

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA
TORTILLA DE MAÍZ CON PULQUE” (POLIUQUI)**

TESIS

POR:

LUSVIA MENDEZ LOPEZ

Presentada como Requisito Parcial para Obtener

El Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila Junio del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**“CARACTERIZACIÓN FISCOQUIMICA Y MICROBIOLÓGICA DE
LA TORTILLA DE MAÍZ CON PULQUE” (POLIUQUI)”**

Presentada por:

LUSVIA MENDEZ LOPEZ

**Presentada Como Requisito Parcial para Obtener el
Título de:**

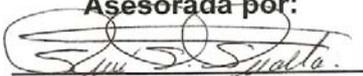
**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**

Dirigida por:



M.C. Xóchitl Rúelas Chacón

Asesorada por:



Dr. René Darío Peralta Rodríguez

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Junio del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

POR:

LUSVIA MENDEZ LOPEZ

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador
Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

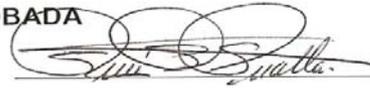
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA



M.C. Xóchitl Ruelas Chacón

Presidente



Dr. René Darío Peralta Rodríguez

Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Vocal



M.C. Jesús Mellado Bosque

Vocal Suplente



Ing. José Rodolfo Peña Oranday.

Coordinador de la División de Ciencia Animal.

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Junio del 2009.

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

AGRADECIMIENTOS

A tí DIOS por darme fortaleza en momentos difíciles, por ayudarme a levantarme de mis tropiezos y conducirme siempre por el camino del bien, te agradeceré toda mi vida porque siempre estas conmigo y se que nunca me dejaras, tu eres y siempre serás mi amigo fiel.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (ALMA TERRA MATER) por darme la oportunidad de terminar la licenciatura, y formarme como profesionista.

A la M.C. Xochitl Rúelas Chacón por darme la oportunidad de realizar este proyecto, por confiar en mí , por su amistad, consejos, asesorías y apoyo que me brindo.

Al DR. René Darío Peralta Rodríguez por ser parte de este proyecto de investigación, por su apoyo y por compartir su sabiduría.

A la T.Q.L. Mildred Inna Marcela Flores Verasteguí por su amistad y apoyo en mi trabajo.

A el T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo san miguel por el apoyo que me brindo durante el tiempo que dure en el laboratorio de nutrición y sobre todo por su amistad.

A Q.F.B Carlos Alberto García Agustince (Charly) por brindarme apoyo en la determinación de análisis bromatológico, sobre todo por tu linda amistad, DIOS te bendiga.

A la T.L.Q. María de Jesús Sánchez Velázquez (Chacha) por su confianza y linda amistad y apoyo en el análisis microbiológico.

A la T.L.Q. Laurita Aguirre Gámez por su hermosa amistad y confianza que me brindó antes de empezar con este trabajo y por su apoyo en el laboratorio.

A la T.L.Q. María Guadalupe Pérez Ovalle (Lupita) por su amistad y gran apoyo en la determinación de color.

Al Ing. Rodrigo Zedillo García por su gran apoyo que me brindó en la determinación de textura realizada en el CIQA.

Al Ing. Jesús Mellado del Bosque por su apoyo en la parte estadística de análisis de textura y análisis de bromatológico.

Al QFB. Oscar N. Reboloso Padilla por su apoyo en este trabajo y amistad.

QFB Carmen Julia, por su apoyo y amistad.

A los profesores que me impartieron clases en la carrera I.C.T.A por su enseñanza, apoyo y la amistad brindada por algunos.

Al CIQA (Centro de Investigación en Química aplicada) por ser parte de este proyecto y hacer uso de uno de sus laboratorios para la determinación de textura y por proporcionar el apoyo económico para el término de esta investigación.

Al Sr. Eleazar Valdéz del Merendero Saltillo por facilitarme la manera de conseguir el pulque para la elaboración de este proyecto.

A mis compañeros de la generación de ICTA Gracias porque de alguna forma conviví con cada uno de ustedes durante mi estancia en la universidad. Carolina, J. Cesar Tafolla, Romeo, J. Buenrostro, Adrian, Brenda, Emilio, Chuy, Lupita (Tabasco), Memo, Paula, Gerardo Nieto, Villada, Quique, Gis, Magali, Gaspar, Bety, Rocha, Hugo, gracias por brindarme amistad y compañerismo durante la carrera.

A mis grandes amigos (a) de la UAAAN: Dany (zotecnia), Clely, Nivarado, panchito (maquinaria), Ricardo Mtz, Angélica B, Estrella, Molina, Porfirio, Yonhy G. (hermanucho), Hogla, Dany (economía), Saíd, Isaac, Eli, Odilón, Beto, Alberto Díaz, Yesí (Campeche) Fabio, Ángela Hdez., Lucero, Guillermo Vargas Y a muchos mas que no alcanzo a mencionar. Gracias por sus confianza, amistad brindada, y por considerarme como una amiga.

A mis amigas de Basquet de la universidad: Gaby, Bety , charol, Ana, (zotecnia), Ana (maquinaria), Erika (Agrobiología), Erika (desarrollo), angélica, cristina, Adela, al Couch Julio, gracias por la amistad que me brindaron y por compartir siempre la alegría que llevaban dentro y hacerme sonreír cada día que nos veíamos.

A mis amigos de siempre Verónica, Ernestina, Deysi, Lucí Mndz., Bere, Santos, Idalmar, Clary, Abiel, Karla, Coki, Oguer, Prof. Omar, Rusbel, Julio, Eliudt, gracias por ser mis amigos y por los momentos compartidos. Les deseo todo lo mejor donde quiera que estén. Se algún día nos volveremos a encontrar.

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la vida y estar cuidando de mí siempre en todo momento y circunstancia. Por haber permitido terminar satisfactoriamente mis estudios y este trabajo de investigación. Contigo todo es posible porque tu me fortaleces cada día y se que puedo continuar adelante por la vida. Te amo JESUS gracias por tus bendiciones.

A MIS PADRES

Isnardo Méndez Roblero Y Filomena López Velázquez

*Papí a ti por brindarme, cariño y confianza porque tu siempre has estado con nosotros y tu único afán es sacar a tu familia adelante que me has dado todo tu amor, cariño y comprensión que es lo mas importante y siempre quieres verme sonreír; tu junto a mi mama sabes estar siempre a lado de tus hijos en lo bueno y en lo malo, en nuestras tristezas y alegrías, en los problemas y nuestras dichas, tu me has ayudado a lograr mis sueños y a formarme como persona, gracias a ti soy lo que soy. A ti **mamá** por que eres mi mejor amiga gracias por estar junto a mí, por cuidarme, protegerme y enseñarme siempre por un buen camino. Por tu amor, tus noches de desvelo, tus oraciones y porque desde pequeña recibí tu calor que necesite para vivir. Los he extrañado y necesitado siempre y aunque no puedo estar con ustedes todo el tiempo se que me entienden. Le doy gracias a Dios porque todavía los tengo a mi lado. Gracias por todo lo que han hecho y por confiar en mí; son mi ejemplo a seguir, los amo, que Dios los guarde.*

*A mi abuelita **Valentina Roblero Ortíz (+)** por ser tan linda conmigo y aunque ya no estés con nosotros aun vives en mi corazón, gracias porque contigo pude compartir momentos que siempre recordare, gracias por tus preocupaciones, y por estar siempre al pendiente de mí porque siempre me esperaste hasta el último día de tu vida, te extraño mucho abuelita y aun siento tu ausencia. Tú fuiste parte de lo que he logrado. Algo que aprendí de ti fue demostrar fortaleza aun en medio de problemas y enfermedades.*

*A mis Hermanos **Domíngó, Ramón, Miguel A. Rey, Ismar** por que en algún momento recibí apoyo de ustedes y se que algún día podre recompensar lo que han hecho por mí, gracias por sus consejos, por su apoyo moral, económico. En especial a **Rey** gracias por no dejarme sola y ayudarme a lograr lo que un día soñé. Sonrían siempre como siempre han sido y que Dios les bendiga a donde quiera que vayan; a tí **Ismar** porque me ayudas a levantarme y estar bien con Dios, gracias por tus oraciones y por comprenderme TQM hermanito sigue como eres por nada cambies. DTB.*

*A mis hermanas **Isabelí, Chundý, Lucy, Mírsí** a ustedes muchas gracias por ser tan lindas conmigo, por sus consejos, apoyo, compañía, y todo lo que hemos compartido juntas, las quiero mucho gracias por animarme a seguir adelante y ayudarme a realizar lo que anhelaba, hoy comparto esta alegría con ustedes.*

*A mis cuñados y cuñadas **Elías Santizo, Vicente Roblero, Gloria Villatoro, Lorena Pérez, Marisol Escobar**, gracias por llegar a ser parte de mi familia, por animarme, y aunque en medio de problemas pero al*

final siempre están unidos como familia. A mí cuñada nueva bienvenida a mi familia.

A mis sobrinos (a) Evi, Clary, Nicol, Paco, Angel Gabriel y Ana Gabriel, cande, B. Lidia, L. Amelia, Elian V. Joseth Fabricio, Bebíta (valentina), Udziel, Yesli, Edith Nayeli, Yaneth A., Jarvin, Johara Belen, Angelito David, Reynersito, mis preciosos tesoros que son siempre la alegría de la familia les dedico este trabajo con mucho cariño para que les sirva como un ejemplo a seguir y que todos ustedes también puedan lograr algún día lo que se propongan, los amo a todos, son un regalo de Dios para mí y para mi familia. Gracias por el cariño que me tienen. Se que Todos tomaran caminos diferentes y aprovechen las oportunidades que se les vayan presentando en la vida. Evi y Mirsi gracias por estar conmigo siempre, las quiero y sigan adelante.

A amigos J. Cesar Tafolla y Carolina Diaz por ser mis grandes y mejores amigos con quienes he compartido momentos de felicidad, alegrías, tristezas, sonrisas, etc. durante la licenciatura hasta hoy, gracias por nuestra bella amistad y apoyo incondicional recuerden que siempre los tendré presente. Agradezco a Dios por conocerlos y que el me permita estar con ustedes cuando me necesiten. Que Dios hermoso los cuide.

A mis Padrinos Máximo Guzmán y Romelia Verdugo por demostrar un cariño muy especial hacia mí, por sus palabras de aliento en todo momento y por estar conmigo en cada uno de mis logros.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Agradecimientos	
Dedicatorias	
Índice de Contenido.	x
Índice de Cuadros.	xiv
Índice de Figuras.	xv
Resumen.	xvi
CAPITULO 1.	
1.1. Introducción.	1
1.2. Justificación.	4
1.3. Objetivos.	5
1.3.1. Objetivo General.	5
1.3.2. Objetivos Específicos.	5
1.4. Hipótesis.	5
CAPITULO 2.	
2. Revisión de literatura.	6
2.1. El maíz.	6
2.1.1. Importancia del maíz.	7
2.2. Procesos de nixtamalización y cambios que se producen.	7
2.3. Harinas de maíz nixtamalizada.	9
2.3.1. Usos de las harinas nixtamalizadas.	9
2.4. Tortillas de maíz.	10
2.4.1. Elaboración.	10
2.4.2. Mezclado y formado de la masa.	11
2.4.3. Horneado de las tortillas.	11

2.4.4. Composición química.	13
2.5. Calidad de las tortillas de maíz.	13
2.6. Microorganismos contaminantes de la tortilla de maíz.	14
2.7. El pulque.	15
2.7.1. Antecedentes del pulque.	16
2.7.2. Definición del pulque.	17
2.7.3. Elaboración del pulque.	17
2.7.3.1. Aguamiel.	18
2.7.3.2. Extracción.	18
2.7.3.3. Fermentación.	18
2.7.3.3.1. Grupos microbianos mas representativos; de las diferentes etapas de la fermentación.	19
2.7.4. Región del pulque.	19
2.7.5. La pasteurización.	19
2.8. Color.	20
2.9. Textura	22
2.9.1.-El concepto de textura en los alimentos.	22
2.9.2.-Metodos para determinar textura.	22
2.9.3.-Pruebas para medición de fuerza.	23
2.9.3.1.-Prueba de punción.	24
2.9.3.2.-Prueba de tensión.	24
2.9.3.3.-Prueba de doblado y quebrado.	24
 CAPITULO 3.	
3. Metodología experimental.	25
3.1. Obtención de los materiales.	25
3.2. Obtención del pulque.	25
3.3. Pasteurización del pulque.	25
3.4. Elaboración de las tortillas de maíz con pulque.	25

3.5. Preparación de la masa.	26
3.6. Cocimiento de las tortillas.	26
3.7. Caracterización física y química de la tortilla de maíz con pulque.	27
3.8. Análisis bromatológico.	27
3.8.1.1. Determinación de proteína por el método kjeldhal.	27
3.8.1.2. Determinación de materia seca total.	27
3.8.1.3. Determinación de cenizas.	27
3.8.1.4. Determinación de fibra cruda.	27
3.8.1.5. Determinación de extracto etéreo por el método soxleth.	28
3.8.1.6. Determinación de humedad.	28
3.8.1.7. Determinación de carbohidratos.	28
3.8.1.8. Determinación de azúcares totales.	28
3.8.1.9. Determinación de azúcares reductores.	28
3.8.2. Análisis microbiológico.	28
3.8.2.1. Preparación de agua peptonada.	28
3.8.2.2. Preparación de agares.	29
3.8.2.3. Diluciones y siembra.	29
3.9. Determinación de color.	29
3.10. Determinación de textura.	30
3.11. Análisis estadístico.	32

CAPITULO 4.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Resultados de los análisis bromatológicos.	33
4.1.1. Determinación de materia seca total.	33
4.1.2. Determinación de ceniza.	34
4.1.3. Determinación de extracto etéreo.	35
4.1.4. Determinación de fibra cruda.	36
4.1.5. Determinación de proteína	37

4.1.6. Determinación de carbohidratos.	37
4.1.7. Determinación de humedad.	38
4.1.8. Determinación de azúcares reductores.	39
4.1.9. Determinación de azúcares totales.	41
4.2. Resultados de los análisis microbiológicos.	41
4.3. Resultados de color.	43
.	
4.4. Resultados del análisis de textura.	47
.	
4.4.1. Resultados de las pruebas de punción con punzón de punta esférica.	47
4.4.2. Resultados de las pruebas de punción con punzón de punta plana.	48
4.4.3. Resultados de la prueba de rasgado.	49
CAPITULO 5. CONCLUSIONES.	51
CAPITULO 6. RECOMENDACIONES.	52
CAPITULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	53

