

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



FACTIBILIDAD DE UTILIZAR LA VARIEDAD TROPICAL ADAPTADA
DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) UANL 187
EN ELABORACION DE TOSTADAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
PRESENTA

FERNANDO ORTA GUEVARA

T

SB235

07

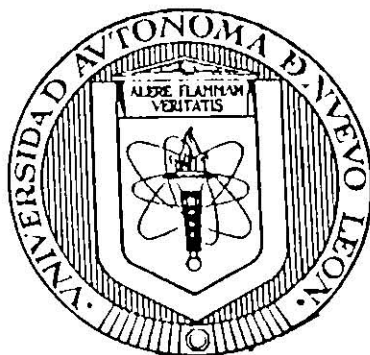
c.1



1080062161

Universidad Autónoma de Nuevo León

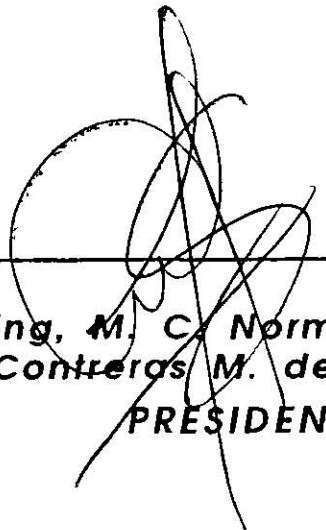
Facultad de Agronomía



TESIS

**FACTIBILIDAD DE UTILIZAR LA VARIEDAD TROPICAL ADAPTADA
DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. moench) UANL - I - 187
EN ELABORACION DE TOSTADAS.**

COMISION REVISORA


Ing. M. C. Norma Idalia
Contreras M. de O.

PRESIDENTE

Ing. M. C. Leonel Romero Herrera

SECRETARIO

**QFB Luz María Murillo de Villarreal
VOCAL**

MARIN, N. L.

MAYO DE 1994

11765 e

T
50235
07

040.633
FA1
1994
C.5



DEDICATORIAS

A DIOS:

El que poco siembra, cosecha poco y el que mucho siembra, cosecha mucho. Cada cual dé lo que su corazón le diga y no de mala gana ni de compromiso, pues Dios ama al que da con alegría, y poderoso es Dios para colmarlos de toda clase de favores, a fin de que, teniendo siempre lo necesario, puedan participar generosamente en toda obra buena.

2 Cor. 9, 6-10

A MIS PADRES:

† *Ma. Celia Guevara Delgado*
J. Jesús Horta Hernández

Especialmente a la memoria de mi madre, ya que su recuerdo siempre ha representado en mí, un motivo para seguir adelante.

A MIS HERMANOS:

Ma. Dolores Orta Guevara
y
Juan Orta Guevara

Para ustedes con mucho cariño, ya que Dios nos puso en un camino, en el cual tenemos que salir adelante.

A MIS ABUELITOS:

*Josefina Delgado Hernández
y
J. Jesús Guevara Cervantes*

Gracias por ser unos padres para mí.

A MIS TIOS:

*Lic. Primitivo Guevara Delgado
y
Enf. Micaela Larios Ortega*

*A ellos, por su apoyo económico y moral que me
brindaron y gracias por ayudarme a lograr una de mis
metas en la vida.*

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

*Ing. Jaime Lomeli Cervantes
Ing. José Artemio Luna Hernández
Ing. Juan Antonio Torres Fuentes
Ing. Ramón Díaz Hernández
Ing. J. Jesús Silva Martínez
Ing. J. Luis Pérez Torres
Enf. Ma. Angélica Rodríguez M.*

*Enf. Gloria Torres Saucedo
Lic. Javier Dávila Peña
Alejandro Dávila Peña
Juan José Meza Ramírez
José Luis Meza Ramírez
José de la Luz Torres
José de la Luz Godínez*

Ya que juntos hemos compartido alguna etapa en nuestra vida.

A LAS FAMILIAS:

Lomeli Cervantes

y

Luna Hernández

Gracias por considerarme como un miembro más entre ustedes

A LOS INTEGRANTES Y EX-INTEGRANTES DEL:

*Grupo Juvenil "Misión 74" de la Parroquia de
San Miguel (León, Gto.)*

Por permitirme conocer cual es el verdadero sentido de nuestra vida.

A LA RELIGIOSA:

Sor Celina Bazan Orruño

Por los consejos que me ha brindado.

A MIS DEMAS AMIGOS, COMPAÑEROS Y FAMILIARES

A MI NOVIA:

Srita. Ma. Angélica Perez Torres

Gracias por tu Apoyo, Cariño y Comprensión

EL QUE NO VIVE PARA SERVIR...

NO SIRVE PARA VIVIR

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León

A la Facultad de Agronomía

A MIS ASESORES:

Ing. M. C. Norma Idalia Contreras M. de O.

Ing. M. C. Leonel Romero Herrera

Por su apoyo, amistad y el interés mostrado para la culminación de este trabajo

*A TODO EL PERSONAL DE LOS LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA
DE LA FAUANL Y DE NUTRICION DE LA FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA (UANL)*

A LOS SEÑORES:

Ricardo Zermeño Ramírez

Carlos Alejandrí G.

Por su colaboración en el escrito de este trabajo.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| REVISION BIBLIOGRAFICA | 3 |
| HISTORIA DE LOS GRANOS DE MAIZ Y SORGO | 3 |
| CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE MAIZ Y SORGO | 4 |
| Estructura de los granos | 4 |
| Composición química | 7 |
| Factores antinutricionales del sorgo | 8 |
| COCIMIENTO ALCALINO O NIXTAMALIZACION | 8 |
| Cambios fisicoquímicos del pericarpio | 10 |
| Cambios fisicoquímicos del endospermo | 10 |
| Cambios fisicoquímicos del germen | 11 |
| ELABORACION DE FRITURAS | 12 |
| MATERIALES Y METODOS | 15 |
| RESULTADOS Y DISCUSION | 20 |
| Producción de masa y tostada | 20 |
| Análisis químico | 20 |
| Características físicas | 22 |
| Características organolépticas y evaluación del color | 22 |
| Vida de anaquel | 24 |
| Análisis económico | 24 |

| | |
|---|-----------|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 25 |
| RESUMEN | 26 |
| SUMMARY | 27 |
| BIBLIOGRAFIA | 28 |
| APENDICE | 30 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|-----------|
| Cuadro 1. Composición química de los granos de maíz y sorgo | 8 |
| Cuadro 2. Resumen sobre los cambios fisicoquímicos que suceden en los granos de maíz y sorgo durante la nixtamalización | 11 |
| Cuadro 3. Condiciones específicas sobre el procesamiento típico de frituras | 13 |
| Cuadro 4. Factores de calidad más importantes que deberán evaluarse en una fábrica de frituras | 14 |
| CUADROS DEL APENDICE | |
| Cuadro 1A. Resumen del análisis de varianza de cinco variables en tres estados y once mezclas maíz - sorgo | 31 |
| Cuadro 2A. Promedio de cinco características en tres estados a través de once mezclas maíz - sorgo | 32 |
| Cuadro 3A. Promedio de cinco características en once mezclas maíz - sorgo a través de tres estados de proceso | 33 |
| Cuadro 4A. Promedio de cinco características en la interacción estado - mezcla | 34 |
| Cuadro 5A. Análisis de varianza de peso de tostada considerando la covariable diámetro de tostada | 36 |

Cuadro 6A. Promedio de las características organolépticas de tostadas de maíz - sorgo 37

Cuadro 7A. Análisis de la coloración presentada por masa y tostada, elaboradas con las diferentes mezclas maíz - sorgo, mediante la escala PANTONE 38

Cuadro 8A. Análisis económico de la utilización de la mezcla 75 % maíz - 25 % sorgo en la elaboración de frituras 39

Cuadro 9A. Formato utilizado para la caracterización organoléptica en tostadas elaboradas con once mezclas maíz - sorgo 40

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Estructura de los granos de maíz y sorgo | 5 |
| Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de frituras..... | 12 |

INTRODUCCION

Los granos de maíz (*Zea mays*) y de sorgo (*Sorghum bicolor*) tienen composición y propiedades similares. El maíz se procesa ampliamente para la elaboración de productos que se obtienen bajo condiciones de un cocimiento alcalino llamado nixtamalización (Sema, et al 1988). Estados Unidos obtiene el 50 % de la producción mundial del grano de maíz. Europa produce alrededor del 13.0 % Brasil y China el 5.0 %, México el 4.0 %, la India 3.5 %, Africa 12.0 % y URSS 10.0 %. Estas son las regiones y países que producen la mayor cantidad de granos de maíz. En México la producción se ha incrementado alcanzando en 1986 un 10.0 % del total (Rivera, 1989). Este grano representa casi la mitad del volumen total de alimentos que se consumen cada año en México y por lo tanto, proporciona a la población mexicana cerca de la mitad de la energía que se requiere (Rivera, 1985).

