

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

Í ANTONIO NARROÍ

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos



**Í EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE TORTILLA
NIXTAMALIZADA OBTENIDA A PARTIR DE MAÍZ BLANCO (*Zea mays*)
GERMINADOÍ .**

POR:

LUIS EDUARDO PÉREZ VARGAS

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

“EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE TORTILLA NIXTAMALIZADA
OBTENIDA A PARTIR DE MAÍZ BLANCO (*Zea mays*) GERMINADO”.

Por:

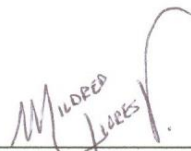
LUIS EDUARDO PÉREZ VARGAS

Tesis

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada por el comité de tesis:



M.C. Mildred I.M. Flores Verástegui

Asesor principal




M.C. Sarahi del C. Rangel Ortega

Co-asesor



M.C. Sergio Sánchez Martínez

Vocal



Dr. Ramiro López Trujillo

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenvista, Saltillo Coahuila. Abril 2014



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”, por abrirme sus puertas desde ya hace más de 5 años y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mi madre María de la luz L. Vargas Solís, por brindarme todo su amor que como ella solo sabe dar, por guiarme a lo largo de este camino con sus sabios consejos y que con esfuerzos y preocupación siempre me supo apoyar.

A mi padre Salvador Pérez Bernabé, por ser mi padre, por todo su inmenso apoyo y amor que toda su vida me brindó, porque sé que donde quiera que se encuentre el me guiará en todo momento en esta nueva etapa de mi vida y lo que me resta de ella.

A mis hermanos Beatriz Pérez Vargas, Estefanía Pérez Vargas, David Pérez Vargas, Margarita Pérez Vargas y Rafael Pérez Vargas porque siempre conté y cuento con su apoyo su cariño y su amor que siempre me demuestran de alguna u otra forma, los quiero mucho.

A mis tíos por su inmenso apoyo incondicional que siempre me han brindado por sus consejos que siempre guardo en mi mente y que me han servido de mucho a lo largo de mi vida, por todo eso y más muchas gracias.

A mis maestros que siempre me tuvieron paciencia, por su dedicación y empeño en cada clase que me impartieron, además de su apoyo que nunca han sabido negarme en especial a la maestra Mc. Mildred Flores Verástegui muchas gracias maestra, gracias a cada uno de los maestros que formaron y seguirán formando parte de esta etapa en mi vida y lo que le sigue.

Así como a todas y todos mis amigas y amigos Carmen Lucía González, Gilberto Gallardo, Eliúd García, Mario Molina, Alejandro

Loyo, Marco Polo Herrera, Carol de Jesús, Betzabe Cubas, Ana Pamela Fonseca, al Ing. Gerardo Sánchez Martínez, al padre Mario Escalera, al Ing. Felipe Malacara, y por supuesto y que no podían faltar mis amigos los “Pérfidos” Karen Trejo Gonzales, Laura Solís, Mary Victorino, Pamela Gamboa Gaby Victorino, y Héctor Velázquez. Porque a lo largo de estos 5 años formaron y seguirán formando parte de mi vida, de mi formación y de mi corazón porque en serio que no todos los días me encuentro con personas de esta magnitud, gracias por su amistad y su inmenso cariño los quiero chiscos.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	iii
Índice general	vi
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xii
Resumen	xiv

CAPÍTULO 1

1.1. Introducción	15
1.2. Justificación	17
1.3. Hipótesis	18
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	18

CAPÍTULO 2

2.1. Marco teórico	20
2.1.1. La alimentación	20
2.1.1.1. La alimentación en México	20
2.1.1.2. Efectos de una mala alimentación	21
2.1.1.3. Alternativas para prevenir una mala alimentación	23
2.1.2. El maíz fuente principal de alimento en México	24
2.1.2.1. Nixtamalización	25
2.1.2.2. Cambios físico químicos	26
2.1.3. Germinación de maíz	28

CAPÍTULO 3

3.1. Materiales y métodos	31
3.1.1. Localización del experimento	31
3.1.1.1. Material y reactivos de laboratorio	31
3.1.2. Metodología	32

3.1.2.1. Material biológico...32

3.1.2.2. Germinación del grano...32

3.1.2.3. Nixtamalización... 32

3.1.2.4. Elaboración de masa y tortillas...33

3.1.2.5. Evaluación físico química de masa y tortilla...33

3.1.2.5.1. Determinación de almidón...33

3.1.2.5.2. Determinación de color... 34

3.1.2.5.3. Determinación de firmeza...35

3.1.2.6. Evaluación sensorial de tortilla...35

3.1.2.7. Análisis estadístico de resultados...37

CAPÍTULO 4

4.1. Resultados y discusión...38

4.1.1. Evaluación físico química de masa y tortilla...38

4.1.1.1. Determinación de almidón...38

4.1.1.2. Determinación de color...41

4.1.1.3. Determinación de firmeza ã õ ã ..45

4.1.2. Evaluación sensorial de tortilla ã õ ã .46

CAPÍTULO 5

5.1. Conclusión ã õ õ õ õ õ õ õ ãõ õ .õ .õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ã ..50

CAPITULO 6

6.1. Literatura citada ã õ ã 51

CAPÍTULO 7

7.1. Anexos Evaluación Físico Química

7.1.1. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable almidón en masa (JMP 5.0.1) ã õ ã ..56

7.1.2. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable almidón en tortilla (JMP 5.0.1) ã õ ã ..56

7.1.3. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable firmeza en masa (JMP 5.0.1) ã ..õ ã 57

7.1.4. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable firmeza en tortilla (JMP 5.0.1) ã õ ã ..57

7.1.5. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable
luminosidad en masa (JMP 5.0.1)õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..58

7.1.6. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable
luminosidad en tortilla (JMP 5.0.1)õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..58

7.2. Anexos Evaluación Sensorial

7.2.1. Anexo. Hoja maestra de evaluación sensorial para la primera sesiónõ õ .59

7.2.2. Anexo. Hoja maestra de evaluación sensorial para la segunda sesiónõ ...60

7.2.3. Anexo. Hoja de evaluación sensorialõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..õ 61

7.2.4. Anexo. Resultados de prueba de evaluación sensorialõ õ õ õ õ õ õ õ ..62

7.2.5. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo de
color mediante el paquete estadístico SAS 9.1õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ 67

7.2.6. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo
de olor mediante el paquete estadístico SAS 9.1õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .70

7.2.7. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo de
textura mediante el paquete estadístico SAS 9.1õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ 73

7.2.8. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo de
sabor mediante el paquete estadístico SAS 9.1õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Valor nutritivo del maíz y sus derivados (en 100 gramos peso neto) 27

Tabla N°2. Composición química del maíz, nixtamal y tortilla (% en base seca) 28

Tabla N°3. Composición química de algunas semillas 29

Tabla N°4. Materiales, reactivos y equipo de laboratorio 31

Tabla N°5. Escala numérica para la interpretación de datos sensoriales 36

Tabla N°6. Cromaticidad en masa a diferentes tiempos de germinación 41

Tabla N°7. Cromaticidad en tortilla a diferentes tiempos de germinación 41

Tabla N°8. Cromaticidad de b* en masa y tortilla obtenidas a partir de maíz germinado 43

Tabla N°9 Cromaticidad de b* en tortilla nixtamalizada 43

Tabla N°10. Nivel de luminosidad en masa y tortilla a diferentes tiempos de germinación 45

Tabla N°11. Nivel de luminosidad en cuatro diferentes tipos de tortilla 45

Tabla N°12. Comparación de medias de los atributos evaluados sensorialmente en tortilla de maíz germinado a diferentes tiempos 47

Figura N°14. Variaciones en el contenido de almidón en la germinación de semillas
ñ 40

Figura N°15. Saturación de color en el diagrama de cromaticidad $L^* a^* b^*$ para masa
ñ 42

Figura N°16. Saturación de color en el diagrama de cromaticidad $L^* a^* b$ para tortilla
ñ 42

Figura N° 17. Gráfico de medias para la comparación de luminosidad en masa y tortilla de maíz germinado a diferentes tiempos
ñ ...44

Figura N° 18. Gráfico de medias para la comparación de firmeza en masa y tortilla de maíz germinado a diferentes tiempos
ñ ...46

RESUMEN

La buena nutrición en México ha ido en decadencia en los últimos años, debido a una mala alimentación provocada en su mayoría, por no tener un balance alimenticio, grandes ingestas de comida o con un alto valor calórico, dando como resultado la entrada a enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes, etc.

Uno de los alimentos mas consumidos por las familias mexicanas es la tortilla que se consume en casi todas las comidas del día, la cual proporciona un balance en nuestra dieta de ingesta diaria, aportando un porcentaje considerable de carbohidratos, proteínas, calorías y grasas, sin embargo si ésta es elaborada por el proceso de nixtamalización el valor nutritivo aumenta, porque dentro de la nixtamalización ocurren una serie de cambios ocasionados por la cocción y la adición de cal, pero si la tortilla se consume en exceso puede existir un desbalance nutricional.

Debido a lo anterior, en el presente trabajo se pretendió generar un decremento en el contenido de almidón de maíz blanco sometiéndolo a proceso de germinación, en tiempos de 0, 48, 96, 144 y 192 horas para la posterior elaboración de tortillas nixtamalizadas, con la finalidad de modificar un alimento de gran importancia para las familias mexicanas, obteniendo como resultado una disminución en el contenido de carbohidratos pero con una pequeña variación en cuanto a los atributos: olor, color, textura y sabor en comparación con una tortilla elaborada sin proceso de germinación; estos atributos fueron evaluados por un panel de 20 jueces semientrenados en una prueba de evaluación sensorial además de análisis fisicoquímicos donde se midió el contenido de almidón en masa y tortilla, nivel de cromaticidad y firmeza donde se dedujo que nuestro mejor tratamiento fue el que se sometió a germinación por un tiempo de 192 horas.

PALABRAS CLAVE: Maíz Blanco, Germinación, Nixtamalización, Almidón, Evaluación Sensorial.

CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones alimentarias han variado a través del tiempo y los grupos humanos han ido adaptándose a ellas, aprendiendo y creando conocimientos, pautas, creencias, reglas morales, arte, leyes y costumbres que en conjunto forman un todo complejo que conocemos como cultura.

La dieta del mexicano no es producto de unos cuantos años, sino que proviene de los habitantes prehispánicos que hace miles de años lograron domesticar el maíz, el frijol y el chile, impulsando así el desarrollo de la agricultura y el tránsito del nomadismo al ser sedentario (García, P., 2012).

El maíz fue y es una de las principales fuentes de alimento en México, el maíz fue bien conocido por los mayas y otros habitantes de Latinoamérica el cual formaba gran parte de su alimentación y su cultura.

Por su fácil manejo, a diferencia de los otros cereales, se puede cultivar en casi todos los climas, casi todas las altitudes y casi todos los suelos. Se cultiva pronto, se almacena con facilidad y se conserva por largo tiempo; se prepara con sencillez y no requiere de equipos complejos para consumirse.

Tiene un sinnúmero de utilidades una de las más comunes es la tortilla que es el eje de nuestra cultura gastronómica, es el alimento mexicano por excelencia. El procedimiento para su elaboración es igual al que utilizaron nuestros antepasados: a partir del nixtamal, que es una mezcla de grano molido, agua caliente y cal, se obtiene una masa que posteriormente se pone sobre una plancha metálica o comal y da lugar a la tortilla, no se sabe con certeza cuando fue que los antiguos mexicanos iniciaron con el tratamiento alcalino pero si se sabe que los mayas

fueron una de las culturas más antiguas en utilizar este método. (Sayago A.S., 2004).

