

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias



"EL ALMACENAMIENTO HERMETICO DE MAIZ Y
SU EFECTO EN LA CALIDAD DE LA MASA
PARA TORTILLA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A
P R E S E N T A :

MARIA MAGDALENA REYES TELLEZ





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

El almacenamiento hermético a nivel rural es una alternativa para lograr la conservación del maíz destinado a autoconsumo, por ello, resulta importante conocer los límites de tiempo en los que se pueda almacenar grano en óptimas condiciones, sin alterar la calidad de la masa para la elaboración de tortillas.

En este trabajo se almacenó en condiciones herméticas, maíz con alto contenido de humedad (17%) infestado con insectos de la especie Sitophilus zeamais Motschulski. Los contenedores de almacenamiento se mantuvieron cerrados herméticamente a 26-27 °C durante nueve meses.

A lo largo del experimento se determinó la composición de la atmósfera de almacenamiento, la viabilidad del grano, la incidencia de hongos de almacén y el comportamiento de las poblaciones de insectos. Por otra parte, la calidad del maíz se apreció en las tortillas con base a pruebas reológicas ("Ampolla", doblez, enrollado y corte), organolépticas (Dúo-trío y escala hedónica) y químicas (Análisis bromatológico).

La atmósfera generada durante el almacenamiento resultó letal para los insectos y las semillas en tan solo quince y noventa días respectivamente, inhibiendo también el desarrollo de los hongos de almacén. A pesar de las condiciones de almacenamiento, no se detectaron diferencias significativas entre las muestras y el testigo en cuanto a las pruebas de calidad antes mencionadas; las tortillas mantuvieron su aceptabilidad al consumo humano conservando su olor y sabor característicos, tampoco se presentaron diferencias significativas en cuanto a su composición química.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	REVISION DE LA LITERATURA	4
	MAIZ	4
	Producción y consumo.	4
	Composición química y valor nutritivo.	4
	EL PROCESO TRADICIONAL DE LA NIATAMALIZACION	6
	Algunos cambios en el valor nutritivo del maíz durante la elaboración de tortillas.	6
	EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS Y SEMILLAS Y LOS FACTORES QUE INDUCEN SU DETERIORO	9
	Factores abióticos.	10
	Factores bióticos.	10
	Insectos	10
	Hongos	11
	Aves y roedores	13
	Control de hongos de almacén.	14
	EL ALMACENAMIENTO HERMETICO Y EN ATMOSFERAS MODIFICADAS	15
	Efecto del bióxido de carbono en el crecimiento y la esporulación de los hongos.	18
	CAMBIOS QUIMICOS DEL MAIZ DURANTE SU ALMACENAMIENTO	19
IV.	MATERIALES Y METODOS	20
	ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA	20

Contenedores de almacenamiento.	21
DETERMINACION DE LA COMPOSICION DE LA ATMOSFERA ALMACENAMIENTO	21
EVALUACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MAIZ ALMACENADO	21
DETERMINACION DE LA POBLACION DE INSECTOS	22
DETERMINACION DE LA VIABILIDAD DEL MAIZ	22
MICOFLORA DE ALMACEN	23
MANUFACTURA DE TORTILLAS	23
Nixtamalización.	23
PRUEBAS REOLOGICAS EN LAS TORTILLAS	24
"Ampolla"	24
Doblez	24
Enrollado	25
Corte	25
PRUEBAS ORGANOLEPTICAS EN LAS TORTILLAS	25
Dóo- trío	25
Escala hedónica	25
ANALISIS BROMATOLOGICO DE LAS TORTILLAS	30
V. RESULTADOS Y DISCUSION	35
VI. CONCLUSIONES	52
VII. LITERATURA CITADA	54

INTRODUCCION

Los mexicanos al igual que otros pueblos de América Latina, tenemos como alimento básico al maíz (*Zea mays* L.); la producción nacional de este grano fue para 1986 de aproximadamente 11,721,500 toneladas, representando para ese año, el 49% de la producción total de granos básicos (Fig. 1).

La versatilidad de esta gramínea permite que existan varias formas de consumirla en nuestras dietas, siendo la tortilla la más tradicional y a su vez la principal fuente de calorías. Estudios realizados por Massieu et al., (1959), señalan que las tortillas presentan alrededor de 75% de carbohidratos totales, y aunque su contenido proteico no sobrepasa el 10%, el valor nutricional de la dieta se incrementa con el consumo de otros alimentos más ricos en proteína cruda, entre ellos el frijol, leguminosa ampliamente aceptada en nuestro país, y cuyo contenido proteico es de aproximadamente 20%. Las tortillas preparadas con maíz presentan además, 1 y 2.5% de fibra cruda y grasa cruda respectivamente.

Para la elaboración de tortillas se requiere de un proceso popular conocido como nixtamalización (del náhuatl, *nexilli*, cenizas de cal, y *tamalli*, masa de maíz) (Santamaría, 1978); éste, es un tratamiento térmico alcalino en donde el cocimiento de los granos se logra en un recipiente con agua hirviendo y cal, después de unas horas de reposo, el maíz (nixtamal) es separado del sobrenadante y lavado con agua pura, quedando listo para ser molido (Illescas, 1943).

En las áreas urbanas el nixtamal se prepara y muele en grandes cantidades en molinos especiales, pero en el campo, la mayoría de las mujeres lo muelen cotidianamente en los típicos metates de piedra negra utilizando generalmente nixtamal preparado a partir de maíz que han almacenado para autoconsumo. De esta manera, la buena calidad de sus tortillas y el valor nutricional de las mismas dependerá de la capacidad que tengan las familias rurales para conservar en buenas condiciones el grano almacenado que con esfuerzo fue producido en el campo.

Cabe señalar que, en las poblaciones rurales el maíz es la fuente de más del 65% de las calorías y entre el 50 y 70% de las proteínas ingeridas diariamente en sus dietas. lo cual refleja la necesidad de conservar en buen estado este grano.

Tanto para la agricultura en pequeña escala como para la de subsistencia, es vital almacenar los granos cosechados en lugares adecuados que permitan su mejor conservación, tratándose de grano destinado tanto para el consumo como para la siembra.

Los sitios destinados al almacenamiento en México varían de

región en región, pero en todos los casos, el propósito es el mismo: guardar los granos y semillas en un sitio que disminuya en lo posible el grado de deterioro por la acción de insectos y hongos, cuyo desarrollo se ve favorecido cuando se conjugan factores ambientales como humedad y temperatura con un sustrato nutritivo como es el caso de estos productos agrícolas.

Uno de los tipos de almacenamiento escasamente difundido en nuestro país pero que tiene características favorables para una buena conservación de los granos es el almacenamiento hermético. Esta forma de almacenamiento se ha estudiado desde principios de siglo en Inglaterra y otros países, por Dendy (1918) y Brown (1922), y representa sin duda una buena alternativa para el almacenamiento de cereales a nivel rural, en donde las familias pueden disponer de un pequeño espacio en sus casas o cerca de ellas para conservar el grano que consumirán entre un período agrícola y el siguiente, sobre todo en las zonas tropicales de nuestro país en donde las condiciones climáticas favorecen el deterioro de los mismos.

Por todo lo anterior, resulta importante conocer los límites de tiempo en el que el almacenamiento hermético debe llevarse a cabo como un método de conservación de granos, especialmente de aquellos que constituyen la base de la alimentación mexicana. Así, este trabajo pretende apreciar el efecto del período de almacenamiento hermético en la calidad de la masa de maíz para la elaboración de tortillas, siguiendo para ello, el proceso tradicional de la nixtamalización practicado por muchos mexicanos.

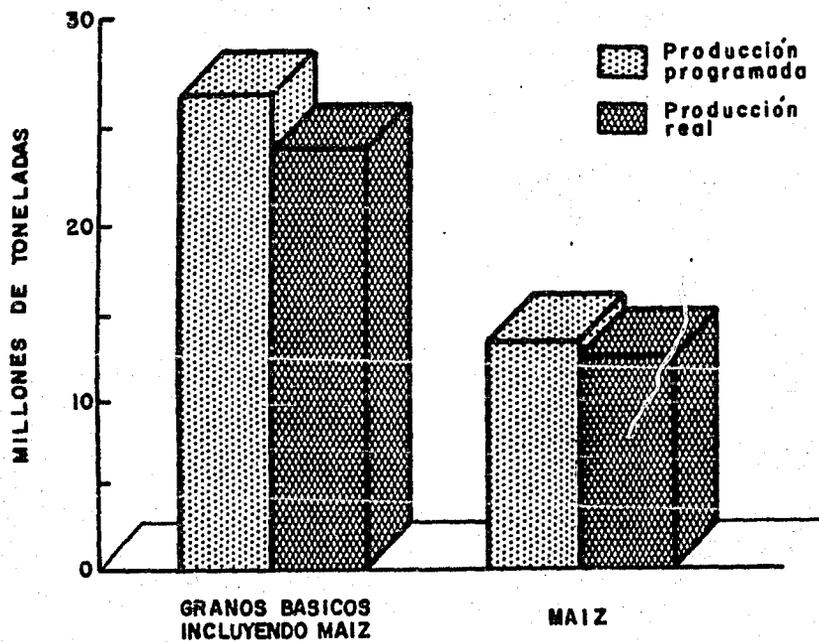


Fig. 1. Producción nacional de maíz en relación con otros cultivos básicos, para 1986.
Fuente: (PRONARDI, 1987).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar el efecto del almacenamiento hermético de maíz con contenido de humedad de 17%, en la calidad de la masa para tortillas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1.- Observar el efecto del periodo de almacenamiento en la calidad del maíz, mediante pruebas reológicas y organolépticas de las tortillas.
- 2.- Evaluar mediante el análisis bromatológico de las tortillas, los posibles cambios en su composición química como resultado de las condiciones de almacenamiento.
- 3.- Conocer a lo largo del experimento la composición de la atmósfera de almacenamiento.
- 4.- Observar el efecto del tiempo y la condición hermética de almacenamiento sobre el poder germinativo del maíz.
- 5.- Observar el efecto de las condiciones de almacenamiento en las poblaciones de insectos de la especie Sitophilus zeamais Motschulsky.
- 6.- Observar el efecto del almacenamiento hermético sobre la incidencia de hongos de almacén.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

MAÍZ.

El maíz (*Zea mays* L.), es una planta originaria de América perteneciente a la familia Graminae. Fue el único cereal cultivado por la mayoría de los indígenas del continente desde tiempo inmemorial. Las culturas que se desarrollaron en Mesoamérica (azteca, maya e inca fundamentalmente), tuvieron como principal cultivo al maíz, al cual llegaron inclusive a divinizar. Así, "Cintéotl" era la diosa azteca del maíz y "Yum Kaax" la diosa maya del maíz y la agricultura. Los españoles lo llevaron a Europa y actualmente es cultivado en muchos países del mundo (Mac Neish, 1967).

Producción y consumo.

El cultivo del maíz ocupa más del 40% de la superficie agrícola nacional; es la más importante fuente de empleo e ingreso para la población rural, y es además, uno de los principales alimentos de consumo popular.

El consumo nacional aproximado de este grano fue de 10.5 millones de toneladas para 1985, calculándose para el año 2 000, un incremento a esta cifra del 27.8% (Tabla 1). El maíz destinado al consumo humano (nixtamal y tortilla), representa aproximadamente el 65.9% del total de la producción agrícola nacional, correspondiendo un 45.7% al autoconsumo en las regiones rurales (PRONARDI, 1987).

Composición química y valor nutritivo.

El maíz se considera básicamente un alimento energético por su contenido de carbohidratos, aproximadamente un 80%. Una ración de 100 g de maíz contiene 356 kilocalorías, ubicándose en un punto intermedio respecto al trigo y al arroz, que aportan 330 y 362 kilocalorías respectivamente. Como en el caso de la mayoría de los cereales, el maíz tiene bajo contenido de proteínas (alrededor de 10%), y además, consideradas de baja calidad por la deficiencia en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. En cuanto al contenido de grasas, el maíz presenta menos de 5% (PRONARDI, 1987).

TABLA 1

ESTIMACION DEL CONSUMO NACIONAL DE MAIZ
PARA LOS PROXIMOS AÑOS

AÑOS	C O N S U M O (millones de ton.)				EFFECTIVO
	NACIONAL	HUMANO	OTROS	PERDIDAS	
1985	16.5	9.5	5.2	1.8	14.7
1988	16.7	10.0	5.0	1.7	15.0
1990	17.4	10.4	5.2	1.8	15.6
1995	19.3	11.4	6.0	1.9	17.4
2000	21.1	12.5	6.5	2.1	19.0

FUENTE: Elaborado por la Dirección General de Política y Evaluación Sectorial, de la Subsecretaría de Planeación, SARH, con base a datos del Consejo Nacional de Población. Tomado de PRONARDI (1987).

En la tabla 2 se muestra la composición química proximal del grano de maíz dentado.

EL PROCESO TRADICIONAL DE NIXTAMALIZACIÓN..