Por su parte el sorgo es el quinto cereal de mayor importancia en la producción mundial adaptado a crecer bien en áreas cálidas y secas de Africa, América y Asia (Sema, et al 1988). Ocupa el tercer lugar en importancia en México en términos de la superficie ocupada. A nivel mundial, el país se encuentra en sexto lugar entre los productores de este grano (Dewalt, 1984).

Una de las preocupaciones del hombre actual es la de satisfacer la demanda de alimentos y buscar nuevas fuentes que le permitan lograr dicho propósito. Es por esta razón, que en los últimos años se le ha dado mucha importancia en México al empleo del grano de sorgo para consumo humano (Alarcón, et al 1985).

Los alimentos a base de sorgo se consumen de muchas formas distintas, algunas de las cuales son: Injera, Kisra, Chapati y muchos más alimentos con otros nombres que son comunmente preparados en Asia y Africa. En general el sorgo es utilizado en panes con o sin levadura, bebidas con o sin alcohol, tortillas, botanas y granos parcial o totalmente hervidos, consumidos como arroz (Campo, 1987).

Los sorgos coloridos en especial, son los que presentan características indeseables por la presencia de taninos en el pericarpio y la testa. Por ello, se ha planteado la posibilidad de usar variedades de sorgo genéticamente mejoradas con menor contenido de taninos en la testa (Alarcón, et al 1985).

Varios trabajos han demostrado que se pueden producir tortillas con características aceptables utilizando el grano de sorgo en mezclas con maíz, tanto a nivel laboratorio como en producción industrial. De igual manera, también existen referencias en cuanto a trabajos que indican que es posible utilizar el grano de sorgo como materia prima para la producción de frituras; el cual es un producto que presenta una alta demanda de consumo en México y que se debe principalmente a la situación sociocultural del país.

El propósito de éste trabajo fue evaluar la factibilidad de utilizar mezclas maíz - sorgo en diferentes porcentajes para producir tostadas y comparar sus propiedades químicas, físicas y organolépticas con las producidas únicamente con maíz; así como también determinar si existe alguna ventaja económica y/o de procesamiento en la utilización industrial del sorgo (*Sorghum bicolor* L. moench) variedad UANL - I - 187. Esta variedad es procedente de la India y adaptada en Nuevo León por el Centro de Investigaciones Agrícolas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (CIA - FAUANL).

REVISION BIBLIOGRAFICA

HISTORIA DE LOS GRANOS DE MAIZ Y SORGO

El origen geográfico del maíz no se conoce con exactitud aunque existen evidencias que lo sitúan en México con anterioridad al año 5000 A.C. Vavilov sitúa el centro primario de origen del maíz, en lo que él llamó centro de origen de plantas cultivadas del sur de México y Centro América, y como un centro secundario de origen de variedades de maíz, a la zona de Valles altos de Perú, Ecuador y Bolivia.

A México y Guatemala se les considera como centro de origen botánico por ser lugares de origen de la agricultura en América. La topografía accidentada de México define zonas geográficas y ecológicas, esto ha sido un factor determinante en la diferenciación racial del maíz en el territorio nacional.

El maíz es el cereal más importante y eficiente para la conversión de energía solar, CO₂, agua y minerales en alimentos, y aunque la fracción del maíz consumido directamente en la alimentación humana es relativamente pequeña, su transformación en carne, leche, huevos y otros productos de origen animal, hace de este grano la fuente alimentaria más importante del mundo occidental (Gauna, 1981).

En México, el maíz es y ha sido históricamente el alimento básico de la población nacional principalmente como tortilla de masa nixtamalizada; en menor proporción en el consumo animal, procesamiento industrial y como semilla para siembra (INEGI, 1987).

La aparición del cultivo del sorgo se remonta a tiempos prehistóricos comprendidos aproximadamente de 5000 a 7000 años, localizándose sus primeros indicios en África Oriental. Las migraciones de los antiguos nómadas, permitieron la distribución del cultivo al resto del continente,

posteriormente es transferido por el hombre a los lugares de proliferación actual. El primer aprovechamiento seguramente fue hecho por animales cuando esta especie se encontraba en forma silvestre, posteriormente fue domesticado y pasó a formar parte de la dieta alimenticia del hombre. El género Sorghum comprende actualmente varias especies entre las que se encuentran S. halepense y S. bicolor, la primera considerada como una maleza y la segunda siendo la especie cultivada.

En México adquiere una primordial importancia en el año de 1958 en cuanto a la producción de su grano, atribuida ésta, por el desplazamiento del cultivo del algodón en la zona norte del estado de Tamaulipas (CIA - FAUANL, 1979).

Entre las principales zonas sorguícolas en nuestra república se encuentran; las del Bajío, costa del pacífico y la del norte de Tamaulipas. Algunos porcicultores reportan que en la alimentación de porcinos para carne, es preferible usar sorgo; pues produce menos grasa (manteca) que cuando se alimentan con maíz. El sorgo tiene ventajas sobre el maíz en la alimentación de porcinos y aves. Además de que en México, la legislación señala el uso preferente del sorgo en la preparación de alimentos balanceados para el ganado. Las variedades de sorgo con granos de color café oscuro y rojo, presentan ciertos inconvenientes para su consumo; es por esto que si se dispone de variedades de sorgo de grano blanco, se recomiendan para la fabricación de tortillas y para su utilización en la industria de los alimentos para los humanos (Rodríguez, 1984).

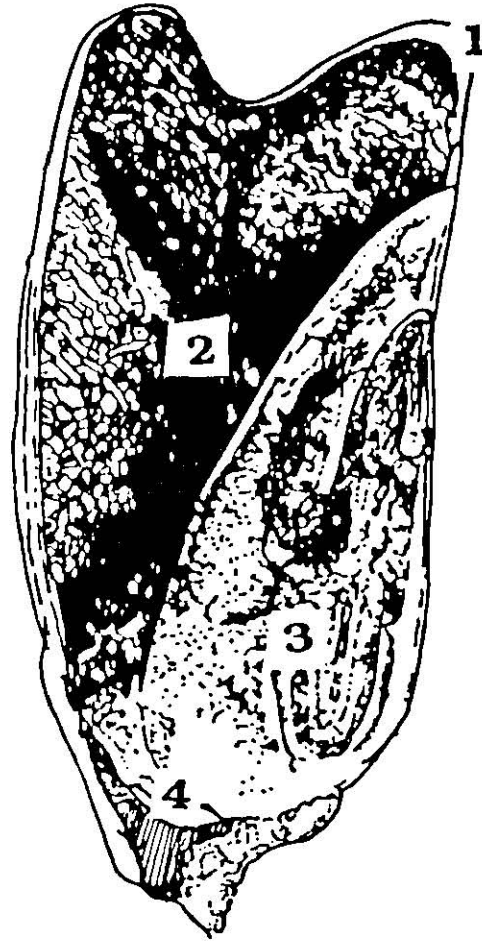
CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL MAIZ Y SORGO

Estructura de los granos.

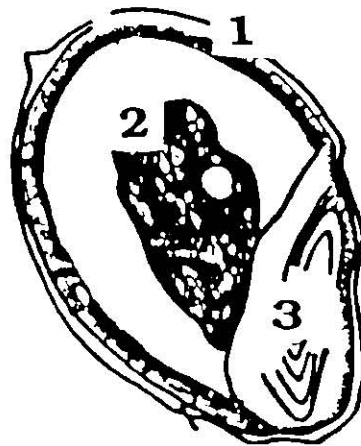
El grano de maíz se compone básicamente de cuatro partes que son ilustradas en la Figura 1 y se enumeran de la forma siguiente:

Grano de maíz

- 1** Pericarpio
- 2** Endospermo
- 3** Germen
- 4** Pedicelo



Grano de sorgo



- 1** Pericarpio
- 2** Endospermo
- 3** Germen

Figura 1. Estructura de los granos de maíz y sorgo.

Pericarpio: representa entre el 5.0 y 6.0 % en peso del total del grano, cubre totalmente a éste e interviene como membrana de intercambio durante el proceso de maceración .

Endospermo: representa del 80 al 84 % en peso del total del grano y se divide en dos partes, endospermo harinoso y endospermo vitreo o duro. El endospermo está constituido principalmente por carbohidratos y tiene del 8 al 10 % de proteína, asociada con los gránulos de almidón.

Germen: llamado también embrión, constituye entre el 10.0 y 14.0 % del peso total del grano, se encuentra ubicado en su base en forma aplanada y adyacente al endospermo, su valor nutricional es importante por su alta concentración de proteína y aceite de buena calidad biológica.