La tortilla proporciona vitaminas, hidratos de carbono y minerales como calcio, fósforo y potasio; Ésto se debe a que las semillas contienen cantidades relativamente importantes de reservas alimenticias, que permitirán el crecimiento y el desarrollo de la plántula hasta que ésta sea capaz de alimentarse por sí misma, estas reservas se encuentran en su mayor parte, formando cuerpos intracelulares que contienen lípidos, proteínas, carbohidratos y compuestos inorgánicos, según el tipo de compuesto que almacenan, existen grandes diferencias entre las semillas.

Así, en los cereales predominan los hidratos de carbono, especialmente almidón, aunque también contienen proteínas y lípidos. Si no se tiene un control de la cantidad que se ingiere, su consumo excesivo en la dieta diaria puede ser perjudicial. (Barceló, J. *et al.*, 1984, COMAIZ., 2013).

Hoy en día el mexicano ha presentado dificultades en cuanto a la manera de alimentarse, ésto es porque actualmente existen diversas causas del incremento de la obesidad en México; entre otros, los factores más relevantes son los medios de comunicación y la falta de actividad física en la población. Los hábitos alimenticios no son los correctos y en combinación con la facilidad con la que se puede consumir comida chatarra, esta combinación, en los últimos años, en nuestro país ha aumentado significativamente el problema de obesidad (Mercado, P.*et al.*, 2013).

Lo anterior conlleva a la búsqueda o la creación de alternativas alimentarias, como lo son los alimentos dietéticos denominados *light+*. Cuando hablamos de productos *light+*, nos referimos a ellos como productos bajos en calorías. Para conseguir elaborarlos, se suelen sustituir los componentes alimentarios, químicos

o naturales que aportan calorías, por otras sustancias que no las aportan o en menos cantidad energética.

Algunos alimentos consumidos por el hombre no se eliminan totalmente, los azúcares, solo una parte. Dentro de estos productos hemos de diferenciar los que nos ayudan a no engordar, por su bajo contenido calórico como los que sirven para adelgazar, sustituyendo comidas (Merixell, 2013).

En base a todo lo anterior es que nace la inquietud por desarrollar un producto nuevo siguiendo las costumbres de la dieta o el alimento principal del mexicano que es la tortilla donde pretendemos elaborar una tortilla con el método tradicional de la nixtamalización pero con la diferencia que el grano será germinado con la intención de disminuir el contenido calórico y esto conlleve a una mejor calidad nutricional.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día se enfatiza mucho en la importancia que debe tener la producción, la autosuficiencia y la disponibilidad de alimentos; porque para lograr una nutrición adecuada se requiere una dieta suficiente y equilibrada que contenga los micronutrientes esenciales recomendados.

En México prevalecen índices elevados de desnutrición, mientras aumentan las manifestaciones de mala nutrición por exceso (Encuesta Nacional de Nutrición 1999). Enfermedades como hipertensión arterial, del corazón, diabetes y obesidad ocurren debido al consumo de alimentación inadecuada por las mujeres, niños y hombres, propiciando la aparición de enfermedades crónicas. (Rivera J. *et al.*, 2013, Varo J. *et al.*, 2003).

Amplios grupos de población consumen dietas altas en maíz, frijol, chile y huevo como mayor fuente de alimento, esto se debe a su costo y al fácil manejo. El maíz y sus derivados como la tortilla son uno o el mayor alimento consumido en México, es por ello que se ha originado la necesidad de buscar una nueva alternativa para seguir consumiendo la tortilla como fuente principal de alimento, pero con los beneficios de obtener un balance en nuestra dieta alimentaria sin alterar sus propiedades organolépticas. Tal es el caso de desarrollar una nueva forma de elaborar una tortilla con maíz común germinado pero utilizando el método tradicional de la nixtamalización.

1.3. HIPÓTESIS

Es posible que disminuya el nivel de almidón en maíz blanco germinado, sin afectar las características sensoriales en la tortilla de maíz (*Zea mays*) elaboradas por el método tradicional de nixtamalizado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar tortillas elaboradas por el método tradicional de nixtamalización a base de maíz blanco (*Zea mays*) germinado a diferentes tiempos.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Valorar el contenido de almidón en masa y tortilla obtenidas a diferentes tiempos de germinación.
- Medir el color, matiz y firmeza de cada una de las muestras de masa y tortilla.

- Evaluar diferencias sensoriales de la tortilla elaborada con maíz germinado a diferentes tiempos respecto de la tortilla convencional.
- Analizar estadísticamente los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 2

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. La alimentación

La alimentación, si bien cubre una necesidad vital, es al mismo tiempo una manifestación cultural que está relacionada con todos los aspectos de la vida de un grupo humano. Para comprender el sistema alimentario de una sociedad se requiere conocer su tecnología, es decir las formas de extraer los recursos del medio, la organización social para hacerlo y la ideología relacionada con la comida, al igual que los hábitos alimentarios de la familia, el lugar donde viven, la disponibilidad de alimentos en la región, las costumbres que están presentes en cada comunidad, que van desde la manera en que se seleccionan y preparan los alimentos hasta la forma en que se consumen (Bertran M. 2005, Alba Z. *et al.*, 2013).

Las ideas que una población, familia o cultura tiene sobre los alimentos se reflejan en los significados que les atribuyen, lo que constituye un sistema de clasificación que permite regular las elecciones alimentarias según ocasión, condición socioeconómica, edad, sexo, estado fisiológico, imagen corporal y/o prestigio.

El antropólogo Sydney Mintz (2003) sostiene que la alimentación es al mismo tiempo una forma de comunicarse y de identificarse con el grupo al que se pertenece, y la elección de los alimentos, en este sentido puede ser una especie de declaración de principios.

2.1.1.1. La alimentación en México

El panorama de la nutrición y la alimentación en México se ha vuelto muy complejo. Desde hace decenios se mantiene prácticamente en las mismas cifras

proporcionales; no hay razón para esperar mayores cambios en el futuro próximo, aunque no deben olvidarse fenómenos como la emigración al medio urbano y la emigración de hombres adultos a Estados Unidos que genera el envío de recursos económicos a muchas áreas rurales y urbanas, los cuales desafortunadamente no suelen producir mejoría alimentaria ni sanitaria pero también debemos mencionar que una mala alimentación se debe a la falta de ingresos que es una de las causas más importantes que impiden a la población obtener una dieta adecuada.

El aporte dietario estriba en pocos alimentos, entre los que destaca el consumo del maíz; a diferencia de los hogares que cuentan con alto ingreso, la energía y los nutrientes se adquieren de una variedad más amplia de éstos, entre los que destacan frutas, vegetales y carnes.(Martínez, I. *et al.*, 2003)

El ascenso vertiginoso de la obesidad, las enfermedades del corazón, la diabetes y la hipertensión en la población urbana adulta y rural es francamente preocupante, debido al abuso de alimentos ricos en carbohidratos, grasas y azúcares, como lo son las bebidas carbonatadas harinas entre muchos otros.

Actualmente existen diversos factores de incremento en la obesidad infantil y adultos mayores, unos de los casos más comunes es la falta de ejercicio, los medios de comunicación, redes sociales y la educación en escuelas y hogar. (Mercado P. *et al.*, 2013)

2.1.1.2. Efectos de una mala alimentación

La obesidad que se experimenta en México ha sido ampliamente documentada a través de las últimas encuestas nacionales. En el año 2006, se reportó que en adultos de 20 años o mayores la prevalencia de sobrepeso y obesidad fue de 69.7%, lo que ubicó a México como uno de los países con mayor prevalencia en la región de América y a nivel global, además, esta prevalencia aumentó más de 12% en tan solo seis años, de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud (ENSA-

2000) y la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT-2006), lo cual posicionó a México como uno de los países con mayor tendencia de aumento de sobrepeso y obesidad en el mundo con un porcentaje anualizado de incremento de alrededor de 2%. Debido a que la obesidad es el principal factor de riesgo modificable para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles como diabetes mellitus y enfermedades cardiovasculares, que son las dos principales causas de mortalidad general en adultos mexicanos, y ciertos tipos de cáncer, la obesidad ha sido reconocida como uno de los problemas de salud pública más importantes del país (Barquera S. *et al.*, 2012).

En México la obesidad ha afectado más a las mujeres ya que el 34% sufre de sobrepeso en comparación con los hombres (24.2%). Hoy en día México ocupa el segundo lugar de los países con mayor índice de obesidad en su población con el 30%, superado por Estados Unidos de América con el 33.8%, de acuerdo a información dada a conocer por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (Médica-Obesidad, 2013).

En México la obesidad, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas no transmisibles relacionadas con la nutrición son los principales problemas de salud. En el país se ha documentado uno de los incrementos más rápidos a nivel mundial en la prevalencia de peso excesivo (sobrepeso y obesidad) y sus comorbilidades. De 1980 al año 2000, de forma casi paralela, se identificó un incremento alarmante del 47% en la mortalidad por diabetes mellitus tipo 2, pasando de ser la novena causa de mortalidad en 1980 a la tercera en 1997 y a la segunda causa de mortalidad a nivel nacional en el 2010, con cerca de 83 000 defunciones. (Rivera J.*et al.*, 2013).

Este importante problema de salud pública impacta en todos los ámbitos de la vida de los mexicanos. Las causas son multifactoriales. Es por esto que la intervención en la prevención de la obesidad debe ser integral, para optimizar la utilización de recursos y evitar un colapso económico y de salud pública en nuestro país.

Horacio Anell, analista de Euro Monitor International empresa líder de investigación de mercado, sostiene que una de las causas que ha llevado al país a padecer esta epidemia es el consumo excesivo de comida empacada, comida chatarra y bebidas azucaradas en el cual están fuera del marco de una dieta balanceada. De los productos procesados, más del 40% del total de ventas de comida empacada son productos panificados y entre otros destacan: tortillas, pasteles, galletas, pastelitos. Agrega que ningún producto es responsable por sí mismo, sino su consumo en cantidades excesivas. Es por ello que en los últimos años se ha incrementado desmesuradamente el consumo de alimentos dietéticos con la finalidad de crear un balance en la dieta de los seres humanos. (Médica-Obesidad, 2013).

2.1.1.3. Alternativas para prevenir una mala alimentación

Debido a la preocupación de los consumidores por su salud y apariencia física, desde hace unos años surgió una nueva era de alimentos industrializados para satisfacer esta demanda a través de productos cuyo aporte calórico es menor que el de los convencionales. Estos productos han sido etiquetados como %light+ y otras denominaciones como %bajo en grasa+, %reducido en grasa+, %0% grasa+, %sin azúcar+, %ligero/a+y/o %bajo en calorías+(Profeco, 2008).

Durante los años noventa es cuando se aumentaron las investigaciones por los productos %light+ y es que para tener la aceptabilidad del consumidor se debía comenzar a experimentar con la entrada de nuevos productos bajos en azúcares y hasta sustitutos de grasa es por ello que la industria alimentaria está en constante evolución para poder seguir en el mercado y complacer al consumidor.

Entre los productos que se dicen %light+ o con modificaciones en su composición, encontrados al día de hoy en el mercado nacional, destacan los lácteos (leche, queso, crema, yogur, helados), así como margarina, refrescos, mermeladas y pan.

Sin embargo han dejado a un lado uno de los productos de mayor consumo por las familias mexicanas el maíz y sus derivados. (Sánchez A., 2008).

