de 25 académicos de tiempo completo, con presencia permanente.

Al principio se trató de desarrollar las principales cadenas productivas de la zona de influencia, es así que se dio impulso a lo que se llamó la cadena productiva del café, la cadena productiva de la caña de azúcar y la cadena productiva ornamentales.

5.2.2 Ubicación

Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. MÉXICO.

5.2.3 Misión

El Colegio de Postgraduados es una institución educativa que genera, difunde y aplica conocimiento para el manejo sustentable de los recursos naturales, la producción de alimentos nutritivos e inoos, y el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

5.2.4 Visión.

El colegio de Postgraduados es una comunidad comprometida con la sociedad que fomenta el desarrollo personal, la creatividad académica y la generación de conocimiento colectivo para trascender al existente a las ideologías y a la estructura disciplinaria. Reafirma los

valores de la sociedad cultivando y enriqueciendo la mente y el espíritu de los individuos. Sus modelos educativos y organizacionales están actualizados y en superación permanente.

5.2.5 Objetivos institucionales

El Colegio de Postgraduados es una institución pública cuyas actividades sustantivas son educación, investigación y vinculación. En función de esas tres actividades y de la necesidad de contar con una administración que permita realizarlas de manera eficaz, se definieron los objetivos estratégicos siguientes:

1. Educar y formar personas creativas, innovadoras y con sentido humanista que atiendan las necesidades agroalimentarias de la sociedad en un contexto de desarrollo sustentable.
2. Realizar investigación generadora de conocimiento pertinente para el manejo sustentable de los recursos naturales y la producción de alimentos nutritivos e inocuos y de otros bienes y servicios.
3. Mejorar la calidad de vida de la sociedad y retroalimentar las actividades académicas a través de la vinculación.
4. Contar con procesos administrativos certificados que apoyen en forma eficaz y eficiente a las actividades sustantivas de la institución.

5.2.6 Política de calidad

Nuestro compromiso es crear y mantener una operación eficaz y eficiente en la vinculación con organizaciones de productores e instituciones, con el enfoque de cadenas productivas, para el café y la caña de azúcar, de manera que permita a nuestra institución generar, difundir y aplicar el conocimiento para el manejo sustentable de los recursos naturales y la producción de alimentos nutritivos e inocuos.

Controlar la operación, cuidando la implantación y actualización de procesos académicos y administrativos certificados que garanticen la satisfacción de nuestros clientes,

manteniendo en mejora continua sus estándares de operación, con apego estricto a la norma ISO 9001:2000.

5.2.7 Objetivos de calidad

1. Satisfacción del cliente
2. Optimización de los procesos administrativos
 - a. Proceso de adquisiciones y contactos
 - b. Proceso de contabilidad y control presupuestal
 - c. Proceso de tesorería
 - d. Proceso de consultoría y servicios
3. Entrar en un proceso de mejora continua
4. Cumplimiento de los estándares de calidad en el servicio.

5.2.8 Política de equidad de género.

La persona que trabajamos en el Colegio de Postgraduados promovemos la calidad de vida de la sociedad a través de la generación de conocimiento para el manejo sustentable de los recursos naturales y la producción de alimentos nutritivos e inocuos. Para lograr esos objetivos nos comprometemos a promover en el COLPOS la igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres, la no discriminación en el acceso al empleo y la prevención del hostigamiento sexual a través de acciones afirmativas y a favor del personal.

Con ello promovemos un ambiente sano y condiciones armoniosas de trabajo que favorezcan la equidad de género.

6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de nixtamalización es un paso intermedio en la fabricación de diversos alimentos (McDonough *et al.* 2001). El principal alimento derivado de la nixtamalización es la tortilla de maíz (Herrera-Corredor *et al.*, 2007) que es un alimento básico de consumo diario en México (Figuroa *et al.*, 1994).

Un inconveniente de la elaboración de las tortillas es que por su elevado contenido de humedad se debe de ingerir prácticamente el mismo día en que se produce, por lo cual se están buscando opciones para alargar la vida útil del producto.

En el área de cereales del Colegio de Postgraduados se modificó el proceso de nixtamalización el cual fue nombrado Nixtamalización Libre de Partículas Insolubles (NLPI), este consta en homogeneizar hidróxido de calcio con agua y posteriormente dejar precipitar las partículas insolubles del hidróxido de calcio y posteriormente utilizar el sobrenadante para nixtamalizar el maíz, el inconveniente de este tipo de nixtamalización es que altera las características fisicoquímicas del maíz nixtamalizado de tal modo que la masa obtenida de esta nixtamalización es más luminosa (blanca) que una masa obtenida por una nixtamalización tradicional.

La concentración de hidróxido de calcio afecta directamente a diversas propiedades de los productos derivados de la nixtamalización. El porcentaje de calcio que se incorpora en los componentes del grano de maíz determinan las características fisicoquímicas y sensoriales de los productos de la nixtamalización por ejemplo, en la masa de maíz y las tortillas (Fernández *et al.* .2001). Por tal motivo a la masa obtenida de la NLPI se les adicionaron diferentes porcentajes de hidróxido de calcio lo cual ayudo a mejorar las características sensoriales de la masa, y con esto se realizaron tortillas las cuales se compararon con tortillas obtenidas de una nixtamalización tradicional, y se sometieron a diferentes factores para poder observar el comportamiento de cada una de las tortillas y determinar qué porcentaje ayuda a prolongar la vida útil de las tortillas.

7 OBJETIVOS

7.1 Objetivo general

Evaluar la vida útil de tortillas derivadas de la NLPI adicionadas con tres concentraciones de hidróxido de calcio a temperatura ambiente y en refrigeración mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales.

7.2 Objetivos específicos

- Selección del material genético (maíz) que se utilizará en la investigación mediante caracterizaciones fisicoquímicas.
- Selección de tres formulaciones de hidróxido de calcio mediante análisis fisicoquímicos en masa de la NLPI.
- Comparar el efecto del tiempo en las características fisicoquímicas de las formulaciones de tortillas y tortillas testigo (nixtamalización tradicional).
- Evaluar la vida útil sensorial de las tortillas mediante un panel entrenado.

8 MARCO TEÓRICO

8.1 Maíz

8.1.1 Origen del maíz

El cultivo del maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta el Canadá y hacia el sur hasta la Argentina. 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. (FAO, 2015).

8.1.2 Tipos de maíz

El maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano, la textura, la composición y la apariencia. Puede ser clasificado en distintos tipos según: a) la constitución del endosperma y del grano; b) el color del grano; c) el ambiente en que es cultivado; d) la madurez, y e) su uso.

Tabla 1 Tipos de maíz más importantes

Tipo de maíz
Amarillo duro
Blanco duro
Blanco dentado
Amarillo dentado
Harinoso y morocho
Reventón, dulce y ceroso

8.1.3 El maíz (*Zea mays* L.)

Botánicamente, el maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso; es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal. Ha sido y continúa siendo parte básica de la alimentación de grandes sectores de la población de varios países de Latinoamérica, principalmente México y Centro América (Brilleb y Bressani, 2001).

8.1.4 Estructura del grano de maíz

El grano de maíz se denomina en botánica cariósipide o cariopsis. Cada grano contiene el revestimiento de la semilla o cubierta seminal así como cuatro estructuras físicas fundamentales del grano (Figura 1): el pericarpio, endospermo, germen y la piloriza o pedicelo (tejido inerte en que se unen en grano y el carozo) (FAO, 2015).

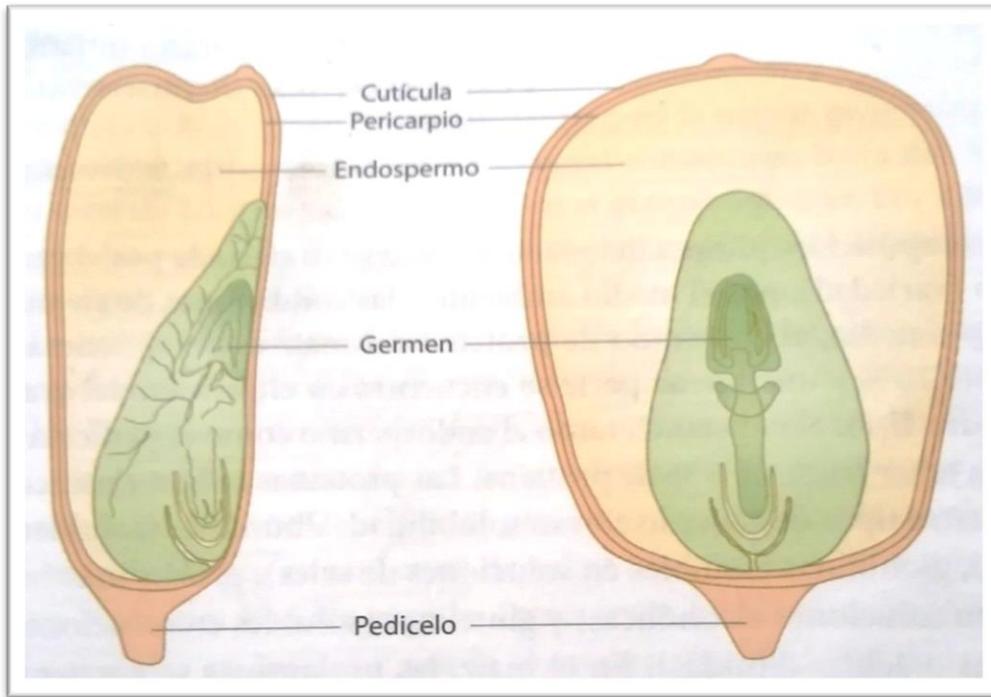


Figura 1 Principales partes estructurales del grano de maíz

8.1.5 Composición química

8.1.5.1 Proteínas

La composición química del grano se ve afectada por la variedad, por el medio ambiente y las condiciones de siembra. En promedio, el contenido de proteína del maíz es de aproximadamente 10% y una buena parte se encuentra en el germen del grano.

Las proteínas se han clasificado en cuatro tipos de acuerdo con su solubilidad: albuminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones de sales), prolaminas (solubles en soluciones alcohólicas) y glutelinas (solubles en soluciones alcalinas o ácidas diluidas)

Tabla 2 Composición química del grano de maíz y sus fracciones.

Composición (%)	Grano completo	Endospermo	Germen	Pericarpio	Pedicelo
Proteína	10.3	9.4	18.8	3.7	9.1
Lípidos	4.8	0.8	34.5	1.0	3.8
Azúcares	2.0	0.6	10.8	0.3	1.6
Cenizas	1.4	0.3	10.1	0.8	1.6
Almidón	71.5	86.4	8.2	7.3	5.3

8.1.5.2 Lípidos

El contenido de lípidos del grano de maíz es de alrededor de 5% y está contenido principalmente en el germen del grano, cabe mencionar que el ácido linoleico es uno de los ácidos grasos esenciales en la nutrición humana y forma parte de un grupo de compuestos bioactivos asociados a los lípidos, todos ellos asociados a nutrición y salud, y varios de los cuales se encuentran en niveles variables en el maíz.

8.1.5.3 Vitaminas y minerales

El maíz amarillo principalmente contiene dos vitaminas solubles en grasa, β -caroteno o provitamina y α -tocoferol o vitamina E y la mayoría de las vitaminas solubles en agua.

El 78% de los minerales están contenidos en el germen del grano, el más abundante es el fósforo. El azufre es el cuarto elemento más abundante en el grano, forma parte de los aminoácidos metionina y cisteína.