La nixtamalización es un proceso previo a la elaboración de tortillas en donde el grano sufre una serie de cambios fisicoquímicos al cocerse en presencia de una lechada de cal durante un tiempo determinado. El maíz es mezclado con el doble de su peso en agua y se agrega la cal en una proporción entre 1.5 y 3.5% con relación al peso del maíz. La mezcla es calentada a 80 C por un tiempo que varía de 25 a 45 minutos, dependiendo de la fuente de calor. Posteriormente, el grano se deja en reposo por un período de 12 a 15 h. Al final de esta etapa, el pericarpio se encuentra parcialmente hidrolizado y separado del grano, y el endospermo permanece hinchado y suave. Cuando el nixtamal o grano cocido presenta estas características, se separa del líquido de cocción o nejayote y es lavado con agua para eliminar el exceso de cal. El nixtamal es lavado y molido en molinos de piedra o metal, transformándose en masa (Illescas, 1943).

El proceso de nixtamalización, tal y como se lleva a cabo en las zonas rurales y la pequeña industria molinera, es sumamente variable. Tales variaciones dependen de factores socioeconómicos y geográficos. La proporción agua-grano, la concentración de cal, el período de cocción y la temperatura, son definidos de acuerdo con los hábitos de las familias. El tipo de maíz usado depende también de la localización geográfica, de la disponibilidad del mismo y de su precio (Del Valle, 1972).

Algunos cambios en el valor nutritivo del maíz durante la elaboración de tortillas.

Las tortillas constituyen la forma más usual de consumo de maíz por la población de México, de ahí que los cambios que pueda sufrir su valor nutritivo durante la preparación de tortillas sean de suma importancia.

Durante la elaboración de las tortillas la pérdida de nutrientes se lleva a cabo por dos caminos. El primero por cambios físicos y el segundo por cambios químicos, encontrándose para el primer caso, una pérdida de sólidos durante el proceso de nixtamalización, que varía de 8 a 22%, y para el segundo, según se ha dado a conocer, se producen cambios significativos que afectan el valor nutritivo del maíz (Tabla 3).

Las alteraciones químicas del maíz durante la nixtamalización involucran un decremento de la cantidad de

TABLA 2

ANALISIS PROXIMAL DEL MAIZ DENTADO

COMPONENTES	PROMEDIO	INTERVALO (%)
Materia seca	89.0	87.0 - 91.0
Proteínas	10.0	9.3 - 10.7
Lípidos	4.4	4.0 - 4.8
Fibra cruda	2.2	2.1 - 2.3
Carbohidratos*	72.0	64.0 - 78.0
Cenizas	1.2	0.9 - 1.5

Natl. Acad. Sci. (1964).

* Watson (1967).

TABLA 3

COMPOSICION QUIMICA DE MAIZ CRUDO BLANCO, NIXTAMAL
MASA Y TORTILLA

COMPONENTES	MAIZ	NIXTAMAL	MASA	TORTILLA
Humedad %	15.9	49.1	61.9	47.3
Extracto etéreo %	4.8	2.0	1.5	1.1
Nitrógeno %	1.2	0.8	0.6	0.8
Fibra cruda %	1.5	0.7	0.6	0.7
Cenizas %	1.2	0.7	0.6	0.8
Calcio mg/100g	4.0	90.0	81.0	120.0
Fósforo mg/100g	80.0	127.0	95.0	133.0
Hierro mg/100g	1.0	0.1	0.1	0.1
Niacina	20.0	10.7	8.1	10.5
Carbohidratos %	70.0	42.8	21.99	44.6

Bressani y Scrimshaw (1958).

carbohidratos totales asimilables y de proteínas, aunque se sabe que hay un decremento en la calidad de estas últimas, propiciando concentraciones de niacina más eficientes para la nutrición humana (PRONARDI, 1987).

Tapia y colaboradores en 1946 reportaron que la proteína de tortilla es inferior en calidad a la del maíz, ya que durante la preparación de ésta, se presentan pérdidas considerables de aminoácidos (lisina, triptofano, histidina, etc.). Sin embargo, ratas y cerdos alimentados con tortillas o con maíz tratado en forma alcalina, crecieron mejor que cuando su dieta consistía solamente de maíz crudo (Bressani y Scrimshaw, 1958).

EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS Y SEMILLAS Y LOS FACTORES QUE INDUCEN SU DETERIORO.

En México el almacenamiento se remonta a épocas precortesianas, seguramente desde que nuestros antepasados empezaron la agricultura del maíz. A pesar de las grandes similitudes entre las diferentes culturas, los recintos de almacenamiento se desarrollaron siguiendo varias líneas que dependían de los tipos de clima de cada región, de los materiales para construcción disponibles, de las características de la sociedad y de variaciones en nivel cultural, resultando así, una diversificación de los graneros. En nuestros días, todavía encontramos en uso algunas de las antiguas trojes y cincalotes, en las cercanías del sur de la Ciudad de México, y los coscomates (del náhuatl, quezcomatl, granero), en los estados de Tlaxcala y Morelos principalmente (Lám. I) (Hernández, 1949).

Además de este tipo de estructuras de almacenamiento, existen en México algunas instalaciones modernas equipadas con sistemas de aireación y secado, sólo que, dadas las características de la producción agrícola en nuestro país, y a la carencia de recursos económicos suficientes, los productos del campo se almacenan predominantemente en condiciones rústicas, lo mismo sucede en otros países de Latinoamérica, África y Asia (Guarino, 1983).

Lo anterior, permite que el almacenamiento rural a nivel familiar cobre importancia y sea especialmente considerado en los programas de conservación de granos, en donde un punto a considerar podría ser el acondicionamiento de los almacenes rústicos con el fin de incrementar su eficiencia.

Hoy en día, a nivel rural, existen diversas formas de almacenar grano, con variaciones según la región, pero casi todas las familias almacenan su grano dentro de las casas o cerca de ellas, por razones de seguridad y para regular el control de sus reservas.

Los granos y semillas una vez cosechados, tienen que pasar por una serie de etapas antes de llegar a su destino final, sea el

consumo o la siembra, en las cuales sufren daño físico. Este daño representa pérdidas cuantitativas porque el grano quebrado fácilmente se pierde en las operaciones de transporte y manejo, y pérdidas cualitativas porque propicia las actividades de insectos y hongos (Moreno y Ramirez, 1987). Estos daños llegan a agravarse dadas las deficiencias en el transporte de grandes volúmenes de grano, que permanecen por períodos más largos de lo requerido en puertos, furgones de ferrocarril, o bien, en camiones cargueros en espera de ser recibidos en el centro de acopio.

La Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), ha estimado pérdidas del 5% de todos los granos que se cosechan a nivel mundial (Christensen y Kaufmann, 1976). Esta cifra varía según el país, y la región. Las pérdidas en países subdesarrollados de África, América y Asia, ascienden hasta un 30%, con diferencias año con año. Estos datos resultan ser cifras promedio, y al parecer pequeñas para muchas de las regiones tropicales, en donde las condiciones climáticas favorecen significativamente el deterioro de granos y semillas. En México las pérdidas varían en cierta medida, según la región. Ramírez (1974), proporciona una estimación de pérdidas del 5 al 25%.

En el almacén, los granos y semillas están expuestos a factores bióticos y abióticos, que influyen directamente en el grado de deterioro de los mismos, de modo que el éxito del almacenamiento depende de la capacidad que se tenga para protegerlos de dichos factores, garantizando su calidad biológica, nutricional y sanitaria (Christensen y Kaufmann, 1976).

Factores abióticos.

Dentro de los factores abióticos de mayor importancia en un almacén se encuentran la humedad y la temperatura, ya que favorecen el deterioro de granos y semillas al desencadenar procesos fisiológicos deletéreos y permitir la acción directa de microorganismos (Christensen y Kaufmann, 1976).

Factores bióticos.

Los factores bióticos comprenden organismos tales como insectos, hongos, aves y roedores.

Insectos.

Se considera, sea en campo o en el almacenamiento, que uno de los agentes más importantes que merman y destruyen los productos alimenticios son los insectos. Parece ser que de 700,000 especies conocidas, 100 son responsables de daños a alimentos almacenados, de las cuales sólo 20 tienen importancia primordial (Jamieson y Jobber, 1974).

Los daños ocasionados por insectos no sólo conciernen al aspecto cuantitativo dado el consumo y destrucción de los granos, sino también cualitativo porque permiten la pérdida del poder germinativo de la semilla, y la contaminación con sus cuerpos y excretas, de forma tal, que el producto se hace inaceptable para el consumo humano, decreciendo por consiguiente su valor económico. Algunas especies de insectos y ácaros imparten sabores y olores que persisten aún en productos cocinados. Se ha visto también, que harinas elaboradas con granos cuyo germen fue dañado por insectos, presentan un valor nutritivo inferior que aquellas provenientes de granos sanos. Estos organismos son también portadores de una gran variedad de microorganismos patógenos al hombre. (FAO, 1980).

La abundancia de los insectos esta determinada por dos factores; la temperatura y la humedad, sin embargo, la disponibilidad del alimento es importante para fomentar el desarrollo de las poblaciones. El rango de temperatura óptimo es de 21 a 37 C, a temperatura mayores disminuye o cesa la oviposición y los adultos viven menos tiempo, a temperaturas menores, la actividad biológica se retarda (Jamieson y Jobber, 1974).

De los insectos que perjudican al maíz, la especie *Sitophilus zeamais*, es la más importante por su amplia distribución y severa actividad sobre los granos (Lám. I). Pertenecen a la familia Curculionidae (Coleoptera). Algunos miembros de esta familia se caracterizan por presentar sus estructuras bucales en el extremo de una porción alargada de la cabeza, a manera de trompa, de aquí el nombre común de "trompudos" o "picudos".

Existen otras dos especies de este género que particularmente atacan al trigo y al arroz. *Sitophilus granarius* y *S. oryzae* respectivamente (Lám. I). Aunque morfológicamente las especies son muy semejantes entre si, existen ciertas características que permiten agruparlos como especies distintas (Dell Orto y Arias, 1985). *S. zeamais* y *S. oryzae* presentan el torax cubierto con pequeñas depresiones circulares, y en los élitros destacan manchas de color amarillento (Lám. I). Los adultos miden de 2.5 a 4.0 mm de longitud, variando el color de café a negro. Son buenos voladores, por lo que pueden infestar el grano desde el campo. *S. oryzae* difiere de *S. zeamais* en las estructuras genitales y en que el segundo es ligeramente más grande y oscuro. *S. granarius* presenta depresiones del torax de manera oval, no tiene manchas en los élitros, los cuales se encuentran fusionados al cuerpo de tal forma que es incapaz de volar. Son de color café oscuro o negro y la longitud de su cuerpo no va más allá de 3 o 4 mm (Jacques, 1951).

Hongos de almacén.

También los hongos juegan un papel importante en el deterioro

de productos agrícolas, sea en el campo o en el almacén. Un cultivo en pie está expuesto al ataque de los hongos, sobre todo de aquellos cuyo fruto no está protegido por una vaina como en el caso de la soya, chícharo o frijol. Son microorganismos capaces de alimentarse casi de cualquier sustrato (Wallace, 1973). Christensen y Kaufmann (1976), reportaron que se habían aislado de granos y semillas, más de 150 especies de hongos. El mecanismo exacto y tiempo de invasión no se conoce con claridad. Christensen (1957), agrupó a los hongos que invaden los productos agrícolas en dos categorías: Hongos de campo y Hongos de almacén. Esta clasificación no es taxonómicamente válida, se basa principalmente en el sitio geográfico en donde los hongos invaden el grano y en sus requerimientos de humedad.

Los hongos de campo atacan semillas en desarrollo, las cuales presentan un contenido de humedad superior al 20% (con base en peso húmedo), es decir, que tienen un contenido de humedad en equilibrio con humedades relativas de 90 a 100%. Estos hongos, detienen su desarrollo una vez que la semilla pierde humedad al alcanzar su madurez fisiológica. Por el contrario, los hongos de almacén se encuentran en semillas que ya han sido cosechadas y presentan contenidos de humedad entre 13 y 20%, o bien, contenidos de humedad en equilibrio con humedades relativas de 70 a 90%.

Entre la gran diversidad de hongos de campo destacan especies de Alternaria, Cladosporium, Helminthosporium y Fusarium. Estos hongos pueden manchar el grano y matar al embrión, además de resultar un problema sanitario dada su potencialidad en la producción de toxinas (Christensen y Kaufmann, 1968).

Algunas especies pueden desarrollarse tanto en el campo como en el almacén. Aspergillus flavus puede invadir a los granos en el campo cuando las condiciones de humedad y temperatura sean favorables; Fusarium continúa muchas veces dañando grano almacenado si la humedad del sustrato es lo suficientemente elevada (Caldwell y Tuite, 1974). Sin embargo, se ha podido determinar que gran parte de los hongos de almacén no invaden en forma significativa a los productos agrícolas antes de su cosecha (Tuite y Christensen, 1955; Tuite, 1961; Quasem y Christensen, 1958).

Se considera que la fuente principal de contaminación de los granos con hongos de almacén, es el granero o silo, ya que es ahí donde se encuentran las condiciones favorables para su desarrollo y en donde permanecerá la fuente de inóculo que dará origen a nuevos organismos en el siguiente período de almacenamiento.

Dentro del género Aspergillus hay algunos grupos que son más comunes en granos y semillas almacenados, como A. restrictus, A. glaucus, A. candidus, A. versicolor, A. ochraceus y A. flavus. El grupo más frecuentemente relacionado con el deterioro de los granos es A. glaucus, debido a que tiene especies que se desarrollan en contenidos de humedad entre 12.5 y 13.0% en oleaginosas y entre 14.0 y 15.0% en los granos ricos en almidón,

siendo estos contenidos de humedad los más comunes en los almacenes (Christensen y Kaufmann, 1974). En este grupo destacan especies como *A. amstelodami*, *A. ruber*, *A. chevalieri*, *A. echinulatus* y *A. cereus*.