2.1.2. El maíz fuente principal de alimento en México

El cultivo se originó mediante el proceso de domesticación que llevaron a cabo los antiguos habitantes de Mesoamérica, a partir de los *teocintles*, gramíneas similares al maíz, que crecen de manera natural principalmente en México y en parte de Centroamérica. Se considera que las poblaciones de *teocintle* del centro de México o los que crecen en el trópico seco de la Cuenca del Balsas pudieron ser los antecesores de los cuales se domesticó el maíz como planta cultivada (Anderson, E. 1969).

En México, el maíz forma parte de nuestra alimentación diaria, es el cultivo de mayor presencia en el país, además de ser uno de los cultivos más importantes de Latinoamérica, constituye un insumo para la ganadería y para la obtención de numerosos productos, en el que podemos mencionar por su gran importancia en la dieta alimentaria a la tortilla, (Hernández., 1971, Polanco y Flores., 2008, SIAP 2008, Santos A., 1980 y Tovar T., 2008).

La tortilla de maíz es para la mayor parte de la población mexicana el alimento más importante dentro de su dieta alimentaria. Donde la pobreza es más aguda y el alimento escasea, la tortilla es el principal bien que se ingiere, casi el único.

Cuando el salario familiar alcanza para comprar otro tipo de comida, la tortilla acompaña, envuelve, revuelve y prensa otros alimentos: es la única cuchara que se puede comer después de usarla (Novelo, 1987). Es considerada el alimento principal de los mexicanos.

Este producto provee energía por su contenido alto de carbohidratos; aporta potasio, fósforo, fibra, proteínas y calcio que es proporcionado en gran parte por el

proceso de nixtamalización, además de algunas vitaminas como tiamina, riboflavina y niacina (Ayala V. *et al.*, 2011).

2.1.2.1. Nixtamalización

La nixtamalización es un proceso muy antiguo desarrollado por las culturas Mesoamericanas y aún es utilizado para la producción de tortillas, el cual produce cambios que mejoran la calidad nutricional del maíz, el producto resultante era llamado en náhuatl *%axcalli+* y fue nombrado tortilla por los españoles. Los mayas utilizaban un cocimiento alcalino para la preparación de sus tortillas ya que si no se llevaba a cabo este método y se cocía solo con agua conducía al desarrollo de pelagra o deficiencia de niacina

Sin embargo poco se habla del proceso de nixtamalización, que le confiere un alto valor nutritivo y cambios funcionales extraordinarios, y que es clave en la elaboración de la tortilla, el principal alimento en la dieta del pueblo mexicano y base de su supervivencia desde hace más de 3,500 años. A pesar de que el proceso de nixtamalización o alcalino es bueno, ésto no mejora la cantidad ni calidad de las proteínas así es que si no se tiene un balance alimenticio conduce a un estado nutricional deficiente (Santos A. 1980, Brilleb y Bressani, 2001).

Del náhuatl *%ixtli+*, cenizas, y *%amalli+*, masa, el proceso de la nixtamalización se ha transmitido de generación en generación en Mesoamérica, y todavía se utiliza como en tiempos prehispánicos. Se inicia con la adición de dos partes de una solución de cal aproximadamente al 1% a una porción de maíz. Esta preparación se cuece de 50 a 90 minutos, y se deja remojando en el agua de cocción de 14 a 18 horas. Posterior al remojo, el agua de cocción, conocida como nejayote, se retira y el maíz se lava dos o tres veces con agua, sin retirar el pericarpio ni el germen del maíz.

Se obtiene así el llamado maíz nixtamalizado o nixtamal, que llega a tener hasta 45% de humedad. El maíz nixtamalizado es molido en un metate para producir la masa que se utiliza para formar a mano discos que luego son cocidos en un comal de barro. Es importante indicar que el proceso de molienda requiere la adición de agua y que la masa llega a tener de 48 a 55% de humedad. Finalmente el disco de masa, de aproximadamente 20 centímetros de diámetro, se cuece permitiendo que un lado de la tortilla esté en contacto con el calor de 30 a 45 segundos, se voltea para cocer el otro lado durante un minuto y otra vez el lado inicial por otros 30 segundos para completar la cocción.

Existen diferentes métodos o tiempos para llevar a cabo la nixtamalización esto depende del tipo de maíz que se utilice se pueden mezclar 100 gramos de grano, con 1 gramo de hidróxido de calcio (cal) con 200 mililitros de agua a 92°C el tiempo de cocimiento dependerá de la dureza del grano.

De acuerdo a la NOM-147-SSA1-1996, se denomina maíz nixtamalizado o nixtamal, al maíz sano y limpio que ha sido sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal); todo este proceso conocido como nixtamalización conlleva a cambios importantes tanto físicos como químicos en el producto resultante: masa y tortilla, la masa es también la materia básica para la preparación de totopos de maíz o fritos y tostadas. (Zepeda R. *et al.*, 2009, Paredes O. *et al.*, 2009).

2.1.2.2. Cambios físico químicos

La composición química y nutrimental del grano de maíz depende mucho de la variedad, ambiente y las condiciones en las que fue llevada la siembra. En este caso hablaremos del maíz blanco utilizado para la elaboración de tortillas, que presenta un valor nutrimental como se muestra en la Tabla N°1.

Tabla N°1. Valor nutritivo del maíz y sus derivados (en 100 gramos peso neto).

Valor nutritivo del maíz					
Concepto	Porción comestible (%)	Calorías (K cal)	Proteínas	Grasas	Carbohidratos
Maíz blanco	92	350	8.3	4.8	69.6
Maíz amarillo	92	362	7.9	4.7	73.0
Harina nixtamalizada	100	377	7.1	4.5	77.4
Masa	100	189	4.4	2.2	38.5
Tortillas	100	226	5.9	1.5	47.8

(García J., 1984)

Con el proceso de nixtamalización ocurre una serie de cambios en el contenido nutricional que aportan los granos de maíz, la nixtamalización no solo sirve para suavizar el grano sino que con el cocimiento alcalino ocurren cambios en el contenido nutrimental del maíz, sin embargo se tiene bien en claro que durante este proceso el maíz pierde algunos de sus nutrientes, pero hace que el valor nutrimental de las tortillas sea de mucha mejor calidad.

El calcio desempeña un papel muy importante en el proceso de nixtamalización el cual ayuda a la remoción del pericarpio así como a darle un mejor sabor, olor, color y vida de anaquel a las tortillas, además del valor nutrimental que ésta aporta, la cal es absorbida durante el proceso de nixtamalización dando como resultado un aporte de calcio 3 veces mayor comparado con un maíz sin nixtamalizar (García S., 2004, Paredes, O., *et al.*, 2009).

Uno de sus componentes más importantes es el almidón, se pensaba que al momento de ser nixtamalizado el grano de maíz, una gran parte de los almidones eran gelatinizados, sin embargo hoy, con el uso de técnicas más modernas se sabe que sólo una porción pequeña, que no sobrepasa el 15%, es la que se gelatiniza. Sin embargo existe una forma natural por la que el almidón es eliminado, este proceso es el de la germinación de la semilla de maíz.

La cocción alcalina y el remojo provocan la disolución y el hinchamiento de las capas del pericarpio, ésto hace que las paredes celulares y los componentes de la fibra dietaria de esta parte del grano se vuelvan frágiles, facilitando su remoción, lo cual obviamente disminuye el contenido de fibra dietaria insoluble. Sin embargo, y por fortuna, en este proceso la fibra dietaria soluble pasa de 0.9% en el maíz a 1.3% en la masa, y a 1.7% en la tortilla (Paredes, O., *et al.*, 2009, García S., 2004).

En la Tabla N°2 se muestra una comparación en cuanto al valor nutrimental de tortilla, nixtamal y maíz.

Tabla N°2. Composición química del maíz, nixtamal y tortilla (% en base seca).

Composición química					
Producto	Proteína (N x 6.25)	Lípidos	Carbohidratos	Cenizas	Fibra cruda
Maíz	9.6	5.1	84.0	1.3	1.5
Nixtamal	10.3	3.9	84.3	1.5	1.3
Tortilla	11.1	3.0	84.7	1.5	1.1

(García S., 2004).

2.1.3. Germinación de maíz

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen. Además, es uno de los elementos más eficaces para que la especie se disperse. Para que la semilla cumpla con su objetivo es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y, finalmente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogénéticos cuyo resultado final es la germinación de las semillas (Moore, R. *et al.*, 1998).

Las semillas contienen cantidades importantes de reservas alimenticias, que permitirán el crecimiento y el desarrollo de la plántula hasta que ésta sea capaz de

alimentarse por sí misma. Estas reservas se encuentran en su mayor parte, formando cuerpos intracelulares que contienen lípidos, proteínas, carbohidratos y compuestos inorgánicos.

Según el tipo de compuesto que almacenan, existen grandes diferencias entre las semillas. Así, en los cereales predominan los hidratos de carbono, especialmente almidón, aunque también contienen proteínas y lípidos (Barceló, J. *et al.*, 1984).

En la Tabla N°3 se muestra la composición química de algunas semillas y su porcentaje de reserva de energía.

Tabla N°3. Composición química de algunas semillas.

Especie	Porcentaje de peso seco		
	Carbohidratos	Proteínas	Lípidos
<i>Zea mays</i>	70	11	5
<i>Avena sativa</i>	66	13	8
<i>Triticumaestivum</i>	75	12	2
<i>Linumusatissimum</i>	24	24	36
<i>Ricinuscommunis</i>	Trazas	18	64
<i>Brassicnapus</i>	27	28	34
<i>Pisumsativum</i>	52	24	6
<i>Cicerarietinum</i>	67	17	6
<i>Lens culinaris</i>	60	23	2

(Barceló, J. *et al.* 1984)

Los compuestos de reserva pueden estar almacenados en el embrión (cotiledones) o en tejidos extraembrionarios, principalmente en el endospermo. Una vez iniciada la germinación de las semillas, y cuando las células están suficientemente hidratadas, se produce una activación de la síntesis proteica y, por lo tanto, la formación de enzimas hidrolíticas que son las que promueven la movilización de las sustancias de reserva, antes de que ocurra la germinación la semilla absorbe agua y se hincha; siempre se debe tener disponible el agua para

que pueda llevar acabo el proceso de germinación, por lo que es un punto clave para ello.

La movilización de las reservas requiere un proceso previo de hidrólisis para liberar los compuestos de menor peso molecular, que pueden ser utilizados durante el crecimiento inicial de la plántula. Además, en muchos casos, los productos de la hidrólisis sufren una serie de transformaciones metabólicas antes de ser transportados al eje embrionario en desarrollo.

El hidrato de carbono más extendido en las semillas, como principal reserva energética, es el almidón. Está formado por los denominados granos de almidón (corpúsculos intracelulares). Dichos granos muestran una apariencia característica en cada especie, pudiendo tener formas esféricas, elípticas, poligonales, etc. En la hidrólisis del almidón sus componentes (la amilosa, y la amilopectina) son hidrolizados por la α -amilasa y la β -amilasa para liberar glucosa. La degradación del almidón se incrementa progresivamente durante el proceso de germinación, primero lentamente, y luego de una forma más rápida que termina con la práctica desaparición del polisacárido (Barceló, J. *et al.* 1984, García J., 1984).

CAPÍTULO 3

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. Localización del experimento

El trabajo experimental se llevó a cabo en los laboratorios de Bio-procesos, de Procesamiento, y de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

3.1.1.1. Material y reactivos de laboratorio

En la Tabla N°4 se presentan los reactivos y equipo utilizados para el experimento.

Tabla N°4. Materiales, reactivos y equipo de laboratorio.