Pedicelo: representa aproximadamente de 0.8 al 1.0 % del peso del grano , está íntimamente unido a la mazorca y se compone principalmente de fibra cruda, azúcares y vitaminas liposolubles (Campo, 1987).

El grano de sorgo se compone de tres partes principales: la cubierta exterior o pericarpio, el tejido de almacenamiento o endospermo y el germen o embrión, Figura 1.

Pericarpio: está compuesto de cuatro capas, de afuera hacia adentro son: epicarpio, mesocarpio, una capa de células colocadas transversalmente y una última capa de células colocadas en forma tubular. Inmediatamente debajo de éstas capas de células, algunas variedades de sorgo contienen una capa altamente pigmentada llamada testa.

Endospermo: consta de una capa de aleurona, y las regiones periférica, cómea y harinosa . La capa de aleurona está constituida por un solo estrato de células rectangulares, semejantes a bloques y está ubicada debajo del pericarpio o la testa. Contiene grandes cantidades de minerales, vitaminas hidrosolubles, enzimas autolíticas y aceite. El endospermo periférico es un área poco definida ubicada directamente debajo de la capa de aleurona contiene pequeños gránulos de almidón sumergidos en una densa matriz proteica y otros gránulos sostenidos entre sí por las proteínas glutelínicas. El endospermo cómeo o vitreo, está localizado debajo del endospermo periférico y tiene una interfase continua entre el almidón y la proteína. El endospermo harinoso contiene células no muy densamente agrupadas, con pequeños vacíos entre los gránulos esféricos del almidón . El

contenido de proteínas es menor que el del endospermo cómeo, lo cual mejora la disponibilidad del almidón. Los sorgos harinosos dan mejor rendimiento de almidón cuando se les somete en el laboratorio a un procesamiento de molienda húmeda.

Gemen: o embrión está compuesto de dos partes principales; el eje embrionario y el escutelo. Las células del gemen son modificadas a células de transferencia que funcionan como transporte de humedad, microorganismos y componentes solubilizados del endospermo . Las células del escutelo contienen glóbulos de aceite, cuerpos proteínicos y solo unos pocos gránulos de almidón (Campo, 1987).

Composición química.

El maíz como todos los cereales es rico en carbohidratos y pobre en proteínas, vitaminas y minerales . La pobreza del maíz en cuanto a proteínas es debido a su alto contenido de zeína, proteína que es deficiente en los aminoácidos esenciales triptofano y lisina; además tiene una baja concentración de leucina, isoleucina y todo esto, hace que sus proteínas sean de baja calidad biológica (Rivera, 1989).

En general, la composición del sorgo es similar a la del maíz con unas pequeñas diferencias significativas. Por ejemplo, al sorgo tiene aproximadamente 1% menos grasa que el maíz. Algunas variedades contienen taninos condensables que afectan en forma negativa su valor nutricional. Sin embargo, nuevas variedades de sorgo contienen niveles despreciables de taninos condensables, por lo que su valor nutricional puede compararse con el del maíz. Tanto el sorgo como el maíz contienen lisina como el primer aminoácido limitante (Campo, 1987).

La composición química aproximada de los granos de maíz y sorgo se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de los granos de maíz y sorgo.

| GRANO | CARACTERISTICAS (%) | | | | | |
|-------|-----------------------|-----------|-------|-------|---------|---------------|
| | HUMEDAD | PROTEINA* | GRASA | FIBRA | CENIZAS | CARBOHIDRATOS |
| MAIZ | 11 | 9.4 | 4.1 | 2.0 | 1.4 | 72.1 |
| SORGO | 11 | 11.0 | 3.2 | 2.4 | 1.5 | 70.9 |

Campo, (1987).

Factores antinutricionales del sorgo.

Todos los sorgos contienen fenoles, los cuales afectan el color, la apariencia y la calidad nutricional del grano y de los productos del sorgo. Dentro de los compuestos fenólicos se encuentran los taninos, que son sustancias que provocan que los granos de sorgo se vuelvan astringentes, debido a que ligan y precipitan las proteínas (Campo, 1987).

Axtell, et al (1977), mencionan que las proteínas del grano se hacen complejas o se ligan con los compuestos de tanino durante la maceración o la molienda del grano completo, y que las proteínas complejas son mucho menos aprovechables por los animales monogástricos.

COCIMIENTO ALCALINO O NIXTAMALIZACION

El proceso de nixtamalización (palabra náhuatl derivada de nextli que significa cenizas de cal y tamalli que significa masa de maíz), consiste en cocer el maíz con agua y cal en una concentración aproximada del 1-3 % por 20 o 40 minutos a una temperatura mayor de 90°C, seguido de un reposo. Los granos se lavan y se muelen en un molino de piedra, obteniéndose una

masa que sirve como base para la manufactura de diferentes alimentos populares de gran consumo (Baduí, 1986).

En un estudio antropológico, se llegó a la conclusión de que los pueblos precolombinos que sobrevivieron más tiempo, fueron aquellos que utilizaban para su alimentación el maíz tratado termica - alcalinamente. Esto es muy interesante ya que las proteínas de maíz son de un valor nutritivo muy bajo, pero mejoran su calidad después de haber sido sujetas a dicho tratamiento. A pesar de existir pérdidas de algunos aminoácidos, grasa y minerales, el maíz nixtamalizado presenta un valor mayor desde el punto de vista nutritivo que el maíz crudo. Este es muy deficiente en lisina y triptofano, y además tiene un desequilibrio muy marcado en las concentraciones de leucina / isoleucina y todo esto hace que estas proteínas sean poco aprovechables por el humano (Baduí, 1986).

En lo que se refiere al sorgo, los pasos para su nixtamalización son los mismos que para el maíz, con excepción de los tiempos de cocimiento que son menores, y además existe la ventaja de que no se tiene que dejar en remojo lo cual acorta el tiempo de procesamiento (Campo, 1987). Varios métodos de cocimiento afectan la pérdida de materia seca durante el procesamiento de maíz y sorgo; sin embargo, dentro de estos métodos, la pérdida total de materia seca es la misma para el maíz que para el sorgo cuando cada grano ha sido cocinado durante su tiempo óptimo (Campo, 1987).

El sorgo perlado como el no perlado, requieren solamente una sexta y una tercera parte respectivamente del tiempo necesario para cocer el maíz. La composición química del grano, nixtamal y masas hechas de sorgo blanco no perlado y maíz blanco son similares, con excepción de que los productos de maíz tienen más extracto etéreo. Sin embargo, los productos de sorgo presentan un color amarillo-verdoso. En el caso de tortillas, éste color desaparece cuando un 13 % del peso inicial del grano de sorgo se quita mediante el perlado. Para el sorgo perlado, el tiempo de cocimiento y la concentración de álcali, se reducen considerablemente para controlar la consistencia de la masa. Cuando un grano es sobrecocido, se obtiene una masa pegajosa que no puede ser

moldeada adecuadamente con el equipo comercial actualmente disponible (Campo, 1987).

Durante la nixtamalización ocurren una serie de cambios y reacciones en el grano; considerando que la composición química del maíz y sorgo es similar, dichos cambios pueden ser aplicables en ambos casos.

Cambios fisicoquímicos del pericarpio

Los sitios donde se suscitan los mayores cambios por la nixtamalización son las regiones del pericarpio y la parte del endospermo, se observan en ellos reblandecimientos. La celulosa y lignina no se hidrolizan y quedan prácticamente íntegras; no siendo así para la hemicelulosa que es hidrolizada fácilmente con álcalis diluidos. También se presenta una reducción tanto de aminoácidos esenciales como de no esenciales además de algunas fracciones de nitrógeno. En lo que se refiere a cambios químicos, la acción alcalina reduce el contenido de fibra cruda del grano y además afecta selectivamente su calidad debido a la solubilización de las zeínas (Rivera, 1989).

Cambios fisicoquímicos del endospermo

En las primeras regiones del endospermo, se observan hinchamientos en los gránulos de almidón, aumentando considerablemente de tamaño por la absorción de agua, éste fenómeno es conocido como gelatinización. Debido a las condiciones que se presentan en la nixtamalización, ocurre un debilitamiento de la red micelar del gránulo y un rompimiento posterior de los puentes de hidrógeno que mantienen su estructura. Esto permite una hidratación e hinchamiento irreversible del gránulo, con un subsecuente aumento de viscosidad y cambios significativos en las propiedades de la masa. Otro cambio importante es la probable unión del calcio con el almidón. Además, se presentan algunas reacciones del almidón con azúcares, sales, lípidos y proteínas. El almidón de maíz se hincha muy poco comparado con los de papa, tapioca y sorgo (Rivera, 1989).

Cambios fisicoquímicos del germen

El germen constituye aproximadamente el 12.0 % del peso del grano y es una fracción con alto contenido de lípidos, los cuales se cree que durante el proceso de nixtamalización se efectúa una hidrólisis y que los ácidos o los jabones cálcicos son absorbidos por el almidón.

