



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN

CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

POSTGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

**UMBRALES DE CONSERVADORES Y SU
EFECTO EN EL NIVEL DE AGRADO Y VIDA
ÚTIL SENSORIAL EN TORTILLA DE MAÍZ.**

ÁNGELES MARISOL BÁEZ AGUILAR

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

JULIO, 2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el (la) que suscribe Ángeles Marisol Báez Aguilar, Alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del profesor(a) José Andrés Herrera Corredor, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Umbral de conservadores y su efecto en el nivel de agrado y vida útil sensorial en tortillas de maíz.

Y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Profesor Consejero(a) o Director(a) de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Amatlán de los Reyes, Veracruz a 15 de julio de 2019

Ángeles Marisol Báez Aguilar

Firma

Dr. José Andrés Herrera Corredor

Vo.Bo. del Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Umbrales de Conservadores y su Efecto en el Nivel de Agrado y Vida Útil Sensorial en Tortilla de Maíz** realizada por la alumna: **Ángeles Marisol Báez Aguilar**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

POSTGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: _____


DR. JOSÉ ANDRÉS HERRERA CORREDOR.

ASESOR: _____


DR. GERÓNIMO ARÁMBULA VILLA.

ASESORA: _____


DRA. ADRIANA CONTRERAS OLIVA.

ASESORA: _____


M.C. MIRNA LÓPEZ ESPÍNDOLA.

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, julio del 2019.

UMBRALES DE CONSERVADORES Y SU EFECTO EN EL NIVEL DE AGRADO Y VIDA ÚTIL SENSORIAL EN TORTILLA DE MAÍZ

Ángeles Marisol Báez Aguilar, MC

Colegio de postgraduados, 2019

RESUMEN

Los cambios en el estilo de vida de la población urbana han ocasionado un incremento en la venta en supermercados y tiendas de abarrotes de tortilla fría empacada en bolsa de plástico. Sin embargo, la vida útil es una limitante para la comercialización, por lo que el uso de conservadores es necesario. El objetivo del estudio fue evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de la tortilla de maíz a temperatura ambiente utilizando combinaciones de hidróxido de calcio y conservadores comerciales y su efecto en la vida de anaquel. Las metodologías empleadas fueron detección de umbrales, caracterización fisicoquímica, prueba de consumo y evaluación sensorial para la identificación de los atributos críticos de aceptación y determinación de la vida útil. El umbral de conservador más elevado fue el de glicerina con 3.36% y el umbral más bajo fue de 0.06% con el benzoato de sodio. El tratamiento con menor cambio en características fisicoquímicas fue el de glicerina. En la prueba de consumo los consumidores no detectaron diferencias entre tratamientos lo cual se atribuye al uso de los umbrales de detección. La identificación de los atributos críticos de aceptación sirvió para la estimación de la vida útil, dando como resultado que el principal atributo para el rechazo del producto es la aparición de hongos. El uso de modificadores de aw tuvo mejor efecto en la tortilla de maíz, debido a que los modificadores de pH no pueden alcanzar un nivel óptimo de funcionamiento en medios alcalinos.

Palabras clave: Estabilidad, vida de anaquel, aceptabilidad, moho, aditivos alimenticios.

PRESERVATIVE THRESHOLD AND ITS EFFECT ON CONSUMER LIKING AND SENSORY SHELF-LIFE OF CORN TORTILLA

Ángeles Marisol Báez Aguilar, MC

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

Changes in the lifestyle of the urban population have led to an increase in the sale in supermarkets and grocery stores of cold tortillas packed in plastic bags. However, shelf life is a limitation for commercialization, so the use of preservatives is necessary. The objective of the study was to evaluate the physicochemical and sensorial characteristics of the corn tortilla at room temperature using combinations of calcium hydroxide and commercial preservatives and their effect on shelf life. The methodologies used were detection of thresholds, physicochemical characterization, consumption test and sensory evaluation for the identification of the critical attributes of acceptance and determination of the useful life. The highest conservative threshold was glycerin with 3.36% and the lowest threshold was 0.06% with sodium benzoate. The treatment with the least change in physicochemical characteristics was glycerin. In the consumer test, consumers did not detect differences between treatments, which is attributed to the use of detection thresholds. The identification of the critical attributes of acceptance served to estimate the useful life, resulting in the main attribute for the rejection of the product is the appearance of fungi. The use of aw modifiers had better effect in corn tortilla, because pH modifiers cannot reach an optimum level of functioning in alkaline media

Keywords: Stability, shelf life, acceptability, mold, food additives.

DEDICATORIA

A Dios:

Señor, agradezco por todo lo que tengo, porque Tú me lo has otorgado. Quiero agradecerte por todo el trabajo que me has dado, por la gran familia que me diste, por la salud que nos has brindado y por siempre salvaguardar mi camino

A mis queridos padres:

Han pasado 24 años desde que nací y desde ese momento e incluso antes que eso, ya estaban buscando maneras de ofrecerme lo mejor. Han trabajado duro, y sin importar si estaban cansados de sus labores siempre tenían una sonrisa que ofrecerme. Toda la ayuda que me han brindado han formado bases de gran importancia, ahora soy consciente de eso ...

A las personas importantes en mi vida:

Aguilar-García E., García-Pacheco L. A., Báez-Núñez G., Báez-Núñez E., Báez-Trejo H., Bonilla-Nepomuceno G., Miranda-Rosas D., Reyes-Bolaños A.C.

“El vínculo que te une a tu verdadera familia no es el de la sangre, sino el del respeto y la alegría que tu sientes por las vidas de ellos y ellos por la tuya”.

Richard Bach

¡Muchas gracias por todo!

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su financiamiento para el desarrollo de este proyecto.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, por brindarme las facilidades dentro de sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación.

A mi consejo particular, José Andrés Herrera-Corredor, Gerónimo Arámbula-Villa, Adriana Contreras-Olivas y Mirna López- Espíndola, por su orientación, apoyo y confianza en mí trabajo.

A los Doctores Francisco Hernández Rosas y Carlos Llarena Hernández por el apoyo en el uso de instalaciones y reactivos para el aislamiento e identificación de hongos.

A la Línea Generación y Aplicación del Conocimiento 2 por el apoyo multidisciplinario y el uso de insumos e instalaciones para el desarrollo de la investigación

CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
HIPÓTESIS	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos.....	4
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TORTILLA.....	5
Nixtamalización.....	5
Harina de Maíz Nixtamalizado (HMN).....	6
Tortilla	8
Tortilla empacada	9
INNOVACIÓN EN TORTILLA DE MAÍZ.....	9
Harinas.....	10
Nutraceúticos	11

SUSTENTABILIDAD	12
Consumo.....	12
Reducción de costos	13
ADITIVOS	14
Modificadores de pH	14
Benzoato de sodio (E 211).....	14
Utilidad	15
Efectos secundarios.....	15
Ácido fumárico (E 297).....	15
Utilidad	16
Uso en masas.....	17
Repelente al agua	17
Hidróxido de calcio (E 526)	18
Utilidad	18
Efectos secundarios.....	18
Modificadores de actividad de agua	19
Glicerina o glicerol (E 422).....	19
Utilidad	20
Propilenglicol (E 1520)	20

Utilidad	20
Efectos sobre la salud.....	21
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO III.COMBINATIONS OF CALCIUM HYDROXIDE WITH COMMERCIAL PRESERVATIVES TO EXTEND THE SENSORY SHELF-LIFE OF CORN TORTILLA PREPARED FROM NIXTAMALIZED CORN FLOUR.	
	25
SUMMARY	25
Highlights:.....	26
1. INTRODUCTION.....	26
2. MATERIALS AND METHODS	29
2.1. Materials	29
2.2. Tortilla preparation	30
2.3. Determination of detection thresholds.....	30
2.4. Sensory shelf- life	31
2.5. Consumer study	32
2.6. Physicochemical Analysis	33
2.6.1. pH.....	33
2.6.2. Water activity	33
2.6.3. Color	33
2.7. Fungi isolation and identification	33

2.8. Statistical Analysis	34
3. RESULTS AND DISCUSSION	35
3.1. Thresholds determination.....	35
3.2. Shelf-life estimation	36
3.3. Consumer study	38
3.4. Physicochemical characteristics of the tortilla	41
3.4.1. pH.....	41
3.4.2. Water activity.....	42
3.4.3. Color	44
3.5. Isolation of fungi	46
4. CONCLUSIONS.....	47
5. ACKNOWLEDGEMENTS	47
6. REFERENCES.....	48
CONCLUSIONES GENERALES.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Table 1 Estimation of shelf-life of treatments with an exponential model at different rejection percentages.....	37
Table 2. Sensory attributes of tortillas added with commercial preservatives.	39
Table 3. Physicochemical characteristics of tortillas with different preservatives.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1. Biplot based on the analysis of the main components of the sensory attributes evaluated.	40
Figure 2. Behavior of pH over time in corn tortillas with lime-preservative combinations.....	42
Figure 3. Behavior of water activity (aw) over time in corn tortillas with lime-preservative combinations.	43

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

En México más del 50% del maíz producido se destina a la alimentación humana, principalmente en productos derivados del nixtamal (FAO- AGS, 2007). La tortilla representa el 38.8% de las proteínas, 45.2% de las calorías y 49.1% del calcio del alimento diario de la población mexicana. Sin embargo, la preparación de tortilla de maíz constituye hoy en día una actividad compleja dados los múltiples factores que intervienen en el proceso tales como: tipo de grano, equipo con el que se procesa, condiciones de procesamiento, habilidad del operador, entre otros. Este producto ha trascendido de la simple fabricación casera y artesanal, para convertirse en una actividad agroindustrial que involucra competencia tecnológica, estrategias de mercadeo y preferencias de los consumidores.

Tradicionalmente el maíz se cuece en ollas con cal para llevar a cabo la nixtamalización. Sin embargo, la innovación tecnológica ha implementado maquinaria moderna para reducir la mano de obra y mantener un proceso continuo, reduciendo la nixtamalización tradicional. Aunque sigue los mismos principios básicos de una producción artesanal de tortilla de maíz. En 1949, fue fundada en Nuevo León la primera planta productora de harina de maíz nixtamalizado. Maseca® fue el nombre que le dio su fundador Roberto González Barrera, cuyo origen proviene de masa-seca, es decir harina de maíz nixtamalizado deshidratada (GRUMA, 2017). Actualmente se producen harinas de maíz a escala industrial que se obtiene por medio de hidratación de masas instantáneas o harina de maíz nixtamalizado (HMN) que son fabricadas a gran escala. En la utilización de la HMN para la preparación de tortilla, los gránulos de almidón parcialmente gelatinizados proporcionan núcleos para la recristalización y retrogradación. Esto ocasiona una disminución de la cohesividad en la masa y la tortilla donde la retrogradación ocurre muy

rápida y se obtienen tortillas con textura diferentes a las elaboradas con masa proveniente de una nixtamalización tradicional.

La tortilla se consume preferiblemente recién elaboradas. Sin embargo, cuando no se consumen inmediatamente, su vida útil depende de las condiciones de almacenamiento, siendo sus principales signos de descomposición microbiológica el olor ácido, una superficie pegajosa y la aparición de moho. También pueden sufrir deterioro fisicoquímico como la retrogradación del almidón que determina la textura dura. Estas características de la tortilla hacen que este producto sea altamente perecedero y poco adecuado para su comercialización sin refrigeración. Sin embargo, la refrigeración es costosa y solo se utiliza en productos con un buen balance costo-beneficio por lo que una de las opciones para la comercialización de tortilla es el uso de conservadores y así asegurar su vida de anaquel.

JUSTIFICACIÓN

El consumo de tortilla fría empacada se ha incrementado por la facilidad con la que se encuentra en las tiendas de auto servicio, aunado a que dicho producto extiende su vida útil debido al uso de conservadores. Sin embargo, el uso de aditivos en las tortillas empacadas afecta los atributos sensoriales de esta lo cual se vuelve una desventaja puesto que el consumidor puede tender a rechazar dicho producto. Es por eso que el presente estudio pretende establecer indicadores de aceptación de las tortillas de harina de maíz nixtamalizadas combinadas con hidróxido de calcio y conservadores comerciales.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El cambio en el estilo de vida, costo de productos, situación económica y conciencia de los consumidores ha generado más cuidado en la conservación de alimentos y reducción de desperdicios. Muestra de lo anterior se refleja en el incremento del consumo de tortilla fría empacada a nivel mundial y las innovaciones que se han generado para producirlas. Las tendencias en tortilla van desde las tradicionales (maíz blanco, amarillo o morado) hasta las innovadoras que son *gluten free*, *light*, *empacadas*, *orgánicas* con mezcla de nuevos sabores, ingredientes y variedades saludables (Anónimo, 2018). La tortilla es un producto altamente perecedero debido a su alto contenido de humedad y a su alto contenido en nutrientes que lo vuelve un ambiente perfecto para el desarrollo de mohos y bacterias.