Existen algunos factores que determinan el crecimiento fúngico y por lo tanto permiten el deterioro del grano, tales factores son: humedad, temperatura, composición de la atmósfera de almacenamiento, pH, período de almacenamiento y la condición natural del grano. Todos estos factores interactúan constantemente, pero la humedad y la temperatura son los más importantes (Bothast, 1977).

Entre los daños causados por los hongos de almacén a los granos y semillas se encuentran:

Pérdida de viabilidad.— Hasta mediados de siglo, no se consideraba que los hongos pudieran causar reducción en el poder germinativo de las semillas. Ahora sabemos que ellos son la causa principal de la pérdida de viabilidad, sobre todo en condiciones adversas de almacenamiento (Christensen y Kaufmann, 1976). La pérdida de viabilidad se debe a que el hongo invade preferentemente el embrión.

Ennegrecimiento de los granos.— Antes, este tipo de deterioro tampoco se atribuía a los hongos, los cuales son capaces de manchar al embrión y a toda la semilla, haciendo que se pierda su lustre natural y se demerite su calidad. Esto tiene particular importancia si el grano está destinado a la industria molinera.

Cambios nutritivos.— Durante el metabolismo de los hongos se reducen azúcares, se alteran las proteínas y los lípidos se rompen para formar ácidos grasos libres y triglicéridos, suceden también cambios vitamínicos: al parecer, los minerales se conservan intactos (Bothast, 1977).

Producción de toxinas.— Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por hongos, son capaces de causar respuesta tóxica en los animales y el hombre cuando han ingerido alimentos contaminados con estas substancias, siendo por ello un problema de gran importancia sanitaria. Las micotoxinas más conocidas son las aflatoxinas, producidas por *Aspergillus flavus* Link, las cuales se caracterizan por su potencialidad cancerígena.

Aves y roedores.

En un almacén debe evitarse la proliferación de roedores y aves, los primeros, debido a su capacidad reproductiva y hábitos alimenticios, resultan ser un verdadero problema para casi cualquier producto almacenado. Estos organismos causan pérdidas por la cantidad de grano que destruyen y consumen, así como por la

contaminación con excretas, orines y pelos, dejando en el grano olores y sabores desagradables. Al ser los roedores organismos vectores de una gran cantidad de microorganismos patógenos al hombre, pueden transmitirle enfermedades serias (Arias, s/a). Los segundos ocasionan principalmente pérdidas de tipo cuantitativo por el grano consumido.

Control de hongos de almacén.

Generalmente el control de hongos de almacén se logra manteniendo el grano con contenidos de humedad bajos, en equilibrio con humedades relativas también bajas, a niveles tales, que el desarrollo de los hongos pueda inhibirse. No obstante, la reducción de la temperatura en combinación con la baja humedad, resulta tener mayor efectividad en la prevención del deterioro, ya que se reduce la posibilidad de una transferencia de humedad y la vida del grano se incrementará (Christensen y Kaufmann, 1974).

Lo anterior resulta ser un tanto difícil, principalmente en los países tropicales, ya que sus condiciones climáticas impiden el mantenimiento de granos con bajos contenidos de humedad y temperatura, a menos que se cuente con el equipo necesario de aireación y secado, lo cual no siempre es económicamente posible. Es por esto que se requieren alternativas para una mejor conservación en las zonas con clima cálido-húmedo. Tales alternativas son: El uso de inhibidores químicos, la resistencia genética por medio del manejo de variedades resistentes a condiciones adversas de almacenamiento, el almacenamiento hermético y en atmósferas modificadas (Moreno, 1983).

Se ha divulgado en las últimas décadas el uso de sustancias químicas inhibitoras del crecimiento fúngico, sin embargo, hasta la fecha no existe algún producto específico para hongos de almacén. No obstante, se han realizado pruebas usando fungicidas para hongos del campo encontrándose resultados prometedores. El uso de sustancias químicas se ve limitado debido a su naturaleza tóxica y residual, por lo que no se aplicarían a granos destinados al consumo humano o animal, algunas sustancias no se aplicarían tampoco a semillas ya que pueden resultar fitotóxicas en determinadas condiciones (Moreno y Vidal, 1981; Moreno y Ramirez, 1982; Moreno y Ramirez, 1985 y Moreno et al., 1985). Los inhibidores químicos que han sido usados en todo el mundo de manera más amplia, son aquellos elaborados con ácidos propiónico, acético y fórmico, sobre todo para granos con alto contenido de humedad. Estas sustancias tienen uso restringido dado que son altamente corrosivas, dañan los silos metálicos e imparten olores y sabores desagradables (Sauer y Burroughs, 1974).

Otra alternativa como medida de control de hongos de almacén, es la resistencia genética, la cual se ha venido estudiando en los últimos años. El objetivo de estos estudios ha sido encontrar variedades de simientes resistentes a condiciones adversas de

almacenamiento, sorprendentemente los resultados han mostrado que existen diferencias varietales entre resistencia y susceptibilidad ante la pérdida de viabilidad durante el almacenamiento (Moreno y Christensen, 1971 y Moreno et al., 1978).

El control de hongos de almacén se ha logrado exitosamente mediante el almacenamiento hermético y en atmósferas modificadas.

ALMACENAMIENTO HERMETICO Y EN ATMOSFERAS MODIFICADAS.

El almacenamiento bajo atmósferas modificadas tiene relativamente poco tiempo de investigarse, se basa principalmente en el manejo de diferentes concentraciones de oxígeno, bióxido de carbono y nitrógeno, principales gases que componen una atmósfera de almacenamiento (Bailey y Banks, 1980). El principio de este tipo de almacenamiento es alterar la proporción normal de los gases para dar una atmósfera letal a plagas de productos almacenados. Esa propiedad insecticida ha sido reconocida ampliamente. Actualmente existen en muchos lugares del mundo programas de investigación sobre el uso de atmósferas modificadas debido al incremento en la resistencia de los insectos a los fumigantes e insecticidas convencionales (Jay y Perman, 1973).

Stoyanova y Shikrenov (1970), determinaron que bajo atmósferas con un 20% de bióxido de carbono, a 20 C. en 19.5 días moría el 99.9% de *Sitophilus granarius*. Mezclas de bióxido de carbono y aire (80% CO₂, 4% O₂ y 16% N₂), son más rápidas en su poder letal para muchas especies del género, que cuando actúa el bióxido de carbono puro (Lindgren y Vincent, 1970). Los mismos autores encontraron que no había diferencias entre la mortalidad de diferentes estados de desarrollo de *S. oryzae* y *S. granarius*, cuando se sometían a atmósferas con 100% de CO₂ y 100% de N₂.

El tiempo que lleva matar insectos no sólo depende de la composición de la atmósfera, sino también de la temperatura. Banks (1978), propone que para muchas especies de insectos, bastan pocos días para que perezcan cuando la temperatura se maneja alrededor de 35 C y algunas semanas si se someten a temperaturas menores de 15 C.

Por otra parte, las humedades bajas aceleran la acción de las atmósferas controladas. Bailey y Banks (1980), señalan que cuando la humedad relativa es inferior de 50% los insectos sufren deshidratación, por lo que la mortalidad se incrementa rápidamente.

Existen también efectos subletales de las atmósferas modificadas sobre los insectos, los cuales son principalmente: Retraso en el desarrollo, metamorfosis perturbada, decremento de la fecundidad y longevidad, y en algunos casos parálisis parcial (Bailey y Banks, 1980). Sin embargo, todavía existen muchas inconsistencias en cuanto a estos efectos biológicos, por lo que

se requiere más investigación al respecto.

Por otra parte, se ha establecido que algunas especies han desarrollado cierto tipo de tolerancia a atmósferas con cantidades de oxígeno bajas. Gilmour (1965), señala que muchos insectos poseen vías de metabolismo anaerobio, pero se desconoce si bajo esas condiciones completan su ciclo de vida. En caso de que se presentara una tolerancia, se requeriría de mayores períodos de exposición, lo cual incrementaría el costo de la técnica empleada en la modificación de la atmósfera.

El método hermético de almacenamiento de grano ha sido usado por el hombre desde hace siglos. Se sabe que desde 9 000 a 7 000 años A.C. en Europa se utilizaba el almacenamiento de granos en fosas subterráneas, siendo ésta la primera forma de almacenar herméticamente. Posteriormente, la metodología de almacenamiento fue modificándose a medida que se ampliaba el conocimiento de nuevos materiales; con el descubrimiento del hierro, aparecieron los primeros silos subterráneos clásicos, que sin duda eran herméticos. Estos métodos actualmente se usan en muchas regiones del mundo (Sigout, 1980).

El principio básico del almacenamiento hermético consiste en eliminar el oxígeno existente en el aire del depósito o contenedor hermético, hasta un nivel en que se suprima o inactive el desarrollo de organismos nocivos que dependen de tal elemento para subsistir, puede tratarse de insectos o de hongos (FAO, 1980).

Las investigaciones sobre el almacenamiento hermético de grano tienen su origen en la serie clásica de Dendy en 1918, quien afirmó que en unos recipientes herméticos los insectos mueren cuando la mayor parte del oxígeno ha sido consumida por su propia respiración. Desde entonces, muchos especialistas han mostrado que el factor decisivo no es la acumulación de bióxido de carbono, sino la desaparición del oxígeno. En la práctica, el decremento de oxígeno va ligado a un incremento en el bióxido de carbono, resultando difícil distinguir sus efectos por separado. (Denmead y Bailey, 1966).

La mayoría de las especies de insectos que atacan a los cereales almacenados mueren cuando la concentración de oxígeno del aire intergranular disminuye por debajo del 2% en volumen. Bailey en 1955, realizó un estudio de almacenamiento hermético con Sitophilus granarius, observó que en atmósferas con más de un 5% de oxígeno, la mortalidad era baja, no así cuando el oxígeno era inferior al 2%, en donde se encontró que todos los insectos sucumbían. Observó también que las formas inmaduras eran más sensibles a los efectos de la falta de oxígeno ya que en una atmósfera con 5.5% de oxígeno morían el 50% de la población.

El tiempo que tardan los insectos en morir bajo un almacenamiento hermético depende notablemente del grado de la infestación, es decir, del tamaño de sus poblaciones. Oxley y

Wickenden (1963), demostraron que si existe una población pequeña de insectos (13.5 individuos/kg de grano), el oxígeno baja a niveles letales en 21 días, pero si la cantidad de insectos es mayor (133 individuos/kg de grano), el oxígeno desciende hasta 2% en solo 4 días.

Por su parte, algunas especies de hongos que sólo se desarrollan cuando el grano tiene un contenido de humedad elevado (más del 15%), pueden crecer en una concentración de oxígeno hasta de un 0.2% (Peterson, et al., 1956). Otras especies sobreviven a atmósferas con 80% de dióxido de carbono. En condiciones de anaerobiosis el desarrollo es nulo (Christensen, 1978).

Banks (1981), encontró que grano almacenado 10 días en niveles de oxígeno a 0.2%, con un contenido de humedad de 18%, a 30 °C, presentaba crecimiento escaso de *A. glaucus*, pero no de *A. flavus* y *Penicillium*. No hay estudios específicos de la influencia del almacenamiento hermético en la producción de micotoxinas, sin embargo, el mismo autor sugiere que en condiciones herméticas imperfectas, existe la posibilidad de la formación de tales sustancias en regiones donde la concentración de oxígeno lo permita, no así en regiones donde el oxígeno sea menor al 1%.

En concentraciones de oxígeno comprendidas entre 0.5 y 1.0%, ciertos organismos anaerobios entre ellos bacterias y levaduras, proliferan rápidamente en condiciones de mucha humedad, preferentemente en granos cuyo contenido de humedad es superior al 22%, o bien con contenidos de humedad en equilibrio con humedades relativas de 95% o más. La respiración de esta microbiota entraña una descomposición incompleta de los carbohidratos del grano y lleva consigo la producción de alcohol y otras sustancias volátiles, que dan al grano un sabor agrídulce o "acervezado", sabor que no puede suprimirse mediante operaciones posteriores de secado o ventilación, consecuentemente ese grano resulta normalmente inaceptable para el consumo humano (FAO, 1980). Sin embargo, el grano podría ser utilizado como pienso para animales siempre y cuando no se hayan alterado sus propiedades químicas y no presentara contaminación por toxinas de organismos anaerobios, que en un momento dado pueden provocar trastornos a los animales que consuman los granos.

Los granos contienen azúcares, minerales y nitrógeno disponibles; en presencia de agua, las amilasas liberan más azúcares y las proteinasas producen más compuestos nitrogenados, de manera que los microorganismos anaerobios aprovecharán óptimamente el sustrato en condiciones de alta humedad. Una masa húmeda de grano sufrirá una fermentación ácida, principalmente por bacterias coliformes ácido-lácticas normalmente presentes en la superficie de los granos. Si la acidez se ha incrementado, ésta fermentación puede ser seguida por otra de naturaleza alcohólica debido a la acción de levaduras. Más aún, si existieran en el sustrato bacterias ácido acéticas, podrían oxidar el alcohol hasta ácido acético (Frazier, 1958).