En forma general, podemos decir que durante la nixtamalización, los cambios en el almidón determinan las principales propiedades reológicas de la pasta, y los cambios en las proteínas determinan los principales beneficios nutricionales; hay un descenso de proteínas en el total del grano, pero hay un incremento aprovechable de lisina. En el Cuadro 2 se muestra un resumen sobre los cambios fisicoquímicos que ocurren durante la nixtamalización.

Cuadro 2. Resumen sobre los cambios fisicoquímicos que suceden en los granos de maíz y sorgo durante la nixtamalización.

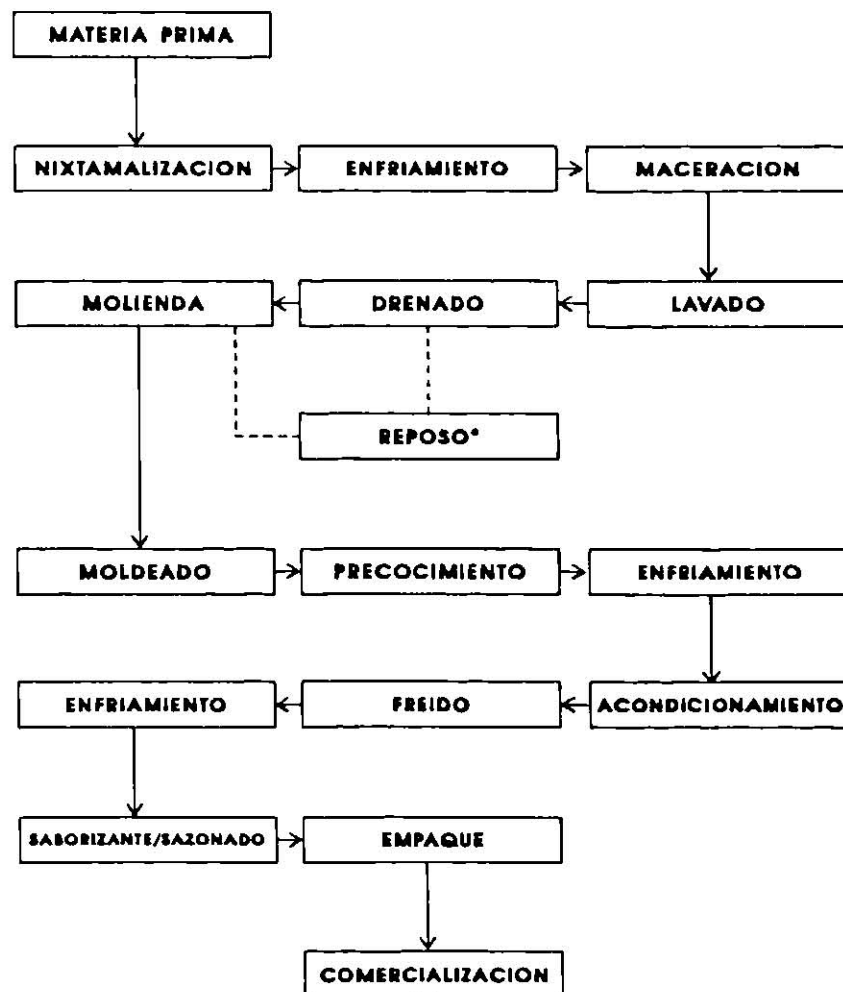
CAMBIOS FISICOQUIMICOS EN LA NIXTAMALIZACION

- | | |
|--|---|
| * Cambio de estado sólido a semisólido. | * Se forman diferentes compuestos químicos debido a la interacción de ácidos grasos, aminoácidos, lípidos, entre otros con el calcio. |
| * El agua ocupa espacios intergranulares y aumenta el volumen del grano. | |
| * Disminuye la rigidez de las paredes y facilita la molienda. | * Al iniciarse la gelatinización de los almidones cambia su aspecto de cristalino a opaco. |
| * Parte del pericarpio se disuelve y facilita la penetración de agua. | * El aceite contenido en el germen se solubiliza parcialmente con el agua del endosperma y sale al nejayote (líquido de residuo después de la nixtamalización). |
| * Hay un cambio de coloración en el grano debido a la acción de la cal con el pigmento que se encuentra entre el pericarpio y el endosperma. | |
| * Las proteínas se hidratan y se debilita la estructura del grano. | * Aumento en el contenido de calorías debido a que los almidones se reducen a moléculas más simples y por lo tanto son más fáciles de utilizar. |
-

ELABORACION DE FRITURAS

En México como en otros países Latinoamericanos, se consume una gran cantidad de maíz que es parte esencial de la dieta de su población. El consumo y producción de frituras (las cuales generalmente son fabricadas con maíz), presenta niveles muy altos en todo el país. Es cierto que este tipo de productos no son considerados como alimentos altamente nutritivos, pero la situación sociocultural de la población le ha dado gran importancia dentro de los hábitos alimenticios del mexicano.

Las operaciones y condiciones del proceso para la obtención de frituras se muestran en la Figura 2.



Esta operación es opcional.

Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de frituras.

En el Cuadro 3 se presentan las condiciones específicas sobre el procesamiento típico de frituras.

Cuadro 3. Condiciones específicas sobre el procesamiento típico de frituras.

| <u>OPERACION</u> | <u>TIEMPO</u> | <u>TEMPERATURA</u> | <u>HUMEDAD</u> |
|--------------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| * Cocimiento de maíz | 4 - 10 minutos | arriba 200 °F | superior 29% |
| * Enfriamiento | rapidamente | menor de 150 °F | --- |
| * Maceración | 8 - 24 horas | 115 - 140 °F | superior 45% |
| * Lavado | 2 - 4 horas | 50 70 °F | --- |
| * Reposo | 40 minutos | menor 80 °F | --- |
| * Molienda (añadir agua) | --- | menor 100 °F | 52 -54% |
| * Formación y laminado | rapidamente | --- | --- |
| * Horneado | 12 - 18 Seg. | 750 - 900 °F | 40% |
| * Enfriado | 15 segundos | a 140 °F | 35 -42% |
| * Acondicionamiento | Aprox. 30 Min. | menor 90 °F | 38% |
| * Freído | 2 Min. +/- Seg. | 355 °F +/- 3 °F | 1 - 1.2% |

Vandaveer, et al (1987).

Este ejemplo de proceso se basa en la experiencia de algunos productores, no necesariamente coincidirá con los tiempos, temperaturas y concentraciones usadas en todas las compañías.

En el caso de la elaboración de tostadas el proceso es idéntico, solamente que la formación de la tostada es como la de la tortilla. En algunas empresas se suprimen o cambian algunos pasos del proceso, todo esto, dependiendo de las características que se deseen obtener en el producto final.

Algunos productores de frituras no realizan la nixtamalización, sino que utilizan harina de maíz nixtamalizada y continúan con el proceso. Esto implica una disminución en los costos de producción, en los requerimientos de personal técnico y ahorro en la cantidad de agua, entre otras.

Entre los puntos más importantes en producción de frituras, se encuentran ciertos factores de calidad que deberán evaluarse; esta evaluación abarca todo el proceso de producción y dichos factores se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Factores de calidad más importantes que deberán evaluarse en una fábrica de frituras

-
-
- 1.- Tiempo y temperatura de freído.
 - 2.- Ácidos grasos libres y peróxidos en aceites.
 - 3.- Porcentaje de humedad en frituras.
 - 4.- Contenido de aceites en frituras.
 - 5.- Pruebas de Horno Salí (para vida de anaquel).
 - 6.- Espesor de las frituras.
 - 7.- Contenido de sal.
 - 8.- Color de la fritura.
 - 9.- Evaluación sensorial, sabor, textura y apariencia.
 - 10.- Evaluación en las frituras empacadas.
 - 11.- Variaciones en el peso del paquete.
-
-

Vandaveer, et al (1987).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de Bromatología y de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), la cual se encuentra ubicada en el municipio de Marín N.L. así como en el laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.A.N.L. en Monterrey N. L.

El equipo utilizado para el moldeado de la masa fue una tortilladora de rodillos manual; el freído se realizó en una freidora comercial eléctrica (Cooker Fryer CF53). En cuanto al equipo para realizar los análisis químicos, se empleó un aparato Goldfish para extracción de grasa, un aparato Kjeldahl para determinar nitrógeno, el Labconco en la determinación de fibra cruda, Mufla y Estufa eléctrica. Además se utilizaron los servicios de una molinería de maíz ubicada en la ciudad de Guadalupe, N. L.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nixtamalización.