8.1.5.4 Almidón

El grano maduro presenta en promedio un 72% y prácticamente todo está presente en las células del endospermo. En un maíz normal, el granulo de almidón contiene aproximadamente 27% de amilosa y 73% de amilopectina.

8.2 Nixtamalización

El proceso de nixtamalización del náhuatl nixtli = cenizas, y tamalli = masa se ha transmitido de generación a generación en Mesoamérica. En México todavía se utiliza esta técnica como en los tiempos de los aztecas; el maíz nixtamalizado era molido en un metate para producir masa que era utilizada para formar discos que luego eran cocidos en comal de barro. El producto resultante era llamado tlaxcalli por los aztecas y posteriormente fue nombrado tortillas por los españoles.

En la actualidad, el proceso tradicional de la nixtamalización se inicia con la adición de dos partes de una solución de cal al 1% aproximadamente a una parte de maíz. Esta preparación se cuece por 50-90 min. Enseguida el maíz se deja remojando en el agua de cocción por 14-18 hrs. Posterior al remojo, el agua de cocción, conocida como nejayote, se

desecha y el maíz se lava dos o tres veces con agua sin retirar el pericarpio ni el germen del maíz.

El producto resultante de la cocción es llamado maíz nixtamalizado o nixtamal, que llega a tener hasta un 45% de humedad. El nixtamal posteriormente es molido para producir una pasta conocida como masa. Para el proceso de molienda es importante destacar que se requiere de la adición de agua por lo cual la masa llega a tener hasta un 55% de humedad.

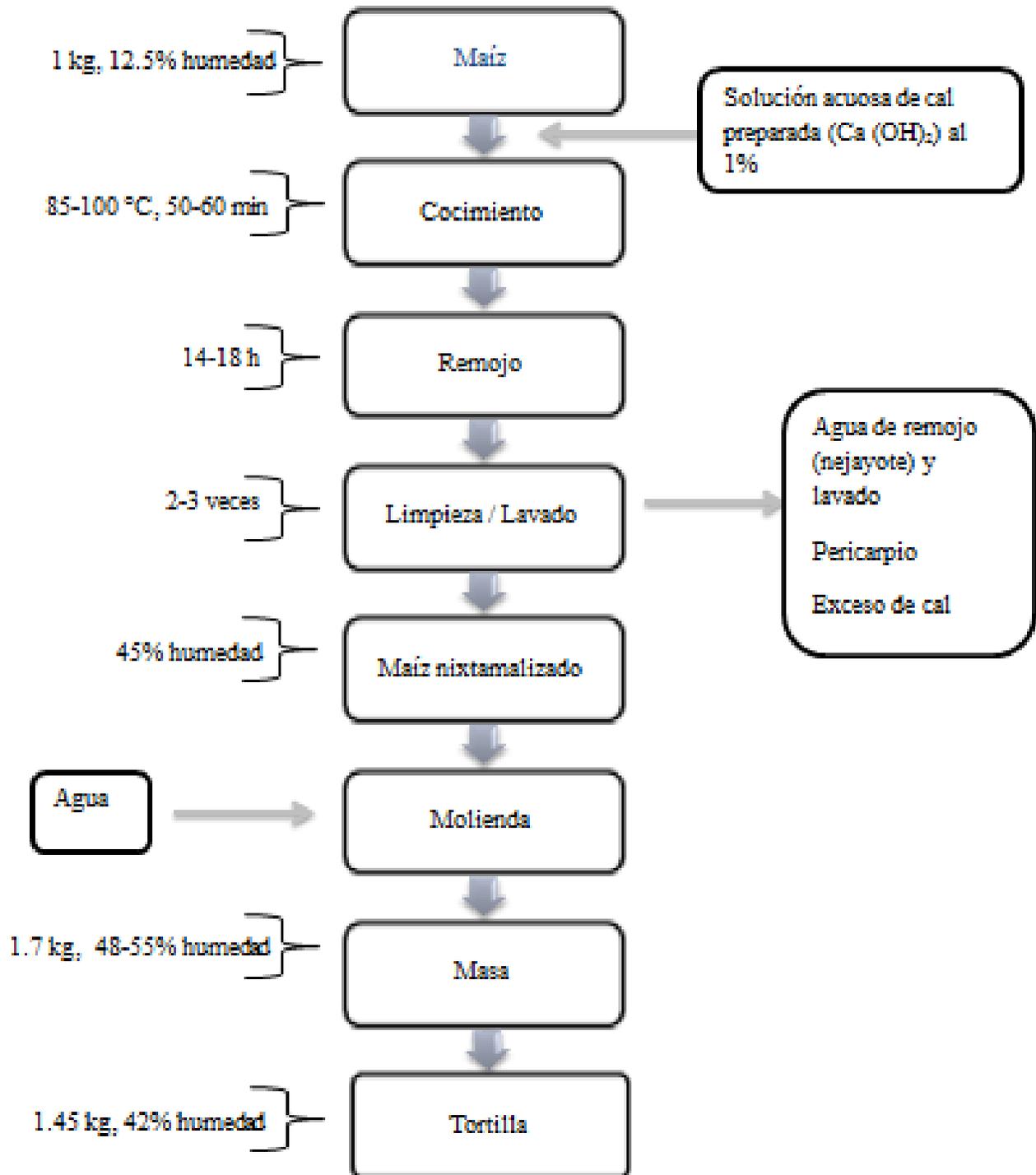


Figura 2 Proceso típico de nixtamalización para producir tortillas

8.3 Tortilla

La tortilla de maíz es el símbolo más antiguo de la cultura culinaria de nuestro país. Sin importar la clase social a que se pertenezca, la tortilla se consume a diario por el 94 por ciento de los mexicanos, acompañando los platillos típicos de nuestra gastronomía.

La tortilla se produce con la masa de maíz nixtamalizado es un disco de aproximadamente de 20 cm de diámetro se cuece permitiendo que un lado de la tortilla este en contacto con el calor por 30-45 seg, se voltea para cocer el otro lado por 1 minuto y otra vez el lado inicial por 30 seg para completar la cocción.

8.4 Vida de anaquel de harinas nixtamalizado y tortilla.

Se han buscado estrategias para incrementar la vida de anaquel de masa y tortilla bajo condiciones normales de almacén. Un método para preservar la masa es la producción de harinas. Esta técnica fue desarrollada en México y posteriormente se extendió a otras partes gracias a la demanda de alimentos mexicanos.

Actualmente en México se procesan más de 200,000 toneladas de harina nixtamalizada por mes lo que representa un consumo anual de 2 millones 400 mil toneladas. El éxito de estas harinas se debe también al hecho de que este producto es de fácil uso. En general, 1 kg de maíz llega a producir 900-950 gr de harinas.

La harina comercial es una mezcla de fracciones finas y gruesas mezcladas en proporciones cuidadosamente calculadas con el fin de ser utilizadas para productos específicos (tortillas, tamales, etc.). La distribución del tamaño de partícula es uno de los criterios de calidad más importantes; otros de los factores relevantes son: capacidad de retención de agua (CRA), pH, color y tamaño de la partícula de almidón.

Con relación a la vida de anaquel en las harinas, esta llega a ser de varios meses cuando se empaca apropiadamente. Cuando la harina presenta una humedad de 10-12% es muy

estable a la contaminación por microorganismos. Por el contrario si la humedad es mayor a 12% es fácilmente atacada por hongos. Con el fin de resolver estos y otros problemas se ha demostrado que algunos aditivos son eficientes para retardar algunas características indeseables.

Con respecto a la vida de anaquel de la tortilla, ésta es altamente susceptible al ataque de hongos que provocan su rápido deterioro. La mayoría de los problemas con los microorganismos es el resultado de contaminaciones posteriores causadas por la falta de higiene o el enfriado inapropiado de las tortillas. Por ello las tortillas se deben de enfriar bajo las condiciones más asépticas posibles por 3-5 minutos. Un enfriado inapropiado además provoca que las tortillas tiendan a pegarse entre sí debido a la retrogradación del almidón y a la acumulación de humedad en el envase.

Los primeros estudios sobre la incorporación de conservadores para aumentar la vida útil de las tortillas de maíz fueron desarrollados por Rubio (1972a, 1972b, 1973, 1974a, 1974b, 1975), quien utilizó una gran variedad de sustancias: epiclorohidrina, ácido policarboxílico y sus anhídridos, geles hidrofílicos inorgánicos, ésteres de ácidos parahidroxibenzoicos y ácidos ascórbicos y sus sales, y ácidos acético y propiónico. Sin embargo, las fórmulas utilizadas excedieron los límites autorizados por la U.S. Food and Drug Administration (FDA).

Luke y Andres (1981) aplicaron una solución de sorbato de potasio a la superficie de tortillas cocidas de maíz, extendiendo su vida útil a 45 días en refrigeración. Islam *et al.*, (1984) observaron que la mayor vida útil se obtenía al agregar 0.4% de propionato de calcio (4.7 días) y 0.4% de dimetil fumarato (10.6 días). No obstante, el dimetil de fumarato no está autorizado por la FDA como aditivo alimenticio. Téllez-Girón *et al.* (1988)

Otro método que se ha utilizado para alargar la vida de anaquel de las tortillas es el incrementar el pH hasta 9.0 con la adición de mayores cantidades de cal. Sin embargo, esta operación afecta negativamente la apariencia, el color y aroma de la tortilla.

Otra estrategia que se ha llevado a cabo para la prolongación de la tortilla ha sido la adición de gomas, como carboximetilcelulosa. Este tipo de productos mejora y mantiene las propiedades funcionales de la tortilla en vista de que retiene una gran cantidad de apreciable humedad en proporción a su peso. Retarda cambios en sus componentes, mejora la textura, elimina aspecto pegajoso en las tortillas empacadas y aumenta el rendimiento.

8.5 Hidróxido de calcio

El hidróxido de calcio, también conocido como cal muerta y/o cal apagada, es un hidróxido cáustico con la fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Es un cristal incoloro o polvo blanco, obtenido al reaccionar óxido de calcio con agua. Puede también precipitarse mezclando una solución de cloruro de calcio con una de hidróxido de sodio. Es un estabilizante sintético y corrector de la acidez

Por su carácter de base poderosa, tiene usos variados como:

En el proceso para la neutralización de ácido sobrante, remineralización de agua desalada, en la industria alimenticia para el procesamiento de agua para bebidas alcohólicas y carbonatadas, para librar una salmuera de carbonatos de calcio y magnesio en la manufactura de sal para comida y farmacopea y como componente para la nixtamalización del maíz para producir tortillas.

9 METODOLOGÍA

Se colectaron 4 Kg de maíz de 4 diferentes marcas comerciales de maíz que están en venta en distintos puntos del mercado “Revolución” de Córdoba Veracruz. Para preservar el maíz se almaceno en bolsas de cierre hermético de 5 Kg. Para la caracterización, cada muestra se homogenizó aplicando la técnica del cuarteo manual.

9.1 Caracterización del maíz

9.1.1 Impurezas y Granos Quebrados

Para determinar el porcentaje de impurezas y granos quebrados se siguió la metodología descrita en la NMX-FF-034/1-SCFI-2002; se pesaron 1000 gramos de maíz en una balanza granataria digital Ohaus. Los granos de maíz se colocaron en cribas y se zarandearon con movimientos oscilatorios circulares durante 5 minutos. Se separó manualmente el material que no atravesó la criba de 4.66 mm de diámetro integrándola a la charola del fondo.