En los últimos años el almacenamiento hermético y con atmósferas modificadas se ha utilizado no solamente para impedir la formación de hongos en cereales muy húmedos, sino también para evitar la proliferación de insectos existentes en el grano seco (FAO, 1980).

Si consideramos que las sustancias químicas usadas en el control de plagas tienen efectos residuales que atentan contra la salud del hombre y sus animales, y que además algunos insectos han desarrollado cierta resistencia a los tratamientos químicos, se requiere poner en práctica métodos de control para plagas que sean eficientes y que no contaminen el grano, tales métodos pueden ser el almacenamiento hermético y en atmósferas modificadas. El inconveniente en el uso del almacenamiento hermético es la dificultad de lograr y mantener la hermeticidad para grandes volúmenes de grano, dificultad que puede aminorarse en el medio rural en donde los volúmenes para almacenar son relativamente pequeños (desde 100 kg hasta 3 toneladas), resultando más accesibles su manejo y control.

Efecto del bióxido de carbono en el crecimiento la esporulación de los hongos.

Es difícil hacer aseveraciones precisas del efecto del bióxido de carbono en los hongos, lo cual se debe en gran medida a que realmente se han llevado a cabo pocos estudios al respecto (Khaleel, 1976).

El efecto del CO₂ sobre los hongos es muy variable, puede provocar una estimulación o una inhibición total del crecimiento dependiendo de las condiciones presentes. Se ha visto que el efecto de una determinada concentración de CO₂, en la cual se inhibe el crecimiento de los hongos, se incrementa con las bajas temperaturas (Brown, 1922; Golding, 1940 y Tuife et al., 1967).

Algunas especies de *Penicillium* sensibles al CO₂, inhiben su crecimiento en concentraciones entre 5 y 20%, otras especies por el contrario, son tolerantes a proporciones hasta del 50% (Denny, 1933; Golding, 1940; Hollis, 1948; y Tuife, et al., 1967). Sin embargo, algunas especies de este género y de *Eusarium*, pueden estimular su crecimiento en concentraciones de CO₂ entre 1 y 10% (Durrell, 1924; Golding, 1940; Hollis, 1948; Mitchell y Mitchell, 1973).

La esporulación de los hongos es más sensible a cambios en la concentración de CO₂ que el crecimiento mismo. Concentraciones del 2 al 10% pueden reducir la esporulación de ciertas especies de hongos (Littlefield, et al., 1966). Existen algunos hongos del suelo que por el contrario, estimulan su esporulación en concentraciones de CO₂ entre 0.01 y 15% (Mitchell y Mitchell, 1973).

La germinación de las esporas también se ve alterada por las concentraciones de CO₂. Esporas de *Aspergillus niger* inhiben su germinación en concentraciones del 3 al 10% (Wells y Vota, 1970).

CAMBIOS QUÍMICOS DEL MAÍZ DURANTE SU ALMACENAMIENTO

El almacenamiento del maíz presenta problemas que son comunes a todos los cereales. Los cambios químicos influyen considerablemente en el valor nutritivo (Girall, 1952). La mayor parte de estos cambios son de naturaleza enzimática y resultan de la acción de los fermentos sobre el propio grano. A pesar de que el maíz almacenado en condiciones favorables puede conservarse sin deterioro, ciertas condiciones adversas pueden producir una alteración casi completa en poco tiempo.

Existen cambios a nivel de los carbohidratos, los cuales consisten esencialmente en la hidrólisis del almidón, aumentando significativamente el contenido de azúcares reductores. Sin embargo cuando las condiciones favorecen la actividad respiratoria, estos azúcares tienden a convertirse en agua y dióxido de carbono (FAO, 1954). Las enzimas proteolíticas del grano, tienden a desnaturalizar las proteínas, convirtiéndolas en polipéptidos y finalmente en aminoácidos. También se observa disminución en la digestibilidad de los mismos. Las grasas por su parte, sufren hidrólisis y se produce enranciamiento. El contenido de oxígeno y la temperatura circundante son determinantes en este proceso. No ocurre modificación de los minerales contenidos en los granos (Willits, 1939).

MATERIALES Y METODOS

SEMILLA: - Se utilizó semilla de maíz de la variedad V-525 de San Rafael Veracruz, ciclo primavera-verano 1985. Al inicio del experimento, la semilla presentaba 10.7% de contenido de humedad, 98% de germinación y no se encontraba invadida por hongos de almacén.

ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA. - Un lote de 34.5 kg de maíz con un contenido de humedad de 17%, fue almacenado herméticamente a 27 C por 270 días. El lote fue repartido en 15 contenedores metálicos correspondientes a 5 tiempos de almacenamiento (15, 30, 90, 180 y 270 días), con 3 repeticiones de 2.3 kg cada uno.

A cada contenedor o unidad experimental se le añadieron 45 insectos adultos y sin sexar de la especie *Sitophilus zeamais* Motschulsky, con el fin de observar el comportamiento de las poblaciones de insectos a lo largo del período de almacenamiento.

Previamente al almacenamiento el maíz fue limpiado de todo tipo de impurezas, incluyendo granos rotos o deteriorados, y homogenizado adecuadamente en un divisor "Boerner".

El contenido de humedad del maíz fue ajustado a 17%, siguiendo el método señalado por Harein y Soderstrom (1966), mediante la fórmula:

$$\frac{100 - \text{contenido de humedad presente}}{100 - \text{contenido de humedad deseado}} - 1 = F$$

100 - contenido de humedad deseado

En donde F es un factor que al ser multiplicado por los gramos de la muestra, da el número de mililitros de agua que se requiere adicionar para alcanzar el contenido de humedad deseado.

Contenedores de almacenamiento hermético.

Fueron empleadas como contenedores de almacenamiento 15 latas metálicas con capacidad de 3 litros cada una, las cuales representaron 15 repeticiones del experimento repartidas en los 5 periodos de almacenamiento establecidos (3 latas por tiempo de almacenamiento). La tapadera de cada contenedor fue perforada formandose dos orificios de 15 mm de diametro, los cuales fueron perfectamente cubiertos con dos sellos de hule; uno de ellos permitiría efectuar la determinación de la atmósfera de almacenamiento, mientras que el otro conectaba a una "trampa de presión" elaborada con un tubo de ensayo de 32 mm de diámetro y aceite comestible (Lam. II). El objetivo de la trampa fue evitar que el contenedor se "inflara" debido al incremento de la presión por la producción de bióxido de carbono en el interior.

Se realizaron muestreos a los 15, 30, 90, 180 y 270 días, evaluando en cada uno de ellos los siguientes parámetros, en orden de realización:

- a) Composición de la atmósfera de almacenamiento.
- b) Determinación del contenido de humedad del maíz.
- c) Determinación del tamaño de la población de insectos.
- d) Determinación del porcentaje de germinación.
- e) Determinación y cuantificación de la micoflora de almacén.
- f) Elaboración de tortillas a partir del maíz previamente almacenado, con la evaluación reológica, organoléptica y química de las mismas.

DETERMINACION DE LA COMPOSICION DE LA ATMOSFERA DE ALMACENAMIENTO. - Para determinar la composición de la atmósfera de almacenamiento, fueron tomadas por duplicado muestras de 0.1 ml del aire de cada uno de los contenedores herméticos, inyectándolas en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer modelo Sigma 1.

EVALUACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MAIZ ALMACENADO. - El contenido de humedad fue determinado por el método de secado en estufa establecido por el Departamento de Agricultura de los

Estados Unidos (USDA, 1979), el cual consiste en pesar de 5 a 10 g de semilla en cajas de aluminio previamente pesadas, llevándolas a la estufa durante 72 h a 103 C pesando nuevamente las cajas después de este período. El contenido de humedad fue calculado por diferencia de su peso con la siguiente ecuación, expresando el resultado con base en el peso húmedo.

$$\% \text{ DE HUMEDAD} = A/B \times 100$$

De donde A = pérdida de agua en granos
 B = peso original de la muestra húmeda

El contenido de humedad de cada tiempo de almacenamiento fue obtenido del promedio de cuatro cajas por repetición.

POBLACION DE INSECTOS.- Para evaluar el comportamiento de las poblaciones de *Sitophilus zeamais* para cada contenedor hermético fue realizado un conteo de los individuos adultos, registrándose en todos los tiempos de almacenamiento: número de insectos muertos, número de insectos vivos y número de insectos nuevos.

EVALUACION DE LA VIABILIDAD DEL MAIZ.- La determinación del porcentaje de germinación fue realizada con base en el procedimiento establecido por la American Association of Official Seed Analysts (AAOSA, 1981). El método consiste en colocar 100 semillas en una toalla de papel húmeda, la cual es enrollada e incubada a 27 C, tomando lectura del número de semillas germinadas a los cuatro y siete días de incubadas. Para determinar el porcentaje de germinación inicial del maíz fueron utilizadas 600 semillas y 300 para cada una de las repeticiones de los distintos tiempos de almacenamiento.

MICROFLORA.- Para determinar el número y grupo de hongos presentes en las semillas, 25 de ellas fueron desinfectadas superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos y posteriormente sembradas en un medio de cultivo selectivo para hongos de almacén, MSA (2% malta, 6% sal y 2% agar), e incubadas a 26-27 C hasta que las colonias pudieran ser contadas e identificadas.

MANUFACTURA DE TORTILLAS.- Para la elaboración de las tortillas fueron utilizados 2 kg de grano, efectuándose tres repeticiones por período de almacenamiento.

Nixtamalización.

Las muestras del maíz de los distintos períodos de almacenamiento fueron tratadas por el proceso tradicional de la nixtamalización. El proceso consiste en mezclar el maíz con el doble de su peso de agua y agregar hidróxido de calcio en una proporción entre 1.5 y 3.5% con relación al peso del maíz. La mezcla es calentada hasta aproximadamente 80 C por un tiempo que varía de 25 a 45 minutos, dependiendo de la fuente de calor, dicho período va del inicio de la ebullición hasta el cambio de coloración del maíz. Pasado ese tiempo, suspender el calentamiento y dejar reposar el grano en su líquido de cocción a temperatura ambiente por un lapso de 12 a 15 h. Posteriormente se descarta el sobrenadante (nejayote) y el grano es lavado con agua limpia, obteniéndose el nixtamal listo para ser molido (Illescas, 1943).

En este trabajo el proceso fue ligeramente modificado de acuerdo con Lazo y Nuñez (1980), realizándose de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 2. Se sabe según experiencias de la Dra. Carmen Bazúa y colaboradores del Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Química, que este proceso garantiza menor pérdida de nutrientes debido a que la lechada de cal es agregada en relación con el tipo de maíz usado, teniendo como consecuencia mayores rendimientos del grano al existir menores pérdidas de sólidos en el líquido de cocción.

Una vez cocido el maíz y antes de molerlo, fue separado del nejayote tomándose lectura del volumen obtenido de éste, así como del porcentaje de sólidos presentes, por termobalanza. Los sólidos del nejayote se refieren a toda la materia que durante el proceso de nixtamalización queda suspendida en el líquido de cocción, tratándose principalmente de residuos del pericarpio del maíz y carbohidratos solubles.

Para la elaboración de tortillas se procedió de acuerdo con el diagrama de la figura 3. El grano fue molido en húmedo en un molino para nixtamal Alcántara-Motor Zet (capacidad mínima de 1 kg).

De la masa obtenida fueron tomadas porciones de 50 g. con las cuales se prepararon tortillas, para lo cual fue utilizada una maquina metálica manual procurando que el espesor de las tortillas fuera homogéneo y de ser posible constante; inmediatamente después, fueron llevadas a un comal caliente para su cocimiento manteniéndose al fuego por un período de 30 segundos de cada lado y repitiendo la cocción por el primer lado para formar la "ampolla" (Alarcón *et al.*, 1985). Después de la cocción fueron enfriadas a temperatura ambiente por 10 minutos y almacenadas en bolsas de polietileno hasta 72 h para ser usadas durante las pruebas reológicas y organolépticas.

PRUEBAS REOLÓGICAS DE LAS TORTILLAS.— Estas pruebas permiten apreciar de un modo subjetivo la calidad de la masa en base a características físicas como lo es la textura.

Para cada tiempo de almacenamiento con sus tres repeticiones fueron realizadas las pruebas de "ampolla", dobléz, enrollado y corte, tomando como base 10 tortillas de cada repetición elegidas aleatoriamente. Estas pruebas se llevaron a cabo en cuatro tiempos diferentes: A= al momento de la elaboración; B= 1 h después de elaboradas; C= 24 h después de elaboradas y D= 72 h después de la elaboración. Las tortillas fueron calentadas nuevamente para efectuar las pruebas reológicas en los tiempos C y D.

Prueba de "Ampolla".

La "ampolla" característica de las tortillas es provocada por la formación de vapor de agua en su interior en el momento de la cocción, de tal manera que sólo se forma en aquellas tortillas cuya masa sea homogénea y cuya textura impida fracturas o quiebres durante la preparación de la tortilla (Lám. III).

De una base de 10 tortillas, fue cuantificado el porcentaje de aquellas que levantaban "ampolla" durante su cocimiento.

Prueba de dobléz.

Esta prueba de textura permite verificar si hay ruptura en la cara externa del dobléz. Las tortillas fueron dobladas en dos y cuatro partes (Lám. III), y se observó la presencia o ausencia de fracturas en la superficie externa de la tortilla, que es la cara opuesta a la de la "ampolla".

Prueba de enrollado.