Para el desarrollo de esta operación, se utilizó la variedad tropical adaptada de sorgo (*Sorghum bicolor* L. moench) UANL - I - 187 y maíz blanco comercial, adquirido en un mercado local de la ciudad de Monterrey, N. L., se efectuaron mezclas de granos de maíz - sorgo en once proporciones, las cuales se enumeran a continuación:

- 1) 100 % maíz - 0 % sorgo.
- 2) 90 % maíz - 10 % sorgo.
- 3) 85 % maíz - 15 % sorgo.
- 4) 80 % maíz - 20 % sorgo.

- 5) 75 % maíz - 25 % sorgo.
- 6) 70 % maíz - 30 % sorgo.
- 7) 50 % maíz - 50 % sorgo.
- 8) 20 % maíz - 80 % sorgo.
- 9) 15 % maíz - 85 % sorgo.
- 10) 10 % maíz - 90 % sorgo.
- 11) 0 % maíz - 100 % sorgo.

El peso total de grano para cada mezcla o tratamiento fue de 1.5 Kg. y el agua se utilizó en una relación de 1 : 3 grano - agua respectivamente. El procedimiento fue el siguiente:

- a) Se calentó el agua a 95 °C y se agregó el 1.5 % de hidroxido de calcio (cal comercial) respecto al peso del grano de maíz.
- b) Se añadió la cantidad total de maíz para cada tratamiento y permaneció el cocimiento durante 50 minutos manteniendo la temperatura a 95 °C +/- 3 °C.
- c) Transcurridos los 50 minutos se agregó al recipiente de cocimiento el 1.5 % de hidróxido de calcio respecto al peso del grano de sorgo.
- d) Después se añadió la cantidad total de sorgo para cada tratamiento y continuó el cocimiento por 60 minutos más a la misma temperatura.
- e) Una excepción al procedimiento anterior fue el que se le dió al tratamiento número 11 (0 % maíz - 100 % sorgo); en el cual se agregó el 1.5 % de hidróxido de calcio respecto al peso del sorgo, permaneciendo el cocimiento durante 60 minutos a la temperatura de 95 °C +/- 3 °C.
- f) Las mezclas nixtamalizadas fueron dejadas en reposo durante una hora, para posteriormente ser lavados con agua corriente para remover el pericarpio del maíz y el exceso de álcali, finalmente se refrigeraron durante 16 horas.

Producción de masa y tostada.

Para la obtención de la masa, el grano nixtamalizado se molió en un molino de piedras comercial, posteriormente la masa se mezcló con 0.2 % de colorante rojo vegetal con respecto al peso de la masa; el cual previamente se disolvió en 50 ml. de agua destilada. Las tostadas fueron preparadas moldeando la masa en una tortilladora de rodillos manual y freidas con aceite de cártamo a una temperatura de $179\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de 3 minutos.

Análisis químico.

Fueron colectadas muestras de las mezclas de grano crudo, grano nixtamalizado y tostada en cada una de las tres repeticiones, para ser analizadas con respecto a su contenido de humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra. empleando la metodología de la AOAC.

Características físicas.

El diámetro, peso y grosor fueron determinados en tostadas, para lo cual se tomaron 5 unidades y se calculó su promedio.

Evaluación del color.

El color de las tostadas se determinó por comparación empleando para ello la escala de colores PANTONE; además se utilizó una escala hedónica de 0 a 100, aplicada mediante una encuesta a 10 panelistas no entrenados.

Evaluación organoléptica.

Un total de 10 panelistas no entrenados evaluaron las diferentes tostadas producidas en cada repetición guiándose por el siguiente procedimiento:

Los panelistas determinaron la textura considerando 1 = buena; 2 = regular; 3 = mala; en el caso del color y sabor, la escala fue la que se menciona a continuación:

- 100 ...le gusta demasiado
- 80 ...le gusta mucho
- 60 ...le gusta regular
- 40 ...le gusta ligeramente
- 20 ...ni le gusta ni le disgusta
- 15 ...le disgusta ligeramente
- 10 ...le disgusta regular
- 5 ...le disgusta mucho
- 0 ...le disgusta demasiado

Además los panelistas fueron requeridos para efectuar observaciones adicionales sobre su aceptabilidad (el Cuadro 9A, incluye un cuestionario de los utilizados para el análisis de las características de las tostadas). La evaluación organoléptica se efectuó con tostadas que fueron producidas un día anterior.

Vida de anaquel.

La duración de las tostadas en el almacenamiento se determinó, siguiendo una técnica proporcionada por una fabrica local productora de frituras; y que consiste en someter la tostada a una temperatura de 50 a 60 °C hasta que el producto se “enrancie”, cada hora que permanezca en

estas condiciones, representa un día de almacenamiento. Para realizar esta prueba se emplearon 2 tostadas de cada tratamiento.

Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar con arreglo factorial, con dos factores: el factor A es **Estado del Proceso** y el factor B es **Mezclas de grano maíz - sorgo**.

Considerando tres niveles para el factor A.

Estado: Grano, Nixtamal y Tostada

y once niveles para el factor B:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1) 100 % maíz - 0 % sorgo. | 7) 50 % maíz - 50 % sorgo. |
| 2) 90 % maíz - 10 % sorgo. | 8) 20 % maíz - 80 % sorgo. |
| 3) 85 % maíz - 15 % sorgo. | 9) 15 % maíz - 85 % sorgo. |
| 4) 80 % maíz - 20 % sorgo. | 10) 10 % maíz - 90 % sorgo. |
| 5) 75 % maíz - 25 % sorgo. | 11) 0 % maíz - 100 % sorgo. |
| 6) 70 % maíz - 30 % sorgo. | |

bajo tres repeticiones.

El modelo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + \beta_k + A_j\beta_k + \epsilon_{ijk}$$

RESULTADOS Y DISCUSION.

PRODUCCION DE MASA Y TOSTADA.

Para la obtención de las masas, no se controló el tamaño de partícula ni la humedad, pero su consistencia fue buena según la opinión subjetiva del operador del molino. No obstante, las masas que contenían los más altos porcentajes de sorgo (100 % y 90 %) tendían a compactarse y ocupar un menor volumen así como también eran pegajosas al tacto; esto fue ocasionado por un sobrecocimiento del grano de sorgo el cual aumentó la viscosidad y humedad de las masas, ya que se recomienda un tiempo de nixtamalización para este grano de 20 minutos y una concentración de cal de 0.5 % (Sema, et al 1988). El color de las masas se analiza en otro apartado.

En la producción de tostadas, se observó que las provenientes de las mezclas que contenían 100 y 90 % de sorgo, presentaron formación de burbujas de aire que rompían la estructura de la tostada y en algunos casos se formaba una ampolla; además se presentó dificultad para moldearla, debido a que la masa se adhería al rodillo y presentaba una mala cohesión entre sus partículas. Sema et al (1988) indicó que la humedad óptima de la masa para producción de duritos, debe ser del 55 % ya que se presenta mejor manejabilidad. De otra manera, los excesos de humedad (58 %) provoca que las piezas de masa se plieguen durante el transporte y afectan tanto la apariencia como el cocimiento. La masa para la producción de duritos debe ser más burda (mayor tamaño de partícula) que para la tortilla de mesa, para evitar la formación de burbujas de aire durante la operación de freído. Se realizó también una prueba de freído en tostadas de 100 % sorgo que no contenían colorante, obteniendose productos con una coloración amarillo - verdosa.

ANALISIS QUIMICO.

Con respecto a la composición química, se encontró que las variables evaluadas: materia

seca, ceniza, proteína, grasa y fibra cruda presentaron diferencia altamente significativa en grano, nixtamal y tostada; lo cual se debe a las diferentes condiciones que se suscitaron dentro de los procesos de transformación. En el caso de las diferentes mezclas maíz - sorgo efectuadas, las variables ceniza y proteína, mostraron diferencia altamente significativa en la interacción grano, nixtamal y tostada; con las mezclas maíz - sorgo, se presentó diferencia significativa en el contenido de ceniza (Cuadro 1A).

El Cuadro 2A muestra que el grano nixtamalizado presentó el mayor valor para el contenido de ceniza y proteína. La diferencia en el caso de ceniza, es debido a dos factores: uno de ellos es la adición de cal durante el proceso de nixtamalización, en el cual hay interacción de los iones de calcio con el almidón del grano, e inclusive puede aumentar en 2.9 veces aproximadamente, la cantidad de calcio que en el almidón de granos que no han sido tratados con cal (Rivera, 1989). El otro factor es la influencia de las diferentes mezclas de granos realizadas, ya que el contenido de cenizas es mayor en el sorgo que en el maíz y a medida que aumenta la cantidad de sorgo, también se incrementa el contenido de cenizas (Cuadro 3A). En lo que respecta a la interacción que existe con las diferentes muestras, se determinó que el mayor valor se presentó en tostada en la mezcla 10 % maíz - 90 % sorgo. (Cuadro 4A).