MATERIAL	REACTIVOS	EQUIPO DE LABORATORIO	MATERIAL BIOLÓGICO
Bolsas con cierre hermético	Agua purificada	Agitador Vortex (Benchmark BRP)	Maíz blanco
Bombilla para pipeta	Agua destilada	Balanza analítica (Ohaus Adventurer)	
Embudo	Almidón	Báscula granataria (Ohaus)	
Matraz de Erlenmeyer de 1litro	Oxido de calcio	Comal	
Micro celdillas	Solución yodo	Colorímetro (Konica Minolta CR-400)	
Mortero		Estufa de gas	
Pipeta		Espectrofotómetro (Genesys UV10)	
Probeta		Incubadora (Quincy lab)	
Recipientes de plástico		Molino manual (Estrella)	
Tubos de ensayo		Parrilla de agitación y calentamiento(talboys)	
		Penetrómetro digital (Extech FHT200)	
		Refrigerador (Mabe)	
		Vernier (Truper)	

3.1.2. Metodología

3.1.2.1. Material biológico

Maíz blanco adquirido en la central de abastos de la ciudad de Saltillo Coahuila.

3.1.2.2. Germinación del grano

Se pesaron 25 muestras de maíz de 150 gramos cada una, se lavaron y se dejaron en remojo por 24 horas, pasado este tiempo se depositaron en recipientes de plástico individuales, los cuales se mantuvieron a una temperatura ambiente promedio de 24.2°C, tal y como se muestra en las Figuras N°1 y N°2.

Se establecieron tiempos de germinación de 0, 48, 96, 144 y 192 horas para el proceso de nixtamalización.



Figura N°1. Grano en remojo.



Figura N°2. Área de germinación.

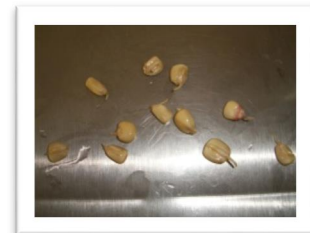


Figura N°3. Grano germinado.

3.1.2.3. Nixtamalización

Transcurrido el tiempo de germinación, se tomaron 5 muestras y se depositaron en matraz Erlenmeyer con una cantidad de agua de 250 mililitros y 0.9 gramos de cal (Figura N°4). Se colocaron en parrillas de agitación y calentamiento a una temperatura de 190°C por un periodo de tiempo de 30 a 40 minutos, se monitoreó el grano hasta que éste desprendiera el pericarpio con facilidad (FiguraN°5) y se dejaron reposando por un periodo aproximado de 12 horas.

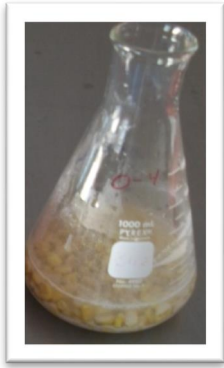


Figura N°4. Nixtamalización de maíz con 0.9 gramos de cal y 250ml de agua.

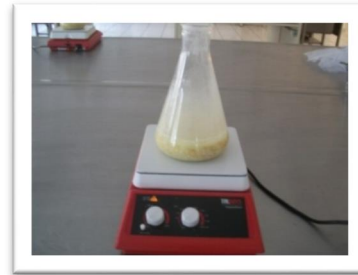


Figura N°5. Nixtamalización de maíz

3.1.2.4. Elaboración de masa y tortillas

Pasado el tiempo de reposo, se lavaron las muestras para eliminar el exceso de cal (Figura N°6), y se molieron en un molino tradicional (Figura N°7) hasta obtener una masa para la posterior elaboración de tortillas por el método tradicional con ayuda de una tortilladora manual, como puede observarse en la figura N°8.



Figura N°6. Nixtamalización de maíz.



Figura N°7. Elaboración de la masa.



Figura N°8. Elaboración de tortilla.

3.1.2.5. Evaluación físico química de masa y tortilla

3.1.2.5.1. Determinación de almidón

Se tomó un gramo de muestra de cada una de las repeticiones de masa y tortilla a los diferentes tiempos de germinación, se maceró en un mortero con 10 mililitros

de agua destilada, se transfirieron 2 mililitros a un tubo de ensayo, y se agregaron 2 mililitros de solución de yodo, el contenido se homogenizó en vortex y se midió la absorbancia en el espectrofotómetro Genesys UV10 a 620 nm.

Para llevar a cabo la cuantificación del contenido de almidón de masa y tortilla se generó una curva de calibración a partir de una solución de almidón de concentración conocida.

3.1.2.5.2. Determinación de color

Se determinó el color en masa y tortilla a las 0, 48, 96, 144 y 192 horas mediante un Colorímetro Konica Minolta modelo CR-400. Se tomaron lecturas en dos puntos diferentes de masa y tortilla obteniendo como resultado los campos $L^*a^*b^*$, los cuales se ubican en el diagrama de cromaticidad, en donde:

L^* = Luminosidad

a^* y b^* = Coordenadas de cromaticidad

a^* (+) = Indica color rojo

a^* (-) = Indica color verde

b^* (+) = Indica color amarillo

b^* (-) = Indica color azul

3.1.2.5.3. Determinación de firmeza

Con el penetrómetro digital Extech FHT200, se punzaron dos puntos diferentes de tortilla y masa para la obtención de la firmeza expresada en Kg/cm^2 .

3.1.2.6. Evaluación sensorial de tortilla

Para determinar los atributos de color, olor, textura y sabor, se llevó a cabo una prueba de diferencia de control en dos sesiones con un panel de evaluación conformado por 20 jueces semi-entrenados, todos ellos estudiantes de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La prueba de diferencia de control se utiliza cuando se tiene un objetivo doble:

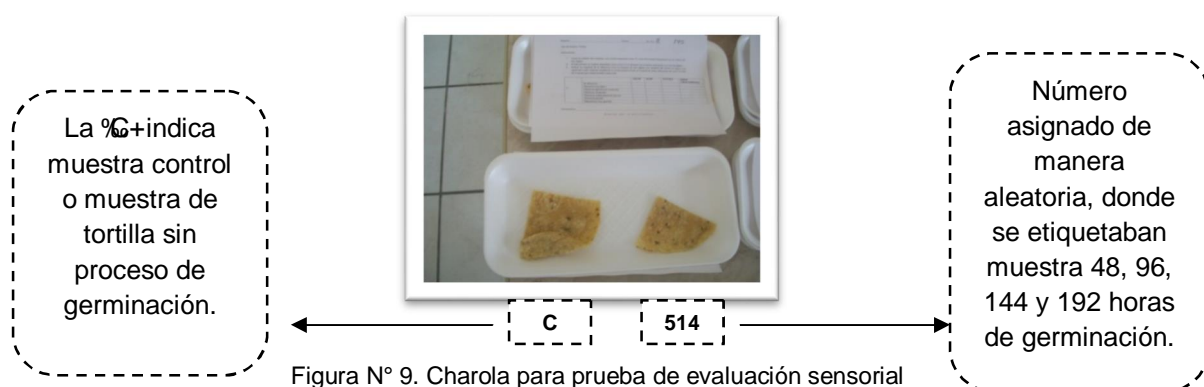
1. Determinar si existe una diferencia entre una o más muestras y un control.
2. Estimar la magnitud de las diferencias.

En la prueba de diferencia de control se cuenta con un estándar, referencia o control y el resto de las muestras que serán evaluadas cada una de acuerdo con la magnitud de su diferencia con respecto al control. Se le presentan al panelista diferentes pares de muestras que deberán ser evaluados uno a la vez. Los pares consisten en la muestra control y una de las muestras a evaluar, además de un par llamado placebo, que es una muestra control comparada con la misma muestra control. El panelista recibe la indicación que de los pares de muestras a evaluar, una muestra es control y otra es la muestra a evaluar respecto del control, y que alguno de los pares será un placebo. El panelista deberá evaluar la magnitud de la diferencia entre cada muestra y el control, y expresarla en una escala verbal previamente establecida (Hernández M. A., 2007).

La evaluación se llevó a cabo en dos sesiones, en la primera se evaluaron 3 tratamientos diferentes: tratamiento 0 (control), 48 y 96 horas de germinación, en la segunda sesión se evaluaron: tratamiento 0 (control), 144 y 192 horas de germinación.

En ambas sesiones se le proporcionó a cada uno de los panelistas: un vaso con agua, recipiente para desechos, hoja de evaluación (anexo N° 7.2.3.) y 3 charolas

que contenían los diferentes pares de muestras a evaluar, cada charola se sirvió una a la vez, la charola contenía 2 muestras, una muestra control y una muestra a evaluar, esta última se asignó por medio de permutaciones (posibles formas en que se pueden acomodar las muestras), etiquetada con un código de 3 dígitos de números aleatorios, tal y como se muestran en las hojas maestras (anexos N° 7.2.1. y 7.2.2.) y en la Figura N°9.



Para cada atributo los panelistas identificaron (Figura N°10 y N°11) si había alguna diferencia en comparación con la muestra control en una escala de 0 a 6 puntos descritos en la Tabla N°5.

Tabla N°5. Escala numérica para la interpretación de datos sensoriales

ESCALA	INTERPRETACIÓN VERBAL
0	No diferencia
1	Diferencia muy ligera
2	Diferencia ligeramente moderada
3	Diferencia moderada
4	Diferencia moderadamente grande
5	Diferencia grande
6	Diferencia muy grande



Figura N° 10. Área de evaluación sensorial.

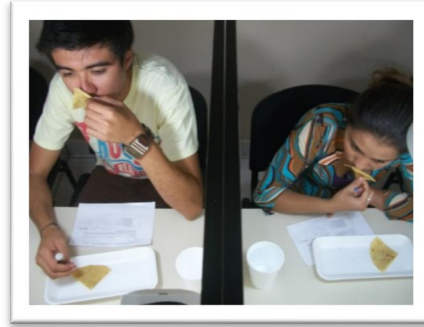


Figura N° 11. Jueces evaluando muestras.

3.1.2.7. Análisis estadístico de resultados

Los resultados del análisis fisicoquímico se evaluaron mediante un diseño completamente al azar con un 95% de nivel de confianza mediante el paquete estadístico JMP 5.0.1, donde la comparación de medias se realizó mediante un análisis t-student.

En cuanto a los resultados de análisis sensorial, éstos se evaluaron mediante un diseño en bloques completos al azar, donde se llevó a cabo un análisis de varianza y para la diferencia de medias se realizó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) a un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9.1.

CAPÍTULO 4

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Evaluación físico-química de masa y tortilla

Para la interpretación de resultados mediante el diseño completamente al azar, y establecer la igualdad o diferencia entre tratamientos se establecieron dos hipótesis:

1. Hipótesis nula (H_0): Los tratamientos son iguales.
2. Hipótesis alterna (H_1): Al menos uno de los tratamientos es diferente.

4.1.1.1. Determinación de almidón

El análisis de varianza para el contenido de almidón en masa proveniente de maíz germinado a diferentes tiempos no refleja diferencias entre tratamientos (Anexo N° 7.1.1.) ya que la F calculada (F_c) es menor a la F de tablas por lo tanto se aceptó la hipótesis H_0 . Sin embargo aun cuando no existe diferencia estadística significativa podemos observar una diferencia numérica de 0.42%, entre el tratamiento 0 (2.21%) y el tratamiento 192 horas de germinación (1.79%), tal y como se muestra en la Figura N°12.