Para la determinación de granos quebrados, se tomaron las partículas de granos retenidos en las cribas excepto la charola del fondo y la de 4.66 mm.

Para la determinación de impurezas se cuantifico toda la materia extraña que paso por la criba 4.66 mm incluyendo la charola del fondo. Se realizaron tres repeticiones y los resultados de las pruebas fueron expresados de la siguiente manera:

$$\% \text{ Granos quebrados} = \frac{\text{masa de granos quebrados (g)}}{1000 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ Impurezas} = \left[\frac{\text{Masa de granos quebrados (g)} + \text{Masa de las impurezas (g)}}{1000g} \right] \times 100$$

9.1.2 Humedad

Se realizó conforme al método descrito en la NMX-F-083-1986 y el método 44-15.02 de la AACC (2000). Esta determinación se realizó por triplicado y proceso fue el siguiente: se pesaron 2 g de maíz molido en una charola de aluminio previamente tarada y posteriormente se colocaron en una estufa a 100° C durante 2 horas. Transcurrido este tiempo se transfirió la charola con maíz seco a un desecador dejándola enfriar a temperatura ambiente hasta peso constante y se calculó el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = [(P - P1) / P2] * 100$$

Dónde:

P = Peso del recipiente con la muestra húmeda en g

P1 = Peso del recipiente con la muestra seca en g

P2 = Peso de la muestra en g

9.1.3 Peso Hectolítrico

Para realizar este análisis se modificó la técnica 55-10 AACC (1983). Para esta determinación, se pesó una probeta vacía de 1000 ml (P1) en una balanza granataria digital Ohaus®, posteriormente se adiciono grano de maíz hasta alcanzar un volumen de 1000 ml y se pesó (P2). Se realizaron tres repeticiones y para obtener el peso hectolítrico utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso hectolítrico (Kg/hL)} = [(P2 - P1) * (0.001) 0.01]$$

Dónde:

P1= Peso de la probeta vacía ml en g

P2= Peso de la probeta con maíz en g

0.001= Factor de conversión de g a Kg

0.01= Factor de conversión de L a hL

9.1.4 Dureza de grano (Índice de flotación)

Se realizó en base a la metodología descrita en la NMX-FF-034/1-SCFI-2002 en conjunto con el método de Wichser (1961). Se preparó una solución NaNO₃ al 41.6%, pesando 178 gramos de nitrato de sodio Fermont® disolviendo en 250 ml de agua destilada. La densidad de la solución se ajustó a 1.250 g/ml, se verificó con un densímetro (1.000 a 2.000 g/cm³). Se controló la temperatura en una plancha a 22°C- 23°C y se transfirió la solución a un vaso de precipitado de 500 ml. De los granos libres de impurezas se tomaron 100 granos y se vertieron en el NaNO₃ posteriormente se agitaron por espacio de un minuto; y dependiendo el número de granos que ascendieron a la superficie se cotejo con la tabla de la norma y se clasifico la dureza del grano. Se realizaron tres repeticiones

9.1.5 Densidad absoluta

Para esta determinación se utilizó el método descrito por Kniep y Mason (1989). Se pesó una probeta vacía de 250 ml (Pv) en una balanza granataria digital Ohaus® y posteriormente se le agrego maíz hasta medir un volumen de 230 ml (Pm), se registró el peso y se agregó etanol absoluto Fermont® (hasta la marca de 250 ml (Pma), nuevamente

se registró el peso. Para la determinación se realizaron tres replicas y para calcular la densidad absoluta se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Dens} = (Pm - Pv) 250 - [(Pma - Pm) 0.7862]$$

Dónde:

Dens= Densidad del maíz

Pm= Peso de la probeta con maíz

Pv= Peso de la probeta vacía

Pma= Peso de la probeta más maíz y etanol

0.7862= Densidad del etanol

9.1.6 Peso de 1000 granos

Se seleccionaron 100 granos de maíz al azar y se pesaron en una balanza granataria digital Ohaus® con capacidad de 2000 gramos y precisión de 0.1 gramos. Para la determinación se realizaron tres replicas y se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Peso de mil granos} = [(Peso de 100 granos en gramos) * (10)]$$

9.1.7 Dimensiones del grano

Se midieron las dimensiones físicas (largo, ancho y grosor) a 20 de los 100 granos utilizados en la determinación anterior con un calibrador milimétrico estándar (Vernier digital, Truper®).

9.1.8 Área de pericarpio

Se eligieron 5 granos de la determinación de absorción de agua y se sumergieron en 50 ml de agua por 3 minutos, con la finalidad de ablandar el pericarpio, posteriormente los granos se secaron con una centrifuga manual. Se realizaron pequeñas incisiones verticales en el grano con un bisturí y posteriormente se retiró el pericarpio con unas pinzas de acero inoxidable. Los pericarpios resultantes fueron pegados en una hoja blanca y se les colocó encima un vidrio de 30 x 30 cm para ejercer presión y mantener el pericarpio extendido. Se dejó reposar por 24 horas y transcurrido el tiempo se pintó el pericarpio con un plumón permanente negro.

Para generar una imagen digital del pericarpio se utilizó un escáner EPSON, en la figura 3 se muestra como se modificó la imagen en escala blanco/negro, el formato de imagen fue JPEG con una resolución de 300 DPI (puntos por pulgada, por sus siglas en inglés: Dots Per Inch).

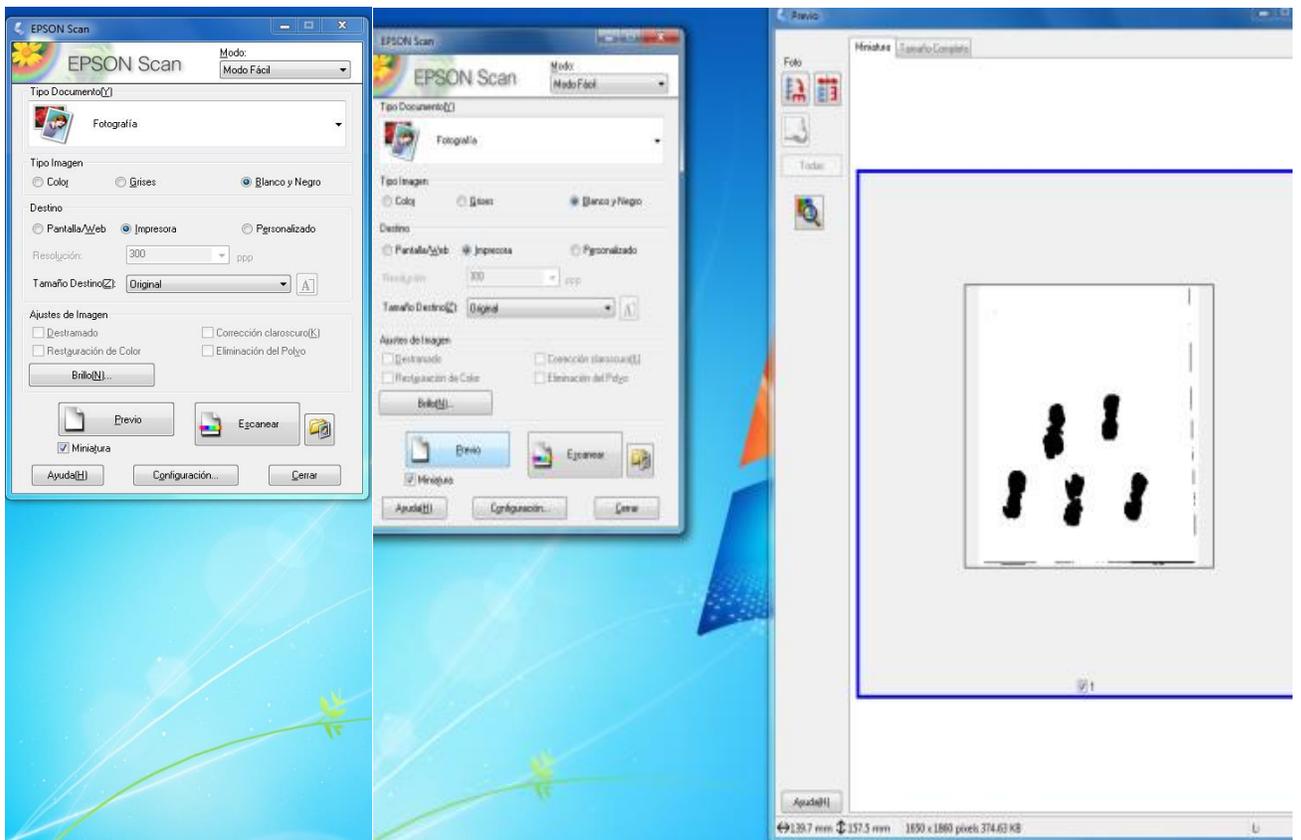


Figura 3 Modificación de la imagen digital en formato JPEG

Para poder hacer la cuenta de píxeles en el programa paint se recortó cada una de las imágenes digitalizadas de los pericarpios y se fueron guardando cada una de ellas bajo el siguiente nombre: Muestra y dependiendo del número de réplica se ponía 1, 2 o 3 seguido de un punto y el número del pericarpio, estos iban del 1 al 5 por ejemplo: Muestra 2.4.

Lo anterior mencionado se puede apreciar en la figura 4.

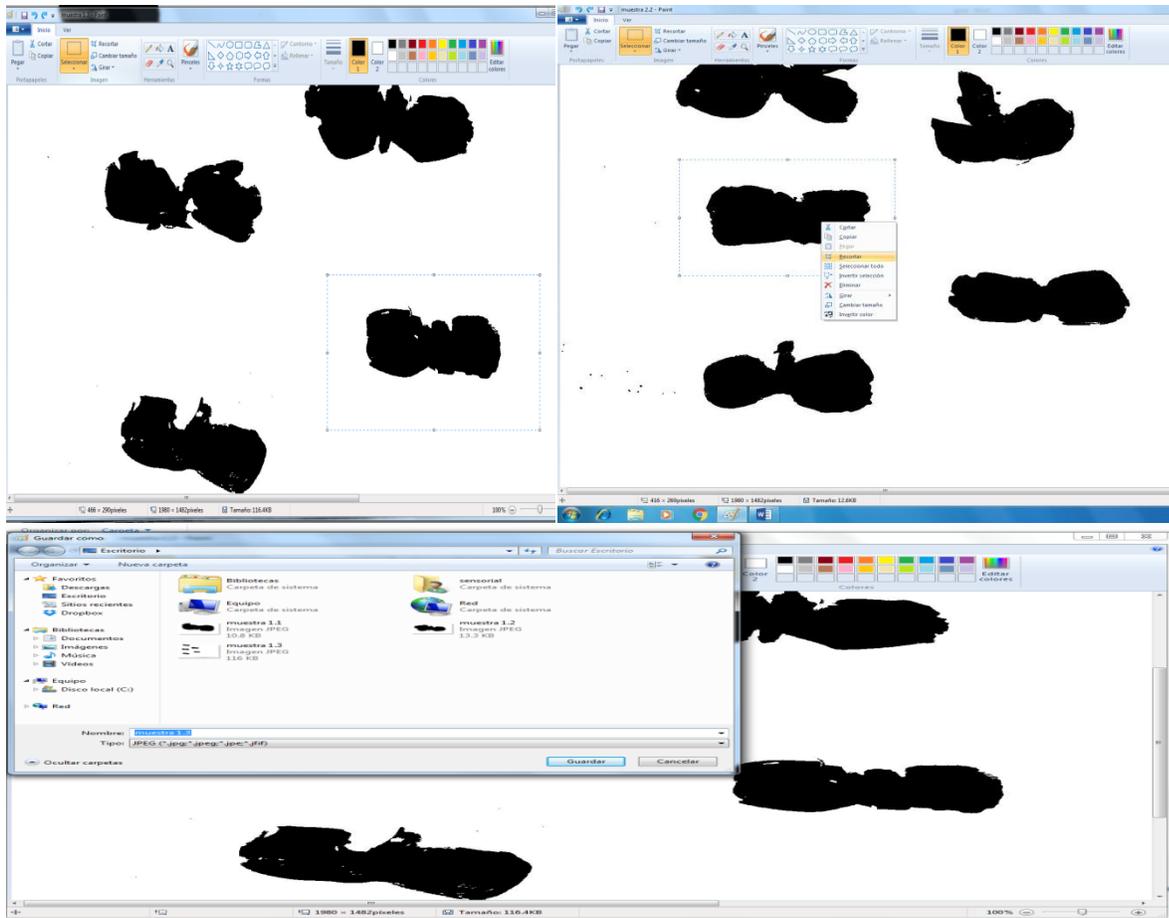


Figura 4 Recorte de la imagen digitalizada.