En referencia al contenido de proteínas, se presentó un aumento en su valor a medida que se incrementaban los niveles de sorgo en las mezclas, lo cual se debe a que el sorgo tiene un porcentaje más alto de proteínas en su composición que el maíz (Cuadro 3A). Rivera en (1989) indicó que durante la nixtamalización se presenta un descenso de proteínas en el total del grano y que hay una reducción, tanto de aminoácidos esenciales como de los no esenciales y pérdida de fracciones de nitrógeno.

Durante la nixtamalización, se presentó una disminución en el contenido etéreo (grasa) y fibra cruda debido a que grandes cantidades de cuerpo y pericarpio se pierden durante el cocimiento, remojo y lavado (Campo, 1987 and Serna, 1988); esta situación concuerda con los resultados obtenidos en éste trabajo (Cuadro 2A).

En las tostadas se presentó un aumento considerable en el contenido de grasa y esto fue

provocado por la absorción de aceite por parte de la masa durante la operación de freído (Cuadro 2A).

Sema, et al (1988) indicó que piezas triangulares de masa con alto contenido de humedad absorbieron más aceite durante la freída y que los productos de maíz y sorgo cuando sufren un aumento en el tiempo de freído, obtienen un color oscuro inaceptable.

El contenido de humedad en tostada durante las tres repeticiones fue de 5.1 % (Cuadro 2A) el cual es un valor muy alto, ya que el contenido de humedad de una fritura debe ser lo más bajo posible, entre 0.9 % a 1.1 % para lograr una prolongada vida de anaquel (Vandaveer, 1987). El alto porcentaje de humedad fue debido a que la tostada no sufrió un precocimiento antes del freído.

CARACTERISTICAS FISICAS.

En lo que se refiere al análisis físico, el grosor no fue tomado como variable, ya que durante todo el proceso de formación de la tostada, la abertura entre los rodillos permaneció constante y fue de 2 mm. El diámetro fue tomado como covariable y estandarizado en un valor por medio de una regresión lineal, para eliminar la posible influencia que tiene sobre la variable peso de tostada; así como también, para determinar la relación que existe con las mezclas, obteniéndose los resultados que se presentan en el Cuadro 5A. En el se muestra, que la covariable diámetro influye grandemente en un 50.69 % en el peso de la tostada y que los tratamientos presentan diferencia significativa; lo cual nos indica que la adición de sorgo tiene una relación inversa con el peso y a medida que aumenta la cantidad de sorgo, disminuye el peso de la tostada.

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS Y EVALUACION DEL COLOR.

En base al análisis organoléptico efectuado por los panelistas mediante la escala hedónica proporcionada, se determinó que a medida que aumentaban los niveles de sorgo por arriba del 25%, las tostadas tenían menor aceptación respecto a su textura, color y sabor que las que contenían

niveles más bajos (Cuadro 6A). Cuando la cantidad de sorgo varió entre 0 y 25 % se presentaron diferentes grados de aceptabilidad. Las tostadas que contenían 25 % de sorgo fueron mejor aceptadas, e inclusive fueron superiores a las tostadas producidas con 100 % maíz en lo que respecta al color y sabor, y en cuanto a la textura, presentaron la segunda mejor aceptación después que las que contenían 15 % sorgo; pero que aun sigue siendo superior a la textura de las tostadas producidas únicamente con maíz. Las tostadas producidas con 100 % sorgo presentaron la menor aceptación en cuanto a textura, color y sabor.

De la información adicional obtenida de los catadores, éstos indicaron que a contenidos mayores del 25% de sorgo las tostadas eran rugosas, lo cual fue originado por las características que presentaba la masa al adherirse al rodillo, durante la formación de la tostada; cuando el contenido de sorgo fue menor del 25% añadieron, que la textura era comparable con las comerciales, pero que presentaban demasiado grosor.

El sorgo tiene un sabor suave diferente de las características del sabor fuerte del maíz cocido con cal. Esta carencia de sabor fuerte de maíz, pudiera ser una ventaja para el sorgo en ciertas aplicaciones donde es indeseable un fuerte sabor de maíz . La carencia de sabor fuerte permitiría eficientizar el uso de saborizantes y sasonantes, para producir una amplia variedad de productos; en áreas donde es apreciado el sabor del maíz se podría mezclar menos del 50 % de sorgo con maíz para obtener productos aceptables en sabor (Serna, et al 1988).

En lo que se refiere al color, los panelistas señalaron que conforme aumentaba la cantidad de sorgo, el color rojo de la tostada tendía a oscurecer y hacerse desagradable. Esta variación fue verificada mediante un análisis por comparación con la escala de colores PANTONE, donde se observó un cambio en la coloración, de un naranja - rojizo hasta un café - rojizo (Indicados por los valores 159c a 202c) ; en cuanto a la coloración de la masa, ésta varió de un amarillo - crema a un amarillo - verdoso (Valores de 465c a 468c) ver cuadro 7A.

VIDA DE ANAQUEL.

El tiempo que permanecieron las tostadas en la estufa, antes de la aparición del olor a "rancio", fue de aproximadamente 33 horas, lo cual nos indica que la vida de anaquel de las tostadas a temperatura ambiente es de 33 días; este valor fue debido a el alto contenido de humedad que presentó la tostada, el cual induce a una descomposición rápida de la fritura.

ANALISIS ECONOMICO.

El aspecto económico del uso del sorgo en frituras, considerando la utilización de la mezcla 75 % maíz - 25 % sorgo y tomando en cuenta únicamente los costos de la materia prima principal, aparece en el Cuadro 8A; encontrándose, que resulta ventajoso incorporar el sorgo en la producción de tostadas, ya que se redujeron los costos en aproximadamente 13 % faltando aun contabilizar el ahorro de energía, ya que el tiempo de nixtamalización del sorgo es menor que el de maíz.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es factible utilizar la variedad tropical adaptada de sorgo (*Sorghum bicolor* L. moench) UANL - I - 187 en la producción de tostadas y obtener características aceptables en dicho producto.

Las tostadas producidas con 25% sorgo y 75% maíz presentaron mejores características en lo que se refiere al sabor y color, que las elaboradas únicamente con maíz.

La adición de sorgo influye de manera directa en el contenido de ceniza y proteína, y de manera inversa en el peso y aceptabilidad del color de las tostadas, y ofrece una vida de anaquel similar a las que fueron producidas con el 100% de maíz. Económicamente hablando, resulta ventajoso el utilizar sorgo en la elaboración de tostadas.

Se recomienda determinar en próximos trabajos, el valor biológico de las proteínas de este tipo de grano, su tiempo óptimo de nixtamalización, el tamaño adecuado de partícula de la masa derivada del sorgo para producir frituras y las ventajas o desventajas de darle un precocimiento a las tostadas antes del freído. Además de considerar la factibilidad de crear nuevos productos de fritura de sorgo caracterizados con una coloración amarillo - verdosa, para obtener ventaja de la pigmentación natural que ofrece esta variedad tropical adaptada de sorgo.

RESUMEN

Se determinó la posible utilización de la variedad tropical adaptada de sorgo (*Sorghum bicolor* L. moench) UANL - I - 187 como sustituto parcial o total del maíz en la elaboración tradicional de tostadas. Así mismo, se cuantificaron las ventajas económicas de su uso. Se efectuaron 11 mezclas con porcentajes de sorgo de 0, 10, 15, 20, 50, 70, 75, 80, 85, 90 y 100 %, determinándose los porcentajes de materia seca, ceniza, proteína, grasa y fibra en grano crudo, grano nixtamalizado y tostada. Características físicas tales como diámetro, peso, grosor, así como vida de anaquel fueron evaluadas en el producto final. Se utilizó un grupo de panelistas no entrenados para la evaluación sensorial mediante la prueba hedónica. Por su parte, el color de la masa y tostada fue evaluado utilizando la escala PANTONE, comparando los resultados con los obtenidos en la prueba sensorial.

Con la adición de sorgo, no se presentó diferencia significativa en el contenido de grasa y fibra. Mientras que los contenidos de ceniza y proteína se incrementaron, el peso y la aceptabilidad del color de la tostada disminuyeron; así mismo, la vida de anaquel del producto terminado no se vio afectada. Las tostadas producidas con 25 % sorgo y 75 % maíz fueron las mejor aceptadas en cuanto a sabor y color. Se observó una variación de un color naranja - rojizo a un café - rojizo en el producto final (representados en la escala con los valores 159 c a 202 c). Respecto a la coloración de la masa, su variación fue de un amarillo - crema, a un amarillo - verdoso (valores representados en la escala de 465 c a 468 c). Económicamente hablando, resulta ventajoso el utilizar sorgo en la elaboración de tostadas.