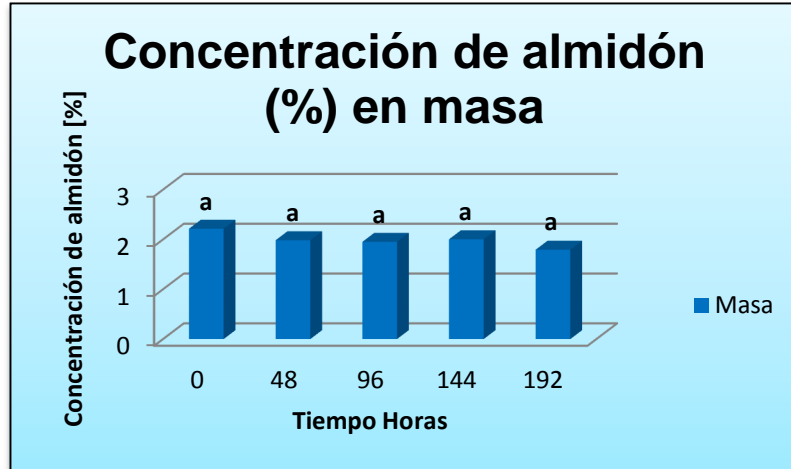


Figura N°12. Gráfico de medias para la concentración de almidón (%) en masa proveniente de maíz germinado a diferentes tiempos.

En cuanto al contenido de almidón en tortillas, el análisis de varianza revela que al menos uno de los tratamientos es diferente ya que la F calculada es mayor a la de tablas por lo que se rechaza la H_0 . (Anexo N° 7.1.2.)

Al realizar la comparación de medias se observa que el contenido de almidón sufre decremento al alcanzar 192 horas de germinado (1.06%) mostrando diferencia con el tiempo 0 (2.17%) presentándose una disminución de 1% tal y como se muestra en la Figura N°13.

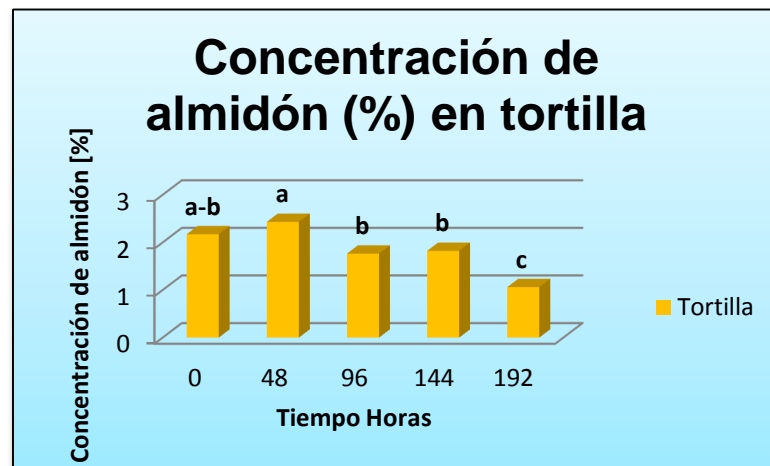


Figura N°13. Gráfico de medias para la concentración de almidón (%) en tortilla de maíz germinado a diferentes tiempos.

Esto sucede porque dentro de la semilla ocurre una serie de cambios provocados por las condiciones a las que es sometida, en este caso la absorción de agua y la temperatura son factores que desencadenan variaciones metabólicas que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la degradación del almidón, primero lentamente y después de una forma más rápida que termina con casi la total desaparición del polisacárido.

Estas movilizaciones de reservas provocan la división y el alargamiento de las células dando lugar al desarrollo de la radícula y posteriormente el coleóptilo. (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 1993, Barceló, J. *et al.*, 1984).

La eliminación del almidón provocada por la germinación es de gran importancia porque conlleva a un mejor balance en el aporte nutrimental, no se pretende cambiar el alimento más consumido por los mexicanos, sino crear un balance en el contenido nutricional.

En la Figura N°14, publicada por Barceló, J. *et al.*, en 1984, se muestra un claro ejemplo del comportamiento de dos semillas: lenteja y guisante (chícharo), el cual se asemeja al presentado por los granos de maíz germinados y evaluados en este proyecto.

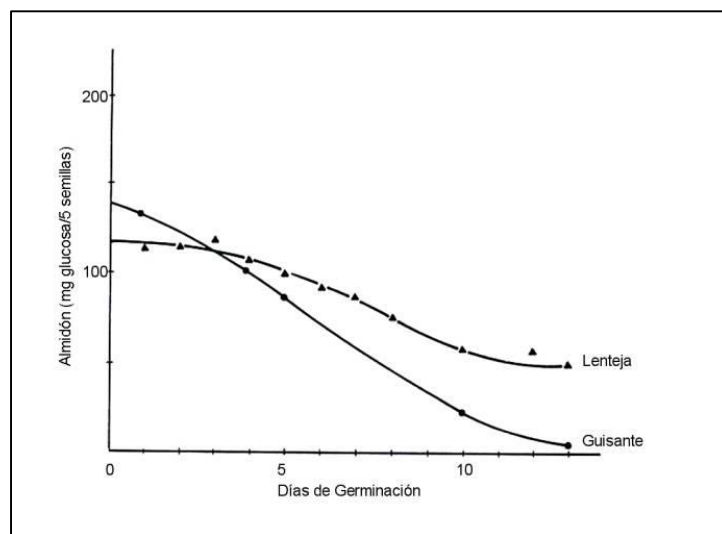


Figura N°14. Variaciones en el contenido de almidón en la germinación de semillas Barceló, J. *et al.* 1984.

4.1.1.2. Determinación de color

Al medir el color en masa y tortilla mediante el colorímetro se obtuvieron resultados numéricamente diferentes en cuanto a la saturación del mismo (a^* y b^*) como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla N°6. Cromaticidad en masa a diferentes tiempos de germinación.

Cromaticidad en masa		
Tiempos	a^*	b^*
0	-1.316	21.313
48	-1.399	20.24
96	-0.26	21.23
144	-1.033	25.042
192	0.242	20.579

Tabla N°7. Cromaticidad en tortilla a diferentes tiempos de germinación.

Cromaticidad en tortilla		
tiempos	a^*	b^*
0	0.566	23.027
48	-0.268	24.233
96	1.338	20.761
144	1.121	27.718
192	2.101	27.871

En base a los resultados anteriores es notable un incremento en la saturación del color conforme pasa el tiempo de germinación, dando como resultado concentraciones de color amarillo elevadas en masa y tortilla tal y como se muestran en los diagramas de cromaticidad en donde se observa el color exacto que se obtuvo durante el análisis (Figuras N°15 y 16).

Salinas Moreno y colaboradores en 2007 reportan que el color de la tortilla no solo está determinado por el color del grano sino por factores relacionados con el

proceso de nixtamalización, concentración de cal, tiempo de reposo, la composición química del grano y factores ambientales.

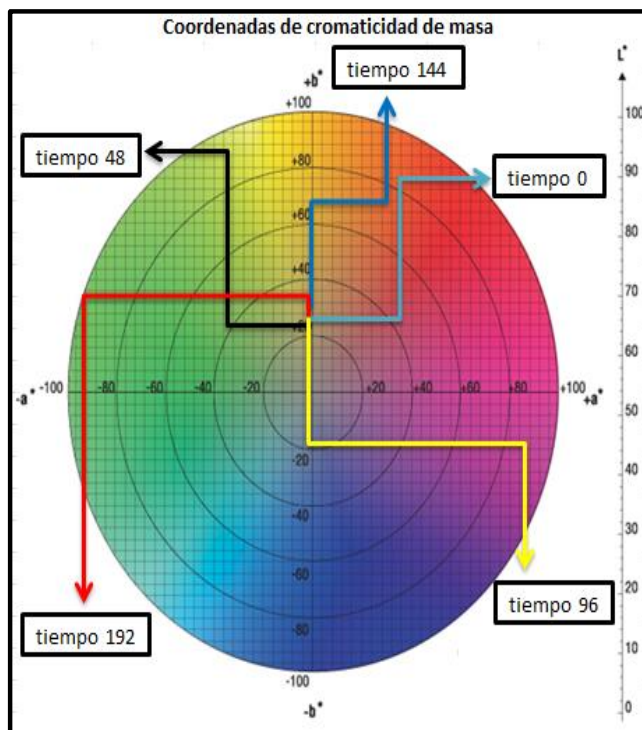


Figura N°15. Saturación de color en el diagrama de cromaticidad $L^* a^* b^*$ para masa.

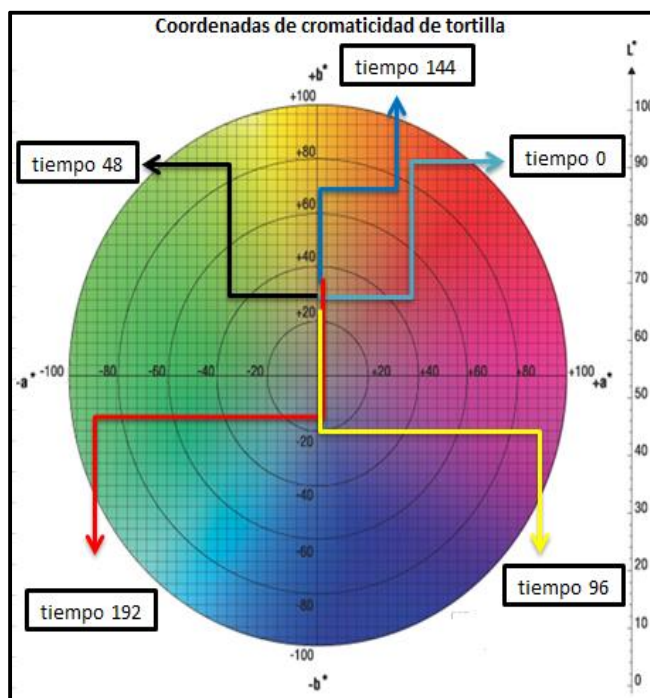


Figura N°16. Saturación de color en el diagrama de cromaticidad $L^* a^* b^*$ para tortilla.

Figuroa L. en 2012 reporta que las tortillas elaboradas de maíz nixtamalizado presentan un valor menor en cuanto a color amarillo comparado con los resultados obtenidos en este proyecto, considerando que éstas no fueron sometidas a un tratamiento de germinación, lo que puede observarse en las tablas N° 8 y 9.

Tabla N°8. Cromaticidad de b* en masa y tortilla obtenidas a partir de maíz germinado.

Tiempo (H)	Masa	Tortilla
	b*	b*
0	21.313	23.027
48	20.24	24.233
96	21.23	20.761
144	25.042	27.718
192	20.579	27.871

Tabla N°9 Cromaticidad de b* en tortilla nixtamalizada

Cromaticidad de b* en tortilla nixtamalizada	
Tortilla nixtamalizada	b*
	17.52±0.43

(Figuroa L., et al 2012)

En cuanto a la variable de respuesta luminosidad (L*) en masa y tortilla los resultados se expresaron de la siguiente manera:

La masa presenta una mayor luminosidad que la tortilla debido a que hay más contenido de agua, factor que brinda una lectura más elevada tal y como se muestra en la Figura N°17.