Para realizar el conteo de píxeles se utilizó la ventana “Histograma” del programa GIMP Ver.2.8 seleccionando únicamente la escala de negro para obtener la cuenta de los píxeles que refieren al pericarpio.

Para iniciar con la cuenta de píxeles se abrió el programa y se abrió la pestaña de archivo, se seleccionó la opción de abrir; posteriormente se seleccionó la imagen de uno de los pericarpios (Figura 5)

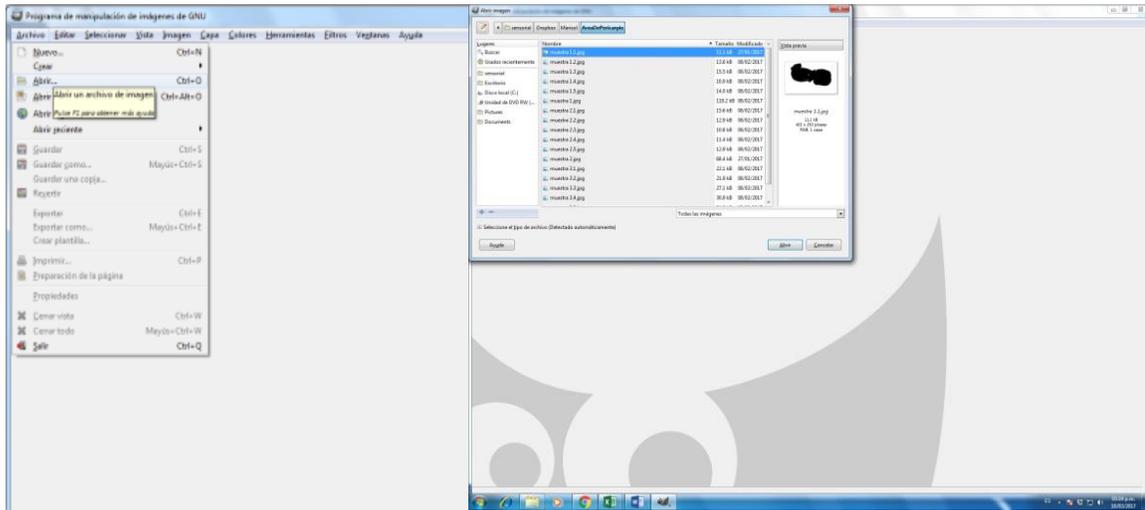


Figura 5 Selección de imagen para la cuenta de pixeles.

Con la imagen seleccionada se abrió la pestaña ventanas y se seleccionó la opción de “diálogos empotrables” y de la barra de opciones se seleccionó la opción de histograma (Figura 6)

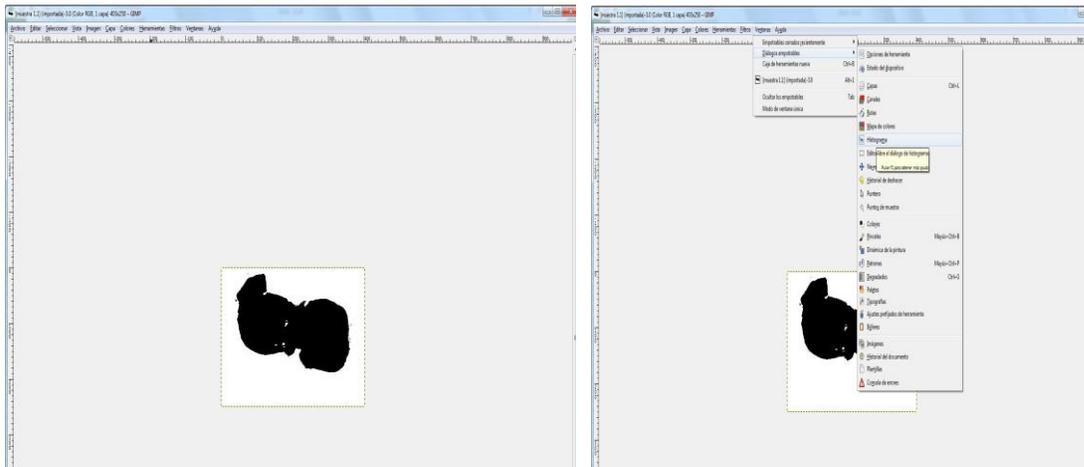


Figura 6 Selección de la herramienta histograma.

Teniendo abierto el histograma se seleccionó solo el color negro con la barra que aparece en la parte de abajo del histograma, esto para que nos indique el número de pixeles con los que cuenta la imagen (figura 7).

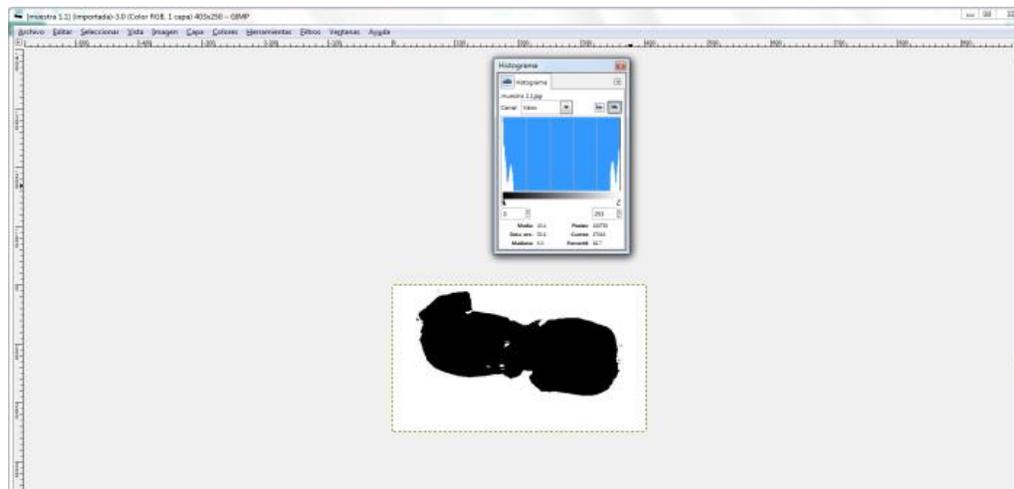


Figura 7 Selección para la cuenta de pixeles

Se repitió el mismo procedimiento para cada una de la imágenes digitalizadas y se guardaron los resultados en una hoja de cálculo para que posteriormente se realizara la ecuación para obtener el are de pericarpio

Para esta determinación se realizaron tres replicas y para obtener el área se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Área de pericarpio}(cm) = \left(\frac{(\text{Cuenta pixeles})(\text{Pulgada}^2)}{\text{Resolución}(\text{pixeles})} \right) 6.4516$$

Dónde:

Cuenta= Es la cuenta de puntos que se obtiene del histograma en píxeles

Resolución= Es el producto del largo por el ancho de la imagen en pixeles (300x 300=1 pulgada²)

6.4516= Factor de conversión de pulgada² a cm²

9.2 Preparación de masas y tortillas (nixtamalización)

9.2.1 Nixtamalización tradicional

Se midieron 6 litros de agua con probeta de plástico grado alimentario y se le adicionaron 20 gr de cal se agitó durante 30 min con el fin de homogeneizar la solución y esta se elevó hasta los 90 °C posterior a esto se le adicionaron 2 kg de maíz y se dejó cocer el maíz por 30 min (tiempo determinado por el índice de flotación) a la misma temperatura; transcurrido el tiempo se retiró del fuego y se dejó reposar por 18 hrs.

Transcurrido el tiempo de reposo se coló el maíz para eliminar el agua de cocción (nejayote) y el maíz se llevó a un molino de piedra para poder molerlo y obtener la masa, esto fue realizado por un ama de casa experta en esta actividad.

9.2.2 Nixtamalización modificada

Para realizar la nixtamalización modificada se midieron 9.9 litros de agua purificada y se le adicionaron 100 g de cal, esto se agitó por un lapso de 30 min y se dejó sedimentar por 18 horas, transcurrido este tiempo se decantó el sobrenadante de la solución; del sobrenadante rescatado se colocaron 6 litros, esto se llevó a una olla y se elevó la temperatura hasta llegar a los 90° C y se le agregó 2 kg de maíz y se dejó en cocción por 30 min (tiempo determinado por el índice de flotación), manteniendo la temperatura a los 90°C.

Se dejó reposar durante 18 horas después de esto se retiró el nejayote de las ollas y se llevó el maíz nixtamalizado a un molino de piedra para poder molerlo y poder obtener la masa para reconstitución de la misma.

Cabe mencionar que cada nixtamalización se realizó por triplicado.

9.2.3 Formulaciones de Masa

Con la masa obtenida de la nixtamalización modificada se prepararon diez formulaciones de masa.

Las formulaciones se hicieron en base a 100 g, a las cuales se les adicionó diferentes concentraciones de hidróxido de calcio; las concentraciones se muestran en el cuadro

Tabla 3 Formulaciones de masa reconstituida.

Formulación	Masa (%)	Cal (%)
1	99.999	0.001
2	99.995	0.005
3	99.975	0.025
4	99.99	0.01
5	99.95	0.05
6	99.75	0.25
7	99.9	0.1
8	99.5	0.5
9	99	1
10	90	10

Estas se examinaron realizándoles análisis como pH y color y para poder distinguir las tres masas recomendables para realizar la siguiente etapa del experimento.

9.3 CARACTERIZACIÓN DE MASA Y TORTILLAS

9.3.1 Color

La determinación de color se realizó con un colorímetro portátil, utilizando escala Cielab. Las muestras se colocaron en una caja Petri de vidrio cubierta con una película transparente plástica auto adherente. El colorímetro se calibró con una placa blanca de porcelana (L^* , a^* y b^*) y se colocó sobre las diferentes muestras por triplicado.

En la escala Cielab L^* representa la luminosidad de 0 a 100 (0 corresponde a negro y 100 a blanco), a^* representa la variación de verde (-) a rojo (+) y b^* la variación de azul (-) a amarillo (+). Se realizaron tres repeticiones por masa.