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Características de textura de los alimentos...	23
2. Análisis de varianza para materia seca total.	33
3. Resultados de la prueba de Duncan para materia seca total.	34
4. Análisis de varianza para Ceniza.	34
5. Resultados de la prueba de Duncan para ceniza....	35
6. Análisis de varianza para extracto etéreo.	35
7. Resultados de la prueba de Duncan para extracto etéreo.	36
8. Análisis de varianza para fibra cruda.	37
9. Análisis de varianza para el contenido de proteína.	37
10. Análisis de varianza para los resultados de contenido de carbohidratos.	38
11. Resultados de la prueba Duncan para carbohidratos.	38
12. Análisis de varianza para los análisis de humedad.	39
13. Resultados de la prueba Duncan para humedad.	39
14. Resultados del análisis de varianza para azúcares reductores.	40
15. Resultados de la prueba de Duncan para azúcares reductores.	40
16. Resultados del análisis de varianza para azúcares totales.	41
17. Resultados de los análisis de la determinación del color.	44
18. Análisis de varianza para las pruebas de punción de punta esférica.	48
19. Análisis de varianza para las pruebas de punción de punta plana.	48
20. Análisis de Varianza para la prueba de rasgado.	49

21. Prueba de separación de medias de Duncan para la prueba de rasgado.	50
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Proceso de elaboración de tortilla de maíz.	12
2. Diagrama de cromaticidad a^* y b^*	21
3. Prueba de punción con punzón de punta esférica.	30
4. Prueba de punción con punzón de punta plana.	31
5. Prueba de rasgado.	31
6. Conteo de bacterias 24 y 48 horas.	42
7. Conteo de hongos y levaduras a las 72 horas.	43
8. Diagrama de cromaticidad donde se identifico los datos obtenidos de los tres tratamientos.	46

RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio sobre la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las tortillas de maíz utilizando el pulque como aditivo natural en tres tratamientos: tortillas elaboradas con pulque pasteurizado, tortillas elaboradas con pulque natural sin pasteurizar y el tercer tratamiento que fueron tortillas formuladas normalmente (testigo). A las muestras de las tortillas de maíz de los tres tratamientos se les realizaron análisis bromatológicos, microbiológicos, determinaciones de color y de textura.

En los análisis bromatológicos se determinaron contenido de proteína, fibra cruda, cenizas, minerales, azúcares totales, azúcares reductores, extracto etéreo, materia seca total, carbohidratos y humedad. Estos análisis sirven para conocer la composición del alimento, en este caso tortillas de maíz elaboradas con pulque.

En el análisis microbiológico se realizó la cuenta de bacterias, hongos y levaduras; las bacterias fueron contadas a las 24 y 48 horas y los hongos y levaduras a las 72 horas. Las bacterias tuvieron un mayor crecimiento a las 48 horas observándose un mayor crecimiento en el tratamiento con pulque normal. En los hongos y levaduras se tuvo también la cuenta más alta en el tratamiento con pulque normal, contado a las 72 horas. Las determinaciones de color indicaron que las tortillas con pulque pasteurizado tuvieron un buen color. Las pruebas de textura (punción con punzón de punta esférica y con punzón de punta plana; rasgado) no indicaron diferencias significativas entre los tratamientos.

PALABRAS CLAVES: tortilla de maíz, pulque como aditivo natural, tortilla, microbiología, análisis fisicoquímicos, pulque, mejoramiento de textura, color.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El maíz (*Zea Mays L.*) es, después del trigo, el principal grano cultivado en México y en el mundo. La importancia del maíz en el hemisferio occidental y en otras regiones se atribuye a los resultados de los estudios sobre su valor nutricional y, especialmente, sus implicaciones en el desarrollo de los países latinoamericanos, entre los cuales se encuentra incluido México. (Reyes-Vega, 1998).

La tortilla es el alimento mexicano por excelencia. Hecha de maíz, un grano nacido en México como resultado de siglos de experimentación y amoroso cultivo, representa un símbolo nacional y ha sido uno de los ejes de desarrollo de nuestra cultura. El procedimiento para su elaboración es el mismo usado por los antepasados prehispánicos.

El consumo de tortillas por persona al día, en el área rural de México, es de 325 g, equivalente a 12 tortillas (Presidencia de la República, 1981 y Bourges, 1981) y estudios realizados en México y Centroamérica reportan que la tortilla proporciona aproximadamente el 70 % de las calorías de la dieta de la población de menor nivel socioeconómico (Paredes-López y col., 1983).

En México la producción de las tortillas puede realizarse a partir de masa de maíz nixtamalizado o bien a partir de harina de maíz nixtamalizado. En ambos casos los consumidores prefieren las tortillas de masa fresca y recién hechas (Ordaz Ortiz y Vázquez Carrillo, 1997).

La tortilla proporciona vitaminas, hidratos de carbono y minerales como el calcio, fósforo y potasio. Es una parte importante de la dieta básica de muchos mexicanos y alimento cotidiano para todos. Su versatilidad es muy amplia, pues con la tortilla se pueden preparar muchos platillos ricos y nutritivos.

Las exigencias de la vida moderna, como por ejemplo, la incorporación de un creciente número de amas de casa a empleos fuera del hogar, han obligado al fabricante de tortillas a buscar nuevas tecnologías para su producción y distribución en otro tipo de establecimientos. Esto requiere que el producto se conserve en óptimas condiciones por periodos de tiempo cada vez mas prolongados (Reyes, 2004).

Anteriormente ya se han adicionado otros compuestos químicos a la tortilla de maíz para mejorar atributos como la textura, ya que si una tortilla no se mantiene manejable, daría un aspecto no deseable para el consumidor.

El principal problema que se presenta en la tortilla de maíz que se comercializa empacada es la condensación de humedad dentro del paquete, lo que ocasiona un rápido reblandecimiento y deterioro microbiano acelerado.

La estabilidad microbiológica de la tortilla es de 6 a 12 horas, dependiendo de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa. Esto limita seriamente las posibilidades de una mejor distribución y comercialización.

El pulque es una bebida alcohólica que se produce de la fermentación del aguamiel, jugo extraído de raspar el corazón del maguey. En la actualidad permanece solo como una bebida popular. Su consumo varía de acuerdo con el gusto del consumidor, así como la ocasión.

Como bebida tiene una gran importancia nutricional, pues no solo es ingerido como bebida alcohólica, sino también como un complemento alimenticio y en algunas cualidades medicinales.

El pulque es la bebida fermentada indígena de México que ha sido más estudiada desde diversos puntos de vista, debido a su gran importancia económica y social.

En esta investigación se presenta un estudio sobre la incorporación del pulque a la tortilla de maíz con la finalidad de mejorar los atributos de calidad utilizando el pulque como conservador y que sean estables al deterioro microbiano.

Las tortillas con pulque incorporado se evaluaron bromatológicamente; se utilizó pulque pasteurizado y pulque sin pasteurizar y el testigo. Las tortillas también se evaluaron microbiológicamente y se hizo la determinación de color y de la textura.

JUSTIFICACION

La tortilla de maíz es un producto de larga historia cultural, industrial y comercial además de que es un alimento básico en la dieta del pueblo mexicano.

Los estudios sobre la tortilla de maíz se han iniciado en fechas recientes (Reyes-Vega, 1998) y se han dirigido principalmente a su conservación debido a sus periodos limitados de tiempo de almacenamiento.

Realizar estos estudios es de mayor importancia ya que hoy en la actualidad el mercado exige cambios en su producción y en su distribución así como también en su almacenamiento.

El periodo de almacenamiento requerido es cada vez mayor lo cual representa un problema en la conservación del producto, desarrollo de microorganismos y en atributos de textura.

Para mejorar las características típicas de la tortilla de maíz se han empleado algunos compuestos químicos como el ácido cítrico, ácido ascórbico, etc., los cuales pueden no ser tan benéficos para la salud además que modifican sabor, textura y olor de la tortilla (Reyes, 2004). Se considera que una alternativa natural para mantener o mejorar las características típicas de la tortilla de maíz, sería la adición de pulque.

OBJETIVOS

1.3.1.- Objetivo general

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la tortilla de maíz con pulque incorporado.

1.3.2.- Objetivos específicos

- 1.- Desarrollar una tortilla de maíz adicionada con pulque con características fisicoquímicas típicas y analizarla bromatológicamente.
- 2.- Caracterizar microbiológicamente a la tortilla a la que se le adicionó pulque.
- 3.- Determinar el color de la tortilla adicionada con pulque.
- 4.- Evaluar la textura de la tortilla.

HIPÓTESIS

El pulque modifica favorablemente las características típicas de la tortilla de maíz.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1.- El maíz

El maíz es una planta doméstica del género *Zea*, pertenece a la familia de las gramíneas y a la subfamilia andropogonaca, tribu Maidea, identificada específicamente como *Zea Mays* L.

Es una planta anual, alta robusta y monoica, con vaina sobrepuesta y limbos anchos; con espiguillas estimadas en racimos largos que parecen espigas; los racimos son numerosos, formando panículas largas y esparcidas; las inflorescencias femeninas se localizan en las axilas de las hojas; las espiguillas en 8-16 y hasta 30 hileras en raquiz engrosado y casi leñoso (olote) todo esto encerrado en numerosas brácteas o espantos falaceas (totomoxtle u holoche), los estilos son largos y sobresalen en la punta como una masa de hilo sedoso (jilote), los granos de la madurez son mucho mas largos que las glumas. Hernández (1972), mencionó que el maíz no se encuentra como planta silvestre en la actualidad y no se sabe cuando se originó pero hay evidencias de que fue hace miles de años.

El grano de maíz es una carióspside formado por una sola semilla en la cual el recubrimiento de la fruta (pericarpio) se adhiere firmemente en la semilla. La estructura de los granos maduros del maíz comprende cuatro partes que son el pericarpio, germen, endospermo y pedicelo. El componente mayoritario del endospermo del grano es el almidón ya que es de mayor importancia debido al efecto que tiene sobre las propiedades físicas de muchos alimentos. (Lehninger, 1985). Es el principal grano cultivado en México y en el mundo ha sido el alimento básico ya que se consume una gran cantidad y es parte esencial de la dieta (Billeb de Sinalbi y Bressani, 2001). Con respecto al

consumo total no se han registrado cambios significativos, ya que mantiene un producto anual de 15,000,000 de toneladas; que en su mayor parte son para el consumo humano para la elaboración de tortillas (INEGI, 1996; Ramírez- Wong, 2002).

El consumo de tortillas por persona al día en el área rural de México, es de 325 g, equivalente a 12 tortillas (Presidencia de la República, 1981 y Bourges, 1981). Los estudios realizados en México y Centroamérica reportan que la tortilla proporciona aproximadamente el 70 % de las calorías de la dieta de la población de menor nivel socioeconómico (Paredes-López y col., 1983).

2.1.1.- Importancia del maíz.

La importancia del maíz en el hemisferio occidental y en otras regiones se atribuye a los resultados de los estudios sobre su valor nutricional y especialmente a sus implicaciones en el desarrollo de los países latinoamericanos, entre los cuales se encuentra incluido México, en donde el consumo de tortilla de maíz fue de 11 millones de toneladas (Figuroa y col., 1997) se ha reportado que durante el proceso de elaboración de tortilla la nixtamalización o cocción del maíz y el reposo que es en una solución de hidróxido de calcio, mejora su calidad nutricional (Bressani y cols., 1978). Transformando en tortilla, el maíz ha favorecido el desarrollo de hábitos alimentarios y tecnologías propias (Novelo, 1987).

2.2.- Proceso de nixtamalización y cambios que se producen.

La nixtamalización es el proceso de cocimiento en presencia de cal (CaCO_3); es una palabra azteca (lenguaje náhuatl) que significa cocinar y remojar el maíz en una solución de cal o de lixiviado de cenizas de madera. En forma tradicional, el maíz se cuece en ollas sobre fuego, seguido de un remojo de 8 a 16 horas. El licor de cocimiento que se llama nejayote, es desechado y luego el

maíz nixtamalizado (nixtamal), se lava y se muele en molino de discos o en molinos eléctricos de piedra hasta que se forme la masa fina (Rooney y Almeida-Domínguez, 1995).

Cambios estructurales: la cocción y el remojo alcalino ocasionan una disolución parcial de la cutícula, así como la hinchazón y el debilitamiento de las paredes celulares, lo cual facilita la remoción del pericarpio. Las laminillas internas y paredes celulares se degradan y solubilizan (Gómez y col. 1987).

Cambios físicos y químicos: las proteínas presentes en el maíz son zeína (44%), glutelinas (28%), albúminas y globulinas (5%) y el 17 % está formado por una fracción de tipo zeína, con enlaces de disulfuro, que es soluble en solución alcohólica conteniendo mercaptoetanol (Hoseney, 1986). Durante el proceso de nixtamalización se obtiene una mayor disponibilidad de triptófano presente en el maíz (Bressani y col. 1978).

Se ha demostrado que la cocción alcalina altera los patrones de solubilidad de las proteínas, disminuye el contenido de albúminas, globulinas y prolaminas, proteínas solubles en agua, soluciones salinas y soluciones alcohólicas respectivamente; además, la cocción incrementa la cantidad de proteínas imposibles de extraer del grano nixtamalizado (Rooney y Almeida-Domínguez, 1995).

Almidón: se gelatiniza solo una parte pequeña de los gránulos de almidón durante la cocción y el remojo. La susceptibilidad enzimática del almidón se incrementa ligeramente conforme se va cocinando el maíz con cal; sin embargo, el mayor incremento se presenta durante la molienda y el horneado.

La estructura del gránulo del almidón se descompone parcialmente durante la cocción. Sin embargo, las alteraciones en la cristalinidad del almidón

ocasionada por la cocción se restaura parcialmente por una recristalización o recocado durante el remojo (Gómez y col. 1990, 1991).

2.3.-Harinas de maíz nixtamalizada.

En los últimos años, la producción de maíz nixtamalizado, para la fabricación de las tortillas de maíz, se ha incrementado considerablemente. El proceso industrial para la fabricación de la harina es una adaptación del método de nixtamalización tradicional. La harina así obtenida se emplea comercialmente para preparar masa fresca (Gómez y cols. 1997).