Por tal motivo la industria alimentaria para poder ofrecer un producto donde se mantengan los atributos sensoriales característicos (textura, olor, color, sabor) de una tortilla recién elaborada se ha generado diversas estrategias como son: harinas de maíz nixtamalizado, uso de aditivos, conservadores y tortilla fría empacada en bolsa de plástico.

HIPÓTESIS

La combinación de hidróxido de calcio con conservadores comerciales modificadores de pH y actividad de agua puede extender la vida de anaquel de las tortillas de maíz mejor que cuando solo se utilizaran los conservadores por separado, esto sin afectar el nivel de agrado por parte de los consumidores con el producto final.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de la combinación de hidróxido de calcio con conservadores modificadores de pH y actividad de agua en las características fisicoquímicas, microbiológicas, vida de anaquel de la tortilla, así como el nivel de agrado por consumidores.

Objetivos específicos

Determinar los umbrales de detección mediante la practica estándar E679 de la ASTM.

Determinar los indicadores críticos de aceptación de tortilla mediante técnicas sensoriales.

Valorar estabilidad de las combinaciones cal-conservador mediante análisis fisicoquímicos.

Evaluar la vida útil sensorial de la tortilla con las diferentes combinaciones cal-conservador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo. (2018). Tendencias en Tortillas. *Industria Alimentaria*, 40, 46-49.

FAO-AGS. (2007). Tortilla - Tortilla Chips. agosto 20, 2018, de Food and Agriculture Organization of the United Nations Sitio web: <http://www.fao.org/3/a-au110e.pdf>

Gruma (2017). MASECA. julio 23, 2018, de GRUMA S.A.B. de C.V. Sitio web: <https://www.gruma.com/es/nuestras-marcas/localiza-una-marca/maseca.aspx>

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La tortilla de maíz es el alimento principal en zonas rurales de México, donde las personas mezclan la masa con otros ingredientes como frijol, garbanzo, haba, quesos, etc., para diversificar el sabor, olor, textura y características nutricionales de las tortillas (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2013). Un claro ejemplo de lo anterior es que se comercializan tortillas en EE.UU. y en Europa, ya que dicho alimento ya no se limita a consumo hispano, sino que su consumo ya es global (Anónimo, 2018).

El principal problema en la tortilla de maíz es la conservación puesto que los nutrientes presentes en las tortillas y la humedad que contiene, crean condiciones favorables para el crecimiento de hongos (mohos y levaduras).

La creciente demanda por obtener productos prácticos, nutritivos y de buena calidad ha impulsado a la industria alimentaria a generar nuevos productos que satisfagan las necesidades de los consumidores. Por tanto, se ha incrementado la producción y consumo de tortillas a base de HMN que se encuentran en diferentes formas de empaque, la mayoría bolsas de plástico y con diversas formas de conservación las más usuales son: aditivo y atmosferas controladas.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TORTILLA

Nixtamalización

El proceso tradicional de nixtamalización consiste en realizar un cocimiento del grano de maíz en agua con cal. Después del cocimiento, los granos se mantienen en remojo durante un periodo de 10-15 horas. El grano resultante o nixtamal se lava para eliminar el agua de cocimiento, el exceso de cal y piezas de pericarpio que se desprenden durante el cocimiento. El nixtamal se muele con un molino de piedras para obtener la masa. Los parámetros de procesamiento que deben

controlarse en este proceso son la concentración de cal, tiempo de cocción, tiempo de remojo, grado de agitación y el lavado con nixtamal (García-Lara *et al.*, 2013). La falta de control de estos parámetros puede impactar negativamente en la eficiencia de producción de tortilla y el rendimiento el cual a su vez se puede ver afectado por las pérdidas de materia seca incurridas durante la nixtamalización (Ménera-López *et al.*, 2013).

El proceso tradicional de nixtamalización utilizado para obtener productos a base de maíz, puede afectar negativamente a compuestos bioactivos por el pH altamente alcalino del agua de cocimiento o nejayote que oscila entre 11 y 12. Con estos valores de pH, el nejayote puede contaminar ríos y lagos si es que se desecha en el drenaje. Existe un creciente interés por un proceso de nixtamalización amigable con el medio ambiente. La nixtamalización con sales de calcio generan un nivel mínimo de residuos contaminantes (Bello-Perez *et al.*, 2014). También se ha desarrollado un proceso de nixtamalización ecológica que retiene el pericarpio y mantiene el nejayote (aguas residuales) dentro del rango ácido-neutro (Méndez *et al.*, 2013). Otro estudio se ha enfocado en preparar una solución saturada de cal y retirar las partículas sólidas de cal del agua antes de iniciar el proceso de nixtamalización (Balderas-López *et al.*, 2019). Este proceso, denominado nixtamalización libre de partículas sólidas de cal, permite que el proceso sea fácilmente de adoptar tanto por la industria como por los pequeños establecimientos que producen tortilla en menor escala ya que no requiere equipo adicional.

Harina de Maíz Nixtamalizado (HMN)

La nixtamalización es un paso clave para la producción de harina de maíz nixtamalizado (HMN) utilizada para tacos, tortillas de maíz (Janve *et al.*, 2013). México produce más de 230,000

toneladas de harina de maíz nixtamalizado al mes, equivalente a 370,000 Toneladas de tortillas (Vázquez-Rodríguez *et al.*, 2013). La HMN, es un producto básico para las poblaciones hispanas que residen en los Estados Unidos, particularmente entre mexicoamericanos y centroamericanos (Hamner y Tinker, 2014) dada la limitada disponibilidad de tortillerías.

La innovación en la producción de harinas de maíz nixtamalizado se ha realizado por medio de modificaciones al proceso. En este sentido, la extrusión es un proceso utilizado industrialmente para la nixtamalización (Ménera-López *et al.*, 2013). La extrusión se considera una tecnología de alto potencial en la producción de harina de maíz nixtamalizado. Sin embargo, la fuerza de corte y la alta temperatura producen la dextrinización del almidón, lo que modifica las características de calidad (Mercado Pedraza *et al.*, 2014). Adicionalmente, para aumentar y preservar la calidad de la tortilla de harina extruida de maíz nixtamalizada, la tecnología ha sido mejorada aplicando la enzima xilanasas (Platt-Lucero *et al.*, 2013). Las enzimas xilanasas son glicoproteínas que van desde 6 hasta 80 kDa que hidrolizan los enlaces β -1,4-glicosídicos de la xilosa en el esqueleto de arabinoxilano (AX). El rompimiento produce AXs de menor peso molecular, alterando la fisicoquímica y las propiedades reológicas características de la masa de maíz nixtamalizada (Platt-Lucero *et al.*, 2013a).

La HMN ofrece varias ventajas. (p. ej., finanzas, manejo) sobre maíz integral molido, tales como la capacidad de mezclarse con conservantes y la masa mejoradores, para alargar la vida útil de la tortilla (Chel-Guerrero *et al.*, 2014). Se estima que de 1,200 millones de tortillas por día, 40% están hechas con harinas de maíz nixtamalizado (HMN) (Reyes-Moreno *et al.*, 2013).

Tortilla

La tortilla de maíz es el alimento tradicional mexicano y centroamericano preparada a partir de una cocción alcalina de maíz, conocida como nixtamalización (Wu y Arntfield, 2016). Para muchos mexicanos, las tortillas de maíz representan aproximadamente la mitad de sus calorías diarias (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2013). Las tortillas y productos relacionados, tales como totopos de maíz, frituras, tamales, entre otros se pueden obtener a partir de tres procesos de fabricación diferentes: tradicional, comercial, y harina de maíz nixtamalizado (García-Lara *et al.*, 2013)

El uso de maíz transgénico para la preparación de harina y tortilla a través de un proceso de cocción por extrusión con cal puede tener un impacto positivo en el estado nutricional de las personas de países donde el maíz es el alimento básico (Reyes-Moreno *et al.*, 2013). Un estudio de la UNAM publicado en la revista *Agroecology and Sustainable Food* reveló que el 90.4% de las tortillas que consumen los mexicanos contienen secuencias de maíz transgénico, así como el 82% de las tostadas, harinas, cereales y botanas de este grano (López, 2018).

Las tortillas están formadas por gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, mezclado con gránulos intactos, fragmentos de endospermo y lípidos, que forman una matriz heterogénea compleja dentro de un continua fase acuosa (Chel-Guerrero *et al.*, 2014). La tortilla de maíz es considerada una excelente fuente de calorías por su alto contenido en almidón, y es una excelente opción para personas con intolerancia al gluten. Desafortunadamente, el maíz con el que se prepara la tortilla carece de una proteína de buena calidad (Vázquez-Rodríguez *et al.*, 2013). Se han hecho intentos por mejorar las características de la proteína del maíz desarrollando maíces de alta calidad proteínica. Sin embargo, su uso en la preparación de tortilla aun esta poco difundido.

Tortilla empacada

La demanda de tortilla ha aumentado de manera constante al igual que la harina de maíz nixtamalizado. En tienda de auto servicio se han incrementado las marcas tanto de harinas de maíz como de tortillas industrializadas. Marcas como: “Huerto Verde”, “Mission”, “Señor Cactus”, o “Nopalia” son cada vez más comunes en las tiendas y supermercados puesto que han innovado en la producción de tortillas ya que ofrecen productos orgánicos, sin conservadores con nuevas mezclas y sabores como lo son tortillas de nopal, de amaranto, sabor chipotle entre otros que lo hacen atractivos para el consumidor (Anónimo, 2018). Los consumidores han empezado a generar una conciencia sobre su calidad de vida, por lo cual buscan alimentos que satisfagan sus necesidades con productos más prácticos, pero a su vez benéficos para la salud (Guiusti-Bravo, F., 2017).

INNOVACIÓN EN TORTILLA DE MAÍZ

La innovación es un proceso en el cual participa el conocimiento científico, la tecnología y el aprovechamiento comercial de un producto o proceso. La innovación depende de la aceptación del consumidor por lo que es necesario tomar en cuenta las necesidades, percepciones y preferencias de los consumidores cuando se busca innovar en productos en general y alimentos tradicionales en particular como la tortilla de maíz (Kuhn *et al.*, 2010). En una encuesta realizada en Europa con 4,828 consumidores, los resultados revelaron que la aceptación de las innovaciones en alimentos tradicionales está relacionada con el reforzamiento del carácter tradicional del alimento o con beneficios adicionales que sean más importantes que el carácter tradicional (Vanhonacker *et al.*, 2013). En general, la innovación en alimentos tradicionales se puede resumir en las siguientes

categorías: características nutricionales o de calidad, empaques, mercado, practicidad y variedad de productos. En el caso del presente trabajo, es claro que el uso de conservadores puede comprometer el carácter tradicional de la tortilla. Sin embargo, la practicidad de no requerir refrigeración para la conservación de la tortilla puede ser un elemento clave en la aceptación de un producto con estas características por parte de los consumidores.

Dentro de los esfuerzos por innovar en la tortilla de maíz que se han encontrado en la literatura diferentes estudios. El uso de harina con una mezcla de legumbres y granos enteros para aumentar el contenido de proteínas y fibra dietética es una de las opciones propuestas por Islas-Rubio *et al.* (2014). Este es el caso de la tortilla mexicana donde la calidad y el contenido de proteína se ha intentado mejorar durante los últimos años. Otro ejemplo de la innovación en el proceso, es la potenciación de la nixtamalización asistida por ultrasonido (con energía acústica de 1.85 W / g). En el estudio de (Janve *et al.*, 2013) donde el uso de esta tecnología resultó en una reducción significativa del tiempo de proceso y una menor cantidad de nixtamal con menos pérdidas de sólidos en nejayote que en el control.

Harinas

Se han desarrollado harinas de masa de maíz secas instantáneas para la producción industrial y se han introducido en el mercado. La harina de maíz nixtamalizado tiene una vida útil mucho más larga que la masa de maíz húmeda tradicional. Al contener otros ingredientes añadidos, como vitaminas y minerales, hidrocoloides, entre otros su funcionalidad aumenta. (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2013). El maíz y estas harinas se mezclan para elaborar tortillas, sin embargo, otras harinas

ricas en proteínas, como el amaranto y semillas de linaza aumentaron el contenido de proteínas de la tortilla cuando se mezclaron en una proporción 80:20 (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2013)

Nutraceuticos

En 1996, la FDA aprobó el ácido fólico como aditivo alimentario y publicó el informe final que modificó el estándar de identidad para productos de grano etiquetados como enriquecidos obligando a contener ácido fólico en una concentración de 140 mcg / 100 g de la harina. Éste estándar fue aprobado para fórmulas infantiles, alimentos médicos y alimentos para uso dietético especial, productos, además de cereales listos para el consumo (Hamner & Tinker, 2014).

Adicionalmente se ha incorporado la soya para poder complementar el perfil de aminoácidos de los cereales se han fortificado las tortillas de maíz (Wu & Arntfield, 2016). Se necesita un mayor consumo de alimentos saludables para reducir los riesgos de enfermedades crónicas.(Islas-Rubio *et al.*, 2014). Por tal motivo recientemente debido a preocupaciones con respecto a problemas de obesidad hay interés en la mezcla nutracéutica los ingredientes con " masa " para obtener tortillas " saludables ". Dichas tortillas ayudaran a sentirse más satisfechas por mayor tiempo con menos calorías. (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2013).

En particular los alimentos básicos como las tortillas obtenidas de la mezcla d masa con tubérculos (por ejemplo, papa, malanga, ñame, macal, yuca, etc.) ofrecen las ventajas de alto rendimiento y contenido calórico, y forman parte vital de los requerimientos energéticos y nutricionales. Dentro de las mezclas para poder incrementar el valor nutritivo de las tortillas se encuentra la preparada con harina de plátano verde mostrando mayor contenido de proteínas que las que son preparadas con harina de yuca (Aparicio-Saguilan *et al.*, 2013).

La mezcla de maíz, trigo y garbanzo contiene 153% más de proteínas, un 53% más de fibra dietética y un 43% menos de grasa que las tortillas comerciales. Sus contenidos de lisina e isoleucina ayudaron a aumentar la utilización de la proteína neta corregida en un 10%, mientras que la digestibilidad aumentó de 83.5 a 91.8% en comparación con los chips de tortilla comerciales (Islas-Rubio *et al.*, 2014).

La alga *Ulva clathrata*, por su alto contenido de fibra soluble y carotenoides entre otros antioxidantes, es una buena opción para adicionar la tortilla y con ello tener importantes beneficios de salud de los consumidores (Gutiérrez *et al.*, 2014).

SUSTENTABILIDAD

Consumo

Las tortillas de maíz son un alimento primario en México con casi 12 millones de toneladas producidas y consumidas anualmente en México, las tortillas de maíz se producen y distribuyen comercialmente a cuatro escalas: micro (hecho a mano); pequeño (mecanizado); medio (por ejemplo, supermercados); y grande (industriales). En pequeña escala productores, que a menudo consisten en no más que una sola maquina tortilladora , representan el 60% de la tortilla Producción (Gómez-Aldapa *et al.*, 2013).

Como producto cocido, las tortillas se consumen generalmente en 2 horas posterior a su compra (Gómez-Aldapa *et al.*, 2013). En el medio urbano el consumo anual per cápita de tortilla es de 56.7 kilogramos y en el medio rural es de 79.5 lo cual da una media nacional de 68.1 kg (CEDRSSA, 2014).

El uso de soya como suplemento en la formulación de tortillas, no es bien aceptado debido al sabor de los granos, que se debe principalmente a las lipoxigenasas de soja que oxidan el ácido linoleico, especialmente a altos niveles de fortificación (Wu y Arntfield, 2016).

Reducción de costos

El proceso de extrusión en nixtamalización requiere de alimentación de la maquina extrusora con una mezcla de grano de maíz molido y agua de cal. La pasta pasa por un transportador de tornillo a estar cocinado, luego se seca y finalmente se muele para obtener la harina.

Las harinas de calentamiento óhmico tienen características similares a las obtenidas por proceso tradicional, pero con la ventaja de una mejor tortilla. El calentamiento tiene un gran potencial para ser utilizado en la nixtamalización industrial, con la ventaja de ser una tecnología amigable con el medio ambiente (Ménera-López *et al.*, 2013)

El proceso de extrusión permite el uso de maíz entero, reduce los costos de procesamiento y reduce los efluentes contaminantes (nejayote). La adición de la enzima xilanasa durante la extrusión, hidroliza parcialmente los principales componentes celulares de la fibra dietética, los arabinoxilanos, y modifica sus propiedades reológicas. El ablandamiento de la mayoría de las capas de pericarpio de maíz es esencial para formar una masa que tenga características aceptables de laminado, lo cual es importante durante el proceso de elaboración de tortillas (Platt-Lucero *et al.*, 2013b).

ADITIVOS

El empleo de sustancias era empírico, pero con los avances experimentados por la química en el siglo XVIII y con las nuevas necesidades de la industria agroalimentaria del siglo XIX, la búsqueda de compuestos para añadir a los alimentos se hace sistemática. No fue hasta finales del siglo XX cuando en el lenguaje alimentario se incluye el término “aditivo” (FAO,1996). Hoy en día, y según el Codex Alimentarius, el concepto de aditivo se refiere a cualquier sustancia que Independientemente de su valor nutricional, se añade intencionalmente a su alimento en cantidades controladas para mejorar las características de un producto y/o retardar la aparición de características no deseadas.

Modificadores de pH

Su forma de actuar es muy sencilla, pues los conservadores se disuelven en el medio, causando un cambio en la acidez (pH). Las bacterias y hongos en general son susceptibles a estos cambios, y se impide su crecimiento.

Benzoato de sodio (E 211)

Es una sal blanca, cristalina y gelatinosa o granulada del ácido benzoico. Se representa químicamente bajo la fórmula $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$. Se encuentra de forma natural en arándanos, ciruelas pasas, ciruelas, canela, clavo de olor maduro y manzanas (Cubero *et al.*, 2002).

Utilidad

Tiene propiedades antisépticas, anti fúngicas (en presencia de un medio ácido) y bacteriostáticas. Es soluble en agua y ligeramente en alcohol. Puede producirse por neutralización, haciendo reaccionar hidróxido de sodio con ácido benzoico o por agregación del ácido benzoico una solución concentrada caliente de carbonato de sodio hasta cesar la efervescencia.; luego, esta solución se evapora, se enfría y se deja para granularse.

El benzoato de sodio protege los alimentos de la invasión de hongos que hacen que los alimentos dañen y potencialmente te enfermen. Es ampliamente utilizado en alimentos ácidos como aderezos para ensaladas (vinagre), jugos de frutas (ácido cítrico), encurtidos (vinagre) y bebidas carbonatadas (ácido carbónico). Su función es la de aumentar la acidez, para mejorar el sabor de las bebidas con alto contenido de fructuosa como la del refresco de jarabe de maíz.

Efectos secundarios

El benzoato de sodio está asociado con efectos secundarios como confusión, disminución de la orina, dolores de cabeza, arritmia, pérdida de apetito, dolor muscular o calambres y náuseas. Las dificultades respiratorias, la pérdida de conciencia, el sangrado persistente, la sangre en las heces y la orina también se han asociado con el uso de benzoato de sodio, pero se consideran menos comunes.

Ácido fumárico (E 297)

Es un ácido de origen natural presente en muchas frutas y vegetales. Comercialmente se obtiene por síntesis química o a través de la fermentación del azúcar con hongos (Aditivos Alimentarios,

2018). Forma parte de las rutas metabólicas de todas las células vivas. Es un compuesto orgánico con estructura de ácido dicarboxílico que, en nomenclatura IUPAC, corresponde al ácido (E)-butenodioico, o ác. trans-butenodioico; el isómero encontrado en la naturaleza, interviene en varias rutas del metabolismo celular, siendo destacada su participación en el ciclo de Krebs.

Utilidad

El ácido fumárico es un ácido de origen natural que requieren los seres humanos y los animales para vivir. Este ácido se encuentra en las plantas también, y ha sido aprovechado por las compañías de alimentos y científicos por sus propiedades únicas que pueden ayudar a conservar el sabor y otros aspectos de varios alimentos (Damodaran *et al.*, 2008). Dado que es seguro, natural y necesario, se encuentra en diversas aplicaciones en el servicio de comida y otras industrias que tienen que ver con la producción y distribución de alimentos.

El ácido fumárico posee uno de los mayores poderes como acidulante, incrementa el poder de gelificantes y se puede mezclar con otros acidulantes; este no presenta un sabor picante y extremo. Se usa en gelatinas, refrescos, acondicionadores de masas, mermeladas, conservas, recubrimientos de confites, etc. (Díaz., 2018).

Tiene poderes antimicóticos en tratamiento de carnes (mejor que ácido Acético y Láctico). Disminuye hasta el 40% el consumo de Cítrico y el 20% de Tartárico en gelatinas y la cantidad de gel en 2%. Su uso combinado con Benzoatos y ácido Bórico es efectivo contra la degradación de carnes, pescados y mariscos.

El ácido fumárico tiene una baja acidez; en pequeñas cantidades puede utilizarse para regular la acidez de muchos otros ácidos como aquellos que se encuentran en panes y otros productos

horneados (Díaz, 2018). Al agregar ácido fumárico a estos alimentos, se ayuda a mantenerlos frescos por más tiempo, además de que se intensifica el sabor del pan. El ácido fumárico también ayuda a repeler el agua debido a su naturaleza básica como un producto alimenticio.

El ácido fumárico también es un excelente antimicrobiano puede acabar con microbios y otros microorganismos que de lo contrario podrían desarrollarse en la masa u otro entorno alimenticio. Esto significa que puede utilizarse para prolongar la vida de anaquel de forma segura como parte de un programa de tratamiento para la conservación de alimentos. También posee excelentes propiedades antioxidantes por lo que ha sido usado en mantequillas, quesos y leche en polvo. Su efecto antimicrobiano lo hace útil como aditivo para la preservación de vegetales y frutas.

Uso en masas

La masa puede ser difícil de trabajar, especialmente con la masa de trigo que se emplea para hacer panes integrales y otros productos saludables. El ácido fumárico, cuando se agrega a cualquier tipo de masa, ayuda a mejorar su maleabilidad permitiendo trabajarla más fácilmente de manera que pueda producirse en serie, rápida y eficientemente con la mínima interacción humana.

Repelente al agua

El ácido fumárico no es higroscópico por lo que no absorbe agua del ambiente. Esto significa que también es un excelente medio para evitar que alimentos como la tortilla, absorban agua del aire, lo que podría ocasionar que las esporas de moho u otros microorganismos crezcan en la comida.

Hidróxido de calcio (E 526)

El hidróxido de calcio, es un cristal incoloro o polvo blanco, obtenido al reaccionar óxido de calcio con agua, también conocido como cal muerta y/o cal apagada, es un hidróxido cáustico con la fórmula Ca(OH)_2 (Anónimo, 2018). Si se calienta a $512\text{ }^\circ\text{C}$, el hidróxido de calcio se descompone en óxido de calcio y agua. La solución de hidróxido de calcio en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y ataca varios metales. Se enturbia en presencia de dióxido de carbono por la precipitación de carbonato de calcio.

Utilidad

En alimentos su capacidad como regulador del pH y agente endurecedor, hacen del hidróxido de calcio, un aditivo de uso extendido en la industria alimentaria. Otro factor que lo ha convertido en agregado de excelencia a distintos productos, es su pureza química y alta superficie específica con respecto a los carbonatos provenientes de la naturaleza; además es ingrediente infaltable en alimentos comunes como, cereales, frutos secos, barritas de proteína, cacao en polvo, chocolates, mermeladas, gelatinas, helados, galletas, bollería, pastelería, margarinas, fideos chinos, snacks, aceitunas, encurtidos, medicamentos y licores (Aditivos Alimentarios, 2018).

Efectos secundarios

El consumo, inhalación o contacto crónico con el hidróxido de calcio, con alto grado de pureza, lo convierte en un elemento tóxico, que puede acarrear el deterioro de la salud. Normalmente, la ingestión de hidróxido de calcio es accidental y su acción tóxica sobre el organismo, se manifiesta con fuertes lesiones en la boca, dolores de garganta, dolor estomacal, vómitos, diarreas

(probablemente con sangramiento) y hasta desmayos causados por un súbito descenso en la presión arterial (Aditivos Alimentarios, 2018).

Modificadores de actividad de agua

Glicerina o glicerol (E 422)

La palabra glicerol, procede del griego *Glykos*, que significa dulce. Posee un aspecto de líquido viscoso, no tiene color, pero sí un característico olor, además de un sabor dulzón. Es un compuesto higroscópico, por lo que tiene la capacidad de ceder o absorber la humedad presente en el medio ambiente que lo rodea. El glicerol es un alcohol presente de forma natural en el organismo y constituido por tres átomos de carbono. Ingresa al organismo a través de la alimentación o de la degradación de la glucosa tiene varias funciones; es una fuente de energía. El glicerol se encuentra en todos los tipos de aceites, así como en las grasas animales o vegetales, siempre que éstas vayan asociadas a otros ácidos grasos como puede ser, por ejemplo, el oleico, o esteárico (Aditivos Alimentarios, 2018).

Los polioles, también llamados azúcares-alcoholes, se forman cuando los grupos aldehído o cetona de los azúcares se reducen y se produce el correspondiente hidroxilo (Badui, 2013). El poliol más conocido es el glicerol o glicerina, que es parte constitutiva de las grasas y los aceites. Se obtiene por síntesis de glicéridos, estos pueden ser de origen animal extraídos de la piel de reses y cerdos o de origen vegetal extraídos del aceite de coco y otros aceites vegetales. También se obtiene como subproducto de la extracción de Propileno y de Biodiesel.

Utilidad

El glicerol es un ingrediente utilizado en la industria de los alimentos principalmente como humectante, espesante y estabilizante (Badui- Dregal, 2013). Al ser un conductor natural de humedad, que además se puede ingerir, sin temor a efectos secundarios, el propilenglicol es un ingrediente de gran importancia en la fabricación, preservación y almacenamiento de alimentos, ya que se puede agregar para mantener los alimentos hidratados, bien sea como parte de su contenido o como capa protectora. Se emplea en chicles, refrescos, bebidas, panadería, productos dulces, surimi y alimentos para diabéticos. Es utilizado de forma habitual para fabricar jabones. También se utiliza en farmacia para fabricar supositorios y se añade a los cigarrillos y vapeadores para camuflar el sabor desagradable del tabaco (Aditivos Alimentarios, 2018).

Propilenglicol (E 1520)

Es un compuesto orgánico, que surge de la hidratación del óxido de Propileno. Es insípido, inodoro, incoloro y capaz de absorber la humedad de su entorno, cuya apariencia es de un líquido aceitoso transparente y completamente soluble en agua, acetona, y cloroformo (Anónimo, 2018). Está compuesto por tres átomos de carbono, dos átomos de oxígeno y ocho átomos de hidrógeno. Se puede encontrar, como un alcohol transparente, cuya textura es agradable al tacto, por su suavidad y untuosidad.

Utilidad

Se emplea en el color de margarinas y mantequillas, como anticongelante de alimentos, saborizante en bebidas alcohólicas, disolvente sintético, soporte para aditivos, agente saborizante y se utiliza

para fabricar el colorante Annato (Aditivos Alimentarios, 2018). También se utiliza como humectante del tabaco, en cosméticos, productos farmacéuticos y como lubricante íntimo genital, es muy utilizado en máquinas para hacer humo, incluidos los cigarrillos electrónicos.

Llama la atención la excelente reputación que tiene el propilenglicol en la industria química mundial, debido a la cantidad de empresas que lo utilizan, ya sea como hidratante, emulgente, conservante, disolvente, base única o como uno de los ingredientes, para la elaboración de productos, tan disímiles, que van desde cremas cosméticas o medicadas, hasta alimentos, bebidas o productos farmacéuticos.

Efectos sobre la salud

El propilenglicol, es un químico, cuyo uso está catalogado como seguro, tanto para la salud, como para el medio ambiente. Sin embargo, su mal manejo en cuanto a los porcentajes de contenido y el contacto accidental con las mucosas por su ingesta o inhalación, podría ocasionar irritaciones, alergias y malestares en el aparato respiratorio y digestivo Annato (Aditivos Alimentarios, 2018). Además, en el caso extremo de ser administrado vía intravenosa, se convierte en un veneno mortal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aditivos Alimentarios. (2018). Aditivos Alimentarios. enero 17, 2018, Sitio web <http://www.aditivos-alimentarios.com/>
- Anónimo. (2018). Gliceroles. febrero 17, 2019, de NEOKEM Sitio web: <https://www.neokem.mx/propilenglicol.html>
- Anónimo. (2018). Hidróxido de Calcio. mayo 13, 2018, de EcuRed Sitio web: https://www.ecured.cu/Hidr%C3%B3xido_de_Calcio
- Anónimo. (2018). Tendencias en Tortillas. Industria Alimentaria, 40, 46-49.
- Aparicio-Saguilan, A.; Osorio-Díaz, P.; Agama-Acevedo, E.; Islas-Hernández, J. J. y Bello-Perez, L. A. (2013). Tortilla added with unripe banana and cassava flours: Chemical composition and starch digestibility. CYTA - Journal of Food. 11(SUPPL.1): 90-95.

- Badui- Dregal , S. (2013). *Química de los alimentos* . México: Pearson.
- Balderas- López, J. M., Prinyawiwatkul, W., Arámbula- Villa, G., Hernández- Rosas, F., Leyva- Ovalle, O. R., Houbron, E. P., & Herrera- Corredor, J. A. (2019). Prevention of the development of polluting characteristics in cooking water residue from nixtamalisation of corn by removing solid lime particles. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 705-714.
- Bello-Perez, L. A.; Flores-Silva, P. C.; Agama-Acevedo, E.; de Dios Figueroa-Cardenas, J.; Lopez-Valenzuela, J. A. y Campanella, O. H. (2014). Effect of the nixtamalization with calcium carbonate on the indigestible carbohydrate content and starch digestibility of corn tortilla. *Journal of Cereal Science*. 60(2): 421-425.
- CEDRSSA, C. (2014). *distribución y producción de alimentos: el caso del complejo maíz-tortilla*. México DF, México: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- Chel-Guerrero, L.; Parra-Pérez, J.; Betancur-Ancona, D.; Castellanos-Ruelas, A. y Solorza-Feria, J. (2014). Chemical, rheological and mechanical evaluation of maize dough and tortillas in blends with cassava and malanga flour. *Journal of Food Science and Technology*. 52(7): 4387-4395.
- Cubero, N., Monferrer, A., & Villalta, J. (2002). *Aditivos alimentarios*. Mundi-prensa.
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2008). *Fennema Química de los alimentos* (No. 664.07 F335f). Acribia.
- Delgado, R. M.; Luna-Bárceñas, G.; Arámbula-Villa, G.; Azuara, E.; López-Peréa, P. y Salazar, R. (2014). Effect of water activity in tortilla and its relationship on the acrylamide content after frying. *Journal of Food Engineering*. 143: 1-7.
- Díaz, R. (2018). *Ácido fumárico: estructura, propiedades, usos y riesgos*. noviembre 24,2018, de lifeder.com Sitio web: <https://www.lifeder.com/acido-fumarico/>
- FAO/OMS. (1996). *Informe de la 28ª reunión del Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos*. Manila, 18 - 22 de marzo. FAO. Roma.
- García-Lara, S.; Chuck-Hernández, C. y Serna-Saldivar, S. O. (2013). Comparison of the processing and quality of tortillas produced from larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn.) resistant and susceptible maize genotypes. *Journal of Stored Products Research*. 55: 99-105.
- Gómez-Aldapa, C. A.; Rangel-Vargas, E.; Cruz Gálvez, A. M.; Román-Gutiérrez, A. D. y Castro-Rosas, J. (2013). Presence of coliform bacteria, fecal coliforms, *Escherichia coli* and *Salmonella* on corn tortillas in central Mexico. *Food Control*. 32(1): 31-34.
- Guiusti-Bravo, F.. (2017). *Cómo satisfacer a los clientes de la industria alimentaria*. septiembre 26, 2019, de Beetrack Sitio web: <https://www.beetrack.com/es/blog/como-satisfacer-a-los-clientes-de-la-industria-alimentaria>
- Gutiérrez, A. G. Q.; Rosendo, G. G.; Navarro, A. S.; Navarrete, G. E. R.; Sánchez, J. V. y Rivera, G. B. (2014). Characterization of a toasted tortilla made with corn (*zea mays*) and seaweed (*ulva clathrata*) as functional food prospectus. *Cahiers de Biologie Marine*. 56(1): 22-28.

- Hamner, H. C. y Tinker, S. C. (2014). Fortification of corn masa flour with folic acid in the United States: An overview of the evidence. In "Annals of the New York Academy of Sciences", Vol. 1312, pp. 8-14.
- Islas-Rubio, A. R.; de la Barca, A. M. C.; Molina-Jacott, L. E.; del Carmen Granados-Nevárez, M. y Vasquez-Lara, F. (2014). Development and Evaluation of a Nutritionally Enhanced Multigrain Tortilla Snack. *Plant Foods for Human Nutrition*. 69(2): 128-133.
- Janve, B.; Yang, W.; Kozman, A.; Sims, C.; Teixeira, A.; Gunderson, M. A. y Rababah, T. M. (2013). Enhancement of Corn Nixtamalization by Power Ultrasound. *Food and Bioprocess Technology*. 6(5): 1269-1280.
- Kühne, B., Vanhonacker, F., Gellynck, X., Verbeke, W. (2010). Innovation in traditional food products in Europe: do sector innovation activities match consumers' acceptance? *Food Qual. Preference* 21 (6), 629-638.
- López, P. (septiembre, 2017). 90.4% de tortillas en México contiene maíz transgénico. marzo 15, 2018, de El poder del consumidor Sitio web: <https://elpoderdelconsumidor.org/2017/09/90-4-tortillas-mexico-contiene-maiz-transgenico/>
- Méndez, L. I. R.; Cárdenas, J. D. F.; Gómez, M. R. y Lagunas, L. L. M. (2013). Nutraceutical properties of flour and tortillas made with an ecological nixtamalization process. *Journal of Food Science*. 78(10): C1529-C1534.
- Ménera-López, I.; Gaytán-Martínez, M.; Reyes-Vega, M. L.; Morales-Sánchez, E. y Figueroa, J. D. C. (2013). Physico-chemical properties and quality assessment of corn flour processed by a continuous ohmic heating system and traditional nixtamalization. *CYTA - Journal of Food*. 11(SUPPL.1): 8-14.
- Mercado Pedraza, E. B.; Morales-Sanchez, E.; Reyes-Vega, M.; Gaytán-Martínez, M. y Ortega Moody, J. A. (2014). Effects of a low-shear transport system on the physicochemical characteristics of nixtamal corn flour. *Journal of Food Processing and Preservation*. 38(3): 1330-1338.
- Platt-Lucero, L. C.; Ramírez-Wong, B.; Carvajal-Millan, E.; Torres-Chávez, P. I.; Morales-Rosas, I.; López-Mazón, S. L. y Tapia-Ayala, G. I. (2013a). Extruded nixtamalized corn flour for making tortilla: The effect of xylanase on the depolymerization of ferulated arabinoxylans. *CYTA - Journal of Food*. 11(SUPPL.1): 84-89.
- Platt-Lucero, L. C.; Ramírez-Wong, B.; Torres-Chávez, P. I.; López-Cervantes, J.; Sánchez-Machado, D. I.; Carvajal-Millan, E.; Martínez-Bustos, F.; Quintero-Ramos, A. y Morales-Rosas, I. (2013b.) Effect of xylanase on extruded nixtamalized corn flour and tortilla: Physicochemical and rheological characteristics. *Journal of Food Process Engineering*. 36(2): 179-186.
- Reyes-Moreno, C.; Ayala-Rodríguez, A. E.; Milán-Carrillo, J.; Mora-Rochín, S.; López-Valenzuela, J. A.; Valdez-Ortiz, A.; Paredes-López, O. y Gutiérrez-Dorado, R. (2013). Production of nixtamalized flour and tortillas from amarantin transgenic maize lime-cooked in a thermoplastic extruder. *Journal of Cereal Science*. 58(3): 465-471.

- Vanhonacker, F., Lengard, V., Hersleth, M., Verbeke, W. (2010). Profiling European traditional food consumers. *Br. Food J.* 112 (8), 871886.
- Vázquez-Rodríguez, J. A.; Amaya-Guerra, C. A.; Báez-González, J. G.; Núñez-González, M. A. y Figueroa-Cárdenas, J. D. (2013). Study of the fortification with bean and amaranth flours in nixtamalized maize tortilla. *CYTA - Journal of Food.* 11(SUPPL.1): 62-66.
- Wu, M. y Arntfield, S. (2016). Influence of Added Soy Presscake and Soy Flour on Some Physical and Sensory Properties of Corn Tortillas. *Journal of food science.* 81(10): S2552-S2558.

CAPÍTULO III.COMBINATIONS OF CALCIUM HYDROXIDE WITH COMMERCIAL PRESERVATIVES TO EXTEND THE SENSORY SHELF-LIFE OF CORN TORTILLA PREPARED FROM NIXTAMALIZED CORN FLOUR.

**Ángeles Marisol Báez-Aguilar¹, Mirna López-Espíndola¹, Adriana Contreras-Oliva¹,
Gerónimo Arámbula-Villa² & José Andrés Herrera-Corredor^{1*}**

¹Colegio de Postgraduados- Campus Córdoba. Sustainable Agri-Food Innovation Program. Km 348 Carretera Federal Córdoba- Veracruz, C.P. 96946, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N, Unidad Querétaro, Libramiento Norponiente No. 2000, Fraccionamiento Real de Juriquilla, C.P. 76230, Querétaro, Querétaro Mexico.

* Corresponding author: Dr. José Andrés Herrera Corredor.

e-mail: jandreshc@colpos.mx

Phone: 52 (271) 716 6000

SUMMARY

Shelf-life is a limitation for commercialization of corn tortilla. The objective of the study was to evaluate the physicochemical characteristics and shelf-life of corn tortilla stored at room temperature using combinations of calcium hydroxide with commercial preservatives. The methodologies used were detection thresholds evaluation, physicochemical characterization,

consumer test and sensory evaluation to identify critical attributes of acceptance and shelf-life. The highest preservative threshold and the most stable treatment was glycerin. The identification of the critical attributes of acceptance served for the estimation of the useful life, being the main attribute of rejection the fungi. In conclusion, the use of a_w modifiers had better effect in the corn tortilla, because the pH modifiers at detection threshold levels cannot reach an optimum performance in alkaline media.

Running title: Sensory shelf-life of corn tortilla with commercial preservatives.

Keywords: stability, shelf-life, packaged tortilla, lime, consumer.

Highlights:

- The highest detection threshold was found in glycerin with a value of 3.3674%.
- An inverse correlation was found between luminosity and pH.
- The treatment with the least change in physicochemical characteristics was lime with glycerin.
- The treatment with the highest half-life was lime with propylene glycol with 2.30 days.

1. INTRODUCTION

The consumption of tortillas has increased considerably worldwide in the last decade. According to Future Market Insights (2018), it is projected that the global corn tortilla market will be valued at US \$ 12,324.4 million by the end of 2028, expanding at a Compound Annual Growth Rate of 3.7% during the forecast period (2018-2028). The consumption of tortillas has spread to Asia-Pacific due to population migration. As a result, this diversity of ethnic food has been integrated

within this continent. Currently, in North America and Latin America, there has been an increase in the demand for packaged nixtamalization products, including tortillas, tamales, nachos and tacos (Future Market Insights, 2018). Tortillas are currently produced from three main processes: traditional, commercial fresh masa and nixtamalized corn flour (Serna-Saldívar and Chuck-Hernández, 2019). In Mexico, commercial corn tortilla is commonly made from fresh masa or nixtamalized corn flour and is purchased freshly baked directly from tortilla stores distributed throughout the national territory. Changes in the lifestyle of the urban population have caused tortilla manufacturers to develop new tortilla presentations. Although, non-freshly-baked tortilla packed in plastic bags is common in U.S. supermarkets, in México, this type of tortilla presentation is recently distributed in local stores. Tortilla is displayed on shelves at room temperature where deterioration of the product is rapid. Given these conditions of storage and presentation, the use of preservatives is the most common alternative for extending the shelf-life of the product. However, these can alter the traditional and ethnic sensory characteristics of the tortilla resulting in rejection by consumers. The study of the detection thresholds of pH and water activity modifying preservatives in the shelf-life of the bagged tortilla can help to identify the most viable alternative for the choice of the preservative taking into account the perception of consumers.

Tortillas are highly perishable due to composition and high water activity. It has been estimated that its microbiological stability is 6 to 12 hours at room temperature (Higuera-Ciapara & Nieblas, 1995). To control deterioration, different alternatives are commonly used, such as, the use of preservatives, controlled atmospheres, and refrigeration, among others. Oxygen scavengers had also been studied for preservative-free flour tortillas Antunez *et al.*, (2012). Chemical preservatives such as potassium sorbate, calcium and sodium propionate and fumaric acid, among others (Antunez *et al.*, 2012) have been used to control deterioration in wheat flour tortillas. The most

popular antimicrobials for the preservation of corn tortilla are the propionate, sorbate and paraben salts at levels of 0.05% to 0.3%, which are calculated according to the weight of the flour.

Within commercial preservatives there are different modes of action such as pH modifiers and water activity modifiers. In the case of pH modifiers, the most common acidulants for tortilla are fumaric and sorbic acids that are generally recognized as safe (Serna-Saldívar & Chuck-Hernández, 2019). Also, it can be used propionate, sorbate and paraben salts that have an optimum performance at 4.5-5.5 pH range. However, this change in the pH impacts on taste and flavor (Serna-Saldívar & Chuck-Hernandez, 2019) affecting negatively the physicochemical and sensory characteristics of the tortilla. Another way to modify the pH is to alkalize the product to levels above 9 (Tellez-Giron, *et al.*, 1988). This is easy to achieve with the use of the same lime (calcium hydroxide) used for nixtamalization whose main function is to hydrolyze the bonds that hold the hemicelluloses together in the cell walls (Serna-Saldívar & Chuck-Hernández, 2019). However, an excess of lime can also affect flavor, smell, texture and color characteristics of the tortilla.

The moisture content in tortilla is in a range of 42-46% and the water activity is usually greater than 0.94 (Martínez-Flores, *et al.*, 2004). These conditions are favorable for the majority of microorganisms, so water activity is a characteristic of tortilla whose control can favor their shelf-life.

Although these two alternatives are available to preserve the corn tortilla, the same process of nixtamalization requires calcium hydroxide and there is no information on the behavior of the preservatives in the presence of this ingredient and its impact on consumer perception. The combination of calcium hydroxide with commercial preservatives could be a suitable alternative to extend the life of the tortilla packed in a plastic bag and kept at room temperature.

Our hypothesis was that a combination of calcium hydroxide with commercial preservatives improves the sensory shelf life in the corn tortilla. Therefore, the objective of the study was to evaluate the physicochemical and sensory characteristics of the corn tortilla at room temperature using calcium hydroxide combinations with commercial preservatives and its effect on shelf-life and level of consumer liking.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

The tortillas were made with nixtamalized corn flour (MASECA®, GRUMA, S.A.B. de C.V. and Subsidiaries Calzada del Valle 407 Ote. San Pedro Garza García, N.L. México, CP 66220). Flour was purchased at a local self-service store in Córdoba, Veracruz, México. Preservatives used as pH modifiers were: 1) fumaric acid (MEYER, Química SUASTES, S.A. de C.V., Calle pámpano No.7 Col. del mar Tláhuac delegation CP 13270, México, Distrito Federal) and 2) sodium benzoate (Droguería Cosmopolita, Avenida Revolución No. 1080, Col. Mixcoac, Mayor Benito Juárez, CP 03910, in México City). Water activity modifiers were: a) propylene glycol and b) glycerol (Droguería Cosmopolita, Avenida Revolución No. 1080, Col. Mixcoac, Mayor Benito Juárez, C.P. 03910, in Mexico D.F.). Calcium hydroxide (brand NIXTACAL®, Av. Constituyentes # 4989 between G. Rojas and Figueroa, Col. Primero de Mayo, C.P. 91757, Veracruz, Ver.) was used in combination with the preservatives. As a reference, a treatment without preservatives was included in the treatments. Tortilla samples were packed in low density plastic bags (REYMA®, Boulevard Hermanos Aldama No. 4321, industrial city, C.P. 37490, León Guanajuato), 18 x 26 cm. To seal the bag rubber bands were used to simulate the packages that already exist in the Mexican market.

2.2. Tortilla preparation

Tortillas for threshold evaluation were freshly prepared by mixing 450 g of nixtamalized corn flour (MASECA®) with 550 g of water and their corresponding preservative (water activity modifier or pH modifier) concentration as indicated in Determination of detection thresholds section. From the obtained masas, disks of approximately 10 cm diameter were manually formed, and then baked over a stainless steel griddle previously heated to 226.86 °C. After baking by the first side for 30 s, tortillas were flipped. The second side was baked for 40 seconds and then the first side again for 20 seconds (López et al., 2013). The tortillas were allowed to cool to 25 ° C.

Once thresholds were determined for all preservatives, the amount corresponding to the threshold for calcium hydroxide was included in the formulations of tortillas for sensory shelf-life determination and consumer study. So, formulations included 450 g of nixtamalized corn flour, 550 g of water, 2.227 g of calcium hydroxide (0.2227 %) and the concentration of preservative corresponding to their threshold. Treatments were coded as CONTROL (corn flour without lime nor preservatives), LIME (corn flour+ lime), LM+FA (corn flour + lime + fumaric acid), LM+SB (corn flour + lime + sodium benzoate), LM+PG (corn flour + lime + propylene glycol), LM+GL (corn flour + lime + glycerin). One tortilla was placed per plastic bag and sealed with a rubber band. Packages were kept at room temperature during 5 days for shelf-life evaluation. Freshly made tortillas with these same formulations were used for the consumer study.

2.3. Determination of detection thresholds

Thresholds detection was determined according to the ASTM standard E679-04 (Chokumnoyporn *et al.*, 2015). In the preparation of samples for threshold evaluation, concentration of preservatives was increased exponentially so that samples to be evaluated had concentrations separated by a

constant factor as indicated in the ASTM standard. The concentrations did not exceed the permissible limits: 1 g/kg for sodium benzoate (NOM-187-SSA1 / SCFI-2002); 2 g/kg for fumaric acid (MERCOSUR / GMC / RES. No. 34/10); and 1.5 g/kg for propylene glycol (Alimentarius, C., 2015). In the case of glycerin, the limit was determined experimentally given there is no standard indicating a permissible limit. The calculation of the concentrations of the preservatives was performed on a humid basis (masas with 65.82% moisture, considering the moisture of the flour and the water added to prepare the mass). Concentrations of preservatives used were as follows: 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 and 1% for calcium hydroxide; 0.1875, 0.375, 0.75, 1.5 and 3% for glycerin; 0.00625, 0.0125, 0.025, 0.05 and 0.1% for sodium benzoate; 0.0046, 0.0093, 0.0187, 0.0375, 0.075% for propylene glycol; and 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1 and 0.2% for fumaric acid.

Determination of the thresholds was carried out by 8 semi-trained panelists in the Sensory Evaluation Laboratory of Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba (Carr. Fed. Córdoba-Veracruz, Km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, CP 94946, Mexico). Factors such as light, room temperature (25 ° C) and external aromas were controlled. Each sample was coded using a random 3-digit number. There were 6 sessions, each session consisted of 5 evaluations. In each evaluation, a 3-AFC test was used where 3 tortilla samples were presented simultaneously to each panelist. Each panelist evaluated the aroma from left to right. Between each sample the panelist smelled ground coffee to avoid saturation effect. According to his/her criteria, the panelist selected the sample that presented the most intense aroma.

2.4. Sensory shelf- life

The determination of sensory shelf-life was conducted using a design in Current Status Data. Eight semi-trained panelists participated to evaluate the samples daily for a week. For the evaluation of sensory shelf-life, each panelist evaluated a series of 6 tortilla samples individually packaged (one

of each treatment) previously coded. Panelists used only their senses of sight and smell for the evaluation. Each panelist evaluated each tortilla sample according to their criteria and indicated whether the tortilla was suitable for consumption or not. If the answer was negative, the panelist also indicated the reasons why samples were not suitable for consumption. Among the reasons for the rejection of samples were: presence of fungi, dryness, acid smell, unpleasant odor. The CATA technique (Check All That Apply, Lê S. & Worch, T., 2015 and Ares & Jaeger, 2015) was used for the analysis of these data.

2.5. Consumer study

The study was conducted at the Technological University of the Center of Veracruz (UTCV) located at Av. Universidad No.350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja, Congregación Dos Caminos, Cuitláhuac, Ver. A total of 100 students participated in the study: 62% female and 38% male, the ages of consumers were between 18 to 54 years of age, 92% of surveyed people consume fresh or freshly made tortillas daily, 11% of consumers eat tortillas packed once a month, 38% eventually and 33% do not consume packaged tortillas.

The evaluation included a questionnaire divided into two parts. The first part included questions about general data, such as, age, sex, frequency of consumption of fresh and packaged tortillas. In the second part, students were asked to evaluate sensory attributes of tortilla samples. Tortillas were evaluated using a nine-point hedonic scale (1 = Extremely dislike, 5 = neither like or dislike and 9 = Like extremely) as described by Herrera-Corredor *et al.* (2007). The evaluated attributes were: overall appearance, color, aroma, texture in the mouth, flavor, and aftertaste.

2.6. Physicochemical Analysis

2.6.1. pH

Determination of pH was performed using the ASTM 1293-12 standard (ASTM, 2012a). A 10 g sample was added to 90 mL of distilled water and blended for 5 min in a classic blender Oster® 2-speed model BLSTBG4127V (Av. Juarez No. 40-201 Col Ex Hacienda of Santa Monica Tlalnepantla, CP054050, Mexico). Measurement was carried out using an Orion 3-Star potentiometer (Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, USA) previously calibrated with pH 7 and 10 reference solutions. The determinations were made in triplicate.

2.6.2. Water activity

For a_w determination, circular 4.5 cm tortilla samples were placed into the sample holder for measurement. The reading was made in duplicate. The measurement of a_w was performed with a water activity meter brand Rotronic model HygroLab C1 (ROTRONIC AG Grindelstrasse 6 8303 Bassersdorf Schweiz) previously calibrated.

2.6.3. Color

The color determination was carried out with an EZ4500L colorimeter (11491 Sunset Hills Road Reston, Virginia 20190) on Hunter scale L, a and b with circumferential illumination of 45 degrees and 0 degrees of viewing angle. The determination was made in triplicate.

2.7. Fungi isolation and identification

For fungi isolation, the six tortilla treatments were incubated in a Binder® brand stove (Binder® Inc. 585-1D Johnson Ave Bohemia, NY 11716, USA) at 28 ° C for three days for fungal proliferation. After this, three washes were made in order to eliminate bacteria present in the samples. The washes were carried out as follows: the samples with the highest proliferation of

fungi were identified, then with a scalpel, 2 × 2 cm tortilla squares were cut and the first wash was carried out with a 1% alcohol solution. The second washing was done with 1% chlorine solution and finally rinsed with water. The previously washed samples were placed in sterile Petri dishes and incubated for 24 h at 28 ° C. Once the inoculation time had elapsed, fungal growth was continued on potato dextrose agar and rose bengal culture media (both BD Bioxon) using the puncture technique. Samples were incubated for 24 h at 28 ° C. The previously isolated fungi were observed under a ZEISS microscope model Primo Star (One Zeiss Drive Thornwood, NY 10594 United States) with a 40X approach and with a Canon EOS REBEL T1i / EOS 500D camera (Blvd. Manuel Avila Camacho No. 138, 17th floor). Col. Lomas de Chapultepec, Miguel Hidalgo Delegation CP 11000, Mexico) photographs were taken for the subsequent morphological identification of the fungi. The morphological identification was made using the method described by Barnett & Hunter (1972).

2.8. Statistical Analysis

The data analysis of physicochemical characteristics was performed using a completely randomized experimental design. Multiple comparisons between means were made using the Tukey test ($p \leq 0.05$). In the case of the consumer study, a balanced incomplete block design was carried out according to plan 11.5 $t = 6$, $k = 3$, $r = 10$, $b = 20$, $\lambda = 4$, $E = 0.80$, Type I (Cochran & Cox, 1992). Selection of model for sensory shelf-life using interval censored data was performed using the "icenReg" package for R (Anderson-Bergman C, 2017). Parametric models tested included: gamma, exponential, weibull, lnorm and loglogistic. The sensory shelf-life calculations were performed using the functions provided by Hough (2010). The RVAideMemoire package (Hervé, M., 2019) was used to calculate the Cochran's Q test for CATA data. The statistical

software used was R version 3.4.1 and the RStudio 1-0-143 environment using the agricolae library: Statistical Procedures for Agricultural Research (Mendiburu, 2017).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Thresholds determination

The calculation method most used to identify thresholds is the best estimate threshold (BET) (Piornos *et al.*, 2019). The detection thresholds per group $n = 9$ for each preservative was determined in corn tortillas. The GBET value of averaged odor detection of LIME was 0.2227%. This indicated that the panelists could correctly identify the sample with greater intensity in the odor at this concentration. The percentage of panelists who detected a greater intensity in the odor in the concentrations 0.125%, 0.25% and 0.5% in corn tortilla was 33.33%, 77.77% and 77.77%, respectively. The GBET of LM+SB was 0.0655%. The percentage of odor detection (0.05% and 1%) was 44.44% for both concentrations. For LM+FA, the GBET was 0.1409% and the odor detection percentage for the 0.05% and 0.1% concentrations was 22.22% and 33.33% respectively. This threshold (GBET) value is lower than that used (0.45%) by Tellez-Giron *et al.*, (1988) in corn tortillas. In the case of LM+GL, the GBET was 3.3674% and the percentage of odor detection in the 1.5% and 3% concentrations was 33.33% and 22.22% respectively. Clubbs *et al.*, (2008) found a value similar to the detection threshold using 4% glycerin with 1% salt to mask the taste of glycerin in corn tortillas. The benefits of this mixture provided greater elasticity and improved the distribution of water in the tortilla during storage. LM+PG had a GBET of 0.1160%. The percentage of odor detection at 0.0375% and 0.075% was 33.33% and 22.22% respectively.

3.2. Shelf-life estimation

The shelf-life is defined as the period from which the product is packaged until the product loses its sensory, functional and nutritional characteristics previously established as acceptable (Hough, G., 2010). The shelf-life in most cases is determined by changes in sensory attributes the decrease in the desirable characteristics of the product (Giménez *et al.*, 2017). The estimation of the shelf-life for the different treatments with commercial preservatives tested in this study was carried out comparing different probability models. Taking the best log likelihood (the lowest) as the criterion of choice, it was found that the least adjusted distribution was that of Weibull since its value of log likelihood was -104.48. The best distribution that was adjusted for the estimate was the exponential, with a log likelihood value of -115.19. For this model, the probability of survival decreased rapidly at the beginning of the storage period. In comparison with the rest of the probability models, the exponential distribution was the only model that did not present an "S" shape, but it was the one that had the best fit to the data.

The results of Table 1 present the percentage of product rejection at 10, 25 and 50%. The treatment that showed the best results was LM+PG in all three cases (10, 25 and 50%) since it had the longest shelf-life with 0.35, 0.95 and 2.30 days respectively. The second best treatment was LM+SB providing shelf-lives of 0.33, 0.90 and 2.19 days respectively. The treatments with shorter shelf lives were: CONTROL and that of LM+FA; the shelf lives were 0.15, 0.41 and 0.99 days for the CONTROL case and 0.18, 0.50 and 1.21 days for the case of LM+FA.

Table 1 Estimation of shelf-life of treatments with an exponential model at different rejection percentages.

% Rejection	Shelf-life (days)					
	LM+SB	CONTROL	LIME	LM+FA	LM+GL	LM+PG
10	0.33±0.07	0.15±0.03	0.31±0.06	0.18±0.04	0.29±0.06	0.35±0.08
25	0.90±0.20	0.41±0.09	0.84±0.18	0.50±0.11	0.79±0.17	0.95±0.22
50	2.19±0.49	0.99±0.22	2.04±0.45	1.21±0.26	1.92±0.42	2.30±0.53

Average values \pm standard error. CONTROL = sample without preservative, LM+FA = lime+fumaric acid, LM+PG = lime+propylene glycol, LM+SB = lime+sodium benzoate, LIME= calcium hydroxide and LM+GL = lime+glycerin. The shelf-life at 50% rejection rate corresponds to the half-life

In the food industry the use of pH-modifying preservatives is common. Martínez-Flores *et al.*, (2004) reported that at 22 ± 1 ° C the shelf life was 3 days after storage using sodium propionate, potassium sorbate, calcium hydroxide, propylparaben and sodium propionate. The shelf-life of the tortillas containing calcium propionate and dimethyl fumarate both at 0.05% was 1.7 and 2 days respectively and 1.3 for the control sample (Islam et al., 1984). On the other hand, Tellez-Giron (1988) reported shelf-lives of 3 days for tortillas made from fresh corn and 4 days for commercial tortilla from Los Angeles, CA, where the sample presented a mixture of preservatives such as: fumaric acid, Ca-propionate and K-sorbate.

Regarding the reasons why the panelists indicated that the tortilla was not suitable for consumption, it was found that, both the dryness and the smell of the soil, were not critical factors for rejection. With respect to fungi, on day 1 and 2, no presence of fungi was observed. In the case of day 3, the CONTROL and LM+FA treatments had a greater presence of fungi than the rest of

the treatments. The sticky attribute presented the following behavior: on day 1 no stickiness was detected in the tortilla, on day 2 LM+FA presented greater tackiness than the rest of the treatments, on day 3 the stickiest treatment was CONTROL. For day 4 the greatest stickiness was in the CONTROL followed by LM+GL and LM+FA; and finally for day 5 the stickiest treatment was LM+FA. The unpleasant smell attribute behaved as follows: on day 1 and 2 no unpleasant odor was detected, on day 3 the treatment with the most intense odor was CONTROL, followed by LM+FA, on day 4 the most intense odor was LM+FA treatment and CONTROL and day 5 mainly by CONTROL, LM+FA and LM+PG. The acid smell on day 1 was not detected; on day 2 it was slightly noticed on the CONTROL; by day 3 the odor was perceived more easily in the CONTROL followed by LM+FA; on day 4 the most intense smell was at the CONTROL and the subtlest in LIME and LM+PG; and for day 5 the most intense smell was found in the LM+GL treatment and the subtlest in LM+PG.

3.3. Consumer study

Consumers frequently look for tortillas with improved characteristic attributes, where opacity, flexibility and thickness usually stand out (Cepeda *et al.*, 2000). The results of the level of liking in the tortilla samples with commercial preservatives are presented in Table 2. Based on the Tukey's test, there were no significant differences in liking between the sensory attributes evaluated in the consumer test. This suggests that the levels of preservatives used in the study (based on detection thresholds) were not perceived by consumers. Herrera-Corredor *et al.* (2007) mentioned that the critical sensory attributes for acceptance are mainly influenced by taste and texture in the mouth while the intention to purchase corn tortilla products is influenced by general taste, taste, chewing, rollability and the general appearance.

Table 2. Sensory attributes of tortillas added with commercial preservatives.

Preservative	Sensory attributes					
	General appearance	Color	Odor	Texture in mouth	Taste	Aftertaste
LM+SB	5.65±1.63a	5.84±1.80 ^a	5.76±1.99a	5.04±2.03a	5.36±2.00a	5.29±2.08a
CONTROL	5.90±1.92a	5.78±1.81 ^a	5.65±2.13a	4.86±2.29a	5.14±2.14a	5.16±2.06a
LIME	6.20±1.60a	6.42±1.53 ^a	5.44±1.98a	5.72±1.96a	5.86±1.95a	5.82±2.05a
LM+FA	5.82±1.83a	5.63±1.81 ^a	5.79±1.88a	5.18±2.13a	5.33±2.05a	5.42±1.96a
LM+GL	6.00±2.00a	6.14±1.81 ^a	5.76±1.97a	5.78±1.74a	5.74±2.07a	5.96±1.87a
LM+PG	5.98±2.17a	5.94±1.96 ^a	5.55±2.25a	5.84±2.07a	6.14±1.98a	5.96±1.89a

* Average values ± standard deviation. Means with the same letter in the same column had no significant differences (Tukey at 0.05 of significance). CONTROL = sample without preservative, LM+FA = lime +fumaric acid, LM+PG = lime+propylene glycol, LM+SB = lime+sodium benzoate, LIME= calcium hydroxide and LM+GL = lime+glycerin.

In the biplot (Figure 1) it can be observed that the attributes aftertaste, mouthfeel, flavor and overall liking were strongly correlated among them, as well as the attributes of color and appearance. These last two, had an inverse correlation with the aroma attribute. Based on the analysis of clusters two groups were found 1) included, LM+SB and CONTROL and group 2) LM+PG, LM+GL and LIME. The LIME treatment was best described with color and appearance. LM+GL and LM+PG were best described with aftertaste, mouthfeel, flavor and overall liking.

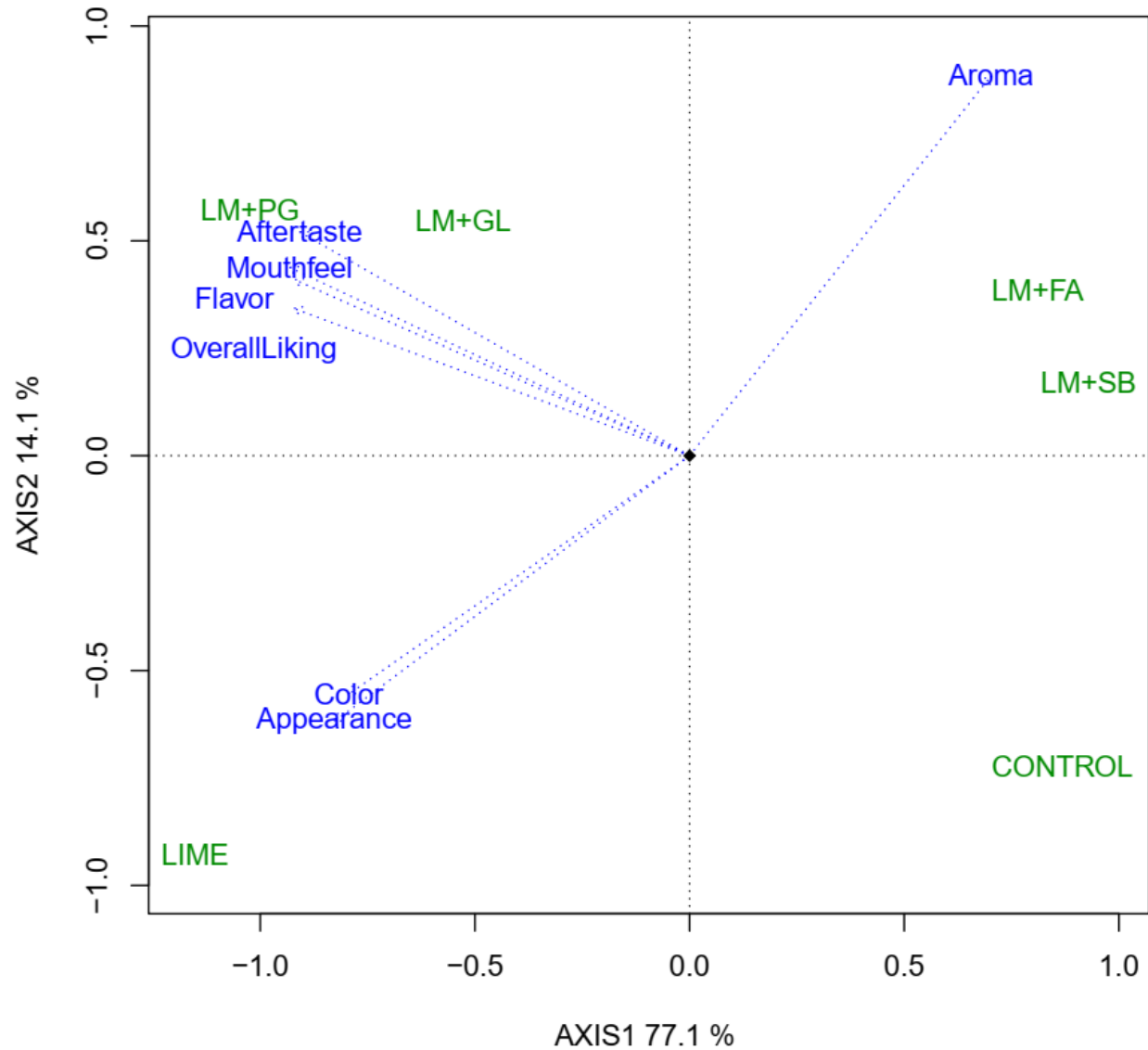


Figure 1. Biplot based on the analysis of the main components of the sensory attributes evaluated.

CONTROL = sample without preservative, LM+FA = fumaric acid, LM+PG = propylene glycol, LM+SB = sodium benzoate, LIME= calcium hydroxide and LM+GL = glycerin.

3.4. Physicochemical characteristics of the tortilla

3.4.1. pH

Figure 2 shows the behavior of the pH over time. It was found that all treatments showed a decrease in pH. There were significant differences between curators and evaluation times. According to the Tukey's test, the treatments were grouped into 3 groups: group a) LM+GL, LM+PG, LIME and LM+SB with pH between 8.82 and 8.70, group b) LM+FA with pH of 7.40 and group c) CONTROL sample with pH 7.00.

The treatment that had the greatest change in pH was CONTROL, since it changed from 8 to 5.65 (2.35 pH units). The treatment with the least change in pH was LM+GL with 1.60 pH units (from 9.47 to 7.89). The LIME and LM+ FA treatments decreased 2.03 pH units. Additionally, the LM+ FA treatment showed a tendency very similar to that of the CONTROL treatment. This suggests a neutralization of the alkaline pH by the action of the acid leaving the pH of the tortilla at a level similar to the CONTROL treatment where lime was not used in its formulation.

Cepeda *et al.*, (2000) indicated that fumaric acid, effectively decreases the pH of the tortilla without causing significant problems in the machinability of the dough for the case of wheat flour tortillas. The change in pH over time is related to microbial growth particularly fungi and yeasts. The fungi tolerate a large pH range (2.5 - 7.5) and are able to alter the pH by excreting the bacteria (Gimeno, A., 2002).

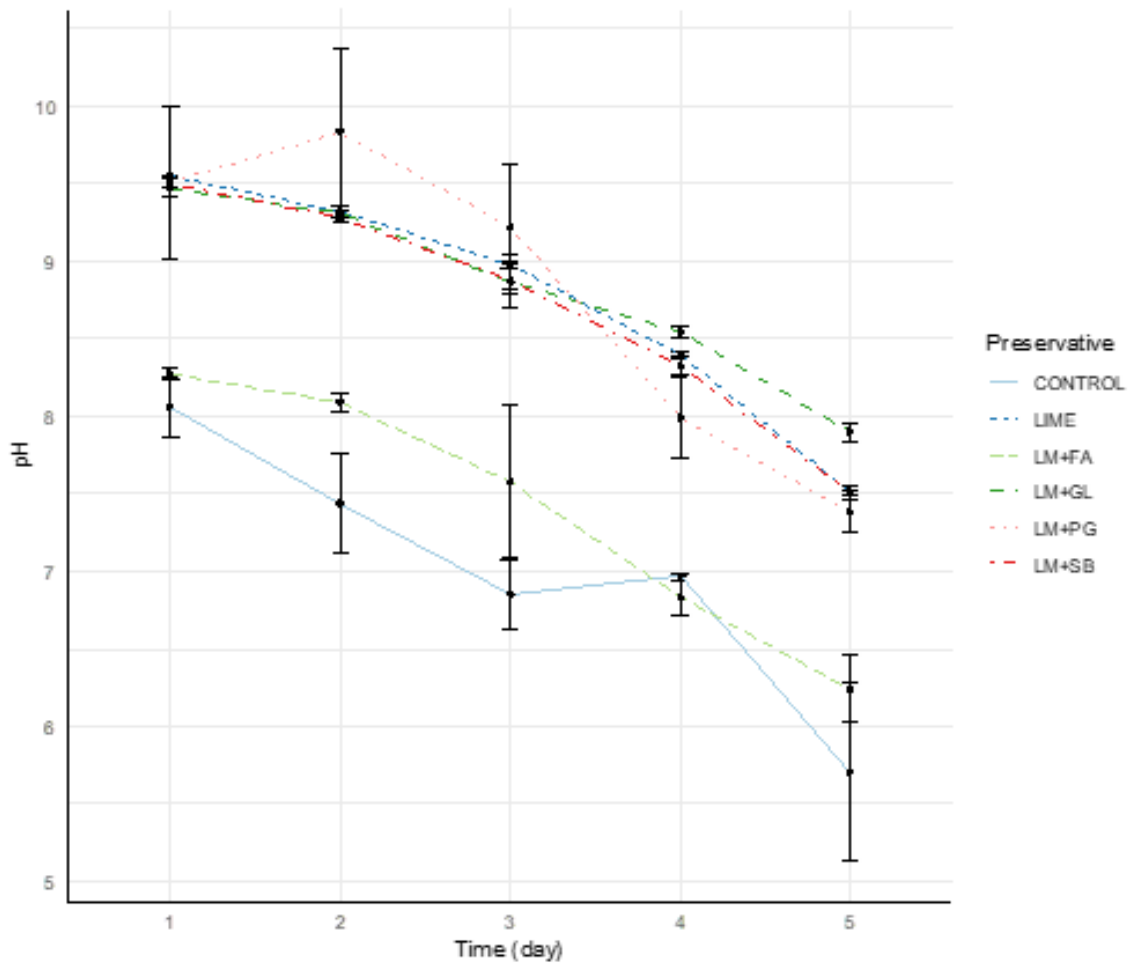


Figure 2. Behavior of pH over time in corn tortillas with lime-preservative combinations. CONTROL = sample without preservative, LM+FA = fumaric acid, LM+PG = propylene glycol, LM+SB = sodium benzoate, LIME= calcium hydroxide and LM+GL = glycerin.

3.4.2. Water activity

The stability of food is weakened by high a_w , since it promotes microbial development (Rahman, 2007). Favorable conditions of a_w allow both chemical and enzymatic reactions necessary for the development of as many bacteria as molds to take place (Flores-Chavez et al., 2002). Figure 3 shows the behavior of the a_w over time. According to the analysis of variance and the Tukey's test

for the preservative factor, significant differences were found in the effect of the preservatives on water activity generating 3 groups: group a) LM+ SB with a_w of 0.97, group b) LIME, LM+ PG, LM+ FA and CONTROL with an a_w of 0.96; and group c) LM+ GL with a_w of 0.94.

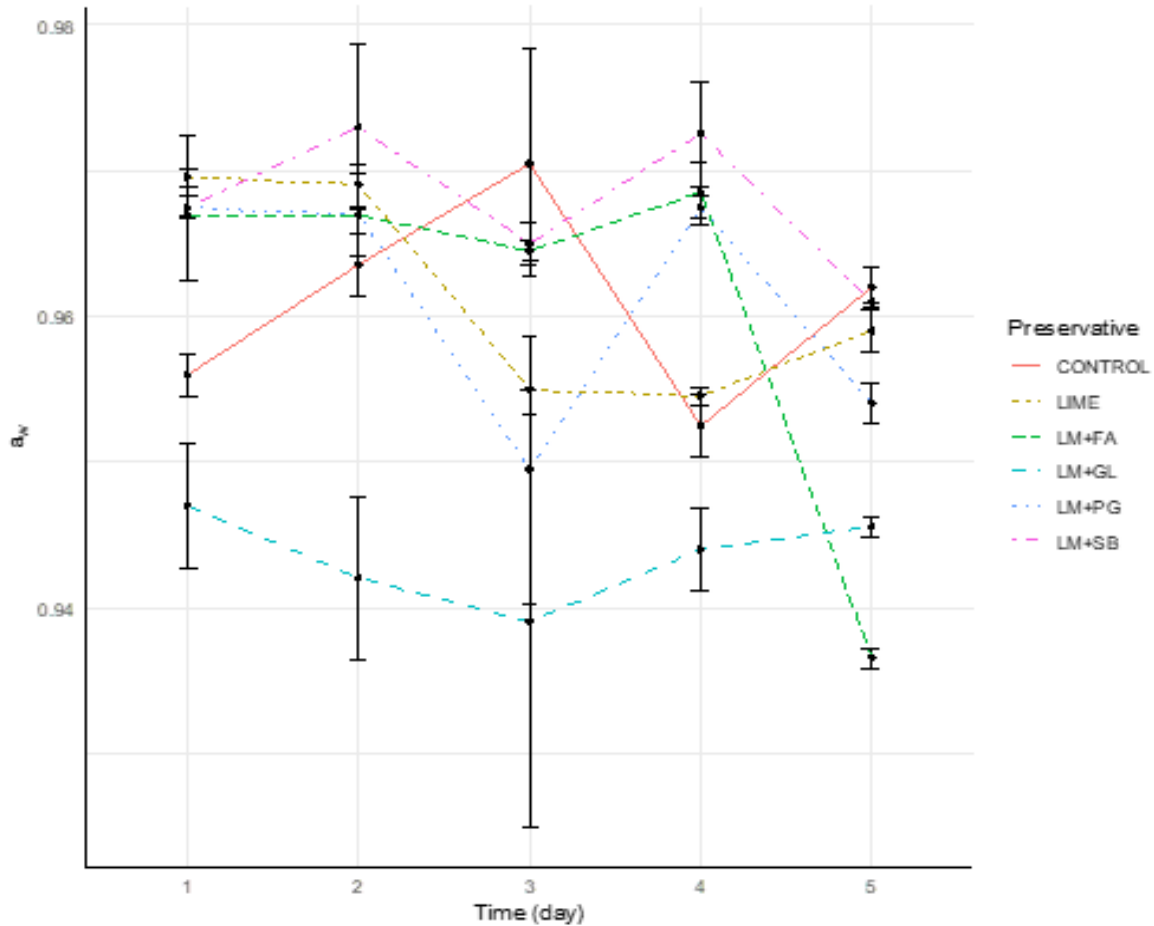


Figure 3. Behavior of water activity (a_w) over time in corn tortillas with lime-preservative combinations.

CONTROL = sample without preservative, LM+ FA = fumaric acid, LM+ PG = propylene glycol, LM+ SB = sodium benzoate, LIME= calcium hydroxide and LM+ GL = glycerin

In relation to water activity, interaction between time and preservative factors was found. The most stable treatment was LM+ GL since its initial water activity was 0.9470 and on day 5 it was low

to 0.9455 indicating that it dropped only 0.0015 a_w units. This treatment was also maintained at the lowest a_w during the valuation period (Figure 2). According to Vittadini *et al.* (2004), the addition of glycerol (4%) and salt (1%) significantly decreased the freezing water content which makes the tortillas potentially more stable. Both LIME and LM+ PG presented a similar behavior since they decreased the a_w content by 0.0105 and 0.0135 units respectively. The preservative associated with the less stable treatment was LM+ FA since under 0.0305 units of a_w between days 1 and 4.

3.4.3. Color

With regard to luminosity, the treatments presented significant differences between them (Table 3). According to the Tukey's test for the preservative factor, the treatments were separated into three groups: group a) LM+ FA and CONTROL with luminosity between 77 and 75; group b) LM+ FA and LM+ PG with luminosity between 75 and 73; and group c) LM+ PG, LM+ SB, LIME and LM+ GL with luminosity between 73 and 71.

The treatment with the greatest difference in brightness over time was LM+ FA since the luminosity difference between days 1 and 5 was 7.56 units. The treatment with the smallest difference in luminosity was LM+ SB with a difference of 2.61 units.

Table 3. Physicochemical characteristics of tortillas with different preservatives.

Preservative	pH	L	a	b	Aw
CONTROL	7.00±0.85c	77.22±2.61a	0.56±0.91a	17.21±3.82c	0.96±0.01b
LM+ FA	7.40±0.82b	75.94±3.70ab	0.74±0.50a	18.85±2.65c	0.96±0.01b
LM+ PG	8.79±1.03a	73.79±2.33bc	0.37±0.77a	23.65±4.10b	0.96±0.01b
LM+ SB	8.70±0.74a	73.25±2.71c	0.51±0.97a	24.05±4.00ab	0.97±0.01a
LIME	8.75±0.76a	71.84±2.98c	0.30±0.70a	23.76±3.61b	0.96±0.01b
LM+ GL	8.82±0.59a	71.59±3.14c	0.68±0.58a	25.88±3.83a	0.94±0.01c

* Average values standard deviation. Means with the same letter in the same column have no significant difference (Tukey at 0.05 of significance). pH, L, a and b are averages of 3 repetitions. aw are averages of 2 repetitions. L, a and b measured on the Hunter Lab scale. CONTROL = sample without preservative, LM+ FA = fumaric acid, LM+ PG = propylene glycol, LM+ SB = sodium benzoate, LIME= calcium hydroxide and LM+ GL = glycerin.

The treatment with the greatest difference in brightness over time was LM+ FA since the luminosity difference between days 1 and 5 was 7.56 units. The treatment with the smallest difference in luminosity was LM+ SB with a difference of 2.61 units.

The results suggest an inversely proportional correlation between luminosity and pH since, at lower pH, luminosity was greater. Using a linear regression for the pH and L values, the following model was found: $L = 93.8 - 2.41 (\text{pH})$; Adjusted R-squared: 0.5459. As an example, the CONTROL treatment presented the lowest pH (5.70) and had the highest luminosity (77.22), and the highest pH was found in 7.89 with a luminosity of 71.59. Vázquez Carrillo (2011) reported similar results, mentioning that packaged tortillas studied with the lowest pH between 5.3 for

foreign packed tortilla and 5.8 for national packed tortilla. The luminosity values for the case of national packed tortilla were 82.2% and for the foreign packed tortilla it was 91.9%.

Regarding the value of a, no differences were found between treatments. It was found that the treatments had reddish tones. The LM+ FA treatment was the one with the most reddish hue (0.74), followed by the LM+ GL treatment (0.68). The treatment with the less reddish color was LIME.

In the value of b, the six treatments were located on the yellow (b +) side of the scale and grouped into three groups: group a) LM+ GL and LM+ SB with values between 24.04 and 25.88, group b) LM+ PG, LIME and LM+ SB with values between 23.65 and 24.05; and group c) CONTROL and LM+ FA with values between 17.21 and 18.85. The most yellow treatment was LM+ GL, followed by LM+ SB and the least yellow was CONTROL. This indicated that the tortillas had yellowish tones due mainly to the addition of calcium hydroxide.

3.5. Isolation of fungi

Fungi carry out the decomposition of food by the secretion of enzymes that decompose the complex organic compounds in simpler molecules that later absorb. When fungi are seen on the surface of a food, their roots have already invaded much of the product (Anonymous, 2018). Gimeno, A. (2002) indicated that the majority of fungi develop from a_w values of 0.70 and with optimum temperatures for development between 25 and 30 °C. Due to the high moisture content, from 45 to 50% and high water activity (0.94 to 0.98). The tortilla is a favorable medium for the development of microbes and molds and yeasts that can appear after 48 hours. (Martínez-Flores et al., 2004).

The fungus found in tortilla samples was identified as: *Monilia sitophilia*. This was determined based on the characteristics present in the samples, since they presented white or gray mycelium,

abundant in culture; branched conidiophores, pink colored conidia (blastospores), short cylindrical to rounded, in branched acropetalic chains. *Monilinia* spp. Is commonly known to be the cause of the rot or mummified fruits of rosaceous species being the most common fruits such as apples and pears (Muñoz *et al.*, 2008). Martínez- Flores *et al.* (2004) reported in their study the appearance of fungus *Aspergillus* ssp., *Penicillium* ssp., and *Monilia* ssp. suggesting that those fungi were present in the environment and in the tortilla production equipment.

4. CONCLUSIONS

Regarding physicochemical analysis, the combination of calcium hydroxide with commercial preservatives, the combination lime with glycerin showed the best benefits in both pH and a_w since it was the treatment that resulted in the least changes. Regarding to the consumer study, using detection thresholds for tortilla formulations did not affect consumer liking. The shelf-life had better results when using the combination lime with propylene glycol since it reached 2.30 days. It is concluded that it is preferable to use a_w modifiers. The pH modifying preservatives at detection threshold levels were not functional in corn tortillas, since the alkalinity of the product does not allow them to reach their optimum performance.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the National Council of Science and Technology (CONACYT) for the M.Sc. scholarship awarded to the first author. To Dr. Carlos R. Llarena Hernández of the Faculty of Biological and Agricultural Sciences of the Universidad Veracruzana, Dr. Francisco Hernández Rosas of the Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, and the Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Authors have no conflict of interest to disclose.

6. REFERENCES

- Alimentarius, C. (2015). codex Stan 192, 1995. Norme générale Codex pour les additifs alimentaires.
- Anderson-Bergman, C. (2017). "icenReg: Regression Models for Interval Censored Data in R." *Journal of Statistical Software*, *81*(12), 1-23. doi: 10.18637/jss.v081.i12([URL:http://doi.org/10.18637/jss.v081.i12](http://doi.org/10.18637/jss.v081.i12)).
- Anonimous. (2018). Hongos en los alimentos. febrero 4, 2019, de PREVENSYSTEM Sitio web: <https://www.prevensystem.com/internacional/427/noticia-hongos-en-los-alimentos.html>
- Antunez, P. D., Botero Omary, M., Rosentrater, K. A., Pascall, M., & Winstone, L. (2012). Effect of an Oxygen Scavenger on the Stability of Preservative-Free Flour Tortillas. *Journal of food science*, 77(1), S1-S9.
- Ares, G., & Jaeger, S. R. (2015). Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: Experimental considerations and impact on outcome. In *Rapid sensory profiling techniques* (pp. 227-245). Woodhead Publishing.
- ASTM (2012a). Standard Test Methods for pH of Water. Standard Designation D1293-12. West Conshohocken, PA: ASTM International
- ASTM (2011). E679-04: Standard Practice for Determination of Odor and Taste Threshold by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits. Philadelphia, PA, USA:ASTM International.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1972). Illustrated genera of imperfect fungi. Illustrated genera of imperfect fungi., (3rd ed).
- Cepeda, M., Waniska, R. D., Rooney, L. W., & Bejosano, F. P. (2000). Effects of leavening acids and dough temperature in wheat flour tortillas. *Cereal chemistry*, 77(4), 489-494.
- Cochran, W. C. & Cox G.M.. (1992). *Experimental Designs*. Canada: Wiley Classics Library .
- Chokumnoyporn, N., Sriwattana, S., Phimolsiripol, Y., Torrico, D. D., & Prinyawiwatkul, W. (2015). Soy sauce odour induces and enhances saltiness perception. *International journal of food science & technology*, 50(10), 2215-2221.
- Clubbs, E. A., Vittadini, E., Shellhammer, T. H., & Vodovotz, Y. (2008). Effects of storage on the physico-chemical properties of corn tortillas prepared with glycerol and salt. *Journal of cereal science*, 47(2), 162-171.
- Flores Chávez, H. D., Villareal López, J. L., & Villareal Sánchez, J. A. (2002). Determinación y caracterización de microorganismos presentes en la masa para tortilla de maíz en tortillerías del municipio de Saltillo, Coahuila. In Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 13 (pp. 1-11). FEMISCA.
- Future Markert Insights. (2018). Tortilla Market: Unique Recipes Incorporating Different Types of Tortilla to Foster Revenue Growth: Global Industry Analysis (2013 - 2017) & Opportunity Assessment (2018 - 2028). diciembre 4, 2018, de Future Markert Insights Sitio web: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/tortilla-market>

- Gimeno, A. (2002). Principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas (2-5).
- Giménez, A., Gagliardi, A., & Ares, G. (2017). Estimation of failure criteria in multivariate sensory shelf life testing using survival analysis. *Food research international*, 99, 542-549.
- Hervé, M., 2019. RVAideMemoire: Testing and Plotting Procedures for Biostatistics. R package version 0.9-73. <https://CRAN.R-project.org/package=RVAideMemoire>
- Herrera-Corredor, J., Saidu, J., Khachatryan, A., Prinyawiwatkul, W., Carballo-Carballo, A., Zepeda-Bautista, R. (2007). Identifying drivers for consumer acceptance and purchase intent of corn tortilla. *Journal of Food Science* 72 (9), S727–S730.
- Higuera-Ciapara, I. & Nieblas, J.M. (1995). Conservación y estabilidad de la tortilla de maíz a temperatura ambiente. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 45(2)122-127
- Hough, G. (2010). Sensory shelf life estimation of food products. Boca Raton, FL CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Islam, M. N., Lirio, M. E., & Delvalle, F. R. (1984). Mold inhibition in tortilla by dimethyl fumarate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 8(1), 41-45.
- Lê S. & Worch, T. (2015). When products are depicted by comments. En *Analyzing Sensory Data with R* (pp. 111-147). Boca Raton: CRC Press.
- López, O. P., Lara, F. G., & Pérez, L. A. B. (2013). Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas (Vol. 197). Fondo de cultura económica.
- Martinez-Flores, H.E., Gaytán-Martínez, M., Figueroa-Cárdenas, J.D., Martínez-Bustos, F., Reyes-Vega, M.L., & Rodríguez-Vidal, A. (2004). Effect of some preservatives on shelf-life of corn tortillas obtained from extruded masa. *Agrociencia*, 38 (3),285-292.
- Mendiburu, F. (2017). Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.2-8. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.
- MERCOSUR/GMC/RES. N° 34/10 Reglamento Técnico Mercosur Sobre Aditivos Alimentarios Autorizados Para Ser Utilizados Según Las Buenas Prácticas De Fabricación (BPF) (DEROGACIÓN DE LA RES. GMC N° 86/96) 15 de junio de 2010.
- Muñoz, Z., Moret, A., & Bech, J. (2008). Caracterización morfológica y molecular de aislados de *Monilinia* spp. y pruebas de patogenicidad sobre manzana. *Agrociencia*, 42(1), 119-128.
- Norma Oficial Mexicana. (2002). NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. *Diario Oficial de la Federación*, 31 de enero de 2003.
- Piornos, J. A., Delgado, A., de La Burgade, R. C., Methven, L., Balagiannis, D. P., Koussissi, E., & Parker, J. K. (2019). Orthonasal and retronasal detection thresholds of 26 aroma compounds in a model alcohol-free beer: Effect of threshold calculation method. *Food Research International*, 123, 317-326.
- Rahman, M. S. (Ed.). (2007). Handbook of food preservation. CRC press.

- Serna-Saldivar, S.O., & Chuck-Hernandez, C. (2019). Food Uses of Lime-Cooked Corn With Emphasis in Tortillas and Snacks. In: Serna-Saldivar, S.O. (Ed). Corn: Chemistry and Technology. Woodhead Publishing. United Kingdom. p.p. 469-500
- Tellez-Giron, A., Acuff, G.R., Vanderzant, C., Rooney, L.W., & Waniska, R.D. (1988). Microbiological characteristics and shelf life of corn tortilla with and without antimicrobiological agents. *Journal of Food Protection*. 51(12):945-948
- Vázquez Carrillo, M. G., Ávila Uribe, G., Hernández Montes, A., Castillo Merino, J., & Angulo Guerrero, O. (2011). Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(1), 161-167.
- Vittadini, E., Clubbs, E., Shellhammer, T. H., & Vodovotz, Y. (2004). Effect of high pressure processing and addition of glycerol and salt on the properties of water in corn tortillas. *Journal of Cereal Science*, 39(1), 109-117.

CONCLUSIONES GENERALES

Fue posible modificar las características fisicoquímicas y sensoriales de la tortilla de maíz utilizando umbrales de detección. En lo que compete a los análisis fisicoquímicos la combinación de hidróxido de calcio con conservadores comerciales, la combinación de cal con glicerina mostró mejor comportamiento tanto en color, pH como en a_w , puesto que fue el tratamiento que tuvo menos cambios.

En lo referente al análisis sensorial utilizar umbrales de detección es conveniente, ya que los consumidores no detectaron diferencia entre tratamientos, y brindan mejoras en las características sensoriales como lo son el color y olor. La vida media tuvo mejores resultados con la combinación cal con propilenglicol puesto que tuvo 2.30 días.

El uso de modificadores de a_w en tortillas de maíz es más recomendable puesto que los conservadores modificadores de pH no son funcionales en los niveles utilizados en el estudio, ya que la alcalinidad del producto no permite que alcance el nivel óptimo de funcionamiento.