9.3.2 pH

Se realizó una dilución 1:100 para lo cual se pesó 1g de masa y se molió con 99ml de agua destilada en una licuadora (Oster), a continuación se filtró la dilución y se traspasó a un matraz Erlenmeyer de 250 ml posteriormente se introdujo el electrodo del potenciómetro Thermo SCIENTIFIC ® y se midió el pH. El potenciómetro fue calibrado previamente.

La determinación se realizó por triplicado.

9.3.3 Humedad

Se realizó con el método descrito en la NMX-F-083-1986 y el método 44-15.02 de la AACC (2000). Se pesaron 20 g de masa en una charola de aluminio previamente tarada y a peso constante, posteriormente se colocaron en una estufa (Felisa®, Mod.FE-242A) a 100° C durante 2 horas. Después de ese lapso se transfirió la charola con masa seca a un

dsecador dejándola enfriar a temperatura ambiente hasta peso constante. Se realizaron tres repeticiones y se calculó el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = [(P - P1) / P2] * 100$$

Dónde:

P = Peso del recipiente con la muestra húmeda en g

P1 = Peso del recipiente con la muestra seca en g

P2 = Peso de la muestra en g

9.3.4 Cenizas

Para esta determinación se tomó como base la metodología de la NMX-F-066-S-1978. En un crisol a masa constante, se pesaron 5 g de masa seca; esto se llevó a una parrilla y se quemó lentamente el material hasta que ya no desprenda humos (carbonizar), posteriormente se colocaron en una mufla a 550° C durante 5 horas. Después de ese lapso se transfirió el crisol con las cenizas a un desecador dejándola enfriar a temperatura ambiente hasta peso constante. Se realizaron tres repeticiones y se calculó el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p)}{M} * 100$$

Dónde:

P= peso del crisol con las cenizas (g)

P= masa del crisol vacío (g)

M= masa de la muestra (g)

9.4 EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL SENSORIAL EN TORTILLAS DE MAÍZ.

9.4.1 Almacenamiento De Muestras

Cada paquete estuvo formado de la siguiente manera, en una bolsa hermética se introdujo un total de ocho tortillas; 2 tortillas de la formulación 1 (F1), 2 tortillas de la formulación 2 (F2), 2 tortillas de la formulación 3 (F3) y 2 tortillas de nixtamalización tradicional (T), cada una de las tortillas a su vez estaba en una bolsa individual hermética, esto con el fin de evaluar el comportamiento de cada una de ellas; 12 paquetes se almacenaron a temperatura ambiente y 24 paquetes en refrigeración.

Todos los días se tomaban 2 bolsas de cada tipo de almacenamiento totalmente al azar y se le realizaron análisis fisicoquímicos y una evaluación sensorial para ver su comportamiento.

9.4.2 pH

Se realizó una dilución 1:100 para lo cual se pesó 1g de tortilla y se molió con 99ml de agua destilada en una licuadora (Oster), y se traspasó a un matraz Erlenmeyer de 250 ml posteriormente se introdujo el electrodo del potenciómetro Thermo SCIENTIFIC ® y se midió el pH. El potenciómetro fue calibrado previamente.

La determinación se realizó por triplicado.

9.4.3 Humedad

Se realizó con el método descrito en la NMX-F-083-1986 y el método 44-15.02 de la AACC (2000). Se pesaron 20 g de masa en una charola de aluminio previamente tarada y a

peso constante, posteriormente se colocaron en una estufa (Felisa®, Mod.FE-242A) a 100°C durante 2 horas. Después de ese lapso se transfirió la charola con masa seca a un desecador dejándola enfriar a temperatura ambiente hasta peso constante. Se realizaron tres repeticiones y se calculó el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(P - P1)}{P2} * 100$$

Dónde:

P = Peso del recipiente con la muestra húmeda en g

P1 = Peso del recipiente con la muestra seca en g

P2 = Peso de la muestra en g

9.4.4 Color

La determinación de color se realizó con un colorímetro portátil, utilizando escala Cielab. La base del colorímetro se cubrió con una película plástica transparente auto adherente para facilitar la lectura. Las tortillas se sacaron de las bolsas individuales y se midió color con el equipo previamente calibrado.

El colorímetro se calibró con una placa blanca de porcelana (L^* , a^* y b^*) y se colocó sobre las diferentes muestras por triplicado.

En la escala Cielab L^* representa la luminosidad de 0 a 100 (0 corresponde a negro y 100 a blanco), a^* representa la variación de verde (-) a rojo (+) y b^* la variación de azul (-) a amarillo (+). Se realizaron tres repeticiones por masa.

9.5 Evaluación sensorial

En el laboratorio de “Análisis sensorial” del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, se llevó a cabo la evaluación de vida útil de las tortillas.

Cada día a cada uno de los panelistas se les entregaron dos evaluaciones y dos paquetes, el primer paquete era a temperatura ambiente y el segundo era a temperatura de refrigeración.

La evaluación estaba formada por dos segmentos, el primero eran datos generales como fecha, nombre y tipo de muestra (ambiente/ refrigeración) y el segundo segmento era una tabla en donde; en el lado izquierdo aparecían codificadas cada una de las ocho muestras de tortilla dependiendo de la formulación de cada una, cabe destacar que el panel no conocía el orden de las muestras.

El resto de la tabla estaba dividida en tres secciones: vista (presencia de hongos y aceptación del color), tacto (pegajosidad y resequedad) y olfato (olor a agrio y/o tierra) y a cada uno de los panelistas se les pidió contestaran en una escala nominal (si/no) a cada una de los cuestionamientos de acuerdo a su criterio.

Posterior a esto cada una de las evaluaciones se capturaba en una hoja de cálculo para que al terminar el estudio (12 días) se pudiera hacer el correspondiente análisis estadístico en donde se pudiera determinar las características que fueron presentando cada una de las muestras con el transcurso de los días

9.6 Análisis estadísticos

El diseño experimental fue un completamente al azar con arreglo factorial. Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05. Las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de Tukey.

Para evaluar las interacciones del estudio fisicoquímico de vida útil. El primer factor fue “muestra” con cuatro niveles (F1, F2, F3, Tradicional), el segundo factor “tratamiento” con dos niveles (Refrigeración y Ambiente) y el tercer factor “días” con 12 niveles (0,1,2,3....12).

Para el análisis de supervivencia se realizaron análisis estadísticos con modelos paramétricos y no paramétricos de supervivencia (Exponencial, Weibull, Gamma, Kaplan Meier y Regresion de Cox).

El software estadístico que se utilizó fue R versión 3.3.2 junto con el ambiente RStudio ver. 1.0.136.

10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1.1 Características del grano de maíz.

En el cuadro 4 se presentan los valores promedio de los cuatro tipos de maíz evaluados y los parámetros determinados.

Tabla 4 Características del grano de maíz.

Muestra	Impurezas (%)	Granos quebrados (%)	Peso Hectolitrico (Kg/hL)	Peso mil granos (g)	Densidad absoluta (g/L)	Índice de flotación (%)	Humedad (%)
Bajío	0.55±0.20a	10.62±0.50b	76.01±1.19a	310.33±2.08b	1.24±0.00a	48.00±5.00b	13.06±0.20b
Contri	0.27±0.10a	18.27±0.06a	77.37±0.86a	2.77.00±2.65c	1.25±0.00a	58.67±6.11a	13.14±0.25b
My cosecha	0.2 ±0.27a	23.13±0.05a	76.83±1.46a	312.33±13.80b	1.26±0.00a	38.00±5.29b	13.59±0.06b
Revolución	0.31±0.07a	8.35±0.53b	78.26±0.38a	356.33±5.13a	1.24±0.02a	53.00±5.00a	15.67±0.24a

Valores promedio ±desviación estándar. Las medias con la misma letra en la misma columna, no tienen diferencia significativa (Tukey al 0.05 de significancia)

Los resultados de la prueba Tukey es que no existe diferencia significativa en la mayoría de las características de los diferentes tipos de maíz a excepción de la humedad, se puede observar que el maíz denominado “Revolución” tuvo mayor contenido de humedad.

Con base en la NMX-FF-034/1-SCFI-2002 se determinó que por el porcentaje de impurezas los cuatro tipos de maíz son categorizados como maíz grado 1. Y por el índice de flotación se clasifican como granos de dureza intermedia lo cual nos dice que su tiempo de nixtamalización es de 30-35 min. La norma específica que el grano de maíz debe de tener una humedad máxima del 14% por tanto el maíz “Revolución” rebasa el límite permisible.

Tabla 5 Dimensiones del grano de maíz.

Muestra	Largo	Ancho	Grosor
Bajío	12.02±1.05	8.63±0.85	4.21±0.40
Contri	10.56±0.89	8.65±0.68	4.34±0.55
My cosecha	12.41±1.22	8.31±0.48	4.36±0.36
Revolución	12.32±1.09	8.06±0.72	4.33±0.68

Valores promedio ±desviación estándar.

El largo tuvo oscilo entre 10.56 y 12.41 mm, el ancho y grosor entre 8.06 y 8.65, 4.21 y 4.36 respectivamente.

Tabla 6 Área de pericarpio.

Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	General
2.55±0.30	2.65±0.26	7.18±0.70	4.14±2.28

Valores promedio ±desviación estándar.

En el cuadro 6 se pueden ver las diferentes áreas de pericarpio, los maíces fueron tomados del maíz seleccionado (Revolución) y se puede apreciar que en la muestra 3 tiene mayor área pero existe más variación entre estas; la muestras 1 y 2 son muy similares y en general las muestras tienen un área de pericarpio de 4.14 lo cual nos dice que en la nixtamalización tendrán gran desprendimiento.

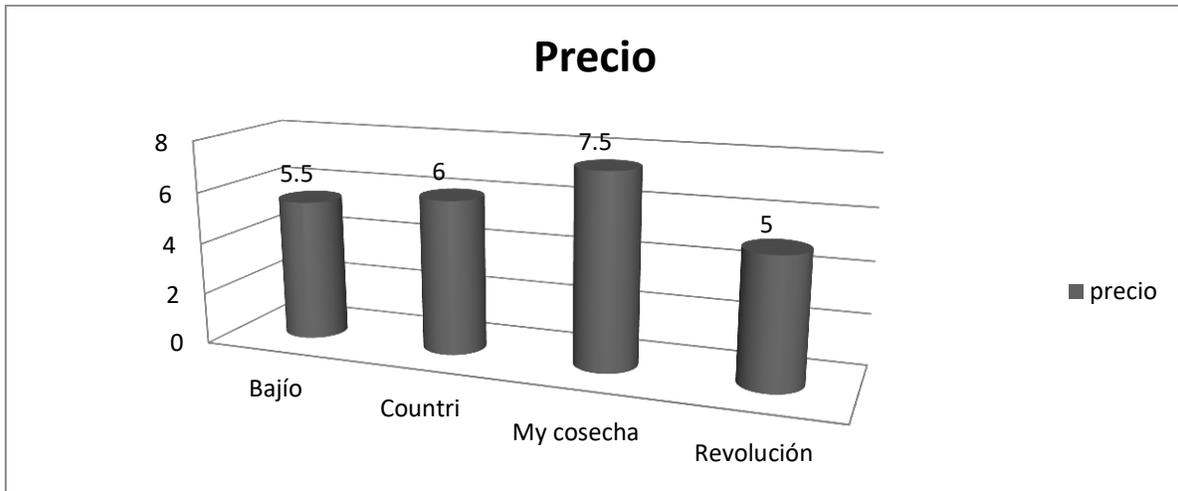


Figura 8 Comparación de los precios del maíz.