SUMMARY

In this research, was determined the economical advantages of the possible use of sorghum (tropical variety; *Sorghum bicolor* L. moench UANL - I - 187) as a partial or total substitute of corn in the traditional red tortilla chip "tostada". Eleven mixtures were made with the following percentage of sorghum: 0, 10, 15, 20, 50, 70, 75, 80, 85, 90, and 100 %. The level of dry matter, ash, protein, fat and fiber in the crude grain, "nixtamalizado" grain and tortilla chip "tostada", were determined for each of the treatments. Physical attributes as the measurement of thickness, weight, diameter of the "tostada" and the shelf life were evaluated in the final product. The hedonic test was used to evaluate the organoleptic characteristic with untrained panelists. The color of the mass and the "tostada" was measured using the PANTONE scale and comparing the results with the reactions obtained in the sensory evaluation.

When sorghum was added to the "tostada", there was not a significative difference in the content of fat and fiber but the levels of ash and protein were higher; the weight and the acceptability of the color of the chip decreased and the shelf life of the final product was unaffected. The "tostadas" produced with 25 % of sorghum and 75 % of corn showed the higher acceptability for flavor and color; there was observed a significant variation of colors from orange-red to brick red in the final product (PANTONE scale: 159 c to 202 c), the variation of the color of the mass was from slight yellow to green-yellow (PANTONE scale 465 c to 468 c). In economical terms, the use of sorghum in the production of tortilla chip "tostada" is advantageous.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alarcón A. L., Guerra R., 1985, Mezclas nixtamalizadas de maíz y sorgo, Evaluaciones en masas y tortillas, Pruebas reológicas y sensoriales, Tecnología de Alimentos 20 (1), ATAM.
- 2.- Axtell J. D., et al 1977, Componentes de calidad nutritiva del grano de sorgo, Ponencias de Simposio Internacional CIMMYT - PURDUE, 4 - 8 Dic. 1972, México, Versión en Español Alfredo Carballo Quiróz, Edit. LIMUSA.
- 3.- Baduí D. S., 1986, Química de los Alimentos, primera edición, Editorial ALHAMBRA, México.
- 4.- Campo I. M., 1987, Factibilidad de la utilización de sorgo en la elaboración de tortillas de maíz, Monografía, Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Gto.
- 5.- CIA - FAUANL, 1979, Informe de actividades de Investigación del Proyecto de Mejoramiento de maíz, frijol y sorgo para las partes bajas del Estado de Nuevo León, Facultad de Agronomía, UANL, Marín, N. L.
- 6.- Dewalt B., Barkin D., 1984, La crisis Alimentaria en México e Investigaciones en sorgo, Memorias de la Primera Reunión Nacional sobre Sorgo, 22 - 26 Oct. 1984, Marín, N. L.
- 7.- Gauna R., 1981, Origen y domesticación del maíz (*Zea mays* L.), Seminario FAUANL, Marín, N. L.
- 8.- INEGI, 1988, Abasto y Comercialización de Productos Básicos(Maíz), México.

- 9.- Rivera G. E., 1989, Producción de harina de maíz nixtamalizado, Memorias de experiencia profesional, Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Gto.
- 10.- Rivera M. E., Torreblanca R. A., 1985, Estudio sobre la calidad del maíz que se utiliza en los molinos para nixtamal en el Distrito Federal, Tecnología de Alimentos 20 (1), ATAM.
- 11.- Rodríguez V. J., 1984, El futuro del sorgo en México, Memorias de la Primera Reunión Nacional sobre Sorgo 22 - 26 Oct. 1984, Marín, N. L.
- 12.- Sema S. O., Téllez A., and Rooney L. W., 1988. Production of tortilla chips from sorghum and maize, Journal Of Cereal Science (8).
- 13.- Vandaveer R., et al, 1987, Manual de control de Calidad de frituras, SFA, Alexandria, Virginia.

APENDICE

Cuadro 1A. Resumen del análisis de varianza de cinco variables en tres estados y once mezclas maíz-sorgo.

| F DE VAR. | GL | CUADRADOS MEDIOS | | | | |
|-----------|----|------------------|--------|----------|-----------|-------------|
| | | MATERIA SECA | CENIZA | PROTEINA | GRASA | FIBRA CRUDA |
| REP | 2 | 71.87 | 0.17 | 0.15 | 12.99 | 0.24 |
| A | 2 | 350.10** | 0.62** | 96.03** | 5236.30** | 3.06** |
| B | 10 | 1.25 | 0.29** | 6.48** | 4.74 | 0.03 |
| AB | 20 | 1.35 | 0.05* | 0.41 | 1.57 | 0.07 |
| RESID. | 54 | 4.24 | 0.03 | 0.29 | 4.02 | 0.07 |
| X | | 92.11 | 1.69 | 9.95 | 12.68 | 1.27 |
| C. V. | | 2.23 | 10.30 | 5.72 | 15.84 | 20.80 |

* DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (1 %)

** DIFERENCIA ALTAMENTE SIGNIFICATIVA (5 %)

A: TRES ESTADOS (GRANO, NIXTAMAL Y TOSTADA)

B: ONCE MEZCLAS DE GRANOS (MAIZ-SORGO)

AB: INTERACCION ENTRE AMBOS.

Cuadro 2A. Promedio de cinco características (%), en tres estados a través de once mezclas maíz-sorgo.

| ESTADO | CARACTERISTICAS (%) | | | | |
|----------|---------------------|--------|----------|---------|-------------|
| | MATERIA SECA | CENIZA | PROTEINA | GRASA | FIBRA CRUDA |
| GRANO | 88.50 c | 1.56 c | 10.67 b | 4.25 b | 1.54 a |
| NIXTAMAL | 93.20 b | 1.84 a | 11.71 a | 4.10 b | 0.78 c |
| TOSTADA | 94.90 a | 1.71 b | 8.07 c | 26.82 a | 1.34 b |
| DMS | 0.173 | 0.003 | 0.045 | 0.168 | 0.022 |

DMS.- DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA.

NOTA: HUMEDAD= 100 - MATERIA SECA.

Cuadro 3A. Promedio de cinco características en once mezclas
malz-sorgo a través de tres estados de proceso.

| MEZCLAS | CARACTERISTICAS (%) | | | | |
|---------|---------------------|----------|----------|--------|-------------|
| | MATERIA SECA | CENIZA | PROTEINA | GRASA | FIBRA CRUDA |
| 100 - 0 | 92.673 | 1.666 d | 8.790 h | 12.776 | 1.268 |
| 90 - 10 | 92.454 | 1.465 e | 8.826 h | 13.556 | 1.306 |
| 85 - 15 | 92.222 | 1.676 d | 9.110 g | 13.488 | 1.240 |
| 80 - 20 | 91.988 | 1.571 d | 9.647 e | 13.474 | 1.233 |
| 75 - 25 | 92.032 | 1.432 e | 9.381 f | 13.197 | 1.218 |
| 70 - 30 | 91.752 | 1.654 c | 9.810 e | 12.914 | 1.189 |
| 50 - 50 | 91.633 | 1.717 b | 10.338 f | 12.684 | 1.343 |
| 20 - 80 | 91.942 | 1.680 ab | 10.432 d | 11.489 | 1.302 |
| 15 - 85 | 92.455 | 1.943 a | 10.748 c | 12.494 | 1.250 |
| 10 - 90 | 92.206 | 1.918 a | 10.968 b | 11.322 | 1.368 |
| 0 - 100 | 91.981 | 1.880 a | 11.535 a | 12.235 | 1.348 |
| DMS | -- | 0.0616 | 0.1923 | -- | -- |

DMS: DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA

Cuadro 4A. Promedio de cinco características en la interacción estado - mezcla.

| ESTADO/ MEZCLA (M - S) % | CARACTERISTICAS (%) | | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------|----------|-------|----------------|
| | MATERIA SECA | CENIZA | PROTEINA | GRASA | FIBRA CRUDA |
| GRANO | | | | | |
| 100 - 0 | 88.525 | 1.567 | 10.677 | 4.259 | 1.541 |
| 90 - 10 | 88.590 | 1.530 | 9.014 | 4.552 | 1.627 |
| 85 - 15 | 88.534 | 1.470 | 9.080 | 4.568 | 1.542 |
| 80 - 20 | 88.642 | 1.565 | 9.302 | 4.940 | 1.319 |
| 75 - 25 | 88.472 | 1.506 | 10.610 | 4.055 | 1.362 |
| 70 - 30 | 88.331 | 1.390 | 10.201 | 5.062 | 1.460 |
| 50 - 50 | 88.720 | 1.542 | 10.510 | 4.180 | 1.318 |
| 20 - 80 | 88.518 | 1.592 | 11.344 | 4.159 | 1.484 |
| 15 - 85 | 88.696 | 1.693 | 11.243 | 3.957 | 1.645 |
| 10 - 90 | 88.436 | 1.612 | 11.798 | 3.949 | 1.771 |
| 0 - 100 | 88.538 | 1.651 | 11.626 | 3.809 | 1.662 |
| TOTAL | 88.299 | 1.688 | 12.713 | 3.613 | 1.763 |
| NIXTAMAL | | | | | |
| 100 - 0 | 92.273 | 1.884 | 11.713 | 4.102 | 0.787 |
| 90 - 10 | 94.159 | 1.665 | 10.269 | 4.875 | 0.633 |
| 85 - 15 | 91.125 | 1.492 | 10.678 | 4.804 | 0.813 |
| 80 - 20 | 93.977 | 1.633 | 10.971 | 4.900 | 0.701 |
| 75 - 25 | 92.332 | 1.736 | 11.157 | 5.269 | 0.876 |
| 70 - 30 | 92.995 | 1.487 | 11.121 | 4.852 | 0.676 |
| 50 - 50 | 91.976 | 1.754 | 11.739 | 3.923 | 0.767 |
| 20 - 80 | 91.380 | 2.009 | 11.986 | 4.229 | 0.804 |
| 15 - 85 | 92.367 | 2.188 | 12.489 | 3.628 | 0.960 |
| 10 - 90 | 95.053 | 2.008 | 12.465 | 3.342 | 0.661 |
| 0 - 100 | 93.985 | 2.103 | 12.690 | 2.308 | 0.828 |
| TOTAL | 92.661 | 2.212 | 13.277 | 2.990 | 0.935 |