Es también una forma subjetiva de evaluar la textura de la masa; la prueba consistió en enrollar la tortilla en una barra de aluminio de 15 mm. de diámetro a manera de "taco", observando si se presentaba alguna ruptura en la cara externa de la misma (Lám. III).

Prueba de corte.

La prueba de corte consistió en romper la tortilla por la parte central estirándola con ambas manos hacia los extremos, con el fin de apreciar que el corte se efectuara fácilmente, de manera que no hubiera impedimentos por dureza (Lám. III):

PRUEBAS ORGANOLEPTICAS.- Se realizaron pruebas organolepticas (color y sabor) con el fin de determinar si existían diferencias entre las tortillas elaboradas de maíz almacenado y aquellas de maíz sin almacenar. Para llevar a cabo estas pruebas, se empleó un método analítico de tipo discriminativo con la prueba DUO-TRIO (Nieto *et al.*, 1986), para lo cual se requirió de un panel integrado por ocho jueces, participando personas de diferente sexo y edad.

Prueba DUO-TRIO.

En una charola fueron colocadas tres tortillas de maíz codificadas con números de tres cifras, de las cuales, dos muestras fueron iguales y una diferente. A cada juez del panel se le proporcionó un formato como el que aparece en la página 28 de manera que pudiera expresar las diferencias o similitudes entre las muestras. La prueba fue llevada a cabo en los tiempos establecidos para las pruebas reológicas. Los resultados fueron analizados cuantificando el número de panelistas que detectaron diferencia entre muestras con una confiabilidad del 95% (Larmond, 1970).

Prueba Escala Hedónica.

En esta prueba se presenta una escala de tipo discriminativo que parte del agrado al desagrado del producto para el paladar. A ocho panelistas se les proporcionaron cuatro muestras diferentes y codificadas con números de tres cifras, las muestras correspondieron a un tiempo de almacenamiento (una por repetición y el testigo). Los jueces del panel respondieron a un formato cuestionario como el de la página 29. Los resultados fueron

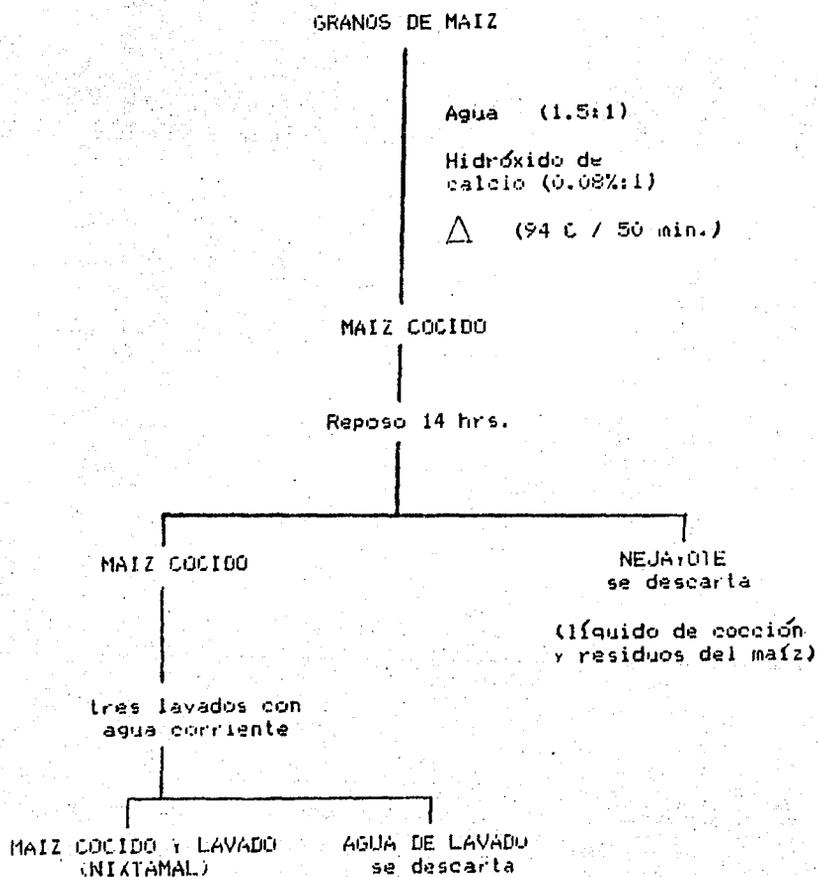


Fig. 2.- Etapas del proceso de nixtamalización (Laso y Niñez, 1980).

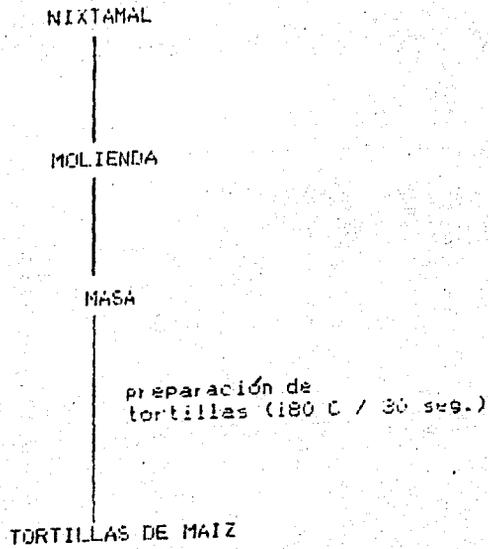


Fig. 3.- Método tradicional para la elaboración de tortillas (Alarcón, et al., 1985; Elías y Bressani, 1972).

V-525 / MUESTRO No.
TIEMPO:

No. PANELISTA:

NOMBRE:

FECHA:

PRODUCTO: TORTILLAS DE MAIZ

Usted tiene en su charola dos muestras codificadas
y otra denominada R. ¿Cuál de las muestras codificadas
es igual o diferente de R?

CODIGO

.....

MARQUE SOBRE LA LINEA CON I = IGUAL Y D = DIFERENTE.

Formato del cuestionario de la prueba DUQ-TRIO
(Larmond, 1970).

ESCALA HEDONICA

FECHA: _____ PANELISTA: _____

PRODUCTO: TORTILLAS DE MAIZ

Pruebe las siguientes muestra codificadas y cheque el grado en que le disgustan o le agradan. Marque con una X sobre la línea, el número de la escala que vaya de acuerdo con su decisión. Procure que su respuesta sea honesta. Puede anotar observaciones en la sección correspondiente.

MUESTRA NUMERO: 211 328 943 748

C O D I G O:

1. GUSTA MUCHO	_____	_____	_____	_____
2. GUSTA MODERADAMENTE	_____	_____	_____	_____
3. GUSTA LIGERAMENTE	_____	_____	_____	_____
4. NO GUSTA. NO DISGUSTA	_____	_____	_____	_____
5. DESAGRADA MUCHO	_____	_____	_____	_____
6. DESAGRADA MODERADAMENTE	_____	_____	_____	_____
7. DESAGRADA LIGERAMENTE	_____	_____	_____	_____

OBSERVACIONES: _____

Formato de cuestionario de la ESCALA HEDONICA
(Larmond, 1970).

analizados mediante un análisis de varianza con 95% de confiabilidad (Larmond, 1970).

ANÁLISIS BRONATOLOGICO DE LAS TORTILLAS.- Como parte final del experimento, fue llevado a cabo un análisis químico proximal de harina elaborada con tortillas de maíz desecadas. Ésto con el fin de conocer el posible efecto del período de almacenamiento hermético en la composición química del maíz. Fueron determinados por lo tanto, porcentajes de humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, cenizas y carbohidratos totales por diferencia, empleando para ello las técnicas establecidas por la A.O.A.C (1980), las cuales son descritas a continuación. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza con el fin de determinar diferencias entre períodos de almacenamiento.

Análisis proximal.

HUMEDAD

Es importante conocer inicialmente el contenido de humedad de la muestra en estudio, ya que es un valor que tiene íntima relación con el grado de conservación y la edad de la muestra. En continuación se presenta la técnica empleada para la determinación de humedad.

Material empleado: Pesafiltros, desecador, balanza analítica y estufa.

Procedimiento: Pesar 2 g. de muestra en un pesafiltro de aluminio con tapa, el cual ha sido pesado previamente después de secarlo a peso constante (2h a 130 C). Secar la muestra en estufa a 130 C durante 1 h. Retirar de la estufa, tapar, enfriar en el desecador y pesar tan pronto como la temperatura del pesafiltro se equilibre con la temperatura del ambiente.

El cálculo del porciento de humedad se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(A - B) \times 100}{M}$$

En donde: A= Peso del pesafiltro con la muestra
B= Peso del pesafiltro después de secar en estufa
M= Peso de la muestra

El resultado se reporta como pérdida por secado a 130 C.

PROTEINA CRUDA.

La proteína cruda es un dato obtenido a partir del nitrógeno total de la muestra y la consideración de un factor equivalente a 6.25, el cual resulta de suponer que las proteínas tienen un contenido invariable de 16% de nitrógeno, así $100/16 = 6.25$. Con excepción de las proteínas que provienen de la leche y el trigo, en donde el factor es 6.38 y 5.7 respectivamente.

Determinación de proteínas por el método de Kjeldahl.

Las proteínas al igual que la materia orgánica son oxidadas por el ácido sulfúrico; el nitrógeno que se encuentra en forma orgánica se fija como sulfato de amonio. Al hacer reaccionar esta sal con una base fuerte se desprende amoníaco que se destila y se recibe en un volumen conocido de ácido valorado. Por titulación del ácido no neutralizado se calcula la cantidad de amoníaco desprendido y así, la cantidad de nitrógeno de la muestra. El porcentaje de nitrógeno multiplicado por el factor 6.25, nos da el porcentaje de proteína cruda.

Material empleado: Matraces macrokjeldahl, balanza analítica, digestor, probetas, destilador, matraces erlenmeyer y bureta.

Reactivos: Ácido sulfúrico concentrado, reactivo de selenio (mezcla conocida de catalizadores preparada especialmente para este análisis), hidróxido de sodio al 50% e indicador rojo de metilo.

Procedimiento: En balanza analítica pesar 1 g. de muestra en papel delgado blanco, y con todo y papel es introducido en un matraz Kjeldahl de 500 ml, agregar de 7 a 8 g. de reactivo de selenio, 25 ml. de ácido sulfúrico concentrado y algunas piedras de ebullición. Colocar el matraz en posición inclinada mediante soporte y pinzas, calentar bajo campana de extracción con parrilla eléctrica, primero lentamente hasta que cesen los humos blancos, después se puede incrementar la temperatura hasta la total destrucción de la materia orgánica. La solución que se forma debe quedar completamente clara, enfriar y diluir con 300 ml. de agua destilada, enfriando sobre hielo. Posteriormente añadir 80 ml. de NaOH al 50% que también ha sido enfriado sobre hielo para evitar proyecciones, la sosa debe adicionarse lentamente y de modo que queden estratificadas las dos soluciones. Inmediatamente conectar el matraz a la alargadera de Kjeldahl que va unida al refrigerante, el cual a su vez está conectado a una alargadera que va introducida en un matraz erlenmeyer de 500 ml. con 50 ml. de HCl 0.1 N y 6 gotas de indicador rojo de metilo. Una vez conectado el matraz, agitar moderadamente para mezclar bien el contenido e inmediatamente colocarlo en la parrilla ya caliente del Kjeldahl.

Se regula la ebullición. El destilado debe ser de 200 ml. aproximadamente. Suspender la ebullición, retirando primero el matraz con el destilado y dejando la alargadera dentro del otro matraz que tiene agua de la llave, esto con el fin de "reflujar" y

permitir que se lave el interior.

Titular el exceso de ácido con una solución valorada de NaOH 0.1 N hasta viré amarillo del indicador.

Se lleva a cabo también una determinación en blanco empleando 1g de sacarosa en la misma cantidad de papel.

La cantidad de proteína total se calcula como sigue:

$$\% N = \frac{\text{ml del blanco} - \text{ml del problema}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times \text{NaOH } 0.1N \times 0.014 \times 100$$

$$\% \text{ Proteína cruda} = \% \text{ nitrógeno} \times 6.25$$

GRASA CRUDA

Se obtiene por extracción de lípidos con éter etílico, por lo que también es conocida como extracto etéreo.

Material empleado: Extractor de soxhlet, que consta de un extractor, un matraz y un refrigerante unidos por juntas esmeriladas; cartuchos, balanza analítica, estufa, pinzas y desecador.

Procedimiento: Pesar 3 g de muestra y agregarla al cartucho previamente pesado, pesándolo nuevamente una vez que contenga la muestra. Colocar el cartucho en el extractor tapando la muestra con un poco de algodón. Por otro lado, el matraz junto con unas cuantas piedras de ebullición, es llevado a la estufa a 100 C durante 2 h, dejando enfriar y pesar. Enseguida conectar el matraz al extractor y este al refrigerante (sin utilizar grasa en las juntas). Se agrega el éter por el refrigerante en cantidad de dos cargas y se calienta el matraz con parrilla cerrada. Generalmente de 6 a 8 h son suficientes para extraer toda la grasa, pero puede hacerse una prueba dejando caer las últimas gotas de la descarga sobre un vidrio de reloj o sobre papel filtro. Al evaporarse el éter, no debe dejar residuo de grasa. Sacar el cartucho con la muestra desengrasada y guardarla en un frasco, continuar calentando hasta la casi total eliminación del éter, recuperándolo antes de que se descargue. Quitar el matraz y calentar bajo la campana hasta la total evaporación del éter. Secar el extracto a 100 C por 30 min., enfriar y pesar.

El porcentaje de grasa se determina con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{(\text{Peso matraz+extracto} - \text{Peso matraz vacío}) \times 100}{\text{Peso muestra}}$$

FIBRA CRUDA

Se entiende por fibra cruda a todos los carbohidratos que no

son asimilables por el organismo humano como lo son la celulosa, hemicelulosa, pentosanos, etc., y que además resisten los tratamientos con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio al 1.25% hirvientes.

Material empleado: Vaso Berzelius, papel seda, matraz kitasato, alargadera, embudo de vidrio, crisol gooch, estufa, mufla, desecador y balanza analítica.

Reactivos: Acido sulfúrico al 1.25% (0.255 N), NaOH al 1.25% (0.313 N) y asbesto preparado.

Procedimiento: Pesar 2 g de muestra desengrasada y colocarla en el vaso digestor, añadir 1 g de asbesto preparado y 200 ml. de H₂SO₄ al 1.25% hirviente. Calentar de inmediato (debe hervir antes de 1 min.), reflujar durante 30 min., rotando el vaso de vez en cuando para incorporar las partículas que se pegan el pared del vaso. Pasado el tiempo, filtrar a través de un papel seda especial usando vacío y lavar con agua destilada caliente hasta que no de reacción al rojo de metilo. Pasar el residuo del filtro al vaso digestor ya limpio (usar espátula), y repetir la operación con solución hirviente de NaOH al 1.25%. Después de reflujar los 30 min., filtrar sobre el mismo papel seda. lavar con 25 ml. de H₂SO₄ al 1.25% hirviente y con tres porciones de 50 ml. de agua destilada caliente, comprobar que el filtrado no de reacción alcalina. Pasar cuantitativamente el residuo a un vaso de precipitado lavando con agua y filtrar sobre un crisol gooch que lleva una delgada capa de asbesto preparado y que ha sido calcinado durante 1 h a 600 C, llevar a la estufa a 130 C durante 2 h, enfriar y pesar.

Preparación del asbesto: En una cápsula de porcelana colocar una delgada capa de asbesto y llevar a la mufla a 600 C durante 16 h. Se hierve con solución de H₂SO₄ al 1.25% durante 30 min., filtrar, lavar perfectamente con agua y hervir con solución de NaOH al 1.25%. lavar nuevamente con agua, secar y calcinar 2 h a 600 C.

El porcentaje de fibra cruda se calcula como sigue:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(A-B) \times 100}{m}$$

En donde: A= peso del gooch después de 2h a 130 C + muestra
 B= peso del gooch después de 30 min. a 600 C
 m= peso de la muestra original (corregir el peso de la muestra desengrasada de acuerdo al porcentaje de grasa cruda encontrado).

CENIZAS

Se consideran cenizas a aquellos componentes inorgánicos de la muestra sean originales o de contaminación, que resistan un proceso de calcinación.

Material empleado: Crisoles, pinzas para crisol, mechero o parrilla, mufla, desecador, estufa y balanza analítica.

Procedimiento: Pesar 5 g de la muestra en un crisol previamente pesado, después de haberlo calcinado a peso constante (2 h a 600 C). Calcinar posteriormente la muestra, primero carbonizar con mechero o parrilla y después en mufla a 550 C, evitando que ascienda la temperatura para que no se volatilicen los cloruros. Cuando las cenizas sean blancas o grises, suspender el calentamiento, en caso de observar puntos negros, humedecer con unas gotas de agua destilada, secar en estufa a 130 C y volver a calcinar. Posteriormente enfriar en desecador y pesar.

El porcentaje de cenizas se obtiene empleando la ecuación:

$$\text{Cenizas} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{cenizas} - \text{peso crisol vacío}) \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

CARBOHIDRATOS TOTALES POR DIFERENCIA

Esta determinación se obtiene de la diferencia entre el 100% de los componentes de la muestra y la suma de los porcentajes de humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y cenizas, reportándose como porciento de carbohidratos totales en la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de este trabajo se presentan en las tablas 4 a 24, correspondientes a los aspectos estudiados durante los cinco períodos de almacenamiento establecidos, 15, 30, 90, 180 y 270 días.

Es importante señalar que a partir de los 90 días de almacenamiento se observó un ennegrecimiento de los granos, cuyo origen no fue atribuido a los hongos de almacén ya que las condiciones de hermeticidad inhibieron el desarrollo de los mismos (Lám. IV). El manchado del maíz coincidió con el inicio de la pérdida de viabilidad, por lo que su origen probable fue a partir de procesos bioquímicos intrínsecos del grano, favorecidos por el alto contenido de humedad del mismo y las condiciones herméticas de almacenamiento.

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos para todos los tiempos de almacenamiento en cuanto a la composición de la atmósfera generada y el comportamiento de las poblaciones de insectos.

En lo que se refiere a la composición de la atmósfera, se observó un fuerte cambio en la concentración de oxígeno y bióxido de carbono a los 15 días de almacenamiento, detectándose niveles de 1.5 y 53.9% respectivamente. El incremento de CO₂ se generó debido a que la semilla de maíz presentaba un contenido de humedad de 17.1%, el cual es lo suficientemente elevado como para desencadenar procesos respiratorios. Tales procesos, involucran el consumo de O₂ y la liberación de CO₂ y agua, a este incremento de bióxido de carbono se le suma el generado por la respiración de los insectos hasta antes de su muerte. Al igual que el O₂, el nitrógeno descendió de 76.0 a 44.5% para el mismo período de almacenamiento. Por otra parte, se observó que la concentración de O₂, entre 15 y 270 días, se mantuvo entre 1.4 y 5.2%, en este último caso, el incremento pudo deberse a posibles entradas de aire ya que resulta difícil lograr una hermeticidad absoluta. Esta proporción de oxígeno, no obstante, no permitió el desarrollo de hongos de almacén como se verá mas adelante. El CO₂ se incrementó a 68.0% a los 30 días de almacenamiento, y a 81.7% a los 90 días, siendo éste su nivel mas alto (Gráfica 1).

La mortalidad de los insectos por su parte, fue evidente a partir de los 15 días de almacenamiento, sucumbiendo la totalidad de ellos como consecuencia de la baja concentración de oxígeno y la elevada proporción de bióxido de carbono observadas en ese período. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por

Stoyanova y Shikrenov (1976) y Bailey (1955) para insectos de la especie *S. granarius*. No se registraron en ningún caso insectos nuevos, esto debido a que la atmósfera resultó letal en 15 días, período insuficiente para que los insectos completaran su ciclo de vida, ya que para ello generalmente, y en condiciones normales, requieren de 30 a 45 días.

En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos en todos los tiempos de almacenamiento para el contenido de humedad de la semilla y su porcentaje de germinación. El contenido de humedad del maíz, en todos los casos, se mantuvo entre 17.1 y 18.4%, no alterándose en gran medida debido a que se mantuvo la hermeticidad del contenedor. La viabilidad de la semilla se fue perdiendo a través del período de almacenamiento, lo cual se debe al efecto conjunto entre el decremento en la concentración de O₂ y el incremento en la concentración de CO₂, no habiéndose determinado cual de los dos gases es el principal causante de la pérdida de viabilidad.

El porcentaje de germinación decreció de 98% inicial a 78% a los 30 días, no pudiendo ser aceptado como simiente, ya que para fines agrícolas se permite hasta un 85% de viabilidad; a partir de los 90 días de almacenamiento, la germinación fue de 0%.

En ningún período de almacenamiento se registraron hongos de almacén debido a que las concentraciones de CO₂ y O₂ presentes en la atmósfera de almacenamiento, inhibieron su desarrollo.

En la tabla 6 se observan los resultados del volumen de nejayote, porcentajes de sólidos presentes, pérdida total de sólidos, número y peso de las tortillas así como el rendimiento tortillero en todos los períodos de almacenamiento.

El volumen del nejayote o líquido de cocción del maíz se mantuvo entre 1 973 y 2 045 ml. a lo largo de todo el experimento, estas diferencias son debidas a variaciones en el tiempo de reposo o escurrimiento del nixtamal, y no son atribuidas a las condiciones herméticas de almacenamiento. Las condiciones de almacenamiento tampoco tuvieron efecto sobre el porcentaje de sólidos presentes en el nejayote, los cuales fueron entre 1.7 y 3.4 % para los diferentes períodos de almacenamiento, esto significa que el grano no se vio alterado en cuanto a la cantidad de materia desprendida (endospermo y pericarpio) por el almacenamiento aún durante períodos prolongados (270 días).

El total de pérdidas de sólidos (sólidos presentes en el nejayote obtenido), fue entre 35.5 y 79.3%, estas diferencias radican en que no se controló la fuente calorífica durante la nixtamalización (a pesar de que se estableció un período de cocción constante), de este modo, se presentaron diferentes velocidades de cocción del grano.

Por otra parte, el número de tortillas elaboradas en cada período de almacenamiento se mantuvo entre 65 y 70, mientras el

peso de todas ellas se registró entre 2 190 y 2 565 g. Estos resultados señalan que las diferencias de los datos en cuanto al número y peso de tortillas no son debidas al período de almacenamiento, sino a diferencias en la elaboración de las mismas en cuanto al tamaño y grado de cocción. Por ello, se puede decir, que el rendimiento tortillero a partir de grano entero nixtamalizado no varía con el período y condiciones de almacenamiento estudiados.

En la tabla 7 se aprecian los resultados observados en las pruebas reológicas ("ampolla", dobléz, enrollado y corte), analizadas en cuatro tiempos a partir del momento de la elaboración de las tortillas (1= al momento de la elaboración; 2= 1 h después; 3= 24 h después y 4= 72 h después de elaboradas).

En lo que respecta a la prueba de formación de la "ampolla" característica durante la cocción de las tortillas, se encontró que la formaron al momento de ser elaboradas del 90 al 100% de las mismas, sin importar el período de almacenamiento que tuviera el maíz; así, al tiempo 0 de almacenamiento el 90% de las tortillas elevaron "ampolla" y el 94% a los 270 días. No hubo formación de la "ampolla" en los tiempos posteriores a la elaboración de las tortillas manteniéndose el 0% en todos los períodos de almacenamiento; en condiciones normales la tortilla sólo forma "ampolla" durante la cocción y no cuando es calentada nuevamente.

En las pruebas de enrollado, dobléz y corte, tampoco se apreció ninguna alteración en las tortillas por las condiciones de almacenamiento. Para el tiempo 0 y en todos los períodos subsiguientes, el 100% de las tortillas pudieron enrollarse y doblarse sin presentar fracturación en la cara externa de las mismas; este porcentaje se mantuvo aún cuando la tortilla era "recalentada" a las 24 y 72 h. Con ésto se entiende, que la textura de la masa de maíz no se ve alterada por las condiciones y período de almacenamiento, y que sólo probablemente sean afectadas por la granulometría de la harina, o en este caso, por el grado de molido que presente la masa.

Los resultados de las pruebas sensoriales (olor y sabor), que fueron determinados por el método analítico DUO-TRIO de apreciación cualitativa, se muestran en la tabla 8. Se observa que para todos los períodos de almacenamiento y en todos los tiempos de análisis establecidos, el número de panelistas que percibieron diferencias entre las tortillas se mantuvo entre 3 y 5; de igual manera, entre 3 y 5 se mantuvo para los panelistas que no percibieron diferencias. El análisis de varianza para esta prueba señala que el número de panelistas que detectaron diferencias, no es significativo ($p=0.05$). Con ésto se puede decir, que el período máximo estudiado de almacenamiento hemético de 2.3 kg de maíz, no fue lo suficientemente prolongado como para detectar la presencia de procesos fermentativos producidos por la actividad metabólica de microorganismos anaerobios sobre granos con alto contenido de humedad.

Por otra parte, los resultados y el análisis de varianza de la prueba hedónica de las tortillas a los 15 días de almacenamiento (Tablas 9 y 10), señalan que no hubo diferencias significativas ($p = 0.05$) entre las muestras analizadas, por lo que el período y condiciones de almacenamiento no afectaron el sabor de las tortillas. Sin embargo, se puede decir que a pesar de que a los 15 días de almacenamiento se contaba con una atmósfera deficiente en O_2 (1.5%), no se presentó la suficiente actividad microbiana fermentativa que alterara el sabor característico de las tortillas.

En las tablas 11 y 12 se presentan los resultados y el análisis de varianza para los 30 días de almacenamiento, aquí, al igual que a los 15 días, los productos metabólicos de los microorganismos no fueron percibidos por los panelistas, los cuales no detectaron significativamente ($p = 0.05$) alteraciones en el sabor de las tortillas.

El análisis de varianza para los 90 días de almacenamiento (Tablas 13 y 14), señala que no hubo diferencias significativas ($p = 0.05$) entre las tortillas elaboradas con maíz almacenado y las de maíz sin almacenar, no obstante de que el contenido de humedad del grano (18.4%), favorecía el desarrollo de microorganismos. Las tortillas a los 180 y 270 días, tampoco mostraron ser significativamente diferentes ($p = 0.05$) a las elaboradas con maíz sin almacenar (Tablas 15, 16, 17 y 18).

Lo anterior muestra que aunque la composición de la atmósfera presentaba niveles relativamente bajos de O_2 y altos de CO_2 , y que la temperatura y humedad eran favorables para el desarrollo de microorganismos, su actividad metabólica no se presentó en niveles elevados como para percibir los productos del metabolismo en la masa de maíz, ya que de haber sido lo contrario, tales metabolitos se hubieran apreciado en las tortillas aún cuando existía de por medio el proceso de nixtamalización, el cual no elimina los olores y sabores desagradables del grano cuando ha sido sometido a una elevada actividad microbiana fermentativa.

En la tabla 19 se presentan los resultados obtenidos del análisis bromatológico realizado a tortillas que se elaboraron con maíz almacenado a diferentes períodos. Los valores de humedad de las tortillas se encuentran entre 10.1 y 14.1% para los cinco períodos de almacenamiento, estas diferencias se deben a que el secado de las tortillas se realizó a la intemperie y no se controló el tiempo de secado. No así para el caso de la proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, cenizas y carbohidratos totales, en donde los datos se mantuvieron constantes. Los análisis de varianza correspondientes estos componentes bromatológicos (Tablas 20 a 24), señalan que no hay diferencias significativas ($p = 0.05$) entre la composición química de las tortillas elaboradas con maíz almacenado herméticamente y las elaboradas con maíz sin almacenar.

Por lo anterior, se puede decir que la composición química de 2.3 kg de maíz V-525, almacenado bajo condiciones herméticas

durante 270 días, no se ve alterada por la acción directa de los microorganismos anaerobios, pudiéndose almacenar por este tiempo con la seguridad de que se conservará el valor nutritivo del maíz, lo cual resulta satisfactorio tomando en cuenta la necesidad de consumo de este grano en nuestro país tanto a nivel rural como urbano.

TABLA 4

COMPOSICION DE LA ATMOSFERA DEL ALMACENAMIENTO HERMETICO DE MAIZ DURANTE 270 DIAS. Y POBLACIONES DEL GORGOROJO *Sitophilus zeamais*. Motschulsky

PERIODO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	ATMOSFERA		* N2	NUMERO DE INSECTOS	
	O2	CO2 (%)		VIVOS	MUERTOS
0 (testigo)	23.8	0.07	76.0	45	0
15	1.5	53.9	44.5	0	45
30	1.5	68.6	28.7	0	45
90	1.4	81.7	16.8	0	45
180	5.2	39.6	53.5	0	45
270	2.2	70.4	27.0	0	45

* Promedio de seis repeticiones.

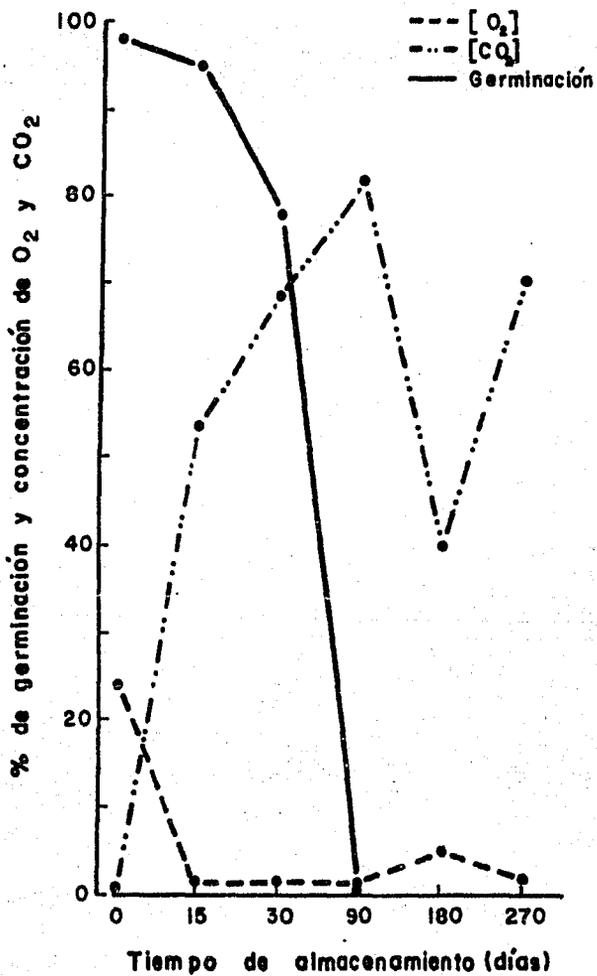
TABLA 5

GERMINACION Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE SEMILLA DE MAIZ ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 270 DIAS A 26 C

PERIODO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	GERMINACION (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
	**	*
0 (testigo)	98	17.1
15	95	17.1
30	78	18.0
90	0	18.4
180	0	17.6
270	0	17.6

* Promedio de 12 repeticiones de 10 g cada una.

** Promedio de 6 repeticiones de 100 semillas cada una.



Gráfica 1. Germinación y concentraciones de oxígeno y bióxido de carbono en la atmósfera de almacenamiento hermético de semilla de maíz V-525, con contenido de humedad de 17.1 a 18.4%, durante 270 días.

TABLA 6

RELACION ENTRE PERIODO DE ALMACENAMIENTO, RENDIMIENTO
TORTILLERO Y SOLIDOS PERDIDOS DURANTE
LA NIXTAMALIZACION

PERIODO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	NEJAYOTE (ml.) *	SOLIDOS (%) **	PERDIDA TOTAL DE SOLIDOS (%) ***	TORTILLAS	
				NUMERO	PESO RENDIMIENTO (g) a b
0 (tesitgo)	2.404	3.3	79.3	67	2.425 1.2
15	2.262	2.2	51.1	66	2.370 1.1
30	2.303	1.7	39.8	68	2.421 1.2
90	2.341	3.4	79.5	66	2.424 1.2
180	1.973	1.8	35.5	70	2.565 1.2
270	2.216	1.8	39.8	65	2.190 1.0

* Promedio de tres repeticiones. ** Promedio de nueve repeticiones.

*** Volumen X % sólidos. a= peso total de las tortillas

b= gr. de tortillas / gr. de grano.

TABLA 7

PRUEBAS REOLOGICAS EN TORTILLAS ELABORADAS CON MAIZ ALMACENADO
EN CONDICIONES HERMETICAS DURANTE 270 DIAS. A 26 C

PERIODO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	TIPO DE PRUEBA *	ANALISIS (%)			
		**			
		1	2	3	4
0 (testigo)	A	90	0	0	0
	E	100	100	100	100
	D	100	100	100	100
	C	100	100	100	100
15	A	100	0	0	0
	E	100	100	100	100
	D	100	100	100	100
	C	100	100	100	100
30	A	99	0	0	0
	E	100	100	100	100
	D	100	100	100	100
	C	100	100	100	100
90	A	99	0	0	0
	E	100	100	100	100
	D	100	100	100	100
	C	100	100	100	100
180	A	96	0	0	0
	E	100	100	100	100
	D	100	100	100	100
	C	100	100	100	100
270	A	94	0	0	0
	E	100	100	100	100
	D	100	100	100	100
	C	100	100	100	100

* Base 10 tortillas. A= prueba de ampolla; E= prueba de enrollado; D= prueba de doblez; C= prueba de corte.

** 1= Análisis al momento de la elaboración de la tortilla; 2= análisis 1 h después; 3= 24 h después; 4= 72 h después de la elaboración.

TABLA 8

ANÁLISIS DE LA PRUEBA DUO-TRIO EN TORTILLAS DE MAÍZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE A 26 °C DURANTE 270 DÍAS

PERIODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)	NO. PANELISTAS *		SIGNIFICANCIA DE LA DIFERENCIA ($p = 0.05$)
	CON DIFERENCIA PERCIBIDA	NO PERCIBIDA	
0 (testigo)	4	4	no significativa
15	3	5	no significativa
30	4	4	no significativa
90	3	5	no significativa
180	5	3	no significativa
270	5	3	no significativa

* Promedio de 96 panelistas (8 panelistas por tiempo de prueba y para cada repetición del experimento).

TABLA 9

CALIFICACIONES DE LA PRUEBA HEDONICA EN TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 15 DIAS A 26 C

PANELISTA NO.	CALIFICACION *				TOTAL
	T	R1	R2	R3	
1	2	1	1	-	4
2	1	1	2	-	4
3	3	3	2	-	8
4	3	1	3	-	7
5	4	4	1	-	9
6	1	1	1	-	3
7	1	2	1	-	4
8	1	1	1	-	3
9	2	2	2	-	6
10	1	3	1	-	5
TOTAL	19	19	15	-	53

* 1= gusta mucho; 2= gusta moderadamente; 3= gusta ligeramente; 4= no gusta no disgusta; 5= desagrada mucho; 6= desagrada moderadamente; 7= desagrada ligeramente.

** T= testigo; R1-R3= repeticiones de la 1 a la 3.

TABLA 10

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE LA PRUEBA HEDONICA
EN TORTILLAS DE MAIZ ALMACENADO HERMETICAMENTE
DURANTE 15 DIAS A 26 C

RECURSO DE VARIANZA	GRADOS DE LIBERTAD	SS *	SM **	F (F= 0.05)	OBSERVADA REQUERIDA
MUESTRA	2	1.07	0.53	0.74	3.55
PANELISTA	9	13.37	1.48		
ERROR	18	12.93	0.71		
TOTAL	29	27.37	0.94		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio.

TABLA 11

CALIFICACIONES DE LA PRUEBA HEDONICA EN TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 30 DIAS. A 26 C

PANELISTAS NO.	CALIFICACION *				TOTAL
	T	R1	R2	R3	
1	2	1	2	1	6
2	4	4	3	1	12
3	3	2	2	2	9
4	1	3	2	2	8
5	2	1	1	1	5
6	1	1	1	1	4
7	2	1	2	1	6
8	1	1	1	1	4
9	2	1	3	1	7
10	4	2	4	3	13
TOTAL	22	17	21	14	74

* 1= gusta mucho; 2= gusta moderadamente; 3= gusta ligeramente; 4= no gusta no disgusta; 5= desagrada mucho; 6= desagrada moderadamente; 7= desagrada ligeramente.
** T= testigo; R1-R3= repeticiones de la 1 a la 3.

TABLA 12

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE LA PRUEBA HEDONICA EN
TORTILLAS DE MAIZ ALMACENADO HERMETICAMENTE
DURANTE 30 DIAS A 26 C.

RECURSO DE VARIANZA	GRADOS DE LIBERTAD	SS *	SM **	F (P= 0.05) OBSERVADA REQUERIDA	
HUESTRAS	3	4.10	1.36	2.89	2.90
PANELISTA	9	22.10	2.45		
ERROR	27	12.90	0.47		
TOTAL	39	39.10	1.00		

* Suma de cuadrados.
** Cuadrado medio.

TABLA 13

CALIFICACIONES DE LA PRUEBA HEDÓNICA EN TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 90 DIAS A 26 C

PANELISTAS NO.	CALIFICACION *				TOTAL
	T	R1	R2	R3 **	
1	3	4	2	6	15
2	2	4	2	3	11
3	1	2	2	3	8
4	4	1	3	7	15
5	3	2	4	1	10
6	2	3	1	2	8
7	2	1	2	2	7
8	2	1	3	2	8
9	1	1	1	4	7
10	4	4	3	4	15
TOTAL	24	23	23	34	104

* 1= gusta mucho; 2= gusta moderadamente; 3= gusta ligeramente; 4= no gusta no disgusta; 5= desagrada mucho; 6= desagrada moderadamente; 7= desagrada ligeramente.

** T= testigo; R1-R3= repeticiones de la 1 a la 3.

TABLA 14

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE LA PRUEBA HEDÓNICA EN
TORTILLAS DE MAIZ ALMACENADO HERMETICAMENTE
DURANTE 90 DIAS A 26 C

RECURSO DE VARIANZA	GRADOS DE LIBERTAD	SS *	SM **	F (P= 0.05)	OBSERVADA REQUERIDA
MUESTRA	3	8.60	2.86	1.43	2.96
PANELISTA	9	26.10	2.90		
ERROR	27	53.90	1.99		
TOTAL	39	88.60	2.27		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio.

TABLA 15

CALIFICACIONES DE LA PRUEBA HEDONICA EN TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 180 DIAS A 26 C

PANELISTA NO.	CALIFICACION *				TOTAL
	T	R1	R2	R3	
1	2	1	2	2	11
2	2	3	5	4	14
3	1	3	3	3	11
4	4	2	2	2	10
5	3	3	4	3	13
6	1	2	2	2	7
7	2	1	3	2	8
8	3	2	3	5	13
9	7	6	2	4	19
10	1	2	2	2	7
TOTAL	27	25	32	29	113

* 1= Gusta mucho; 2= gusta moderadamente; 3= gusta ligeramente; 4= no gusta no disgusta; 5= desagrada mucho; 6= desagrada moderadamente; 7= desagrada ligeramente.