En la figura 8 podemos apreciar la variante de los precios de las diferentes muestras lo cual nos muestra que el maíz “revolución” es el más económico lo cual lo hace el más propicio para ser el seleccionado para la siguiente etapa del experimento.

10.1.2 Selección de masas reconstituidas

Considerando que el color de las tortillas es una característica para determinar la aceptación o rechazo del consumidor y que las tortillas más blancas son preferidas por los fabricantes, aunque los consumidores en algunas regiones de México prefieren tortillas ligeramente amarillentas (Herrera-Corredor, et al., 2007)

En la figura 9 se puede apreciar las diferentes coloraciones dependiendo del porcentaje de cal adicionado, sensorialmente las masas seleccionadas fueron la 3, 4, 8 y 10 ya que ópticamente son las masas más amarillentas característica por la cual los consumidores las prefieren.



Figura 9 Formulaciones de masa con diferentes contenidos de hidróxido de calcio.

Para cerciorarse se analizaron cada una de las masas, se realizó prueba de color y pH los resultados se pueden apreciar en el tabla 7.

Tabla 7 Características de masas reconstituidas.

No. de formulación	% cal	pH	color		
			L	a	b
1	0.001	7.26±0.02	78.84±0.59	-0.52±0.16	13.26±0.22
2	0.005	8.59±0.16	75.63±1.29	-0.48±0.08	13.70±0.41
3	0.01	7.39±0.02	76.39±0.87	-0.60±0.09	13.49±0.18
4	0.025	8.26±0.08	74.79±0.87	-0.23±0.25	14.26±0.19
5	0.05	8.93±0.02	74.49±1.23	-0.27±0.08	17.04±0.84
6	0.1	9.77±0.02	70.33±3.04	-0.15±0.14	19.02±1.14
7	0.25	10.75±0.01	72.99±0.67	-0.62±0.30	21.59±0.35
8	0.5	11.35±0.01	72.06±2.00	-0.72±0.25	21.19±0.57
9	1	11.75±0.02	73.97±0.70	-0.67±0.38	22.39±0.62
10	10	12.39±0.02	79.19±1.34	-1.28±0.29	18.93±0.17

Valores promedio ±desviación estándar.

El pH de las formulaciones tuvo una media de 9.35 un pH mínimo de 7.24 y un máximo de 12.44

Las formulaciones de la 5 a las 10 tuvieron un pH que oscila entre 8.93 y 12.39 lo cual los convierten en alimento altamente alcalino, lo cual dificulta la proliferación de hongos y levaduras pero al tener mayor contenido de cal afecta la aceptación ya que su sabor es muy “calado”

Hablando sobre la escala de color la masa más luminosa fue formulación número 1 ya que presenta una luminosidad de 78.84, y la masa menos luminosa es la numero 6 ya que su luminosidad es de 70.33.

La masa con una coloración más amarilla fue la número 9 ya que tuvo el valor más alto en la escala b, las formulaciones que le siguen son las formulaciones 7 y 8.

Como resultado de este análisis las formulaciones seleccionadas para el experimento de vida útil fueron las siguientes:

- ✓ Formulación 1 (F1) 0.05%
- ✓ Formulación 2 (F2) 0.25%
- ✓ Formulación 3 (F3) 0.5%

Ya que con estos porcentajes se puede manipular el color de la masa con la finalidad de mejorar las características requeridas para la de aceptación del producto final y el pH es lo suficientemente alcalino como para retardar la aparición y proliferación de mohos.

Tabla 8 Humedad y cenizas de masas seleccionadas

Formulación	Humedad (%)	Cenizas (%)
Tradicional	46.29±0.87	1.66±0.33
F1	45.33±1.11	1.44±0.07
F2	48.92±0.51	1.58±0.05
F3	46.91±1.87	1.80±0.04

Valores promedio ±desviación estándar.

En la tabla 8 se presentan los valores obtenidos de las determinaciones realizadas a las masas seleccionadas, y se observa que en lo referente a cenizas la que obtuvo mayor porcentaje fue la formulación 3 puesto que es a la que se le adicionó mayor contenido de cal, seguido de la nixtamalización tradicional lo cual nos indica que tienen un comportamiento muy similar estas formulaciones; en lo referente a la humedad la muestra con mayor contenido de humedad fue la F2 y su desviación estándar es la más pequeña de las cuatro formulaciones lo cual la hace la formulación más confiable ya que el resto de las formulaciones tiene más variabilidad entre sus repeticiones.

10.1.3 Vida útil

En el estudio de vida útil de las tortillas, para la determinación de pH no éxito efecto de interacción de las muestras: los días: y los tratamientos (P=0.0817), es decir el cambio de pH en el tiempo no se debe del todo a los tres factores. Pero si hay interacción entre los factores muestra: días, muestra: tratamiento y tratamiento: días.

En la tabla 8. Se puede observar que el pH en las muestras fue diferente, la formulación 2 tuvo mayor pH que las demás muestras, la formulación 2 fue similar a la tradicional y la formulación 1 fue la que tuvo menor pH, eso repercutió en que fuera más propensa al desarrollo de microorganismos. En el transcurso de los días hubo disminución de pH de las muestras (Tabla 9) la formulación 1 tuvo menor pH al igual que la tradicional.

En cuanto a los tratamientos. El pH es más alto en refrigeración que en medio ambiente, es decir las tortillas se descomponen más rápidamente expuestas a la intemperie que manteniéndolas en refrigeración (Tabla 8).

Tabla 9. Características fisicoquímicas de los factores de las tortillas

Muestra	pH	Humedad (%)	Color		
			L*	a*	b*
F1	7.31±0.60c	47.58±4.53b	66.18±3.88a	0.81±0.60c	0.81±0.60c
F2	8.66±0.80a	47.62±2.08ab	62.05±2.54b	1.37±0.62a	1.37±0.62a
F3	8.05±0.60b	48.88±5.37a	62.65±2.99b	1.20±0.52b	1.20±0.52b
TRAD	7.96±0.65b	47.26±2.44b	62.74±3.08b	1.46±0.60a	1.46±0.60a
Días					
0	8.78±0.52a	46.91±1.67bcd	63.53±2.36abc	0.64±0.29e	18.43±0.91a
1	8.54±0.50b	47.77±1.81abc	64.86±2.18a	0.98±0.48d	16.75±1.42b
2	8.33±0.65bc	49.17±7.14abc	61.27±2.95c	1.02±0.56d	16.44±1.80b
3	8.17±0.71cd	49.97±7.98a	61.44±1.61bc	1.05±0.48d	15.86±1.74bcde
4	7.99±0.75def	47.14±1.79bcd	62.68±2.52abc	1.14±0.30d	15.59±1.56cde

5	7.88±0.77efg	49.08±2.95abc	63.25±3.37abc	1.15±0.49d	15.16±1.94de
6	7.79±0.82fg	47.75±2.95abc	64.03±3.56ab	0.96±0.43d	15.11±2.00e
7	7.70±0.88gh	49.45±2.40ab	63.06±3.77abc	1.16±0.77d	14.87±2.15e
8	7.53±0.86h	47.44±2.37abc	63.23±4.05abc	1.49±0.66c	15.54±2.46cde
9	8.11±0.59cde	45.83±2.15cd	64.02±4.69ab	1.82±0.63bc	16.37±0.95bc
10	7.81±0.66efg	46.80±1.55bcd	64.01±4.50ab	2.25±0.55a	16.14±1.12bcd
11	7.66±0.67gh	47.15±1.52abcd	63.83±3.55abc	1.84±0.53b	16.78±1.47b
12	6.90±0.32i	44.11±1.95d	61.92±3.30bc	1.52±0.33bc	15.87±1.69bcde
Tratamiento					
Ambiente	7.65±0.78b	48.70±3.66a	64.83±3.64a	0.95±0.53b	15.32±2.35b
Refrigeración	8.23±0.76a	47.25±3.94b	62.42±3.11b	1.39±0.63a	16.52±1.46a

En la determinación de humedad hay efecto de interacción Muestra: Día: Tratamiento ($P=2.21e-08$), así mismo efecto de Muestra: Día ($P=5.29e-05$), Muestra: Tratamiento ($P=0.00122$) y Tratamiento: Día ($5.11e-06$). Por lo tanto la variación del porcentaje de humedad depende de las muestras (Tabla 8), del tiempo (Días) y del tratamiento.

En las muestras la formulación 3 fue la que tuvo mayor porcentaje de humedad, y las tres restantes fueron muy similares en este parámetro. En efecto que tuvieron los días en la humedad de las muestras fue el aumento en los días 1, 2,3 hasta el, posteriormente decreció la humedad nuevamente. Las totillas tuvieron más humedad en temperatura ambiente que en refrigeración (tabla 8). En general las muestras presentan reducción de humedad al final del estudio (Tabla 9).

Los índices de color presentan efecto de interacción Muestra: Día: Tratamiento y también entre factores combinados muestra: días, muestra: tratamiento y tratamiento: días.

En el índice de luminosidad (L^*) entre las muestras solo las tortillas elaboradas de manera tradicional fueron diferentes a las demás formulaciones teniendo un valor mayor 66.18. En la tabla 9 se muestra que no hay mucha variabilidad de luminosidad en los días, pero en el

día 1 fue donde se presentó el valor más alto de luminosidad. Las muestras tuvieron mayor luminosidad a temperatura ambiente que en refrigeración, debido a que este método de conservación reseca las tortillas y disminuye el brillo característico en las tortillas. En general la luminosidad de las tortillas disminuye en los días transcurridos (tabla 9).

En el índice a*(rojo a verde) las tortillas de la formulación 2 y las tortillas tradicionales son similares en valores verdosos, las tortillas de la formulación 1 son más rojizas. El efecto que tiene el tiempo en las muestras es aumentar la tonalidad verdosa, es uno de los parámetros que nos indican la presencia de microorganismos. Las tortillas almacenadas a temperatura ambiente son más rojizas que las almacenadas en refrigeración.

En el índice b* (azul a amarillo) las tortillas de la formulación 2 y las tradicionales fueron más amarillas que las tortillas de la formulación 1 y 3. El efecto del tiempo en los días redujo el color amarillo de todas las muestras. La refrigeración mantuvo las características de color amarillo en las tortillas, a temperatura ambiente las tortillas mostraron reducción de color (tabla 8).