Cuadro 4A. (continuación)

| ESTADO/ MEZCLA | CARACTERÍSTICAS (%) | | | | |
|-------------------|---------------------|--------------|--------------|-----------|----------------|
| | MATERIA SECA | CENIZA | PROTEINA | GRASA | FIBRA CRUDA |
| TOSTADA | | | | | |
| 100 - 0 | 94.926 | 1.713 | 8.073 | 26.828 | 1.346 |
| 90 - 10 | 94.833 | 1.536 | 7.580 | 26.267 | 1.385 |
| 85 - 15 | 95.260 | 1.442 | 7.337 | 28.378 | 1.399 |
| 80 - 20 | 94.632 | 1.547 | 7.678 | 27.681 | 1.521 |
| 75 - 25 | 98.278 | 1.896 | 7.678 | 26.897 | 1.343 |
| 70 - 30 | 95.091 | 1.438 | 7.321 | 27.643 | 1.325 |
| 50 - 50 | 94.636 | 1.700 | 7.823 | 26.846 | 1.341 |
| 20 - 80 | 94.918 | 1.648 | 8.225 | 23.994 | 1.560 |
| 15 - 85 | 94.908 | 1.862 | 8.228 | 27.142 | 1.188 |
| 10 - 90 | 94.742 | 2.231 | 8.250 | 24.844 | 1.123 |
| 0 - 100 | 94.685 | 2.063 | 9.162 | 27.021 | 1.407 |
| TOTAL | 95.210 | 1.850 | 9.195 | -- | 1.209 |
| DMS | -- | 0.26 | -- | -- | -- |

DMS: DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA

Cuadro 5A. Análisis de varianza de peso de tostada considerando la covariable diámetro de tostada.

| F. V. | G. L. | CUADRO MEDIO |
|-----------------------------|--------------|---------------------|
| COVARIABLE | 1 | 50.69 |
| REPETICIONES | 2 | 4.76 |
| TRATAMIENTO | 10 | 2.15* |
| RESIDUAL | 19 | 0.816 |
| \bar{X} | | 22.89 |
| C. V. | | 3.93 |

* DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

| MEZCLA (M - S)% | DIAMETRO (CM) | PESO (GR) |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|
| 100 - 0 | 13.47 | 25.09 a |
| 90 - 10 | 13.47 | 23.32 a |
| 85 - 15 | 13.47 | 27.71 b |
| 80 - 20 | 13.47 | 23.36 a |
| 75 - 25 | 13.47 | 23.61 ac |
| 70 - 30 | 13.47 | 23.66 ab |
| 50 - 50 | 13.47 | 22.85 b |
| 20 - 80 | 13.47 | 21.72 c |
| 15 - 85 | 13.47 | 22.97 b |
| 10 - 90 | 13.47 | 22.13 b |
| 0 - 100 | 13.47 | 20.29 d |

Cuadro 6A. Promedio de las características organolépticas de tostadas de maíz - sorgo.

| MEZCLAS (M - S)% | CARACTERISTICAS | | |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|
| | TEXTURA* | COLOR** | SABOR** |
| 100 - 0 | 1.66 | 54.36 | 62.00 |
| 90 - 10 | 1.66 | 52.20 | 56.90 |
| 85 - 15 | 1.33 | 56.20 | 55.20 |
| 80 - 20 | 1.70 | 56.13 | 59.16 |
| 75 - 25 | 1.53 | 58.03 | 63.86 |
| 70 - 30 | 2.00 | 48.50 | 51.73 |
| 50 - 50 | 2.05 | 33.36 | 39.66 |
| 20 - 80 | 2.06 | 21.50 | 37.13 |
| 15 - 85 | 2.40 | 20.66 | 29.60 |
| 10 - 90 | 2.26 | 18.40 | 27.53 |
| 0 - 100 | 2.40 | 14.60 | 21.76 |

* ESCALA 1 - 3; 1= BUENA, 3= MALA.

** ESCALA 0 - 100; 100= LE GUSTA DEMASIADO
0= LE DISGUSTA DEMASIADO

Cuadro 7A. Análisis de la coloración presentada por masa y tostada, elaboradas con once mezclas maíz - sorgo, mediante la escala PANTONE.

| MEZCLA (M - S)% | MASA* | TOSTADA* |
|----------------------------|--------------|-----------------|
| 100 - 0 | 468 c | 185 c |
| 90 - 10 | 468 c | 185 c |
| 85 - 15 | 468 c | 178 c |
| 80 - 20 | 468 c | 178 c |
| 75 - 25 | 467 c | 179 c |
| 70 - 30 | 467 c | Warm Red |
| 50 - 50 | 467 c | 173 c |
| 20 - 80 | 466 c | 180 c |
| 15 - 85 | 466 c | 159 c |
| 10 - 90 | 465 c | 180 c |
| 0 - 100 | 465 c | 202 c |

* DATOS DEL PANTONE.

**Cuadro 8A. Análisis Económico de la utilización de la mezcla
75 % maíz - 25 % sorgo en la elaboración de frituras**

Precio de la tonelada de maíz = \$ 850,000.

Precio de la tonelada de sorgo = \$ 400,000.

1 Ton. de maíz ——— \$ 850,000

0.75 Ton. maíz ——— X

$$X = \frac{0.75 \text{ Ton. } \cancel{\text{maíz}} \quad (\$ 850,000)}{1 \text{ Ton. } \cancel{\text{de maíz}}} = \$ 637,500$$

1 Ton. de sorgo ——— \$ 400,000

0.25 Ton. sorgo ——— X

$$X = \frac{0.25 \text{ Ton. } \cancel{\text{sorgo}} \quad (\$ 400,000)}{1 \text{ Ton. } \cancel{\text{de maíz}}} = \$ 100,000$$

Precio mezcla = Precio del maíz + Precio del sorgo

Precio M. = \$ 637,500 + \$ 100,000

Precio M. = \$ 737,500

Diferencia al utilizar la mezcla:

D = Precio de la tonelada de maíz - Precio de la mezcla

D = \$ 850,000 - \$ 737,500

D = \$ 112,500

Se ahorrarían \$ 112,500 por tonelada

NOTA: Los precios señalados, fueron para abril/92.

Fuente: Información de mercados.

**Cuadro 9A. Formato utilizado para la caracterización organoléptica
en tostadas elaboradas con once mezclas de maíz - sorgo**

NOMBRE _____

FECHA _____

Favor de examinar las 11 muestras, una por una y hacer la clasificación correspondiente de cada una de ellas, independientemente de cual haya sido para la anterior.

Marcar la opción con una X

PRUEBA DE TEXTURA

| TIPO | # DE MUESTRA | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| Buena | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Regular | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Mala | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

Observaciones: _____

PRUEBA DE COLOR (Utilizar la escala de la página siguiente)

| | # DE MUESTRA | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

Puntuación _____

Observaciones: _____

Cuadro 9A. (Continuación).

ESCALA

- 100.- LE GUSTA DEMASIADO
 80.- LE GUSTA MUCHO
 60.- LE GUSTA REGULAR
 40.- LE GUSTA LIGERAMENTE
 20.- NI LE GUSTA NI LE DISGUSTA
 15.- LE DISGUSTA LIGERAMENTE
 10.- LE DISGUSTA REGULAR
 5.- LE DISGUSTA MUCHO
 0.- LE DISGUSTA DEMASIADO

PRUEBA DE SABOR: (Utilizar la escala)

| <u># DE MUESTRA</u> | <u>CALIFICACION</u> |
|---------------------|---------------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |