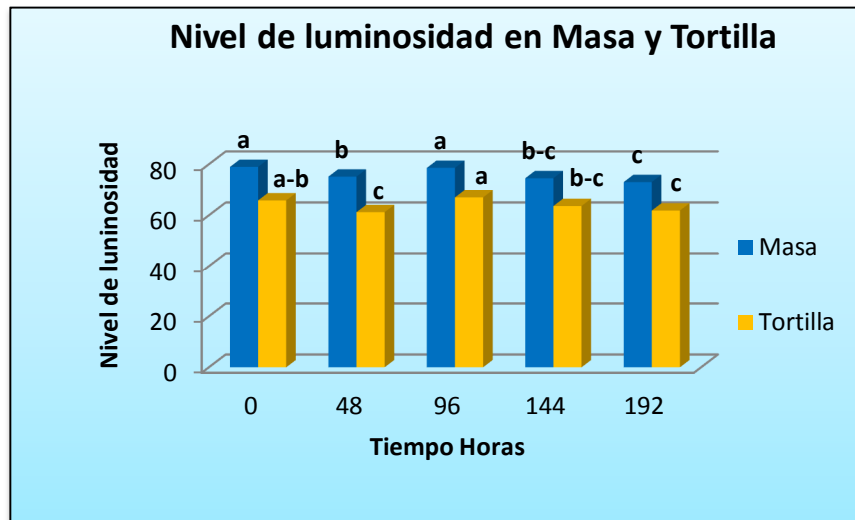


Figura N° 17. Gráfico de medias para la comparación de luminosidad en masa y tortilla de maíz germinado a diferentes tiempos.

En base al análisis de varianza y comparación de medias existe una diferencia significativa en masa con un decremento en el tratamiento 192 horas (73.014%) comparado con el tratamiento 0 (78.953%) con una diferencia de 5.939%.

En tortilla la luminosidad presenta un descenso de 3.959% comparando con el tiempo 0 con una luminosidad de 65.83% y el tiempo 192 horas con una luminosidad de 61.871%.

Salinas Moreno y colaboradores en 2003, reportan que la reflectancia del grano es menor a 70%, mientras que en la tortilla la luminosidad es mayor a 70%.

La luminosidad de la tortilla a base de maíz germinado (Tabla N°10) es menor comparado con tortillas reportadas por Vásquez G, *et al.*, 2011, de masa fresca combinada con harina de maíz nixtamalizada, tortillas de harina nixtamalizada, tortillas empacadas nacionales y tortillas empacadas en el extranjero (Tabla N°11).

Lo anterior se atribuye a que el producto de investigación de Vásquez no fueron sometidas a tratamiento de germinación.

Tabla N°10. Nivel de luminosidad en masa y tortilla a diferentes tiempos de germinación.

Tiempo(H)	Luminosidad en masa	Luminosidad en tortilla
	L*	L*
0	78.953	65.83
48	75.147	61.222
96	78.57	67.016
144	74.527	63.626
192	73.014	61.871

Tabla N°11. Nivel de luminosidad en cuatro diferentes tipos de tortilla.

Característica	Tortillas recién elaboradas		Tortillas empacadas	
	TM-HN	THN	TEN	TEE
Luminosidad(L*)	79.8	74.6	88.2	91.9

TM-HN= tortillas de masa fresca combinada con harina de maíz nixtamalizada; THN= tortillas de harina nixtamalizada; TEN= tortillas empacadas nacionales; TEE= tortillas empacadas en el extranjero (Vásquez G. *et al.* 2011).

4.1.1.3. Determinación de firmeza

Durante el proceso de nixtamalización existe una serie de cambios provocados por la interacción de calcio y la molienda del grano, los residuos de pericarpio y endospermo unidos por el almidón, proteínas y lípidos que dan consistencia a la tortilla (Paredes, O. *et al.*, 2009).

Sometiendo las semillas a germinación hay una pérdida de almidón la cual reduce la consistencia y elasticidad de la misma, sin embargo para que una tortilla tenga una buena consistencia no necesita de una gran cantidad de almidón, esto es porque se pensaba que al momento de ser nixtamalizado el grano de maíz, una gran parte de los almidones eran gelatinizados, ahora se sabe que sólo una

porción pequeña, que no sobrepasa el 15% es la que se gelatiniza (García S. 2004).

De acuerdo al análisis estadístico existe diferencia significativa en masa entre los tiempos 0 y 144 horas de germinación donde hay una diferencia significativa de 1.74%.

En cambio en tortilla se reflejó una diferencia significativa entre el tratamiento 0 y el tratamiento 192 horas de germinación con una disminución de 2.15% tal y como se muestra en la siguiente gráfica y en el anexo N°7.1.4.

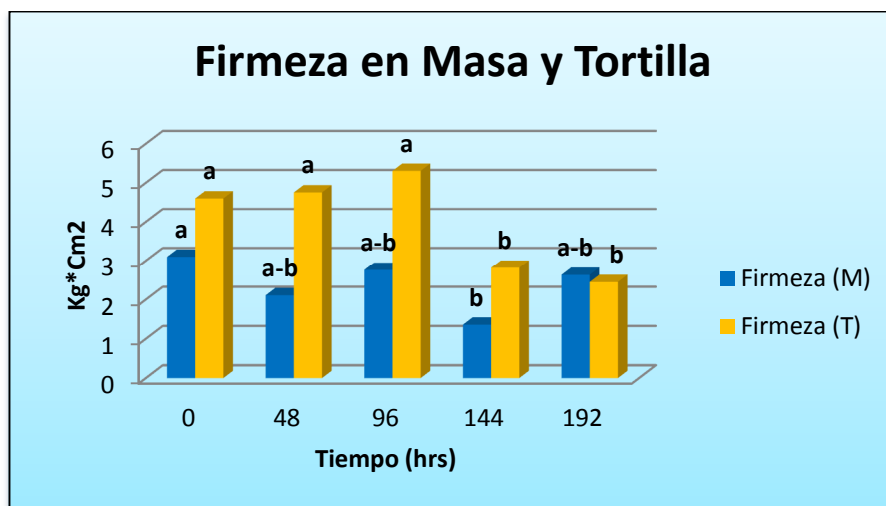


Figura N° 18. Gráfico de medias para la comparación de firmeza en masa y tortilla de maíz germinado a diferentes tiempos.

4.1.2. Evaluación sensorial de tortilla

En la tabla N° 12 se muestra la interpretación de cada atributo evaluado en donde se refleja que en cuanto a las características de olor, textura y sabor no hay diferencia significativa entre los tratamientos 48, 96, 144 y 192 horas de germinación, pero si hay diferencia estadística de éstos comparados con el control, (tratamiento 0).

Tabla N° 12. Comparación de medias de los atributos evaluados sensorialmente en tortilla de maíz germinado a diferentes tiempos.

Tratamientos en horas de germinación					
Atributo	Control (0)	48	96	144	192
Olor	0.85 b	2.3 a	1.65 a	1.70 a	2.10 a
Color	0.35 d	2.5 b	1.3 c	2.75 ab	3.3 a
Textura	0.9 b	2.2 a	1.95 a	1.8 a	1.8 a
Sabor	0.65 b	2.75 a	2.2 a	2.50 a	2.4 a

*Los valores representan la media de 20 juicios

*Literales iguales en la misma fila representan valores semejantes estadísticamente

La tabla N° 12 en cuanto al atributo de olor muestra que los tratamientos 48, 96, 144 y 192, entre sí fueron semejantes estadísticamente donde se obtuvo una media en base a la escala establecida (tabla N° 5) de 1.93 que corresponde a una diferencia ligeramente moderada; a diferencia del tratamiento 0 que obtuvo una calificación promedio de 0.85, lo cual nos indica que no hay diferencia, lo que es deseable ya que en las muestras control-control (placebo) no debe existir diferencia por tratarse de la misma muestra.

En el atributo de textura entre el tratamiento control y los diferentes tiempos de germinación se encontró diferencia estadística, lo cual indica que los panelistas encontraron diferencia entre tortilla de maíz sin germinar (control) y las tortillas de maíz germinado (48, 96, 144 y 192 horas de germinación), sin embargo, no perciben las diferencias generadas por el efecto de la germinación a diferentes tiempos, ya que se observó un promedio para los diferentes tratamientos de germinación en base a la escala de 1.93 que corresponde a una diferencia ligeramente moderada.

Los resultados anteriores de textura obtenidos por los jueces semientrenados en comparación con los obtenidos con el equipo para la determinación de firmeza (penetrómetro digital), difieren, esto se debe a que los panelistas muestran una

sensibilidad diferente, son semientrenados y el instrumento para la determinación de firmeza es más exacto.

El atributo de sabor evaluado por los panelistas refleja que entre tratamientos 48, 96, 144 y 192 horas de germinación, no se encontró diferencia estadísticamente significativa, obteniendo un promedio en la escala (tabla N°5) de 2.4 correspondiente a una diferencia ligeramente moderada entre ellos y la muestra control, sin embargo, esta diferencia no puede ser atribuible a un sabor agradable o desagradable debido al tipo de prueba sensorial empleada.

Lo anterior brinda un punto a favor en el desarrollo del proyecto, porque a pesar de que las tortillas fueron hechas a base de maíz germinado y nixtamalizado el panel de jueces no identificó una diferencia importante entre tratamiento 0 y tratamientos sometidos a germinación, lo cual es benéfico ya que el sabor es uno de los principales atributos que el consumidor toma en cuenta.

En relación al atributo color se reflejó que las diferencias encontradas por los jueces coinciden con el comportamiento de los resultados obtenidos con el equipo de colorimetría.

El tratamiento que presentó mayor diferencia fue el 192 horas de germinación con una media de 3.3, lo cual indica en la escala establecida una diferencia moderada, seguido del tratamiento 144 con una media de 2.75 que corresponde a una diferencia ligeramente moderada, estadísticamente el tratamiento 144 y 192 resultaron semejantes, lo que coincide con el análisis instrumental de cromaticidad.

El tratamiento 96 horas presentó una media de 1.3 que corresponde a una diferencia muy ligera. En cuanto al tratamiento 48 horas de germinación con media

de 2.5 presenta diferencia ligeramente moderada, que estadísticamente, aunado con el tratamiento 144 no presentan diferencia significativa.

Todos estos resultados coinciden con los obtenidos en el análisis de cromaticidad, debido al aumento de carotenoides a lo largo de la germinación, entre más tiempo de germinación, mayor síntesis de carotenoides, pigmentos responsables de la coloración amarilla en la tortilla (Discovery, 2005).

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo reflejan que a mayor tiempo de germinación las características tanto físicas como químicas y sensoriales se van alterando por la pérdida del almidón provocada por la germinación a la que es inducido el grano.

El tiempo de germinación donde se encontró menor concentración de almidón fue el de 192 horas.

Dentro de los parámetros de cromaticidad, el color y la luminosidad de masa y tortilla cambian debido a la eliminación del almidón provocando mayores concentraciones de color amarillo y disminución del brillo, lo que se detecta vía instrumental y sensorial.

En firmeza el cambio ocurre conforme pasa el tiempo de germinación, al disminuir la concentración de almidón la resistencia a la penetración es menor.

Los atributos olor, sabor y textura no presentaron diferencia estadística entre tratamientos sometidos a germinación pero si en relación al tratamiento 0 horas de germinación.

Sometiendo el grano de maíz a un proceso de germinación, el contenido de almidón disminuye, lo que permite generar una tortilla elaborada con el proceso de nixtamalización con bajo contenido de este carbohidrato.

CAPÍTULO 6

7.1. LITERATURA CITADA

Alba Zapata Janet.; Buendía Nieto Ariel.; Trejo Hernández Delhi Anahí.; Francisco Aguirre Pineda Francisco. 2013. Manual de Nutrición y Alimentación del Pesa.

Ayala ruano V. Sofía Fortinez C. Silva Rugamas B. 2011. Estudio Gastronómico y Nutricional de Alimentos Derivados de Maíz y Yuca de Origen Salvadoreño. Universidad Dr. José Matías Delgado Facultad de Agricultura e Investigación agrícola.

Azcón Bieto, J. y Talón, M. 1993. Fundamentos de fisiología Vegetal. Universidad de Barcelona.

Barceló Coll J. Nicolás Rodrigo G. Sabater García B. Sánchez Tamés R. 1984. Fisiología Vegetal. Madrid. Ediciones Pirámide, s.a.

Bertran M. 2005. La Alimentación Indígena de México Como Rasgo de Identidad. Departamento de Atención a la Salud Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Biodiversidad mexicana Edgar Anderson. 1969 13 de julio de 2013. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/maiz.html#>.

Blog de Meritxell. ¿Productos light? ¿Qué son en realidad?. 2013. Consultado el 10 de septiembre de 2013. Disponible en: <http://blog.hola.com/farmaciameritxell/2013/05/productos-light-que-son-en-realidad.html>.

Brilleb de Sinibaldi AC, Bressani R. 2001. Características de Cocción de Once Variedades de Maíz. Arch. Latinoam. Nutr. 51:86-94.

Comaiz. 2013. Importancia del Maíz. 17 de junio de 2013. Disponible en: <http://www.comaiz.mx/importancia-maiz/>.

Diario oficial de la federación. 1999. Norma oficial mexicana nom-147-ssa1-1996, bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

El laboratorio Profeco. (2008). productos que se dicen light. 13 de mayo de 2013. Disponible en: http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_08/38-61%20lightOKMM.pdf.

Figueroa Flores L. Y Martínez Soto G. 2012. Caracterización de tortillas Elaboradas con Mezclas de Sorgo y Maíz. Universidad de Guanajuato, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato . Salamanca, Departamento de Alimentos.

García Méndez S. 2004. Estudio Nutricional Comparativo y Evaluación Biológica de Tortillas de Maíz Elaboradas por Diferentes Métodos de Procesamiento. Instituto Politécnico Nacional.

García Hopkins Jesús Alberto. 1984. El maíz en México. Tesis de ingeniería, requisito para obtener el título de; Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara Facultad de Agricultura.

Hernández Montes A. 2007. Evaluación Sensorial de Productos Agroalimentarios. P. 72-77. Impreso gama Texcoco Edo. de México.

Ignacio Ariztía J. Obesidad y sobrepeso en México: un principio para los males cardiovasculares. 10 de junio de 2013. Disponible en:

<http://www.newsweek.mx/suplementos/suplementoobesidad.pdf>.

Martínez Jasso I.; Villezca Becerra P. 2003. La alimentación en México: un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. Revista de información de análisis N°21.

Mercado P. y Vilchis G. 2013. La Obesidad Infantil en México. Alternativas en Psicología. Revista Semestral. Tercera Época. Año XVII. Número 28.

Moore, R. y colaboradores 1998. international student edition botany. segunda edición.

Octavio Paredes López. Fidel Guevara Lara. Luis Arturo Bello Pérez. 2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. Revista ciencias de la UNAM. Primera Edición. Pag 60-71.

Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernández S, Hernández-Avila M, Sepúlveda-Amor J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.

Pedro García Urigüen. 2012. La Alimentación de los Mexicanos. Cambios Sociales y Económicos, y Su Impacto en los Hábitos. Canacintra Av. San Antonio 256, Ampliación Nápoles, México D. F.

Periódico La Jornada. Mexicanas, las de mayor sobrepeso en países de la OCDE. 2012. P.34. 15 de agosto de 2013. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2012/10/07/sociedad/034n3soc>.

Rivera Dommarco J. Hernández Ávila M. Aguilar Salinas C. Vadillo Ortega F y Murayama Rendón C. 2013. *Obesidad en México: Recomendaciones Para Una Política de Estado. Síntesis ejecutiva del libro.*

Salinas Moreno Y. Herrera Corredor J.A. Castillo Merino J. y Pérez Herrera. P. 2003. *Cambios físico-químicos del almidón durante la nixtamalización del maíz en variedades con diferente dureza de grano.* ISSN 0004-0622.

Salud Discovery. 2005. *Alimentos Germinados: Semillas de Salud.* 12 de marzo de 2014. Disponible en: <http://www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=481>.

Santos Moreno Armando. 1980. *bioquímica de cereales y sus Productos.* DIA-UACH. México.

Simón Barquera S. Campos-Nonato I. Hernández-Barrera L. Pedroza-Tobías A y Rivera-Dommarco J. 2012 *Prevalencia de obesidad en adultos mexicanos, ENSANUT 2012.* Salud Pública Mex 2013; 55 supl 2:S151-S160.

Tovar Benítez Tomas. 2008. *Caracterización Morfológica y Térmica de Almidón de Maíz (*Zea mays L*) Obtenido Por Diferentes Métodos de Aislamiento.* Tesis para obtener el título de; licenciado en química en alimentos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Varo J. Martínez J. y Martínez M. 2003. *Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo.* Universidad de Navarra. Pamplona. P. 33-40. Art. 91.724.

Vázquez Carrillo M. Ávila Uribe G. Hernández Montes A. Castillo Merino J y Angulo Guerrero O. *Evaluación Sensorial de Tortillas de Maíz Recién Elaboradas y Empacadas.* Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.2 Núm.1. p. 161-167.

Zepeda Bautista R. Carballo A. Hernández C. 2008. *Interacción Genotipo-Ambiente en la Estructura y Calidad del Nixtamal-Tortilla del Grano en Híbridos de*

Maíz. Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Pág. 695-706.
Agrociencia 43: 695-706. 2009.

CAPÍTULO 7

7.1. Anexos Evaluación Físico Química

7.1.1. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable almidón en masa (JMP 5.0.1)

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob> F
Horas de Germinación	4	0.4569494	0.114237	1.0079	0.4268
Error	20	2.2667918	0.113340		
C. Total	24	2.7237411			

MeansComparisons

Alpha=0.05 Student's t

Level		Mean
0	A	2.2159221
144	A	2.0035065
48	A	1.9849514
96	A	1.9513478
192	A	1.7934108

Levels not connected by same letter are significantly different

7.1.2. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable almidón en tortilla (JMP 5.0.1)

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob> F
Horas de Germinación	4	5.3644574	1.34111	11.7146	<.0001
Error	20	2.2896469	0.11448		
C. Total	24	7.6541043			

MeansComparisons

Alpha= 0.05 Student's t

Level				Mean
48	A			2.4314413
0	A	B		2.1713785
144		B		1.8221930
96		B		1.7644824
192			C	1.0604135

Levels not connected by same letter are significantly different

7.1.3. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable firmeza en masa (JMP 5.0.1)

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob> F
Horas de germinación	4	9.201983	2.30050	1.8667	0.1558
Error	20	24.647382	1.23237		
C. Total	24	33.849365			

MeansComparisons

Alpha=0.05 Student's t

Level			Mean
0	A		3.0984720
96	A	B	2.7589134
192	A	B	2.6315789
48	A	B	2.1080928
144		B	1.3582343

Levels not connected by same letter are significantly different

7.1.4. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable firmeza en tortilla (JMP 5.0.1)

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob> F
horas de germinación	4	32.211144	8.05279	14.2227	<.0001
Error	20	11.323824	0.56619		
C. Total	24	43.534967			

MeansComparisons

Alpha= 0.05 Student's

Level			Mean
96	A		5.3056027
48	A		4.7538200
0	A		4.5981890
144		B	2.8155065
192		B	2.4476514

Levels not connected by same letter are significantly different

7.1.5. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable luminosidad en masa (JMP 5.0.1).

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob> F
Horas de germinación	4	135.64869	33.9122	13.0796	<.0001
Error	20	51.85511	2.5928		
C. Total	24	187.50380			

MeansComparisons

Alpha= 0.05 Student's t

Level				Mean
0	A			78.953000
96	A			78.570000
48		B		75.147000
144		B	C	74.527000
192			C	73.014000

Levels not connected by same letter are significantly different

7.1.6. Anexo. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable luminosidad en tortilla (JMP 5.0.1).

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob> F
Horas de germinación	4	123.97634	30.9941	8.8256	0.0003
Error	20	70.23656	3.5118		
C. Total	24	194.21290			

MeansComparisons

Alpha= 0.05 Student's t

Level				Mean
96	A			67.015200
0	A	B		65.830000
144		B	C	63.620600
192			C	61.871000
48			C	61.222000

Levels not connected by same letter are significantly different

7.2. Anexos Evaluación Sensorial

7.2.1. Anexo. Hoja maestra de evaluación sensorial para la primera sesión

HOJA MAESTRA						
No. Panelista	Permutación			Códigos		
1	c-c	c-48	c-96	514	336	371
2	c-48	c-96	c-c	191	680	882
3	c-c	c-96	c-48	964	079	289
4	c-96	c-48	c-c	806	757	488
5	c-c	c-48	c-96	737	659	008
6	c-c	c-48	c-96	966	500	905
7	c-96	c-48	c-c	104	490	695
8	c-c	c-48	c-96	658	228	227
9	c-48	c-c	c-96	254	787	694
10	c-48	c-96	c-c	046	170	333
11	c-48	c-96	c-c	912	508	093
12	c-96	c-48	c-c	810	237	183
13	c-c	c-96	c-48	716	644	970
14	c-48	c-96	c-c	280	156	299
15	c-48	c-c	c-96	947	042	055
16	c-48	c-c	c-96	279	843	419
17	c-c	c-96	c-48	290	552	013
18	c-48	c-c	c-96	857	992	830
19	c-c	c-96	c-48	884	882	452
20	c-96	c-48	c-c	972	579	747

C= Control.

48= Tortilla de Maíz con tiempo de germinación de 48 horas.

96= Tortilla de Maíz con tiempo de germinación de 96 horas.

7.2.2. Anexo. Hoja maestra de evaluación sensorial para la segunda sesión

HOJA MAESTRA						
No. Panelista	Permutación			Códigos		
1	c-c	c-144	c-192	046	170	333
2	c-144	c-192	c-c	912	508	093
3	c-c	c-192	c-144	810	237	183
4	c-192	c-144	c-c	716	644	970
5	c-c	c-144	c-192	280	156	299
6	c-c	c-144	c-192	947	042	055
7	c-192	c-144	c-c	279	843	419
8	c-c	c-144	c-192	290	552	013
9	c-144	c-c	c-192	857	992	830
10	c-144	c-192	c-c	884	882	452
11	c-144	c-192	c-c	972	579	747
12	c-192	c-144	c-c	925	730	576
13	c-c	c-192	c-144	269	244	077
14	c-144	c-192	c-c	267	041	103
15	c-144	c-c	c-192	818	599	374
16	c-144	c-c	c-192	192	719	050
17	c-c	c-192	c-144	869	046	160
18	c-144	c-c	c-192	525	394	070
19	c-c	c-192	c-144	757	518	674
20	c-192	c-144	c-c	234	428	545

C= Control.

144= Tortilla de Maíz con tiempo de germinación de 144 horas.

192= Tortilla de Maíz con tiempo de germinación de 192 horas.

7.2.3. Anexo. Hoja de evaluación sensorial

Nombre: _____ Fecha: _____ No. Pan: _____

Tipo de muestra: Tortilla.

Instrucciones:

1. Usted ha recibido dos muestras, una control etiquetada como %C+ y las otra muestra etiquetada con un número de tres dígitos
2. Pruebe primero la muestra etiquetada como control (C) y después la muestra etiquetada con los tres dígitos
3. Indique la magnitud de la diferencia entre la muestra de tres dígitos con respecto del control en base a los siguientes cuatro atributos empleando la escala proporcionada en la parte de abajo. Marcando con una X la frase de la escala que usted considere adecuada.

		COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR CARACTERISTICO
C-	No diferencia				
	Diferencia muy ligera.				
	Diferencia ligeramente moderada.				
	Diferencia moderada.				
	Diferencia moderadamente grande.				
	Diferencia grande.				
	Diferencia muy grande.				

Comentarios _____

Gracias por tu participación

7.2.4. Anexo. Resultados de prueba de evaluación sensorial

RESULTADOS					
JUEZ	TRATAMIENTO	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0
3	0	0	2	3	1
4	0	1	0	1	1
5	0	0	1	1	0
6	0	0	1	0	0
7	0	0	1	0	0
8	0	0	1	1	1
9	0	0	3	0	0
10	0	0	4	3	2
11	0	0	0	1	0
12	0	1	0	0	1
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	1
15	0	1	1	2	1
16	0	0	0	0	0
17	0	1	1	2	1
18	0	3	2	3	3
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	1

Continuación de resultados de evaluación sensorial muestra 48 horas de germinación.

JUEZ	TRATAMIENTO	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
1	48	0	2	1	2
2	48	6	4	3	2
3	48	0	2	1	3
4	48	3	1	0	2
5	48	0	1	4	3
6	48	1	1	2	3
7	48	4	3	4	5
8	48	2	1	1	1
9	48	3	2	1	3
10	48	3	5	6	2
11	48	5	6	4	5
12	48	5	4	4	3
13	48	4	1	1	1
14	48	1	3	1	5
15	48	1	2	1	3
16	48	2	1	3	3
17	48	3	1	3	2
18	48	4	5	3	4
19	48	0	0	0	0
20	48	3	1	1	3

Continuación de resultados de evaluación sensorial muestra 96 horas de germinación.

JUEZ	TRATAMIENTO	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
1	96	1	1	2	3
2	96	3	2	1	1
3	96	2	4	2	3
4	96	1	3	5	3
5	96	0	1	4	4
6	96	0	0	1	2
7	96	3	1	4	1
8	96	3	1	1	1
9	96	0	0	2	0
10	96	1	4	1	1
11	96	3	6	1	6
12	96	2	1	3	3
13	96	2	3	1	1
14	96	0	1	0	5
15	96	1	0	3	3
16	96	0	0	0	0
17	96	1	2	0	2
18	96	1	2	4	3
19	96	1	0	1	1
20	96	1	1	3	1

Continuación de resultados de evaluación sensorial muestra 144 horas de germinación.

JUEZ	TRATAMIENTO	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
1	144	1	0	0	1
2	144	2	4	1	4
3	144	5	0	1	5
4	144	3	1	0	3
5	144	6	4	3	2
6	144	0	1	1	3
7	144	4	1	4	1
8	144	2	1	1	3
9	144	4	3	3	4
10	144	1	3	2	2
11	144	3	1	5	6
12	144	3	2	1	1
13	144	4	0	2	1
14	144	1	0	1	0
15	144	5	4	3	2
16	144	2	1	2	1
17	144	3	2	3	3
18	144	4	3	2	4
19	144	1	1	0	2
20	144	1	2	1	2

Continuación de resultados de evaluación sensorial muestra 192 horas de germinación.

JUEZ	TRATAMIENTO	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
1	192	2	0	1	1
2	192	4	4	0	1
3	192	3	2	1	1
4	192	4	2	2	4
5	192	6	4	5	3
6	192	1	1	1	3
7	192	3	2	5	5
8	192	1	1	1	0
9	192	3	2	3	2
10	192	4	2	1	2
11	192	5	6	1	5
12	192	4	3	1	0
13	192	6	0	1	2
14	192	3	2	2	5
15	192	5	3	3	2
16	192	2	2	1	1
17	192	2	1	2	3
18	192	5	4	3	4
19	192	1	0	1	2
20	192	2	1	1	2

7.2.5. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo de color mediante el paquete estadístico sas 9.1

Sistema SAS 18:52 Saturday, February 3, 2007 1

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
juez	20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
muestra	5	muestraAmuestraBmuestraCmuestraD placebo

Número de observaciones leídas 100

Número de observaciones usadas 100

Sistema SAS 18:52 Saturday, February 3, 2007 2

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: magnitud

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Pr > F				
Modelo	23	196.7800000	8.5556522	5.65
<.0001				
Error	76	115.0600000	1.5139474	
Total correcto	99	311.8400000		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	magnitud Media
0.631029	60.31498	1.230426	2.040000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
Pr > F				
juez	19	82.6400000	4.3494737	2.87 0.0006
muestra	4	114.1400000	28.5350000	18.85 <.0001

Sistema SAS 18:52 Saturday, February 3, 2007 3

Procedimiento ANOVA

Tests t de Dunnett para magnitud

NOTA: Este test controla el error experimentwise de tipo I para las comparaciones de tratamientos con un control.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.513947
Valor crítico de t de Dunnett	2.49411
Diferencia significativa mínima	0.9704

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.

muestra	entre Comparación	Diferencia Límites de medias	Simultáneo 95% confianza
muestraD - placebo	2.9500	1.9796 3.9204	***
muestraC - placebo	2.4000	1.4296 3.3704	***

muestraA - placebo	2.1500	1.1796	3.1204	***
muestraB - placebo	0.9500	-0.0204	1.9204	

Sistema SAS

18:52 Saturday, February

3, 2007 4

Procedimiento ANOVA

tTests (LSD) para magnitud

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.513947
Valor crítico de t	1.99167
Diferencia menos significativa	0.7749

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	observaciones	Número de muestra	
	A	3.3000	20	muestraD
	A			
B	A	2.7500	20	muestraC
B				
B		2.5000	20	muestraA
	C	1.3000	20	muestraB
	D	0.3500	20	placebo

7.2.6. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo de olor mediante el paquete estadístico sas 9.1

Sistema SAS 19:52 Saturday, February 3, 2007 1

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
juez	20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
muestra	5	muestraAmuestraBmuestraCmuestraD placebo

Número de observaciones leídas 100

Número de observaciones usadas 100

Sistema SAS 19:52 Saturday, February 3, 2007 2

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: magnitud

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Modelo	23	121.8200000	5.2965217	3.52
Error	76	114.3400000	1.5044737	
Total correcto	99	236.1600000		

Pr > F

<.0001

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE magnitud Media

0.515837 71.31220 1.226570 1.720000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
juez	19	96.96000000	5.10315789	3.39	<.0001
muestra	4	24.86000000	6.21500000	4.13	0.0044

Sistema SAS 19:52 Saturday, February 3, 2007 3

Procedimiento ANOVA

Tests t de Dunnett para magnitud

NOTA: Este test controla el error experimentwise de tipo I para las comparaciones de tratamientos con un control.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.504474
Valor crítico de t de Dunnett	2.49411
Diferencia significativa mínima	0.9674

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.

muestra	entre Comparación	Diferencia Límites de medias	Simultáneo 95% confianza
muestraA - placebo	1.4500	0.4826 2.4174	***
muestraD - placebo	1.2500	0.2826 2.2174	***
muestraC - placebo	0.8500	-0.1174 1.8174	

muestraB - placebo 0.8000 -0.1674 1.7674

Sistema SAS

19:52 Saturday, February

3, 2007 4

Procedimiento ANOVA

tTests (LSD) para magnitud

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.504474
Valor crítico de t	1.99167
Diferencia menos significativa	0.7725

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media observaciones	Número de muestra	
A	2.3000	20	muestraA
A			
A	2.1000	20	muestraD
A			
A	1.7000	20	muestraC
A			
A	1.6500	20	muestraB
B	0.8500	20	placebo

7.2.7. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo de textura mediante el paquete estadístico sas 9.1

Sistema SAS 17:40 Saturday, February 3, 2007 1

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
juez	20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
muestra	5	muestraAmuestraBmuestraCmuestraD placebo

Número de observaciones leídas 100

Número de observaciones usadas 100

Sistema SAS 17:40 Saturday, February 3, 2007 2

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: magnitud

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Modelo	23	93.8700000	4.0813043	2.720.0006
Error	76	113.8400000	1.4978947	
Total correcto	99	207.7100000		

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE magnitud Media

0.451928 70.74480 1.223885 1.730000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
Pr > F				
juez	19	74.51000000	3.92157895	2.62 0.0016
muestra	4	19.36000000	4.84000000	3.23 0.0167

Sistema SAS 17:40 Saturday, February 3, 2007 3

Procedimiento ANOVA

Tests t de Dunnett para magnitud

NOTA: Este test controla el error experimentwise de tipo I para las comparaciones de tratamientos con un control.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.497895
Valor crítico de t de Dunnett	2.49411
Diferencia significativa mínima	0.9653

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.

muestra	entre Comparación	Diferencia Límites de medias	Simultáneo 95% confianza
muestraA - placebo	1.3000	0.3347 2.2653	***
muestraB - placebo	1.0500	0.0847 2.0153	***
muestraC - placebo	0.9000	-0.0653 1.8653	

muestraD - placebo 0.9000 -0.0653 1.8653

Sistema SAS

17:40 Saturday, February

3, 2007 4

Procedimiento ANOVA

tTests (LSD) para magnitud

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.497895
Valor crítico de t	1.99167
Diferencia menos significativa	0.7708

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media observaciones	Número de muestra	
A	2.2000	20	muestraA
A			
A	1.9500	20	muestraB
A			
A	1.8000	20	muestraC
A			
A	1.8000	20	muestraD
B	0.9000	20	placebo

7.2.8. Anexo. Análisis de varianza del diseño de bloques al azar para el atributo de sabor mediante el paquete estadístico SAS 9.1.

Sistema SAS 17:34 Saturday, February 3, 2007 1

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
juez	20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
muestra	5	muestraAmuestraBmuestraCmuestraD placebo

Número de observaciones leídas 100

Número de observaciones usadas 100

Sistema SAS 17:34 Saturday, February 3, 2007 2

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: magnitud

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor
Pr > F				
Modelo	23	131.5000000	5.7173913	3.90
<.0001				
Error	76	111.5000000	1.4671053	
Total correcto	99	243.0000000		

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE magnitud Media

0.541152 57.67815 1.211241 2.100000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor
Pr > F				
juez	19	75.80000000	3.98947368	2.72 0.0011
muestra	4	55.70000000	13.92500000	9.49 <.0001

Sistema SAS 17:34 Saturday, February 3, 2007 3

Procedimiento ANOVA

Tests t de Dunnett para magnitud

NOTA: Este test controla el error experimentwise de tipo I para las comparaciones de tratamientos con un control.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.467105
Valor crítico de t de Dunnett	2.49411
Diferencia significativa mínima	0.9553

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.

muestra	entre Comparación	Diferencia Límites de medias	Simultáneo 95% confianza
muestraA - placebo	2.1000	1.1447 3.0553	***
muestraC - placebo	1.8500	0.8947 2.8053	***
muestraD - placebo	1.7500	0.7947 2.7053	***

muestraB - placebo 1.5500 0.5947 2.5053 ***

Sistema SAS 17:34 Saturday, February

3, 2007 4

Procedimiento ANOVA

tTests (LSD) para magnitud

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	76
Error de cuadrado medio	1.467105
Valor crítico de t	1.99167
Diferencia menos significativa	0.7629

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media observaciones	Número de muestra	
A	2.7500	20	muestraA
A			
A	2.5000	20	muestraC
A			
A	2.4000	20	muestraD
A			
A	2.2000	20	muestraB
B	0.6500	20	placebo