Tabla 9 Efecto del tiempo en las características fisicoquímicas de las tortillas

Muestras: Días	pH	Humedad (%)	L*	a*	b*
F1:0	8.14±0.35efghij	45.33± 0.99cd	66.39±1.30abcd	0.38±0.26k	17.97±0.23abc
F1:1	7.90±0.17ghijk	49.62± 1.15bcd	67.23±1.24ab	0.74±0.47hijk	15.73±1.23defg
F1:2	7.75±0.18hijkl	53.04±14.61ab	65.20±1.76abcdef	0.43±0.22k	15.79±0.63defg
F1:3	7.34±0.52lmno	46.47± 1.44bcd	67.68±4.03a	0.55±0.35jk	15.09±1.38defg
F1:4	7.21±0.56mnop	46.02± 2.89bcd	66.67±3.42abcd	0.87±0.24efghijk	15.60±1.66defg
F1:5	7.11±0.55mnop	48.53± 2.87bcd	67.08±4.80abc	0.97±0.63efghijk	14.81±2.29efg
F1:6	7.05±0.57nop	47.81± 4.25bcd	67.19±6.77abc	0.68±0.47ijk	14.54±2.08efg
F1:7	6.88±0.65op	50.47± 2.95bc	66.57±6.77abcd	0.74±1.14hijk	14.36±1.17fg
F1:8	6.87±0.66op	50.47± 2.95bc	64.85±4.26abcdef	1.16±1.03efghijk	16.13±3.40cdef
F1:9	7.42±0.14klmno	45.46± 0.60bcd	65.45±3.53abcdef	1.02±0.20efghijk	15.93±0.64cdefg
F1:10	7.22±0.12lmnop	46.06± 1.12bcd	64.89±1.78abcdef	1.49±0.07bcdefghi	14.87±0.54efg
F1:11	7.19±0.30mnop	46.98± 0.82bcd	61.96±0.63cdef	1.21±0.08defghijk	15.55±0.91defg
F1:12	6.54±0.12p	41.94± 0.26d	65.94±0.99abcde	1.16±0.20efghijk	14.43±0.46efg
F2:0	9.44±0.18a	46.92± 1.67bcd	61.03±0.93ef	0.53±0.12k	19.20±0.64a
F2:1	9.17±0.29ab	46.42± 0.76bcd	65.28±1.78abcdef	1.08±0.44efghijk	18.26±1.21abc

F2:2	9.15±0.25ab	48.62± 0.77bcd	60.17±2.89ef	1.32±0.73defghi	18.55±1.91ab
F2:3	8.87±0.48bc	47.27± 3.12bcd	62.11±0.95bcdef	1.21±0.40defghij	17.12±1.84bcd
F2:4	8.56±0.79cde	47.92± 0.59bcd	62.03±2.30cdef	1.27±0.28defghi	17.13±1.48bcd
F2:5	8.49±0.81cde	50.37± 3.23bc	61.16±2.36ef	1.32±0.45defghi	15.68±2.08defg
F2:6	8.46±0.85cdef	46.78± 1.90bcd	62.07±2.41bcdef	0.94±0.48fghijk	15.98±1.47cdef
F2:7	8.31±1.01cdefg	48.44± 1.80bcd	64.42±3.42abcdef	1.25±0.19defghi	16.45±2.12bcdef
F2:8	7.97±1.15fghijk	47.58± 1.02bcd	63.37±1.41abcdef	1.87±0.56bcd	16.79±1.30bcde
F2:9	8.94±0.17abc	47.73± 1.34bcd	59.24±2.90ef	2.39±0.24ab	17.54±0.67abcd
F2:10	8.83±0.16bcd	45.40± 1.51bcd	60.92±1.19ef	2.16±0.15abc	17.02±0.55bcde
F2:11	8.61±0.24bcde	47.35± 1.87bcd	61.04±1.51ef	2.32±0.21ab	18.86±0.38ab
F2:12	7.27±0.29lmnop	46.47± 1.12bcd	60.69±0.79ef	1.59±0.34bcdef	18.44±0.78abc
F3:0	8.70±0.13bcd	48.92± 0.46bcd	63.67±2.19abcdef	0.74±0.27ghijk	18.48±0.17ab
F3:1	8.57±0.17cde	48.25± 2.41bcd	63.64±1.81abcdef	0.81±0.36fghijk	16.96±0.84bcde
F3:2	8.23±0.60defgh	48.63± 0.70bcd	63.85±1.92abcdef	0.96±0.29efghijk	16.14±1.19cdef
F3:3	8.20±0.52defghi	57.18±13.89a	63.08±3.32abcdef	1.06±0.40efghijk	15.34±2.06defg
F3:4	8.07±0.52efghij	47.42± 1.70bcd	61.08±2.12ef	1.20±0.15defghijk	14.85±1.32efg
F3:5	8.05±0.52efghijk	49.62± 3.66bcd	62.57±4.18abcdef	1.10±0.57efghijk	15.02±1.82efg
F3:6	7.86±0.66ghijkl	48.00± 2.13bcd	61.62±2.44def	1.18±0.24efghijk	15.29±2.44defg
F3:7	7.83±0.72ghijkl	49.38± 2.14bcd	63.38±4.18abcdef	0.94±0.26fghijk	13.57±2.15g
F3:8	7.70±0.72ijklm	48.70± 0.90bcd	63.59±5.10abcdef	1.33±0.18defghi	13.67±2.49g
F3:9	8.17±0.18defghij	43.83± 2.72cd	60.62±2.41ef	2.32±0.33ab	16.60±0.46bcdef
F3:10	7.74±0.07hijklm	48.69± 0.60bcd	61.17±0.97def	2.43±0.14ab	16.90±0.52bcde
F3:11	7.71±0.26hijklm	46.43± 1.46bcd	61.55±2.60def	1.53±0.08bcdefgh	15.83±0.40defg
F3:12	7.05±0.05nop	43.64± 1.91cd	61.97±1.95cdef	1.56±0.32bcdefg	15.09±0.51defg
TRAD:0	8.83±0.12bcd	46.46± 0.89bcd	63.03±0.86abcdef	0.92±0.13fghijk	18.07±1.47abc
TRAD:1	8.54±0.22cde	46.79± 0.36bcd	63.30±1.46abcdef	1.29±0.53defghi	16.05±0.98cdef
TRAD:2	8.21±0.49defghi	46.36± 2.98bcd	63.77±4.51abcdef	1.38±0.30cdefghi	15.26±1.33defg
TRAD:3	8.25±0.38defgh	48.96± 1.11bcd	63.23±2.79abcdef	1.38±0.42cdefghi	15.90±1.20defg
TRAD:4	8.12±0.48efghij	47.18± 0.94bcd	62.46±4.70bcdef	1.22±0.37defghij	14.80±0.45efg
TRAD:5	7.84±0.57ghijkl	47.79± 1.80bcd	62.10±2.12bcdef	1.21±0.31defghijk	15.13±1.97defg
TRAD:6	7.79±0.67hijkl	48.39± 3.46bcd	65.21±4.27abcdef	1.04±0.44efghijk	14.63±2.08efg
TRAD:7	7.77±0.58hijkl	49.52± 2.72bcd	61.68±1.78def	1.71±0.82bcde	15.10±2.32defg
TRAD:8	7.57±0.55jklmn	45.15± 3.74cd	63.50±3.19abcdef	1.62±0.46bcde	15.57±1.39defg
TRAD:9	7.90±0.14ghijkl	46.32± 2.00bcd	62.36±0.91bcdef	1.54±0.26bcdefgh	15.41±0.30defg
TRAD:10	7.46±0.19jklmno	47.03± 0.25bcd	58.12±2.73f	2.94±0.11a	15.78±1.16defg
TRAD:11	7.14±0.44mnop	47.83± 2.22bcd	61.21±2.04def	2.30±0.29ab	16.88±0.75bcde
TRAD:12	6.74±0.09op	44.39± 0.17cd	62.12±2.52bcdef	1.77±0.20bcde	15.50±0.68defg

10.1.4 Análisis sensorial

Para determinar la probabilidad de supervivencia se evaluó la presencia de moho, ya que es una de las principales características que se evalúan para rechazar la tortilla, y al haber microorganismos es imposible oler la muestra y determinar si la muestra presenta olor ácido u olor a tierra.

En la figura 10 se muestra la probabilidad de supervivencia de las tortillas en ambos tratamientos (temperatura ambiente y refrigeración). Se observó que las tortillas duran más tiempo en refrigeración y que el aparecimiento de moho se encuentra entre el día 11 y 12.

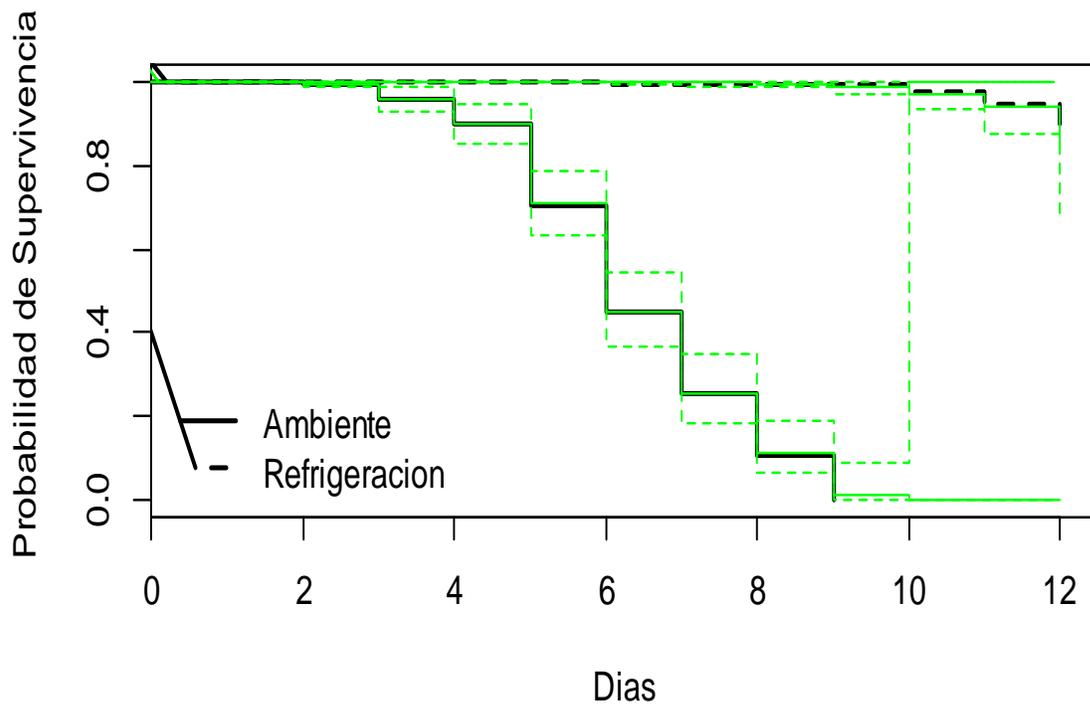


Figura 10 Probabilidad de supervivencia de las tortillas en ambos tratamientos

La presencia de moho a temperatura ambiente inició a partir del día 3, pero en algunas muestras se prolongó hasta el día 8 y 9.

En la figura 11 se muestra la probabilidad de supervivencia de cada muestra a temperatura ambiente. Las tortillas de la formulación 1 inició su descomposición en el día 2, para las tortillas de la formulación 2 su descomposición inició hasta el día 6, las tortillas de la formulación 3 su descomposición inició en el día 4 y para las tortillas tradicionales su descomposición inició en el día 5, por lo tanto las tortillas que tienen mayor probabilidad de supervivencia fueron la formulación 2 y las tradicionales en temperatura ambiente.