Típicamente la harina de maíz nixtamalizada (HMN) presenta del 10 al 12% de humedad y una baja susceptibilidad a la contaminación microbiológica (Bresani, 1990; Carrillo-Pérez y col., 1989). Sin embargo, la HMN es altamente susceptible a desarrollar sabores y olores desagradables, los cuales son asociados con la oxidación de los lípidos. Los principales factores que afectan a la oxidación de lípidos en alimentos son la presencia de catalizadores metálicos, exposición a la luz, concentración de oxígeno, actividad de agua y temperatura (Labuza, 1971; Chan, 1987; Pokorny, 1987; Vidal-Quintanar y col., 2000).

La producción y descomposición de hidroxiperoxidos producen compuestos capaces de interaccionar con proteínas y vitaminas, alterando su biodisponibilidad y su capacidad reactiva, resultando en modificaciones de las características sensoriales y fisicoquímicas de la HMN (Vidal –Quintana y col 2000).

2.3.1.- Usos de las harinas nixtamalizadas.

El uso de harinas nixtamalizadas se ha incrementado notablemente debido a que tiene una vida de anaquel de hasta un año, requieren solo de agua y una mezcladora para formar la masa que puede fácilmente transformarse en

tortillas o frituras. Los productores de tortilla y botanas a partir de la masa fresca requieren programar el cocimiento del maíz cuando menos 12 horas antes de obtener el producto mientras que los que utilizan harina nixtamalizada necesitan menos de una hora para obtener productos terminados. La adquisición de la harina nixtamalizada ahorra en la compra de equipos necesarios para cocinar (marmitas, generadores de vapor, etc.) y lavar el maíz, además del molino de piedras para producir la masa. Esto representa ahorro de energía, mano de obra y espacio de la planta. Las principales ventajas de utilizar harinas de nixtamal es que prácticamente se reduce a cero de contaminación ambiental y da mucha flexibilidad a la planta ya que existen harinas comerciales de diversos colores y aplicación (tortillas, fritos, tamales, etc.).

Una de las principales ventajas de la harina nixtamalizada es que puede ser utilizada como vehículo para incorporar nutrientes deficitarios en la población. A- partir de 1999 la harina está siendo enriquecida con vitaminas (tiamina, riboflamina, niacina y ácido fólico) y minerales (hierro y zinc) y algunas harinas se fortifican con soya (Gómez y cols., 1987).

2.4.-Tortillas de maíz.

2.4.1.- Elaboración.

El proceso empieza cuando el maíz se cuece con agua y cal, se lava y posteriormente al moler el grano para formar la masa fina. Se hacen las bolitas de masa aproximadamente de 30 g, se moldean a mano, con prensas o máquinas manuales en un disco de aproximadamente de 15 cm de diámetro y 2 mm de grosor; la tortilla se forma cuando se cuece sobre una placa metálica, también conocida como comal durante 75- 100 segundos y se voltea y se cuecen durante 30 segundos más (Paredes-López 1983).

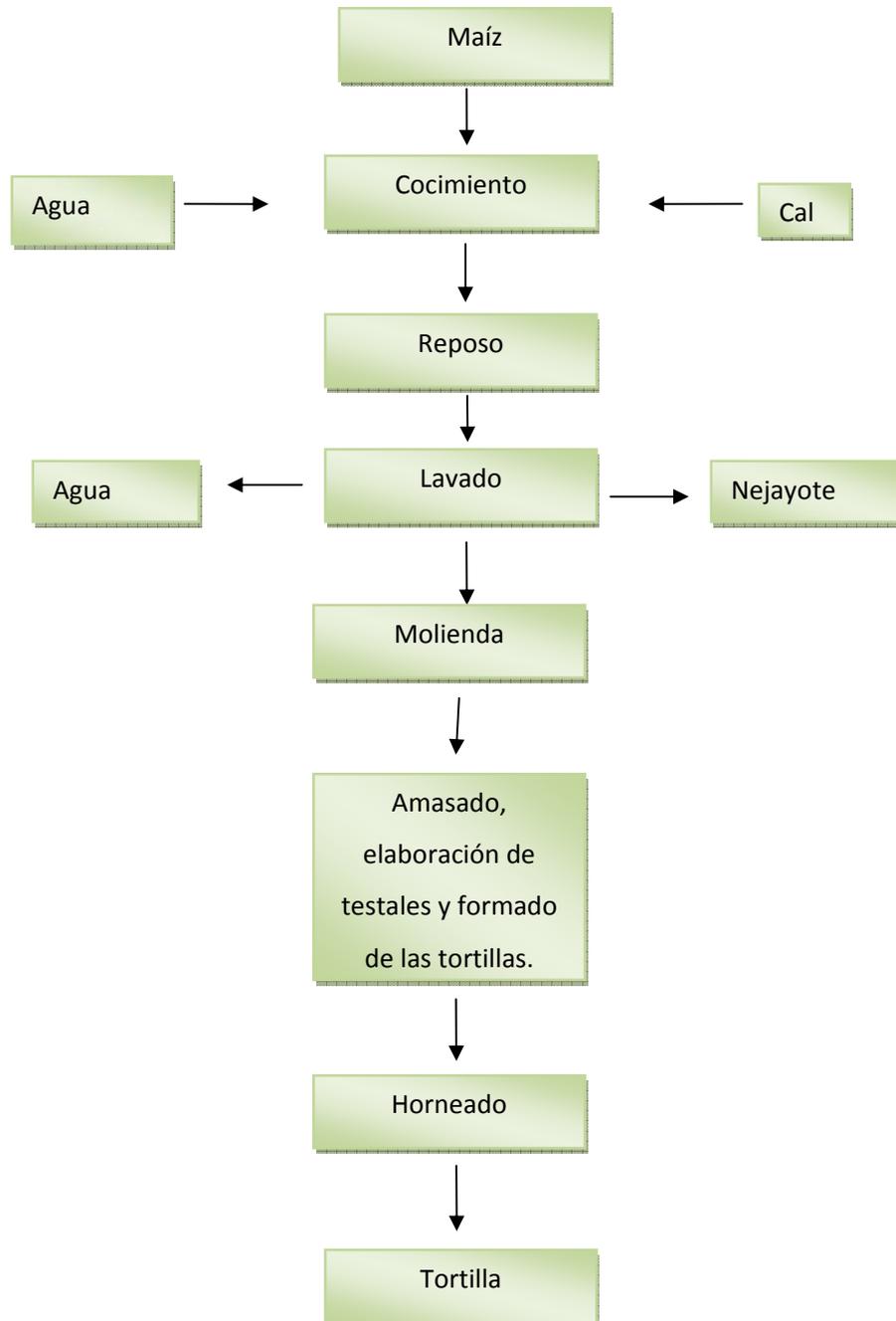
2.4.2.- Mezclado y formado de la masa.

Dependiendo del tipo del equipo, especialmente del mezclador y formador que se emplea para la masa, es en esta etapa donde se establecen las dimensiones y el peso de la tortilla. El grado de mezclado aplicado y la consistencia inicial de la masa deben combinarse para producir masa que se pueda formar con las dimensiones deseadas, cortar y alimentar el horno con un mínimo de roturas y deformaciones. Es en esta etapa donde se reflejan gran parte de los efectos del cocimiento y molienda previos.

2.4.3.- Horneado de las tortillas.

El horneado tiene las funciones de cocer y secar parcialmente la masa, impartir una apariencia ligeramente tostada y desarrollar la textura final de la tortilla. La combinación de la humedad y el tamaño de partícula de la masa con la temperatura y tiempo de residencia en el horno deben optimizarse para productos específicos (Almeida y Rooney, 1996). Para el horneado se moldea la masa o se comprime hasta formar discos delgados que son horneados sobre una plancha o comal. Las tortillas de mesa se hornean por cada lado durante aproximadamente 15 a 30 segundos, luego se voltean para que se inflen. El inflado le da a las tortillas la textura deseable. A continuación se muestra la figura 1. Con todo el proceso hasta el producto final (tortilla).

Figura 1. Proceso de elaboración de tortillas de maíz.



2.4.4.- Composición química.

La tortilla de maíz contiene carbohidratos 47.2 % base húmeda (b.h.), agua 42.4%, proteínas 5.9%, fibra 4.47% y lípidos 1.50%, de los cuales 0.1% son grasas saturadas, 0.40% ácido oleico y 0.80% ácido linoleico. Contiene algunos minerales como hierro, calcio y fósforo, 2.50, 108 y 111 mg/100 g, respectivamente y algunas vitaminas como tiamina, riboflavina y niacina, 0.17, 0.08 y 0.90 mg/100g, respectivamente y beta caroteno, 2.00 µg/100 g (Muñoz-Chávez y cols., 1996).

2.5.- Calidad de las tortillas de maíz.

Actualmente las investigaciones para mejorar la calidad de la producción de la tortilla de maíz deben enfocarse principalmente en desarrollar y poner a punto procedimientos analíticos para vigilar periódicamente la calidad de los productos intermedios y terminados. El mejoramiento de la textura y la conservación de la calidad microbiológica de las tortillas se consideran cruciales, especialmente para mercados que requieren de distribución y almacenamiento de este producto (Almeida y Rooney, 1997).

Hoy en día en México no existen normas de control de calidad para las tortillas de maíz. Sin embargo, la población mexicana prefiere el maíz blanco para la elaboración de las tortillas, mientras que las industrias de frituras prefieren el maíz amarillo. El contenido de humedad óptimo de la masa para producir tortillas de alta calidad y buena vida de anaquel varían con las variedades de maíz, se ha visto que los mejores resultados se obtienen con una masa de un contenido de humedad de 50-55% (Paredes-López y Col. 1983).

Las características de calidad de las tortillas de maíz varían entre las diferentes regiones de México, y mucho más fuera del país. Existen tortillas delgadas y gruesas con pesos de 18-23 g por pieza para las delgadas y de 28-34 g para

las gruesas. Algunas tortillas son infladas durante el horneado mientras que otras se prefieren sin inflar. Sin embargo, es una preferencia común que las tortillas sean flexibles y que se puedan recalentar. El nivel de humedad de las tortillas juega un papel importante en este aspecto. La tortilla debe de tener suficiente humedad para recalentarse y mantenerse flexible; las tortillas con baja humedad se hacen rígidas.

Las preferencias de las tortillas están modificándose debido a que contienen aditivos que afectan sus características sensoriales y fisicoquímicas típicas. Esto es notado en los mercados nuevos; el exceso de ácidos y conservadores es detectado fácilmente por los consumidores conocedores de tortillas. Se desean tortillas blancas o amarillas, pero con tonalidades claras y brillantes. Las partículas negras (“hilum”), normalmente presentes en tortillas hechas con masa fresca, lo prefieren en muchas regiones, principalmente en los mercados consumidores históricamente familiarizados con las tortillas; sin embargo, el consumo de tortillas sin esta característica va en aumento.

2.6.- Microorganismos contaminantes de la tortilla de maíz.

Las principales bacterias contaminantes de los granos de cereales pertenecen a las familias *pseudomonadaceae*, *micrococcaceae*, *lactobacillaceae* y *bacillaceae* (Frazier y Westhoff, 1993). Los mohos que invaden el grano durante el almacenamiento son *Aspergillus* y *Penicillium*; entre otras especies se pueden citar *A. restrictus*, *A. glaucus*, *A. candidus*, *P. cyclopium*, *P. brevicompactum* y *P. vindicatum*. Estos mohos requieren para su crecimiento de cierta temperatura y humedad; las condiciones óptimas de temperatura y humedad se encuentran entre 20-33 °C y 17-21 %, respectivamente (Watson y Ramstad, 1987).

El desarrollo de microorganismos en los granos de cereales está directamente relacionado con su composición química. El principal carbohidrato contenido en

ellos es el almidón, sin embargo, muchos microorganismos son incapaces de metabolizarlo. (Frazier y Westhoff, 1993).

Los estudios de Capparelli y Mata (1975) sobre los principales microorganismos que contaminan la tortilla de maíz reportan que estos son *Bacillus cereus*, dos especies de *Staphilococcus* y varios tipos de levaduras, pero también se encuentran, en cantidades menores, *Streptococcus a-hemolítico* y algunas especies de *Clostridium* facultativos. Nelson y Tranmal (1972) reportan el crecimiento de *Bacillus sp.* y los mohos *Penicillium sp.*, *Rhizopus nigricus* y *Nigrospor sitophila* sobre tortilla de maíz. Tellez-Giron y cols. (1998) encontraron que la cuenta inicial de mesófilos aerobios en tortilla sin adición de agentes antimicrobianos es de aproximadamente 600,000 a 80,000,000 unidades formadoras de colonia (u.f.c.)/g y la cuenta total de mohos y levaduras es de aproximadamente 6 a 40 u.f.c/g.

Algunos de los microorganismos reportados en la tortilla de maíz coinciden con los que se reportan en estudios sobre microorganismos contaminantes de granos de cereales como son las bacterias de la familia *Bacillaceae* y los mohos *Penicillium* y *Nigrospora*. Se considera que las diferencias encontradas entre los microorganismos que contaminan el grano y los que se encuentran en la tortilla puede deberse al pH alcalino al cual se somete al grano de maíz durante la nixtmalización y a contaminaciones microbianas durante el proceso de fabricación de la tortilla.

2.7.- El pulque.

Entre las tradiciones que se han ido perdiendo en México por motivo de una desacreditación de las empresas cerveceras es el tomar el pulque, con bajo contenido de alcohol (2° - 4° GL) y pulque fuerte (5° - 7° GL) (Tranfo, 1989).

Los principales consumidores de pulque son personas de bajos recursos económicos, aunque en las festividades también es consumido por la clase media para acompañar la comida tradicional. Para recogerlo se utiliza el acocote, que es una calabaza alargada que sirve como pipeta de grandes proporciones. El aguamiel se consume directamente, siendo una bebida de sabor agradable que contiene alrededor de 9% de azúcares (sacarosa). Se puede beber cruda o hervida (Villarroya, 2002).

La materia prima del aguamiel es el maguey este es una planta oriunda de México que pertenece al orden de las amarilidáceas y el género de los agaves. El maguey manso (*Agave atrovirens*) es la mas importante de las especies pulqueras en las zonas áridas del estado de Hidalgo (Llaguno, 1995).

Patrizi (2007) cita que el nombre del pulque se deriva de *poliuqui*, que significa descompuesto.

2.7.1.- Antecedentes del pulque.

El pulque o vino de la tierra, según lo considera la antigua mitología indígena, fue inventado por Mayahuel, mujer identificada con el maguey. Ella agujereó primero esa planta, para sacar el aguamiel, Tantecatli, halló la raíz para hacer fermentar esa bebida y Tepoztecatli en compañía de otros, fue quien perfeccionó el arte de elaborar el pulque.

El maguey fue cultivado por los pueblos precolombinos de México, en la mesa central y en las regiones poco fértiles, los aztecas lo llamaron metl y al pulque octli, y desde la antigüedad los sembraron y lo aprovecharon; era una bebida de consumo ritual un día al año. El barón de Humboldt sostuvo en el siglo XIX que la combinación del pulque con otros alimentos permitió a los indígenas mexicanos mantener un perfecto estado de salud. Con la caída del imperio

azteca el pulque perdió su importancia dentro de los rituales religiosos (Madrigal Gonzales, 2000).

Dicha bebida es un alimento nutritivo, ya que contiene cantidades considerables de azúcares, sales minerales, prótidos y vitaminas. Algunas de las vitaminas y nutrientes que contiene son: vitamina C, hierro, fósforo, tiamina, riboflavina, calcio y niacina. No solo se ingiere como bebida alcohólica, sino también como complemento alimenticio. Como tradición se usa como medicina para combatir anorexia e infecciones renales (Alcantara-Thelma, 2009).

Actualmente han logrado obtener la miel de aguamiel, es un producto que es muy rico en vitaminas y minerales, se consume como golosina, como edulcorante, además posee propiedades curativas como prevenir diabetes, la osteoporosis y ayuda al sistema respiratorio (Quintana y col. 2009).

2.7.2.- Definición del pulque.

Es una bebida alcohólica, blanca y espesa, que se obtiene a partir de la fermentación de la savia de agave o aguamiel con toda una variedad de microorganismos presentes en el medio ambiente, entre ellos varias bacterias lácticas y levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*. Tiene una importancia nutricional, porque tiene un alto contenido de proteínas y vitaminas del complejo B (Tovar y col. 2008).

2.7.3- Elaboración del pulque.

El procedimiento tradicional, que data desde las épocas prehispánicas consiste en recoger el aguamiel y colocarlo en un recipiente de cuero, donde se lleva a cabo la fermentación provocada por la flora natural del aguamiel.

2.7.3.1.- Aguamiel.

Es la materia prima para la elaboración del pulque; es la sabia del maguey o aguamiel, que se forma en el interior del tronco y que es extraído diariamente. Esta producción se mantiene durante seis y diez meses después de los cuales la planta muere, el aguamiel debe ser extraído antes de que brote la flor, pues en caso contrario la planta se seca totalmente. El aguamiel es un líquido azucarado, incoloro, transparente, con cierto olor herbáceo y sabor dulce agradable.

2.7.3.2.- Extracción.

La extracción se efectúa con un método antiquísimo utilizando el fruto del guaje llamado acocote agujerado en los extremos en que se usa como embudo se aplica en el corazón del maguey cuyas paredes son raspadas con una herramienta hecha por los mismos indígenas llamadas escofinas, ya sean de fierro o improvisadas con materiales que estén a la mano, para favorecer la oxidación del aguamiel. La extracción tiene lugar dos veces al día, durante los primeros 15 días; después tres veces diarias, durante los primeros días, en la mañana y en la tarde se puede extraer el líquido.

2.7.3.3- Fermentación.

La fermentación del aguamiel comienza desde el momento en que el líquido se encuentra en la cavidad abierta del tallo del maguey. Si el líquido no se recoge oportunamente la fermentación espontánea puede acentuarse y avanzar hasta convertirlo en pulque y producir su descomposición. La fermentación se efectúa en un término de 7 a 14 días según la estación y los cambios de temperatura, grado de madurez del fermento y pureza del aguamiel.

Entre los principales microorganismos que intervienen en la fermentación se cuentan el *Lactobacillus sp.* y *Leuconostoc*, que son los que provocan la

viscosidad, y la *Saccharomyces carbajali*, que es la levadura responsable de la fermentación alcohólica.

2.7.3.3.1.- Grupos microbianos más representativos de las diferentes etapas de fermentación.

El proceso de fermentación inicia en el maguey, donde se encuentran microorganismos autóctonos como levaduras, bacterias lácticas, bacterias productoras de etanol y bacterias productoras de exopolisacáridos. Estos microorganismos transforman de manera natural parte de los azúcares disponibles en el aguamiel, sin embargo el proceso se acelera por la adición de un inóculo iniciador llamado semilla (una porción de pulque previamente producido). El tiempo de fermentación puede durar de 12 a 48 horas a 25 °C, cuidando que los recipientes no tengan ninguna sustancia que inhiba los microorganismos mesofílicos (detergentes, perfumes, desinfectantes, entre otros).

2.7.4.- Región del pulque.

Las principales regiones productoras del pulque se ubican en la parte central de la república mexicana, conocido como el estado de Hidalgo, lugares que se encuentran localizados en la Sierra Gorda, Valle del Mezquital y Altiplanicie de Apan (Delfin, 2004).

2.7.5.- La pasteurización.

Pasteur demostró en 1860 que una gran parte de los microbios, descomponen la materia orgánica, la cual es destruida a temperaturas inferiores a la de ebullición del agua (de 65 °C para arriba), mientras se mantenga esta temperatura el tiempo suficiente. Cuanto más se aumenta la temperatura por encima de 65° C, tanto más breve será el tiempo necesario para alcanzar este efecto. Sobre este descubrimiento se funda el procedimiento llamado

“pasteurización” para aumentar la estabilidad de líquidos sensibles como el vino o la cerveza, sin hervirlos y desde 1882 se hace de ella un uso cada vez mayor (Hodgson, 1976).

La pasteurización a 70 o 75 °C durante 20 o 30 minutos, destruirá todos los organismos patógenos (Reaves, 1977).

2.8.- Color.

El color es la impresión que producen en la vista los rayos de luz reflejada por un cuerpo convirtiéndolo así en un atributo del mismo. Descendiendo del brillo observado, se puede dividir el color en opaco, translúcido o transparente (Mabon, 1993).

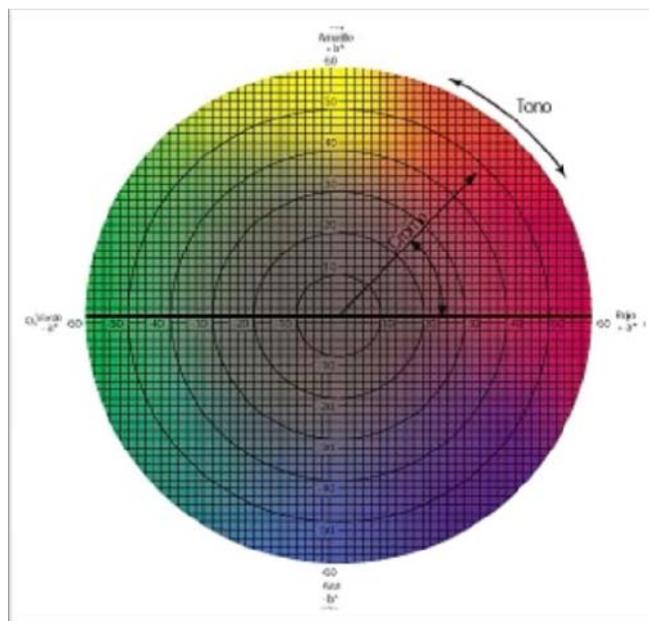
El color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el espectro de la luz y que, por lo tanto, se puede medir físicamente en términos de su energía radiante o intensidad y por su longitud de onda. El ojo humano solo puede percibirlo cuando su energía corresponde a una longitud de onda que oscila entre 380 y 780 nm. Es el primer contacto que tiene el consumidor en los alimentos, tanto en forma natural como procesada, ya que presentan un color característico y bien definido; cualquier cambio que este sufra puede causar el rechazo de los productos.

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante su manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un intenso café, mediante las reacciones de Maillard y de caramelización; en otras ocasiones, los pigmentos que contienen se alteran y cambian de color (Badui-Dergal, 1993).

El aparato comúnmente utilizado es el colorímetro Hunter, el cual cuenta con un sistema para medir los parámetros de color L, a, b. Este sistema mide el grado de luminosidad (L), de rojizo-verde (+/-a), de amarillo -azul (+/-b) (Giese, 1995).

Como se puede apreciar en la figura número 2, el espacio de color es independiente del dispositivo y, básicamente, representa la gama de colores que el ojo humano percibe, con el arco iris en forma circular y la saturación incrementando, desde el gris en el centro hasta los colores saturados.

Figura. 2.- Diagrama de cromaticidad a^* y b^*



Espacio de color CIE LAB. Los perfiles ICC de escáneres son especificados y medidos en el espacio de color CIE LAB. La dimensión L^* indica la luminosidad (este eje no aparece, pero se extiende más allá del papel), la dimensión a^* es verde-rojo y b^* es azul-amarillo. Diagrama cortesía de X-Rite, Inc., USA.

2.9.- Textura.

2.9.1.- El concepto de textura en los alimentos.

La textura en los alimentos se define como la propiedad sensorial que es detectada por los sentidos del tacto, vista y oído y se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Anzaldúa-Morales (1982).

La textura de la tortilla es posible expresarla utilizando una máquina de tracción universal Instron, como el área total bajo la curva o como el pico más alto, lo cual se relaciona con la humedad de la masa. Khan et al., (1982) y Padua y Whitney (1982), mencionan que la humedad de la masa debe ser mayor al 53%.

La textura puede ser evaluada mediante el uso de métodos instrumentales, químicos o de microscopía. Uno de los instrumentos más usados para este tipo de pruebas es la máquina de tracción universal Instron. Esta máquina consiste de un cabezal que se puede mover verticalmente, a velocidad constante, entre dos tornillos giratorios muy largos mediante un juego de engranes. Así mismo, la velocidad del papel en el graficador puede fijarse en el valor requerido, con el fin de obtener la resolución más conveniente. Tiene la ventaja de que casi cualquier celda de prueba puede adaptarse a su cabezal para realizar cualquier tipo de prueba, por ejemplo compresión, punción, corte y tensión (Anzaldúa-Morales 1982).

2.9.2.- Métodos para determinar textura.

Las características texturales se dividen en tres categorías: atributos mecánicos, geométricos y de composición. Estos atributos son la manifestación o resultado de una combinación de propiedades fisicoquímicas, que incluye la forma, tamaño, número, naturaleza y disposición de los elementos estructurales constituyentes. Esto se muestra en el Cuadro número 1.

Cuadro 1. Características de textura de los alimentos.

Orden de aparición de las características de textura	Características de textura
Percibidas al primer mordisco (inicial).	<p>Mecánicas: Dureza, Viscosidad, Fracturabilidad.</p> <p>Geométricas: cualquiera dependiendo de la estructura del producto.</p>
Percibidas durante la masticación	<p>Mecánicas: Gomosidad, Masticabilidad, Adhesividad.</p> <p>Geométricas: cualquiera dependiendo de la estructura del producto.</p>
Cambios producidos durante la masticación (residual).	<p>Grado de ruptura; Tipo de ruptura; Absorción de humedad; Película en el paladar.</p>

Procedimiento usado en el análisis de las características de textura con respecto a su orden de aparición. Adaptado de Brant y col. (1963).

2.9.3.- Pruebas para medición de fuerza.

Son los más comunes de los instrumentos para medición de textura. La fuerza tiene las dimensiones $\text{masa} \cdot \text{longitud} \cdot \text{tiempo}^{-2}$. La unidad estándar de la fuerza es el Newton (N). Por su multiplicidad estas pruebas se dividen en: punción, compresión-extrusión, cortado, tensión, torsión y doblado y quebrado (Bourne, 1982).

2.9.3.1.- Prueba de punción.

Mide la fuerza requerida para empujar un punzón o sonda hacia un alimento. La prueba se caracteriza por: el instrumento de medición de fuerza, la penetración de una sonda dentro del alimento causando un aplastamiento irreversible o flujo del alimento y la profundidad de penetración (usualmente constante). Durante esta etapa el producto es deformado bajo presión; esto no implica una perforación de los tejidos. Esta etapa termina abruptamente cuando el punzón termina de penetrar en el alimento, lo cual se representa por el cambio brusco de pendiente de la curva, denominado punto de cedencia.

2.9.3.2.- Prueba de tensión.

Las pruebas de tensión son usadas para medir la adhesividad de la superficie de un alimento. En este tipo de prueba la muestra es comprimida entre dos discos, los cuales se separan posteriormente para estimar la fuerza necesaria para separarlos. El parámetro de perfil de análisis de textura de adhesividad mide la fuerza máxima requerida para estirar la superficie comprimida de la pieza probada después de la primera compresión y por lo tanto contiene un elemento de la prueba de tensión. Los métodos de tensión suponen que la muestra se rompe casi instantáneamente en un plano aproximadamente perpendicular al eje de la aplicación de la fuerza. La tortilla de maíz, como muchos otros productos alimenticios, cuando se somete a tensión, no se rompe instantáneamente; la fractura no es perpendicular al eje de aplicación de la fuerza. Este tipo de ruptura hace difícil obtener una interpretación significativa de la determinación de la fuerza de tensión (Bourne, 1982).

2.9.3.3.- Prueba de doblado y quebrado.

Son aplicadas usualmente en alimentos que tienen forma de barra u hoja.

CAPITULO III

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.1.- Obtención de los materiales.

Lo que se necesitó para la formulación de la tortilla fue el pulque, harina de maíz nixtamalizada (Maseca), y agua purificada (Sierra Azul). La harina de maíz nixtamalizada y el agua purificada se adquirieron en las tiendas de Saltillo.

3.2.- Obtención del pulque.

El pulque se adquirió en la panadería llamada “Merendero Saltillo” que se encuentra dentro de la ciudad de Saltillo, Coahuila. El pulque debe de tener no más de 24 horas de haberse fermentado con la finalidad de realizar todas las pruebas experimentales.

3.3.- Pasteurización del pulque.

En esta investigación se utilizaron dos variantes del pulque, sin pasteurizar (pulque normal) y pasteurizado. La pasteurización del pulque se realizó como sigue: en una estufa se calentó 1 litro de pulque normal hasta que se alcanzó una temperatura de 75 °C, que se mantuvo durante 15 minutos. Posteriormente, se colocó en baño de agua fría durante media hora.

3.4.- Elaboración de las tortillas de maíz con pulque.

Las tortillas de maíz se prepararon cada vez que se realizaron los análisis correspondientes. Para el análisis bromatológico se utilizaron seis tortillas con pulque pasteurizado, seis con pulque normal y seis normales (testigo). Se utilizaron 100 gramos de harina de maíz nixtamalizada, 71 ml de pulque y 105 ml de agua purificada.

Para el análisis microbiológico se prepararon tres tortillas con pulque normal, tres con pulque pasteurizado (50 gramos de harina nixtamalizada, 35 ml de pulque y 52 ml de agua purificada). Y tres tortillas normales (testigo).

Para la determinación de color de la tortilla se elaboraron seis tortillas de pulque pasteurizado, seis con pulque normal y seis tortillas sin pulque (testigo). Se utilizaron las mismas cantidades de harina nixtamalizada, pulque y agua que se utilizaron en la determinación de color.

En la determinación de textura se prepararon seis tortillas con pulque pasteurizado, seis con pulque normal y seis tortillas sin pulque como testigo. Se utilizaron las mismas cantidades de harina nixtamalizada, pulque y agua que se utilizaron para preparar las tortillas para la determinación de color.

3.5.- Preparación de la masa.

Para la elaboración de la masa, teniendo la harina, el pulque y el agua se mezclaron en las cantidades necesarias formando así la masa uniforme y no pegajosa; luego se hicieron testales, que pesaron 40 g, determinación realizada en una balanza analítica marca TORREY PS-5.

3.6.- Cocimiento de las tortillas.

Las tortillas fueron moldeadas en una tortilladora manual con un grosor de 2.1 mm medido con un Vernier de 12 cm (marca PRETUL) y se cocieron en una placa metálica a una temperatura de 170 °C durante 22, 39 y 21 segundos sobre la primera, segunda y primera (voltear) cara de la tortilla respectivamente.

3.7.- Caracterización física y química de la tortilla de maíz con pulque.

3.7.1.- Análisis bromatológico.

Para el análisis bromatológico se emplearon seis tortillas; las cuales se colocaron en una estufa de secado a una temperatura de 55 – 60 °C durante 24 horas. Después de este tiempo, las tortillas se molieron y se colocaron en frascos ya listas para someterse a los análisis correspondientes.

3.7.1.1- Determinación de proteína por el método Kjeldhal.

Se hizo de acuerdo al método de Kjeldhal (Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC, 1980).

3.7.1.2.- Determinación de materia seca total.

Se hizo a las tres muestras de tortillas con pulque (tortillas elaboradas con pulque normal, pulque pasteurizado, y las tortillas sin pulque (testigo)), de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC, 1980.

3.7.1.3- Determinación de cenizas.

El análisis se realizó a las tres muestras de tortilla con pulque (tortillas elaboradas con pulque normal, pulque pasteurizado; y las tortillas sin pulque (testigo)) de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC, 1980.

3.7.1.4.- Determinación de fibra cruda.

Se determinó por los métodos oficiales de análisis de la AOAC, 1980. Utilizando el aparato de reflujo marca LABCONCO.

3.7.1.5- Determinación de extracto etéreo por el método soxhlet.

Se determinó por los métodos oficiales de análisis de la AOAC, 1980. Utilizando un aparato soxhlet marca Electromantle.

3.7.1.6- Determinación de humedad.

Se determinó por los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC, 1980. Con la formula $100 - \% \text{ MSP (materia seca parcial)} = \% \text{ Humedad}$.

3.7.1.7.- Determinación de carbohidratos.

Los carbohidratos se determinaron de acuerdo a los Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC, 1980 utilizando los resultados de los análisis anteriores.

3.7.1.8- Determinación de azúcares totales.

Se determinó por el método propuesto por Dubois (1956), usando un espectrofotómetro marca Helios a una longitud de onda de 480 nm. Se determinó una curva de calibración de sacarosa para interpolar los datos.

3.7.1.9.- Determinación de azúcares reductores.

La determinación de azúcares reductores se hizo por el método del ácido 3, 5 - dinitrosalicílico (DNS) propuesto por Miller (1960) usando un espectrofotómetro marca Helios y tomando la lectura a una longitud de onda de 540 nm. Se realizó la curva de calibración con fructosa para la interpolación de los datos.

3.7.2.- Análisis microbiológico.

3.7.2.1.- Preparación de agua peptonada.

Se preparó agua peptonada con 700 ml de agua destilada y 3.5 g de peptona de carne, a continuación se disolvió por calentamiento. A cuatro frascos se

agregaron 90 ml a cada uno y 9 ml en cada uno de 20 tubos de ensaye con rosca. Los cuatro frascos se taparon con algodón y se sellaron al igual que los tubos, para esterilizarlos a 120 °C durante 15 min. Para finalizar se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

3.7.2.2.- Preparación de agares.

Se prepararon agares de Agar Papa Dextrosa (para hongos y levaduras) y Agar Plate Count (para bacterias) de acuerdo a las instrucciones de los proveedores. Posteriormente se colocó agar suficiente hasta alcanzar medio centímetro de altura dentro de las cajas petri, se dejaron solidificar y se colocaron dentro del refrigerador.

3.7.2.3- Diluciones y siembra.

Se realizaron cuatro diluciones de cada una de las muestras de tortilla de maíz con pulque; para lo cual se utilizaron 10 gramos de cada muestra agregando en un diluyente (agua peptonada con 0.5% de concentración) de 90 ml y mezclando por 5 min, y de allí se tomó 1 ml para el primer tubo y de este se tomó 1 ml para el siguiente y así sucesivamente. Los tubos se enumeraron así: -2, -3, -4, -5. Posteriormente se tomaron 0.5 ml de las diluciones de los tubos numero -4 y -5 para sembrar a las cajas petri, una de PDA (hongos y levaduras) y una de CP (bacterias) de acuerdo a las tres muestras. Al terminar se colocaron en la incubadora y para finalizar, se realizaron las cuentas totales de hongos y levaduras. Cada una de las muestras fue contada a las 24, 48 y 72 horas.

3.8.- Determinación del color.

La determinación del color se realizo en un colorímetro marca MINOLTA CR-300. Es un analizador de color de tres estímulos, para medir la reflexión de colores sobre las superficies.

3.9.- Determinación de textura.

Los análisis de textura se realizaron por los siguientes métodos:

- ❖ Punción con punzón de punta esférica de 25 mm de diámetro (Gómez - Méndez y cols., 1996). La tortilla se sujetó entre dos aros metálicos y el punzón la atravesó completamente a una velocidad de $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ como se muestra en la fig. 3. la prueba se aplicó a tres tortillas de cada muestra efectuando una punción sobre cada tortilla.

Figura 3. Prueba de punción con punzón de punta esférica.



- ❖ Punción con punzón de punta plana de 2 mm de diámetro (Gómez – Méndez y cols., 1996). La tortilla se colocó sobre una placa metálica con un agujero (en forma de aro), el punzón fue de aproximadamente de 10 mm de diámetro, el punzón atravesó la tortilla completamente a una velocidad de $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ como se observa en la fig. 4. La prueba se aplicó a dos tortillas de cada muestra efectuando cuatro punciones sobre distintas partes de la tortilla.

Figura 4. Prueba de punción con punzón de punta plana.



- ❖ Rasgado. Se recortaron muestras de acuerdo a la norma ASTM D624 (ASTM, 1995). Recomendada para películas plásticas; se utilizaron cuatro probetitas de cada muestra de tortillas. La muestra se sujeto al cabezal mediante mordazas y se estiró a una velocidad de $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ hasta su ruptura. Se muestra en la fig. 5.

Figura 5. Prueba de rasgado.



3.10.- Análisis Estadístico.

Los resultados del análisis bromatológico y de las pruebas de textura se analizaron mediante análisis de varianza (ANVA). Para obtener las diferencias significativas entre medias, se empleó la prueba de Duncan. Para este análisis se empleó el programa estadístico SAS (SAS, 1989). Para los resultados microbiológicos se hizo mediante graficas de Excel y para la determinación del color se obtuvieron los promedios de los datos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.- Resultados de los análisis bromatológicos.

El análisis bromatológico (materia seca total, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, proteína, carbohidratos, azúcares totales y reductores y humedad) de las tortillas de maíz elaboradas con pulque y sin pulque, se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Alimentos de esta Universidad. Para analizar los resultados se realizó un análisis ANVA con separación de medias usando el método Duncan. Los datos experimentales de este análisis se encuentran en el Anexo 1.

4.1.1.- Determinación de materia seca total.

En el Cuadro número 2 se muestra el análisis de varianza para la materia seca total.

Cuadro 2. Análisis de varianza para materia seca total.

ANVA						
Variable Dependiente: Mst						
Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo		2	1.53	0.76	65.94	<.0001
Error		6	0.06	0.01		
Total		8	1.60			

Mst: materia seca total.

Cuadro 3. Resultados de la prueba de Duncan para materia seca total

materia seca total		
Tratamiento	Grupo	Medias
1	A	98.90%
3	B	98.26%
2	C	97.90%

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

En el caso del MST (materia seca total) se encontró una diferencia significativa entre los tres tratamientos ($P < 0.1$); teniendo el mayor valor el tratamiento testigo, enseguida el pulque pasteurizado, y finalmente el pulque normal. El hecho de que la MST se haya reducido en la aplicación del pulque se debe a que al mezclar la harina con el pulque aumentó el porcentaje de humedad o agua que poseen cada una de las muestras y disminuyó el porcentaje de materia seca total.

4.1.2.- Determinación de ceniza.

En el Cuadro 4 se muestra el ANVA para las determinaciones de ceniza.

Cuadro 4. Análisis de varianza para ceniza.

ANVA					
Variable dependiente: ceniza					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	0.20	0.10	36.84	0.0004
Error	6	0.01	0.002		
Total	8	0.21			

Como se puede ver en el Cuadro 5, para la ceniza, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos de pulque pasteurizado y el normal, pero si hubo diferencia respecto al testigo ($p < 0.1$), que presentó 1.3.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de Duncan para Ceniza.

Ceniza		
Tratamiento	Grupo	Medias
3	A	1.63%
2	A	1.60%
1	B	1.30%

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

4.1.3.- Determinación de extracto etéreo.

En el Cuadro número 6 se muestra el análisis de varianza de la determinación de extracto etéreo.

Cuadro 6. Análisis de varianza para extracto etéreo.

ANVA					
Variable dependiente: extracto etéreo					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	8.97	4.48	59.40	0.0001
Error	6	0.45	0.07		
Total	8	9.42			

Como se puede ver en el Cuadro 7, la utilización del pulque aumentó el extracto etéreo. Entre los dos tratamientos de pulque no existe diferencia entre ellos (4.86 para el pasteurizado y 4.76 para el normal), pero si existe una diferencia

significativa respecto al testigo ($p < 0.01$), que quedó en un nivel de 2.7. Actualmente no se encuentra ninguna referencia donde se haya determinado la grasa en el pulque pero en la tortilla natural si. Hernández-Hernández (2003) realizó extracto etéreo en tortillas de maíz usando la harina de nopal y nos menciona que la grasa no se ve alterada, sin embargo en los resultados de este trabajo fueron diferentes los tratamientos con respecto al que se le adicionó el pulque. Esto puede depender de los componentes que el pulque contiene.

Cuadro 7. Resultados de la prueba de Duncan para Extracto etéreo.

Extracto etéreo		
Tratamiento	Grupo	Medias
3	A	4.86%
2	A	4.76%
1	B	2.70%

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

4.1.4.- Determinación de fibra cruda.

En el Cuadro 8 que se muestra posteriormente se trata del análisis de varianza para el análisis de fibra cruda. Donde podemos ver que no se muestra diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para fibra cruda.

ANVA					
Variable dependiente: fibra cruda					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	0.003	0.001	0.18	0.84
Error	6	0.055	0.009		
Total	8	0.058			

4.1.5.- Determinación de proteína.

En el Cuadro 9 se muestra el análisis de varianza para proteína donde se observa que no hay diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el contenido de Proteína

ANVA					
Variable dependiente: Proteína					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	0.0004	0.0002	0.32	0.73
Error	6	0.0043	0.0007		
Total	8	0.0048			

4.1.6.- Determinación de carbohidratos.

En el Cuadro 10 se muestra el análisis de varianza para los carbohidratos.

Cuadro 10. Análisis de varianza para los resultados de contenido de carbohidratos.

ANVA					
Variable dependiente: Carbohidratos					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	21.73	10.86	220.73	<.0001
Error	6	0.29	0.04		
Total	8	22.03			

En el Cuadro 11 se ve que en el caso de carbohidratos, nos muestra que la utilización del pulque los redujo, ya que el nivel testigo fue el mas alto, con una diferencia significativa con los tratamiento de pulque ($p < 0.1$), que a su vez no hubo diferencia entre ellos.

Cuadro 11. Resultados de la prueba Duncan para Carbohidratos.

Carbohidratos		
Tratamiento	Grupo	Medias
1	A	93.04%
3	B	89.87%
2	B	89.63%

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

4.1.7.- Determinación de humedad.

El Cuadro 12 nos muestra el análisis de varianza en los análisis de humedad donde si hay diferencia significativa en los tres tratamientos.

Cuadro 12. Análisis de varianza para los análisis de humedad.

ANVA					
Variable dependiente: humedad					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	1.53	0.76	65.94	<.0001
Error	6	0.06	0.01		
Total	8	1.60			

Respecto a la humedad, en el Cuadro 13 se puede ver que existe diferencia significativa entre los tres tratamientos ($p < 0.01$), en primer lugar se encuentra el pulque normal, luego le sigue el pulque pasteurizado y finalmente el testigo; como se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados de la prueba Duncan para humedad.

Humedad		
Tratamiento	Grupo	Media
2	A	2.10 %
3	B	1.73 %
1	C	1.10 %

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

4.1.8.- Determinación de azúcares reductores.

El Cuadro 14 muestra el análisis de varianza para las variables de azúcares reductores; y en el Cuadro 15 podemos ver los resultados de la prueba de Duncan para las variables de azúcares reductores. Para los azúcares reductores, existe diferencia significativa entre los tres tratamientos ($p < 0.1$). El más alto es el testigo, le siguen el pulque pasteurizado y finalmente el pulque

normal. Lo anterior se puede explicar debido a que hubo transformación en los azúcares de las tortillas con pulque debido a la reacción de Maillard ya que durante esta reacción hubo formación de pigmentos (melanoidinas). En 1916 Maillard (1878-1936) demostró que los pigmentos marrones y la degradación química producida únicamente por calor se liberan después de la reacción previa de un grupo de aminoácidos con un grupo carbonilo de azúcares. La reacción de Maillard es la descripción de una serie de reacciones complejas debidas a la reacción de grupos aminos libres y proteínas con compuestos carbonilo, particularmente azúcares reductores (Jin y Kits, 2009).

Cuadro 14. Resultados del análisis de varianza para azúcares reductores.

ANVA					
Variable dependiente: Azúcares reductores					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	0.009	0.00463	208.50	<.0001
Error	6	0.0001	0.00002		
Total	8	0.009			

Cuadro 15. Resultados de la prueba de Duncan para azúcares reductores.

Azúcar reductor		
Tratamiento	Grupo	Medias
1	A	2.41 g/g
3	B	2.35 g/g
2	C	2.33 g/g

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

4.1.9.- Determinación de azúcares totales

En el Cuadro 16 podemos ver el análisis de varianza para azúcares totales.

Cuadro 16. Resultados del análisis de varianza para azúcares totales.

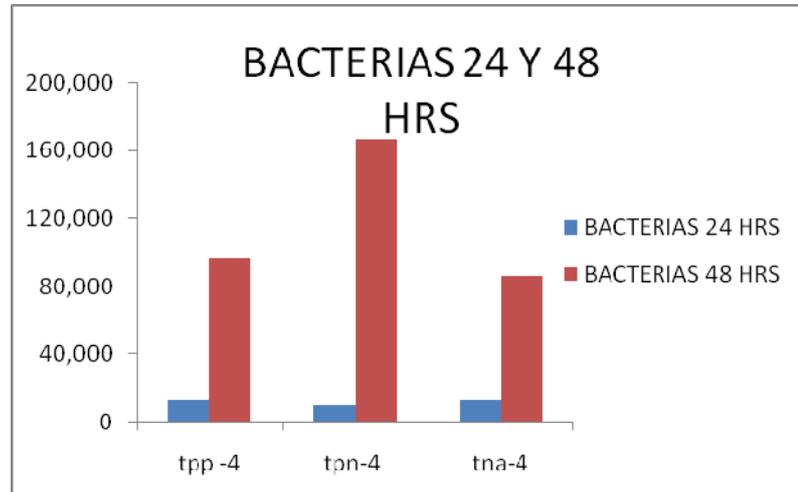
ANVA					
Variable dependiente: Azúcar Total					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr > F
Modelo	2	0.000088	0.000044	4.00	0.078
Error	6	0.000066	0.000011		
Total	8	0.00015			

En lo que se refiere a azúcares totales no se ve diferencia significativa alguna entre tratamientos.

4.2.- Resultados de los análisis microbiológicos.

El análisis microbiológico se llevó a cabo en el laboratorio de lácteos que se encuentra dentro de la universidad. Para este análisis se utilizó un programa de Excel; mediante gráficas se sacaron promedios del total de hongos y de bacterias llevando a cabo tres análisis de los diferentes tratamientos (tortilla de maíz con pulque, sin pulque y testigo), utilizando la dilución (agua peptonada con 0.5% de concentración) a la 10^{-4} . Para bacterias, se hizo un conteo a las 24 y 48 horas y para hongos fue a las 72 horas. Esto lo podemos ver en las figuras 12 y 13. Los promedios del total de bacterias y de hongos se encuentran en el Anexo 2.

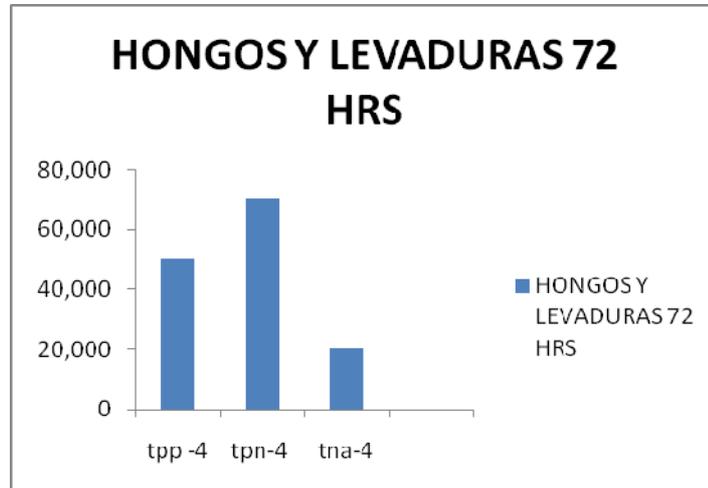
Fig. 6: Conteo de bacterias 24 y 48 horas.



Tortilla con pulque pasteurizado (Tpp), tortilla con pulque natural (Tpn), tortilla normal o testigo (Tna).

En cuanto a los resultados del conteo de las bacterias a las 24 horas fueron similares los tres tratamientos (Tpp 13,333 ufc/ml, Tpn 10,000 ufc/ml, y Tna 13,333 ufc/ml). Sin embargo, en la comparación con las de 48 horas, hubo más crecimiento en Tpp 96,667 ufc/ml, Tna 86,667 ufc/ml y la de Tpn fue el que tuvo una mayor cantidad de bacterias (166,667 ufc/ml) este crecimiento se debe a que en el pulque normal podemos encontrar mayor cantidad de microorganismos.

Fig.7. Conteo de hongos y levaduras a las 72 horas.



Tortilla con pulque pasteurizado (Tpp), tortilla con pulque natural (Tpn), tortilla normal o testigo (Tna).

En cuanto a los resultados Tpn fue mayor con 70,000 ufc/ml, luego le sigue Tpp con 50,000 ufc/ml y por último Tna con 20,000 ufc/ml. Como se puede ver en Tpn hubo mayor crecimiento de hongos y levaduras comparadas con los otros dos, por lo tanto si hubo diferencia aparente entre los tres tratamientos. Esto se debe a que en el pulque sin pasteurizar se encuentran mayor número de hongos y levaduras según lo descrito por Loyola 1956, quien cita que en el pulque se encuentra una mayor cantidad de levaduras de 250 a 300 levaduras ($(10^{-3}/ml)$).

4.3.- Resultados de color.

La determinación del color de los tratamientos se llevó a cabo en uno de los laboratorios de Postcosecha del Departamento de Horticultura. Este análisis se hizo para determinar el color de la tortilla; se compararon las que fueron elaboradas con pulque normal y pulque pasteurizado con el testigo. Los resultados se expresan numéricamente y se utilizó el colorímetro, donde, las coordenadas de cromaticidad a y b se basan en relación al plano cartesiano

que provee el proveedor del equipo. Los datos experimentales están en el Anexo 3.

Para la interpretación visual de los resultados se usa el diagrama de cromaticidad para el espacio de color L a b, lo cual representa: L = luminosidad; a y b = coordenadas de cromaticidad; a (+) = indica color rojo; a (-) = indica el color verde; b (+) = color amarillo; b (-) = color azul.

Para la evaluación de la luminosidad (L), y de “a” y “b” del diagrama de cromaticidad, se obtuvo el promedio de los tres tratamientos obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 17.

A mayor valor numérico mayor coloración o luminosidad (brillo), a menor valor numérico menor intensidad de color o luminosidad (opaco) para cada caso (Hernández 2003).

Cuadro 17. Resultados de los análisis de la determinación del color.

Tratamientos	L	a	b
Tpp	74.10	0.4	20.12
Tpn	74.12	0.58	21.69
Tna	75.66	-0.16	20.74

Tpp (tortilla con pulque pasteurizado), Tpn (tortilla con pulque natural), Tna (tortilla normal o testigo). L = luminosidad; a (+) = color rojo; a (-) = color verde; b (+) = color amarillo

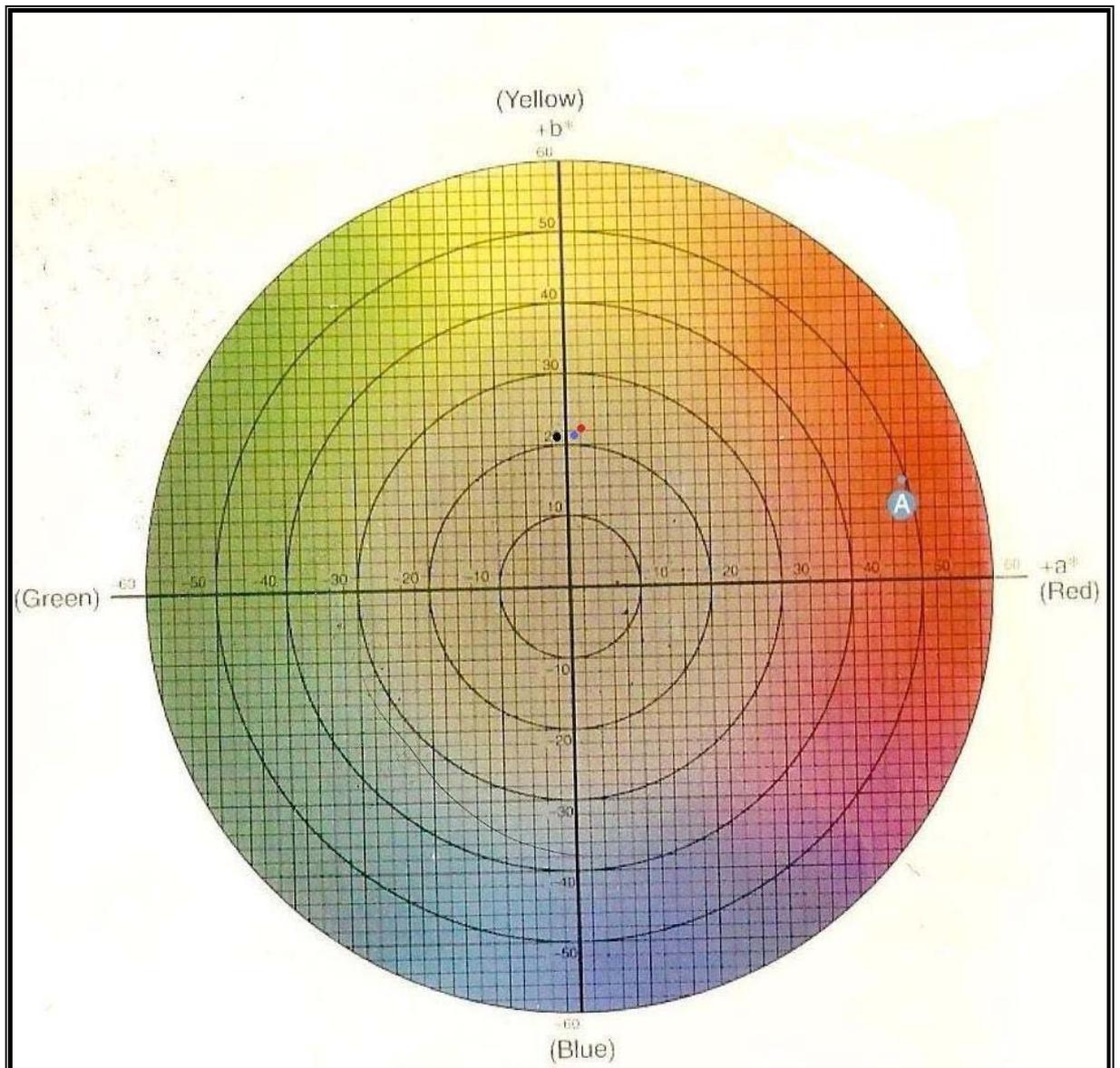
El tratamiento que presentó la mayor luminosidad es el testigo, donde se ve que hay diferencia aparente con los dos tratamientos de pulque. Sin embargo, la luminosidad entre los dos tratamientos de pulque, el pulque normal fue mayor y el pulque pasteurizado fue menor.

Respecto al verde-rojo (a), se encontró que el tratamiento mas orientado a la derecha es el tratamiento de pulque normal y el que está más a la izquierda es

el tratamiento testigo, mientras que el tratamiento de pulque pasteurizado se encuentra en medio.

El comportamiento en el nivel de amarillo (b) es similar. El nivel mas alto lo tiene el pulque normal; en medio se encuentra el testigo y el nivel mas bajo es el del pulque pasteurizado, al igual que en el eje x (a), no existe diferencia aparente entre los extremos y el centro, solo entre los extremos entre si. En la figura 7 se observa los colores que se ubicaron en el diagrama de cromaticidad.

Figura 8. Diagrama de cromaticidad donde se identifico los datos obtenidos de los tres tratamientos.



Color negro = testigo; Color azul = tortilla con pulque pasteurizado; Color rojo = tortilla con pulque normal.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede ver que el tratamiento con pulque pasteurizado fue el que estuvo más cercano al testigo que fueron las tortillas sin pulque y con estas se comparo. Por lo tanto se puede decir que las

tortillas con pulque pasteurizado fueron las que alcanzan el color de la tortilla normal.

4.4.- Resultados del análisis de textura.

Los análisis de textura que se hicieron a las tortillas de maíz con pulque, sin pulque y testigo, se realizaron en uno de los laboratorios del CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada); para este análisis se realizaron tres pruebas: punción con punzón de punta esférica de 25 mm de diámetro, punción con punzón de punta plana de 2 mm de diámetro y la prueba de rasgado. Para obtener los resultados se realizó un análisis de varianza con separación de medias usando el método Duncan. Los datos experimentales se encuentran en el Anexo 4.

Las pruebas de punción sirven para medir la fuerza requerida para empujar un punzón o sonda hacia un alimento y la prueba del rasgado refleja las características estructurales y de composición.

4.4.1.- Resultados de las pruebas de punción con punzón de punta esférica.

En la prueba de punción con punzón de punta esférica de 25 mm de diámetro, se utilizaron tres repeticiones en cada uno de los tratamientos. En el Cuadro 18 se muestra el ANVA de las pruebas de punción con punzón de punta esférica que se realizó dentro de los análisis de textura. No se encuentra diferencia significativa entre los tres tratamientos.

Cuadro 18. Análisis de varianza para las pruebas de punción de punta esférica.

ANVA					
Variable dependiente: Punta Esférica					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	0.012	0.006	3.39	0.10
Error	6	0.010	0.0018		
Total	8	0.023			

4.4.2.- Resultados de las pruebas de punzón con punción de punta plana.

La prueba de punción con punzón de punta plana de 2 mm de diámetro se aplicó en cuatro repeticiones en dos tortillas para cada tratamiento, se calculó el promedio para cada par de tortillas, para eliminar el efecto de la elaboración de la tortilla y se quedaron las cuatro repeticiones por tratamiento.

En el Cuadro 19 se puede ver el ANVA para las pruebas de punción con punzón con punta plana y se observa que no hubo diferencia.

Cuadro 19. Análisis de varianza para las pruebas de punción con punzón de punta plana.

ANVA					
Variable dependiente: Punta plana 2mm					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	0.046	0.023	2.37	0.14
Error	9	0.088	0.0098		
Total	11	0.135			

En la prueba de análisis de varianza completamente al azar, no se encontró diferencia entre los tratamientos respecto a las dos pruebas de punción, como lo muestran los Cuadros 18 y 19.

4.4.3.- Resultados de la prueba de rasgado.

En cuanto a la prueba de rasgado se realizó en cuatro muestras de cada tratamiento. En el Cuadro 20 nos muestra el análisis de varianza para la prueba de rasgado.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la prueba de rasgado.

ANVA					
Variable dependiente: Rasgado					
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	0.0042	0.0021	6.28	0.019
Error	9	0.0030	0.0003		
Total	11	0.0073			

En la prueba de rasgado, se encontró una diferencia entre tratamientos, ubicándose el tratamiento con pulque natural de manera superior, mientras que no se encontró diferencia entre el tratamiento testigo y el pulque pasteurizado, como se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Prueba de separación de medias de Duncan para la prueba de rasgado.

Prueba de rasgado		
Tratamiento	Grupo	Medias
2	A	0.06 mm
1	B	0.03 mm
3	B	0.02 mm

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

En cuanto a la prueba de rasgado hubo diferencia significativa, el tratamiento que reflejó más la característica estructural y de composición fue el que contenía pulque natural más sin embargo el testigo y el tratamiento con pulque pasteurizado fueron iguales.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis bromatológicos indicaron que tres de las variables analizadas, no presentaron diferencia significativa entre tratamientos los cuales fueron fibra cruda, proteína y azúcar total debido a la composición del contenido de muestra.

En el estudio microbiológico se observó que en la cuenta total de 48 horas predominaron más la cantidad de bacterias que de hongos y levaduras a las 72 horas en los tres tratamientos. En las tortillas que se les adicionó pulque pasteurizado a las 48 horas hubo menos bacterias que en el tratamiento con pulque normal. En la cuenta total de hongos y levaduras a las 72 horas también hubo menos crecimiento en las tortillas con pulque pasteurizado que en las tortillas con pulque normal.

En cuanto al color, el testigo fue el que presentó más luminosidad. En las coordenadas de a (verde-rojo) y b (amarillo-azul) de acuerdo al diagrama de cromaticidad, el tratamiento con pulque pasteurizado fue el que se acercó más al testigo que fue con el que se comparo.

En lo que se refiere a textura en las pruebas de punción con punzón de punta plana y con punzón de punta esférica son iguales los tres tratamientos. Las tortillas de maíz tienen casi la misma resistencia en las dos pruebas de punciones. En la prueba de rasgado las tortillas que llevaban pulque natural fueron las que no se rompieron fácilmente.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

Se sugiere evaluar la vida de anaquel de las tortillas de maíz con pulque para ver si el pulque puede funcionar como un aditivo y así poder aumentar la vida de anaquel de la tortilla de maíz.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A.O.A.C (1980) MÉTODOS OFICIALES DE ANALISIS. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. U.S.A.

Alcantará Thelma A. “Bebidas Fermentadas”. Sipiensa. Org. Mx. En línea: <http://sepiensa.org.mx/contenidos/fermentaciones/bebidas/fermenta3.htm> Fecha de consulta: 14 de mayo del 2009.

Almeida HD y Rooney LW (1996). Avances en la manufactura de productos de maíz nixtamalizado. Seminario de la Asociación Mexicana de Soya. Septiembre 24-25, México, D.F.

Chechetkin, A.V., Voronianski, V.I., Pokuska G.G., y otros. 1980. Practicas de bioquímica del ganado y aves de corral. Edit. Mir. Mascu, pp.94-95.

Almeida HD y Rooney LW (1997). Aroma, color, texture and staling of tortilla Industry Association. May 4-7 Chicago, IL, USA.

Anzaldúa-Morales Antonio 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Facultad de ciencias químicas Universidad Autónoma de Chihuahua México. Pp 1-7

ASTM, 1995. Annual Book of ASTM Standars. Vol. 09.01.Standard Test Methods for Tear Strength of Conventional Vulcanized and Thermoplasric Elastomers. American Society for Testing Materials. Philadelphia, PA.

Badui Dergal Salvador 1993. Química de los Alimentos. Longman de México. Pp. 379.

Bedolla S. & IW Rooney. Characteristics of US and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World*. 29:7320735. 1984.

Billeb de Sinalbi A.C. y Bressani, R. 2001. Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz. *Archivo Latinoamericano de Nutrición*. 51(1): 86-94.

Bourges, H. 1981. Panorama alimentario de México. *Cuadernos de Nutrición* 5(1):29.

Bourne, M.C. 1982). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press. New York. USA.

Bourne, M.C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd Edition. Academic Press. USA pp. 1, 22.

Brandt Ma, Skinner E.Z, Coleman J.A 1963. Texture profile method. *J. Food. Sci.* 28: 404.

Bressani R.; Braham, J.E.; Elias, L.G.; Cuevas, R. and Molina, R. 1978. Studies on the enrichment of lime treated corn with whole soybean. *J. Food Sci.* 43: 1563

Bressani, 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. *Food Rev. Int.* 6:225-264.

Bressani R.; Turcios J.C.; Reyes L. Y Merida R. 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. Instituto de Investigaciones-Universidad del Valle de Guatemala. ALAN vol. 51 no. 3 Caracas sept. 2001.

Capparelli, E. and Mata, L. 1975. Microflora of maize prepared as tortillas. *Applied Microbiology* 29(6):802-806.

Carrillo-Pérez , E., Serna-Saldivar, S. And Rouzaud-Sandez, O. 1989. Efect of storage conditions and packaging materials on the Physicochemical, microbiological, and sensory properties of corn dry masa flour J. Food Processing and Preservation 13 (2):335-353.

Cervantes Contreras María, Pedrosa Rodríguez A. Marina 2007. El pulque: características microbiológicas y contenido alcohólico mediante espectroscopia Raman. NOVA - PUBLICACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS BIOMÉDICAS - ISSN:1794-2470 VOL.5 No. 8 JULIO - DICIEMBRE DE 2007:101-212.

Chan, H.W.S. 1987. The Mechanism of autoxidation . In: autoxidation of Unsaturated Lipids. De. H.W.S. Chan. Academic Press. Pp 1-17.

Christensen, C.M., Mirocha, C.J. and Meronuck, R.A. 1971. Some biological and chemical characteristics of damaged corn. J. Stored Prod. Res. 7: 287-291.

Delfín Guillaumin Martha E. “Breves noticias sobre el pulque en México”.

Díaz Vázquez Carolina 2008. Tesis de nivel licenciatura. Mejoramiento de los atributos de calidad de la tortilla de maíz empleando como aditivo natural el pulque (poliuqui). UAAAN.

Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers P. A. and Smith F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugar and Related Substances. Analytical Chemistry 28 (3): 350-356.

Figuroa-Cárdenas, J.D., Gonzalez-Hernandez, J., Arambula-Villa, G., Morales-Sánchez, E. (1997). Tecnologías ecológicas para la producción de tortilla. Avance y perspectiva 16: 2-12.

Frazier, W.C. and Westhoff, D.C. 1993. Microbiología de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

García M.N., 1994. Procesos no convencionales de elaboración de harinas instantáneas para tortillas. Tesis profesional. Depto. De Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo.

Giese J (1995). Measuring Physical properties of foods. Food techn. 49(2): 54-58.

Gómez, M.H., Rooney, L.W., Waniska, R.D., and Pflugfelder, R.L. 1987. Dry com masa flours for tortilla and Snack food cereal. Foods World 32:372-377.

Gómez, M.H., Waniska, E.D., Rooney, L.W., (1990). Effects of nixtamalization and grinding conditions on starch in masa. Starch 42:475.

Gómez, M.H., Waniska, E.D., Rooney, L.W. (1991). Starch characterization of nixtamalized corn flour Cereal Chem. 68(6): 578-582.

Gómez – Méndez, G., Anzaldúa-Morales, A., Nevarez, V. and Talamas, R. 1996. Instrumental and sensory techniques for the measurement of wheat tortilla texture.

Gonzales Ramos Paola Lissette, 2001. Tesis de nivel licenciatura. Mejoramiento de los atributos de textura de la tortilla de maíz mediante la adición de harina de nopal (*Opuntia spp*). U.A. de C.

Hernández X; E. 1972. Consumo de Maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo . In : simposio sobre el desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio de posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo.

Hernandez Hernandez Elvia, 2003. Tesis de nivel licenciatura. Evaluación del efecto de la adición de harina de nopal (*Opuntia spp*) natural y libre de clorofila en la elaboración de tortilla de maíz. UAAAN.

Hernández-Ayala, E.; Nieto-Villalobos, Z y Duran de Bazúa. 1996. Determinación del Efecto de la Nixtamalización y la Extrusión Alcalina Sobre el Valor Nutritivo en Tortillas de Maíz y Sorgo. Parte II: contenido del triptófano y niacina. Facultad de Química, UNAM. Mayo/junio 1996.

Higuera-Ciapara Inocencio; José Manuel Nieblas. Conservación y estabilidad de la tortilla de maíz a temperatura ambiente. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 45(2):122-127. 1995.

Hodgson, R.E.1976. La industria lechera en América Latina. Ed. Pax- México. D.F. p. 578.

Hoseney, C,R, 1986. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minn.

INEGI. 1996. Abasto y comercialización de productos básicos de maíz CONASUPO, México.

Jing y Kitts. “Reacciones de Maillard”. En línea: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r24254.Doc. Fecha de consulta: 10 de mayo del 2009.

Khan M.N., Desrosiers, M.C., Rooney, L.W., Morgan, R.C., and Sweat, V.E., 1982. “Corn tortillas: evaluations of cooking procedures”. Cereal CHEM. 59(9):274:284.

Labuza, T. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods critical Review of Food Technol. 1(2):355-405.

Lehninger, L.A. 1985. Bioquímica. Azúcares, polisacáridos de reserva y paredes Celulares. 2ª. Ed., Omega,S.A. Barcelona. P.270.

Loyola Montemayor Elías 1956. Las industria del pulque. Banco de México, S. A. Departamento de investigaciones industriales. P. 65.

Llaguno M., C. 1995. Producción y envasados de zumos y bebidas de frutas sin gas. Ed. Acribia, S.A. Ashurst, P.R. (Ed.) Zaragoza, España. P.301-304.

Mabon TJ (1993) Color Measurement of food cereal foods world 38 (1); 21-25.

Madrigal Gonzales Sergio. “pulque en la cultura mexicana”. Gineconet .com. (en línea). Febrero 2000, num. 5 (fecha de consulta 5 de agosto 2005) disponible en: www.terra.es/pulque/articulo/htmlali25.htm.

Martínez Morales Carlos Arturo, 2005. Monografía de nivel licenciatura. Bebidas Alcohólicas Mexicanas. UAAAN.

Miller, G. L. (1959). “Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugars” Analytical, Chemical 31, 426-428.

Muñoz-Chávez, M, Chavez-Villasana, A., Roldan, J.A., Ledesma, J.A., Mendoza, E., Perez-Gil, F., Hernandez, S.L. y Chaparro, A.G. 1996. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. De. Pax México. México, D.F. p. 10-14.

Novelo, V. y A. García. 1987. La Tortilla : alimento, Trabajo y Tecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 11,21,47-55.

Nelson, F.E. and Tranmal, H. 1972. The Microbiology of corn tortilla. Abstracts of the Anual Meeting of the Am. Soc. Microbiol. E114. P.20.

Ordaz Ortiz José Juan Y Vázquez Carrillo María Griselda (1997). Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores. Chapingo México.

Paredes-Lopez, O. and Saharopulos-Paredes, M.E. 1983. Maize: A review of tortilla production technology. Bakers Digest 13: 16-25.

Pokorny, J. 1987 Major factors affecting the autoxidation of lipids. In: Autoxidation of Unsaturated Lipids. De. H.W-S. Chan. Academy Press. Pp.141-207.

Presidencia de la República. Coordinación General de Programas para Productos Básicos. 1981. Maíz y sus productos industrializados. México, Sept. p.36 y 39. En: Novelo, V. y García, A. 1987. La Tortilla: Alimento, Trabajo y Tecnología. Universidad Autónoma de México. P. 11,21,47-45.

Quintana Patricia, Madrigal González Sergio. "Corazón Hñahñu: Maguey planta divina de la naturaleza."En línea: <http://www.agavenectar.com/articles/maguey.html> Fecha de consulta: 14 de mayo del 2009.

Ramírez- Wong, 2002. Development of two instrumental methods for corn masa texture evaluation. Cereal chem. 70(3): 26-290.

Ramos Zablak Claudia Margarita, 2004. Tesis de nivel licenciatura. Métodos de conservación para retardar la fermentación en aguamiel. UAAAN.

Reaves, P.M. 1977. El ganado lechero y las industrias lácteas en las granjas, Limusa. México. P.405- 472.

Reyes Lucio Viviana del Carmen 2004. Tesis de nivel maestría. Determinación de factores críticos de calidad sensorial de la tortilla de maíz. Facultad de Ciencias Químicas. UA de C.

Reyes Vega María de la Luz, 1998. Tesis de nivel doctorado. Efecto del empaclado con películas plásticas sobre la calidad microbiológica, bioquímica y sensorial de la tortilla de maíz. México, D.F.

Reyes-Vega, M.L., Peralta-Rodríguez, R.D., Anzaldúa-Morales, A., Figueroa-Cárdenas, J.D. and Martínez-Bustos, F.1998. Relating sensory textural attributes of corn tortillas to some instrumental measurements. *Journal of Texture Studies* 29(4):361-373

Rooney, L.W. y Almeida-Domínguez, H.D. 1995. Productos de maíz nixtamalizado y calidad del maíz. Presentado en el seminario de la asociación americana de soya. Septiembre 27, 1995.

SAS, 1989. Statistical Analysis System, versión 5.0 SAS Institute, Inc. Cary, NC.