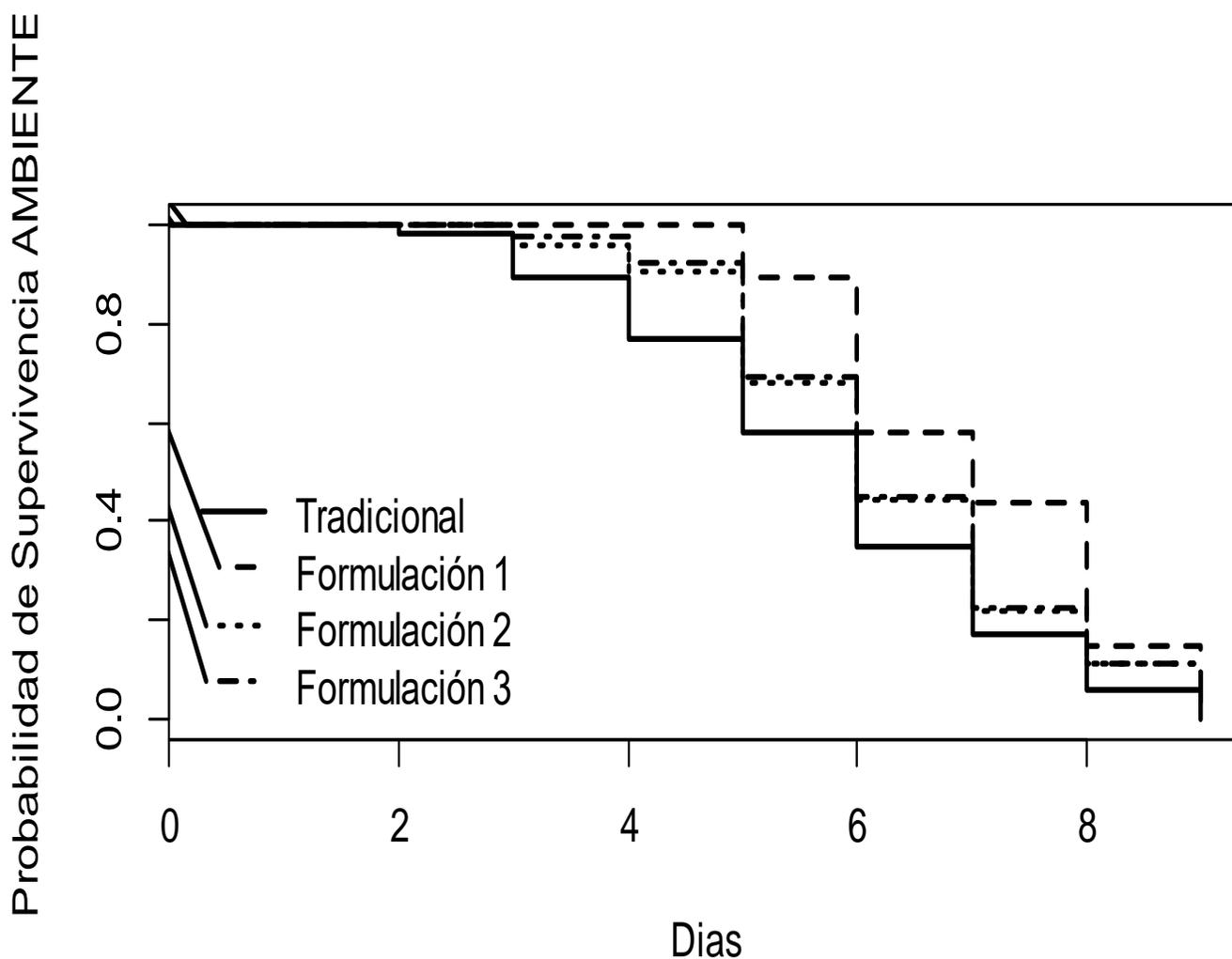


Figura 11 Probabilidad de supervivencia de cada muestra a temperatura ambiente

En la siguiente figura 12 se muestra la probabilidad de supervivencia de cada muestra en refrigeración. La probabilidad de supervivencia para las tortillas de la formulación 1 para el día 9 es de 61%, para las tortillas de la formulación 2 fue de 0.77%, para las de la formulación 3 fue de 66% y para las tradicionales fue de 68%.

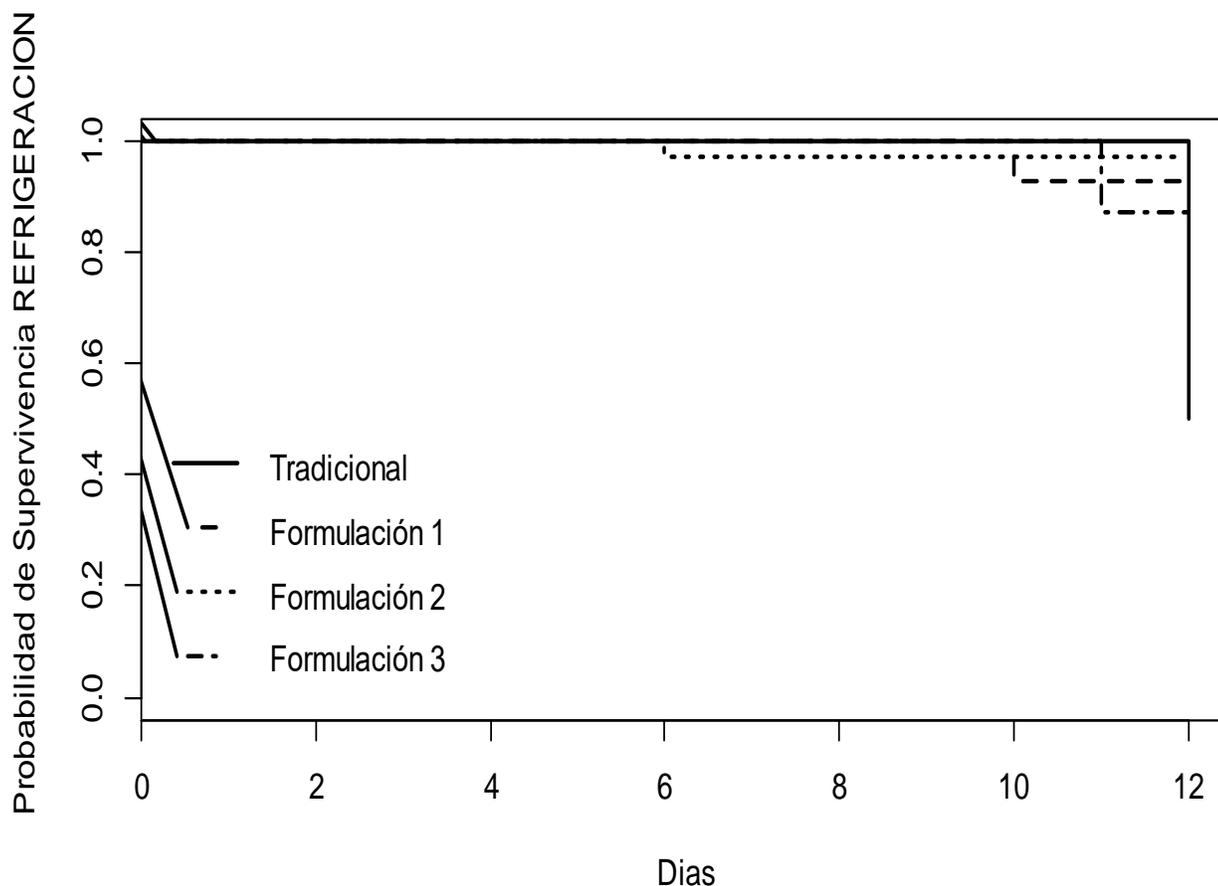


Figura 12 Probabilidad de supervivencia de cada muestra en refrigeración.

La formulación que tiene mayor probabilidad de supervivencia a temperatura ambiente y refrigeración es la formulación 2, seguida de la tradicional. Por lo tanto el efecto que tiene la adición de hidróxido de calcio en la masa aumenta la vida útil y se asemeja con el comportamiento de la tortilla elaborada de manera tradicional.

11 Conclusiones y recomendaciones

Con base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se observó que el maíz denominado “Revolución” fue la mejor opción para continuar con el experimento ya que su precio es el más bajo de todos y se apega a las especificaciones de la NMX-FF-034/1-SCFI-2002 con la excepción del porcentaje de humedad, lo que no provocó mayor problema ya que el maíz se secó para reducir su contenido de humedad para que cumpliera con todas las especificaciones antes mencionadas por lo cual fue un maíz propicio para la nixtamalización.

En relación con los análisis fisicoquímicos, la formulación 2 tuvo mayor pH que las demás muestras, y esta fue similar a la tradicional; la formulación 1 fue la que tuvo menor pH, eso repercutió en que fuera más propensa al desarrollo de microorganismos, hablando sobre la variación del porcentaje de humedad depende de las muestras del tiempo (Días) y del tratamiento; en general las muestras presentan reducción de humedad al final del estudio

Las muestras tuvieron mayor luminosidad a temperatura ambiente que en refrigeración, debido a que este método de conservación reseca las tortillas y disminuye el brillo característico en las tortillas. El efecto del tiempo en los días redujo el color amarillo de todas las muestras. La refrigeración mantuvo las características de color amarillo en las tortillas, a temperatura ambiente las tortillas mostraron reducción de color

Se observó que las tortillas duran más tiempo en refrigeración y que el apareamiento de moho se encuentra entre el día 11 y 12. La presencia de moho a temperatura ambiente inició a partir del día 3, pero en algunas muestras se prolongó hasta el día 8 y 9. Para la formulación 2 su descomposición inició hasta el día 6

La formulación que tiene mayor probabilidad de supervivencia a temperatura ambiente y refrigeración es la formulación 2, seguida de la tradicional. Por lo tanto el efecto que tiene la adición de hidróxido de calcio en la masa aumenta la vida útil y se asemeja con el comportamiento de la tortilla elaborada de manera tradicional.

12 Referencias

- 1) AACC International. Approved Methods Of Analysis, 11th Ed. Method. Title Of Method. Approved (04) (10).2015. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. [Http://Dx.Doi.Org/10.1094/Aaccintmethod44-15.02](http://dx.doi.org/10.1094/Aaccintmethod44-15.02)
- 2) Fao.2015. Foods And Agriculture Organization Of The United Nations.Fao, 1993. El Maíz En La Nutrición Humana. Depósito De Documentos De La Fao.
- 3) Figueroa J. D.C., Acero G. M. G., Vasco M. N., Lozano G. A., Flores A. L., González H. J., 2001b. Fortificación Y Evaluación De Tortillas De Nixtamal. Alan 51: 3:293-302. Issn 0004-0622.
- 4) Herrera-Corredor JA, Saidu J, Khachatryan A, Prinyawiwatkul W, Carballo-Carballo A, And Zepeda-Bautista, R. 2007. Identifying Drivers For Consumer Acceptance And Purchase Intent Of Corn Tortilla. Journal Of Food Science.
- 5) Paredes López Octavio, Guevara Lara Fidel, Bello Pérez Luis Arturo. (2006). Los Alimentos Mágicos De Las Culturas Indígenas Mesoamericanas. México: Fondo De Cultura Económica.
- 6) Paredes L., O., F. Guevara L., Y L. A. Bello P. 2009. La Nixtamalización Y El Valor Nutritivo Del Maíz. Ciencias 92-93:60-70.
- 7) Martínez-Flores Héctor E., Gaytán-Martínez Marcela. Figueroa-Cárdenas Juan De D., Martínez-Bustos Fernando, Reyes-Vega María De La L. & Rodríguez-Vidal Arturo. (2004, Marzo). Efecto De Algunos Conservadores Sobre La Vida Útil De Tortillas De Maíz Obtenidas A Partir De Masa Extruida. Agrociencia, 285-292. 2016, Septiembre 17.
- 8) NMX-F-083-1986. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS. FOODS. MOISTURE IN FOOD PRODUCTS DETERMINATION.
- 9) Nmx-Ff-034/1-Scfi-2002.Productos Alimenticios No Industrializados Para Consumo Humano - Cereales – Parte I: Maíz Blanco Para Proceso Alcalino Para Tortillas De Maíz Y Productos De Maíz Nixtamalizado - Especificaciones Y Métodos De Prueba.

- 10) Nmx-F-066-S-1978. Determinación De Cenizas En Alimentos. Foodstuff Determination Of Ashes. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas.
- 11) 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.