Serna-Saldivar, S.O.; Gómez, M.H. and Rooney, L.W. 1990. Advances in cereal Science and Technology. Ed. Pomeranz, Y. Chapter 4: Technology, Chemistry and Nutritional Value of Alkaline-Cooked Corn Products. American Association of Cereal Chemistry. Minn, U.S.A.

Tellez-Giron A.; G.R. Acuff; C. Vanderzant; L.W: Rooney Y R.D. Waniska 1988. Microbiological characteristics and shelf life of corn tortillas with or without antimicrobial agents. *J. Food Protection* 51:945-948.

Tovar LR (Raul Tovar, Luis)¹, Olivos M (Olivos, Manuel)¹, Gutierrez ME (Eugenia Gutierrez, Ma.)¹2008. Pulque, An Alcoholic Drink from Rural Mexico, Contains Phytase. Its in vitro Effects on Corn Tortilla.

Vidal –Quintanar, Reyna R.L. Love, J. and Johnson, L. A. 2000. Role of oil on physical properties of corn masa flours and sensory characteristics of corn tortillas *J. of Food Processing and Preservation.* 35: (8):983-988.

Villarroya Oscar. 30 de julio 2002. El pulque (fecha de consulta. 2 de julio 2005). Disponible en: <http://www.percepnet.com/cien0702.htm>.

Watson . S.A. and Ramstad, P.E. 1987. Corn: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists. Minn. P.311-341.

ANEXOS

Anexo 1: Datos de análisis bromatológico de la tortilla de maíz con pulque.

Tratamiento	Mst* %	Ceniza %	Grasa %	F. Cruda %	Proteína %	Carbohidratos %	Azuc. Reduc. g/g	Azuc. Tot. g/g	Humedad %
1	98.9	1.30	2.7	0.35	1.41	93.14	2.41	1.94	1.1
1	98.9	1.30	2.7	0.56	1.39	92.95	2.41	1.93	1.1
1	98.9	1.30	2.7	0.52	1.34	93.04	2.41	1.94	1.1
2	98.07	1.67	4.8	0.53	1.35	89.72	2.33	1.93	1.93
2	97.92	1.53	4.7	0.50	1.38	89.81	2.33	1.93	2.08
2	97.71	1.60	4.8	0.54	1.40	89.37	2.34	1.93	2.29
3	98.25	1.7	4.7	0.57	1.38	89.90	2.36	1.93	1.75
3	98.23	1.6	4.5	0.57	1.41	90.15	2.36	1.93	1.77
3	98.32	1.6	5.4	0.35	1.39	89.57	2.35	1.93	1.68

Testigo (tratamiento 1), pulque normal (tratamiento 2), pulque pasteurizado (tratamiento 3)

*MST=materia seca total; %=porcentaje

Análisis ANOVA para las variables del análisis Bromatológico

Variable dependiente: MST					
F. de variacion	GL	S. de cuadrados	c. medios	F calculada.	Pr > F
Modelo	2	1.53555556	0.76777778	65.94	<.0001
Error	6	0.06986667	0.01164444		
Total	8	1.60542222			
R-cuadrada	Coef Var	Root MSE	MST Media		
0.956481	0.109714	0.107909	98.35556		
Variable dependiente: CENIZA					
F. de variacion	GL	s. de cuadrados	c. medios	F calculada.	Pr > F

Modelo	2	0.20222222	0.10111111	36.84	0.0004
--------	---	------------	------------	-------	--------

Error	6	0.01646667	0.00274444		
-------	---	------------	------------	--	--

Total	8	0.21868889			
-------	---	------------	--	--	--

R-cuadrada	Coeff Var	Root MSE	CENIZA Media
------------	-----------	----------	--------------

0.924703	3.466816	0.052387	1.51111
----------	----------	----------	---------

Variable dependiente: EXTRACTO ETE

F. de variacion	GL	s. de cuadrados	c.medios	F calculada	Pr > F
-----------------	----	-----------------	----------	-------------	--------

Modelo	2	8.97555556	4.48777778	59.40	0.000
--------	---	------------	------------	-------	-------

Error	6	0.45333333	0.0755555		
-------	---	------------	-----------	--	--

Total	8	9.42888889			
-------	---	------------	--	--	--

R-cuadrada	Coeff Var	Root MSE	EXTRA ET. Media
------------	-----------	----------	-----------------

0.951921	6.686117	0.274874	4.11111
----------	----------	----------	---------

Variable dependiente: FIBRAC

F. de variacion	GL	s. de cuadrados	c. medios	F calculada	Pr > F
-----------------	----	-----------------	-----------	-------------	--------

Modelo	2	0.00326667	0.00163333	0.18	0.8414
--------	---	------------	------------	------	--------

Error	6	0.05513333	0.00918889		
-------	---	------------	------------	--	--

Total	8	0.05840000			
-------	---	------------	--	--	--

R-cuadrada	Coeff Var	Root MSE	FIBRAC Media
------------	-----------	----------	--------------

0.055936	19.17174	0.095859	0.500000
----------	----------	----------	----------

Variable: PROTEINA

F.de variacion	GL	s. de cuadrados	c. medios	F calculada	Pr > F
----------------	----	-----------------	-----------	-------------	--------

Model	2	0.00046667	0.00023333	0.32	0.7358
Error	6	0.00433333	0.00072222		
Total	8	0.00480000			

R-cuadrada Coeff Var Root MSE PROTEINA Media
0.097222 1.942713 0.026874 1.383333

Variable dependiente: CARBOHID

F. de variacion	GL	S. de cuadrados	c. medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	21.73460000	10.86730000	220.73	<.0001
Error	6	0.29540000	0.04923333		
Corrected Total	8	22.030000			

R-cuadrada Coeff Var Root MSE CARBOHID Media
0.986591 0.244233 0.221886 90.8500

Variable dependiente: AZUCARR_

F. de variacion	GL	S. de cuadrados	c. medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	0.00926667	0.00463333	208.50	<.0001
Error	6	0.00013333	0.00002222		
Total	8	0.009400			

R-cuadrada Coeff Var Root MSE AZUCARR_ Media
0.985816 0.199185 0.004714 2.366667

Variable dependiente: AZUCARTot

F. de variacion GL s. de cuadrados c. medios F calculada Pr > F

Modelo	2	0.00008889	0.00004444	4.00	0.0787
Error	6	0.00006667	0.00001111		
Total	8	0.00015556			
R-cuadrada	Coeff Var	Root MSE	AZUCARTot	Media	
0.571429	0.172513	0.003333	1.932222		
Variable dependiente: HUMEDAD					
F. de variacion	GL s. de cuadrados	c. medios	F calculada	Pr > F	
Modelo	2	1.53555556	0.76777778	65.94	<.0001
Error	6	0.06986667	0.01164444		
Total	8	1.60542222			
R-cuadrada	Coeff Var	Root MSE	HUMEDAD	Media	
0.956481	6.562060	0.107909	1.644444		

Resultados de la prueba Duncan para las variables Mst, ceniza, extracto etéreo, carbohidratos, azúcar reductores y humedad.

Duncan's Multiple Range Test for MST			
Alfa	0.05		
Error grados de libertad	6		
Error cuadrados medios	0.01164		
Numero de Medias	2	3	
Rango critico	.2156	.223	
Grupo	Media	N	Trat

A 98.90000 3 1

B 98.26667 3 3

C 97.90000 3 2

Duncan's Multiple Range Test for CENIZA

Alfa 0.05

Error grados de libertad 6

Error cuadrados medios 0.002744

Numero de medias 2 3

Rango critico .1047 .1085

Grupo media N Trat

A 1.63333 3 3

A 1.60000 3 2

B 1.30000 3 1

Duncan's Multiple Range Test for EXTRACTO ETereo

Alfa 0.05

Error grados de libertad 6

Error cuadrados medios 0.075556

Numero de medias 2 3

Rango critico .5492 .5692

Grupo Media N Trat

A 4.8667 3 3

A 4.7667 3 2

B 2.7000 3 1

Duncan's Multiple Range Test for CARBOHID

Alfa 0.05

Error grados de libertad 6

Error cuadrados medios 0.049233

Numero de medias 2 3

Rango critico .4433 .4594

Grupo	Media	N	Trat
-------	-------	---	------

A	93.0433	3	1
---	---------	---	---

B	89.8733	3	3
---	---------	---	---

B	89.6333	3	2
---	---------	---	---

Duncan's Multiple Range Test for AZUCARR_

Alfa 0.05

Error grados de libertad 6

Error cuadrados medios 0.000022

Numero de medias 2 3

Rango critico .009418 .009761

Grupo	Media	N	Trat
-------	-------	---	------

A	2.410000	3	1
---	----------	---	---

B	2.356667	3	3
---	----------	---	---

C	2.333333	3	2
Duncan's Multiple Range Test for HUMEDAD			
Alfa	0.05		
Error grados de libertad	6		
Error cuadrados medios	0.011644		
Numero de medias	2	3	
Rango critico	.2156	.2234	
Grupo	media	N	Trat
A	2.10000	3	2
B	1.73333	3	3
C	1.10000	3	1

Anexo 2: Promedios del total de bacterias en los diferentes tratamientos y en los dos tiempos que se indican.

	BACTERIAS 24 HRS	BACTERIAS 48 HRS
Tpp -4	13,333ufc/ml	96,667 ufc/ml
Tpn-4	10,000ufc/ml	166,667 ufc7ml
Tna-4	13,333ufc/ml	86,667 ufc/ml

Tpp (Tortilla con pulque pasteurizado), Tpn (Tortilla con pulque natural), Tna (Tortilla normal o testigo).

Promedios del total de hongos en los diferentes tratamientos y con el tiempo a 72 horas.

	HONGOS Y LEVADURAS 72 HRS
Tpp -4	50,000 ufc/ml
Tpn-4	70,000 ufc/ml
Tna-4	20,000 ufc/ml

Tpp (Tortilla con pulque pasteurizado), Tpn (tortilla con pulque natural), Tna (tortilla normal o testigo).

Anexo 3: Datos correspondientes de la determinación del color.

Primer tratamiento: tortilla normal (testigo)

Repeticiones	L	a	b
1ra tortilla	76.1	-0.19	20.98
2da.tortilla	75.13	-0.32	20.97
3ra tortilla	75.71	0.06	21.77
4ta tortilla	75.68	-0.21	19.93
5ta tortilla	75.6	-0.07	20.09
6ta tortilla	75.78	-0.28	20.73
PROMEDIO	75.666667	0.16833333	20.745

L = luminosidad; a (-) = color verde; b (+) = color amarillo

Segundo tratamiento: tortilla elaborada con pulque normal

Repeticiones	L	a	b
1ra.ortilla	74.28	1.35	24.05
2da.tortilla	72.49	0.75	21.59
3ra.tortilla	72.79	0.43	21.1
4ta.tortilla	74.74	0.59	21.23
5ta.tortilla	74.88	0.18	20.52
6ta.tortilla	75.56	0.21	21.66
PROMEDIO	74.1233333	0.585	21.6916667

L = luminosidad; a (+) = color rojo; b (+) = color amarillo

Tercer tratamiento: tortilla elaborada con pulque pasteurizado

Repeticiones	L	a	b
1ra. tortilla	74.13	0.47	20.44
2da. tortilla	72.64	0.23	19.82
3ra. tortilla	74.82	0.19	19.45
4ta. tortilla	74.99	0.16	19.06
5ta. tortilla	74.82	0.46	20.97
6ta. tortilla	73.23	0.89	21.01
PROMEDIO	74.105	0.4	20.125

L = luminosidad; a (+) = color rojo; b (+) = color amarillo

Anexo 4: Datos de textura con las diferentes pruebas: punción con punta esférica, punción con punta plana y de rasgado.

Datos de la punción con punzón de punta esférica de 25 mm de diámetro.

Tratamiento	Punta Esférica de 25 mm diámetro
1	0.24 mm
1	0.21 mm
1	0.21 mm
2	0.32 mm
2	0.25 mm
2	0.36 mm
3	0.24 mm
3	0.22 mm
3	0.31 mm

tratamiento 1=Testigo, tratamiento 2 = tortillas con pulque natural, tratamiento 3 = pulque pasteurizado.

Datos de la punción con punzón de punta plana de 2 mm de diámetro.

Tratamientos	Punta plana2mm
1	0.042 mm
1	0.039 mm
1	0.044 mm
1	0.038 mm
2	0.066mm
2	0.064 mm
2	0.096 mm
2	0.073 mm
3	0.44 mm
3	0.12 mm
3	0.08 mm
3	0.099 mm

Tratamiento 1 = Testigo, tratamiento 2= tortillas con pulque natural, tratamiento 3 = pulque pasteurizado.

Cuadro 10. Análisis de varianza para las pruebas de punción

Número de observaciones					
Variable dependiente: PuntaEsf PuntaEsf					
F. de variacion	GL	s. de cuadrados	c.medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	0.01240274	0.00620137	3.39	0.1034
Error	6	0.01097062	0.00182844		
Total	8	0.0233733			
Número de observaciones 12					
Variable dependiente: Puntaplana2mm Puntaplana2mm					
F.de variación	GL	S. de cuadrados	c.medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	0.04658395	0.02329198	2.37	0.1493
Error	9	0.08858777	0.00984309		
Total	11	0.13517172			

Datos de la prueba de rasgado.

Tratamiento	Rasgado
1	0.034 mm
1	0.016 mm
1	0.067 mm
1	0.033 mm
2	0.067 mm
2	0.060 mm
2	0.048mm
2	0.102mm
3	0.025mm
3	0.018mm
3	0.032 mm

3	0.021 mm
---	----------

Tratamiento 1 = Testigo, tratamiento 2= tortillas con pulque natural, tratamiento 3 = pulque pasteurizado.

Análisis de Varianza y prueba de separación de medias de Duncan para la prueba de rasgado.

Número de observaciones 12					
Variable dependiente: Rasgado Rasgado					
F.de variacion	GL	s. de cuadrados	c. medios	F calculada	Pr > F
Modelo	2	0.00425941	0.00212971	6.28	0.0196
Error	9	0.00305140	0.00033904		
Total	11	0.00731081			
Duncan's Multiple Range Test for Rasgado					
NOTA: Esta prueba controla el comparativo del error de velocidad Tipo I , no el error experimental.					
Velocidad					
Alfa	0.05				
Error grados de libertad	9				
Error cuadrado medio	0.000339				
Número de medias	2	3			
Rango critico	.02945	.03074			
Grupo	Media	N	Trat		
A	0.06945	4	2		
B	0.03793	4	1		
B	0.02450	4	3		