** T= testigo; R1-R3= repeticiones de la 1 a la 3.

TABLA 16

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE LA PRUEBA HEDONICA
EN TORTILLAS DE MAIZ ALMACENADAS HERMETICAMENTE
DURANTE 180 DIAS A 26 C

RECURSO DE VARIANZA	GRADOS DE LIBERTAD	SS *	SM **	F (P= 0.05) OBSERVADA	REQUERIDA
MUESTRA	3	2.68	0.89	0.53	2.96
PANELISTA	9	30.53	3.39		
ERROR	27	44.60	1.65		
TOTAL	39	77.78	1.99		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio

TABLA 17

CALIFICACIONES DE LA PRUEBA HEDONICA EN TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 270 DIAS A 26 C

PANELISTA NO.	CALIFICACION *				TOTAL
	T	R1	R2	R3 **	
1	4	5	4	3	16
2	1	4	3	4	12
3	2	3	2	4	11
4	4	4	4	4	16
5	3	1	2	1	7
6	1	7	1	2	11
7	2	3	4	4	13
8	4	3	1	1	9
9	1	7	3	4	15
10	4	3	3	3	13
TOTAL	26	40	27	30	123

* 1= gusta mucho; 2= gusta moderadamente; 3= gusta ligeramente; 4= no gusta no disgusta; 5= desagrada mucho; 6= desagrada moderadamente; 7= desagrada ligeramente.
** T= testigo; R1-R3= repeticiones de la 1 a la 3.

TABLA 18

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE LA PRUEBA HEDONICA
EN TORTILLAS DE MAIZ ALMACENADO HERMETICAMENTE
DURANTE 270 DIAS A 26 C

RECURSO DE VARIANZA	GRADOS DE LIBERTAD	SS *	SM **	F (P= 0.05) OBSERVADA	REQUERIDA
MUESTRA	3	12.28	4.09	2.01	2.96
PANELISTA	9	19.53	2.17		
ERROR	27	54.97	2.03		
TOTAL	39	86.78	2.22		

* Suma de cuadrados.
** Cuadrado medio.

TABLA 19

COMPOSICION BROMATOLOGICA DE TORTILLAS DE MAIZ ALMACENADO
HERMETICAMENTE DURANTE 270 DIAS A 26 C

PERIODO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)	HUMEDAD	PROTEINA TOTAL	GRASA FIBRA		CENIZAS	CARBOHIDRATOS TOTALES
			C	R U D A		
			(%)		*	
0 (testigo)	14.0	7.9	3.2	1.6	1.2	71.7
15	11.6	8.0	3.3	1.6	1.2	74.0
30	11.9	7.7	3.3	1.6	1.2	74.1
90	11.8	7.9	3.1	1.6	1.3	74.1
180	10.1	7.8	3.1	1.5	1.3	75.8
270	11.0	7.8	3.1	1.7	1.2	75.2

* Base húmeda- promedio de tres repeticiones.

TABLA 20

ANALISIS DE VARIANZA DE PROTEINA TOTAL DE TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 270 DIAS A 26 C

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SC *	CM **	F (P= 0.05)	
				OBSERVADA	REQUERIDA
TOTAL	16	0.29			
PERIODO DE ALMACENAMIENTO	5	0.16	0.03	2.71	3.20
ERROR	11	0.13	0.11		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio.

TABLA 21

ANALISIS DE VARIANZA DE GRASA CRUDA DE TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 270 DIAS A 26 C

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SC *	CM **	F (P= 0.05) OBSERVADA REQUERIDA	
TOTAL	16	0.18			
PERIODO DE ALMACENAMIENTO	5	0.10	0.02	2.77	3.20
ERROR	11	0.08	0.007		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio.

TABLA 22

ANALISIS DE VARIANZA DE FIBRA CRUDA DE TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 270 DIAS A 26 C

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SC *	CM **	F (P= 0.05) OBSERVADA REQUERIDA	
TOTAL	16	0.15			
PERIODO DE ALMACENAMIENTO	5	0.04	0.008	0.08	3.20
ERROR	11	0.11	0.01		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio.

TABLA 23

ANALISIS DE VARIANZA DE CENIZAS DE TORTILLAS DE MAIZ
ALMACENADO HERMETICAMENTE DURANTE 270 DIAS A 26 C

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SC *	CM **	F (P=0.05) OBSERVADA REQUERIDA	
TOTAL	16	0.02			
PERIODO DE ALMACENAMIENTO	5	0.01	0.002	2.22	3.20
ERROR	11	0.01	0.0009		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio.

TABLA 24

ANALISIS DE VARIANZA DE CARBOHIDRATOS ASIMILABLES
DE TORTILLAS DE MAIZ ALMACENADO HERMETICAMENTE
DURANTE 270 DIAS A 26 C

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SC *	CM **	F (P= 0.01) OBSERVADA REQUERIDA	
TOTAL	16				
PERIODO DE ALMACENAMIENTO	5	1.86	0.37	5.02	5.32
ERROR	11	0.82	0.07		

* Suma de cuadrados.

** Cuadrado medio.

CONCLUSIONES

1.- En solo quince días de almacenamiento, la respiración de la semilla, de los insectos y de la microbiota aerobia, transformó la composición de la atmósfera en los contenedores herméticos. Los niveles alcanzados de oxígeno y dióxido de carbono resultaron letales para las poblaciones de insectos e inhibieron el desarrollo de los hongos de almacén.

2.- Bajo condiciones herméticas de almacenamiento el contenido de humedad del grano se mantiene sin cambios significativos.

3.- Una atmósfera que contenga una concentración de dióxido de carbono mayor de 81.7% resulta tóxica para la semilla de maíz almacenada con contenido de humedad de 18.4% en un periodo de noventa días.

4.- Las condiciones de almacenamiento estudiadas no alteraron la cantidad de material sólido que normalmente se desprende del maíz durante el proceso de nixtamalización, así como tampoco hubo efecto sobre el rendimiento tortillero.

5.- Las condiciones y periodo de almacenamiento del maíz no influyeron en la textura de la masa, ya que no se detectaron diferencias significativas entre las muestras en ninguna de las pruebas reológicas establecidas ("ampolla", dobléz, enrollado y corte).

6.- Los nueve meses de almacenamiento hermético del maíz no tuvieron efecto sobre la calidad de la masa para tortilla. Estas conservaron sus propiedades organolépticas (olor y sabor) características, siendo aceptadas por la mayoría de los jueces del panel.

7.- Las condiciones de almacenamiento no tuvieron efecto en la composición química del grano, ya que no se encontraron diferencias significativas entre las muestras de los diferentes periodos de almacenamiento. De este modo, se observó que los valores de proteína total, grasa cruda, fibra cruda, cenizas y carbohidratos, se mantuvieron semejantes en todos los tiempos de almacenamiento.

8.- De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas reológicas y sensoriales, la incidencia de la microbiota anaerobia no tuvo efecto significativo sobre los granos durante el almacenamiento, por lo cual se puede sugerir que el maíz, en

particular la variedad V-525, puede ser almacenado en condiciones herméticas durante nueve meses sin que se presenten procesos fermentativos considerables producidos por el metabolismo anaerobio de ciertos microorganismos.

LITERATURA CITADA

ALARCÓN A., L., R. GUERRA, R. PEDROZA, Z. NIETO Y C. DURAN. 1985. Mezclas nixtamalizadas de maíz y sorgo. Leccol. Aliment. México. 20:6-11.

AMERICAN ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. 1981. Rules for Testing Seeds. J. of Seed Technol. 6:125.

ARIAS, C. (sin año). Conservación de granos: Una técnica para incrementar las ganancias del agricultor. Almacenes Nacionales de Depósito. Bol. Téc. (2):1-8.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C.) 1980. Official Methods of Analyst. Washington, D.C.

BAILLEY, S.W. y J. BANKS. 1980. A review of recent studies of controlled atmospheres on stored product pests. In: Controlled Atmosphere Storage of Grain (Ed. J. Shejbal). Elsevier, Amsterdam. 101-118.

BANKS, H.J. 1978. Recent advances in the use of modified atmosphere for stored pest control. Proc. Ist. Internat. Working Conf. Stored-Prod. Entomol. Ibadan, Nigeria. 198-217.

BANKS, H.J. 1981. Effects of controlled atmosphere storage on grain quality. Food Technol. of Aust. 33:335-340.

BOTHAST, R.J. 1977. Fungal deterioration and related phenomena in cereals, legumes and oil seeds. Presentado en el Simposio Básico en "Biología y Tecnología Postcosecha". Philadelphia, Junio 3-4. (sin págs).

BRESSANI, R., R. PAZ y N. SCRIMSHAW. 1958. Chemical changes during preparation of tortillas. J. Agric. Food Chem. 6:770-773.

BROWN, M. 1922. On the germination and growth of fungi at various temperatures and in various concentrations of oxygen and carbon dioxide. Ann. Bot. 36:257-283.

CALDWELL, R.W. y J. TUITE. 1974. Zearalenone in freshly harvested corn. Phytopathol. 64:752-753.

CHRISTENSEN, C.M. 1957. Deterioration of stored grain by fungi. Bot. Rev. 23:108-134.

CHRISTENSEN, C.M. 1978. Storage fungi. In: Food and Beverage Mycology. (Ed. R. L. Beauchat). The Avi Pub., Co., Westport, Connecticut, USA. 173-190.

CHRISTENSEN, C.M. y H. LAUFMANN. 1968. Maintenance of Quality in Stored Grains and Seeds. Univ. of Minnesota Extension. Folder 22c.

CHRISTENSEN, C.M. y H. KAUFMANN. 1974. Microflora. In: Storage of cereal grains and their products. (Ed. C.M. Christensen) Amer. Assoc. of Cereal Chem. St. Paul.

CHRISTENSEN, C.M. y H. KAUFMANN. 1976. Contaminación por Hongos en Granos Almacenados. Fax-México, México. 189 p.

DELL'ORTO T. H. y C. ARIAS. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 142 p.

DEL VALLE F., R. 1972. Producción industrial, distribución y mercadeo de harina para tortillas en México. En: Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio Posgraduados ENAH, Chapingo, Mexico. 157-182.

DENDY, A. y H. ELLINGTON. 1918. Report of the effect of airtight storage upon grain insects. III. Rep. Grain Pests. Comm. A. Soc., Lond. 3:3-14.

DENHEAD, O.T. y S.W. BAILEY. 1966. The effect of temperature rise and oxygen depletion on insect survival in stored grain. J. Stored Prod. Res. 2:35-44.

DENNY, F.E. 1933. Oxygen requirements of Neurospora sitophila for formation of perithecia and growth of micelium. Contrib. Boyce Thompson Inst. 5:95-102.

DURRELL, L.W. 1924. Stimulation of spore germination by carbon dioxide. Science. 60:497.

ELIAS G., L. y R. BRESSANI. 1972. Mejoramiento tecnológico de la calidad proteica del maíz. Tecnol. Aliment. 7(2):70-86.

F.A.O. 1954. El maíz en la alimentación. Estudio sobre su valor nutritivo. Organización de las Naciones Unidas. Roma, Italia.

F.A.O. 1980. Almacenamiento hermético de Granos. Organización de las Naciones Unidas. Roma, Italia. 74 p.

FRAZIER, C.W. 1958. Food Microbiology. Mc. Graw-Hill. New York. 472 p.

GILMOUR, D. 1965. The Metabolism of Insects. Oliver & Boyd, Edinburgh. 101 p.

GIRALL, J. 1952. Tryptophan and niacin in hybrid mexican corn. Ciencia. 12:177-175.

GOLDING, N.S. 1940. The gas requirements of molds II. The oxygen requirements of Penicillium roquefortii (three strains originally isolated from blue/veined cheese) in the presence of nitrogen as diluit and the absense of carbon dioxide. J. Dairy Sci. 23:879-889.

GUARINO R. G. 1983. Aspectos sobre el almacenamiento de granos en el medio rural en México. En: Memorias del Coloquio Internacional sobre Conservación de Granos y Semillas Almacenados. Instituto de Biología. UNAM. Oaxtepec. México. 120-140.

HAREIN, K.P. y E.L. Soderstrom. 1966. Coleoptera infesting stored products. In: Insect Colonization and Mass Production. Acad. Press. New York.

HERNANDEZ X., E. 1949. Maize granaries in México. Bot. Museum Leaflets. Cambridge. 13:153-191.

HOLLIS, J.F. 1948. Oxygen and carbon dioxide relations of Fusarium oxysporum Schelecht and E. eumartii Carp. Phytopathol. 38:761-775.

ILLESCAS, R. 1943. La teoría química de la formación del nixtamal. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 4:129-134.

JACQUES, E.H. 1951. How To Know The Beetles. W.M.C. Brown Pub., Iowa. 372 p.

JAMIESON, M. y P. JOBBER. 1974. Manejo de los alimentos. Vol. I. Pax-México, México. 195 p.

JAY, E.G. y G. FERMAN. 1973. Carbon dioxide for control of an insect infestation in stored corn. J. Stored Prod. Res. 9:25-29.

KHALEEL, A.A. 1976. The effect of modified atmospheres on the growth, sporulation and spore germination of selected storage and field Penicillia of corn kernels. Master of Science. Thesis 116 p.

LARMOND, E. 1970. Methods for Sensory Evaluation of Food. Food Res. Inst., Central Exp. Farm., Pub. 1204. Ottawa. 385 p.

LASO, F. y V. NUÑEZ. 1980. Estudio de la factibilidad para la producción de harina de maíz y endospermo integral de sorgo nixtamalizado. Reporte Interno, Industrias CONASUPO, México.

LINDGREN, D.L. y E. VINCENT. 1970. Effect of atmospheric gases alone or in combination on the mortality of granary and rice weevils. J. Econ. Entomol. 63:1920-1929.

LITTLEFIELD, W.A., B.N. WANKIER, D.K. SALUNKHE and J.N. MCGILL. 1960. Fungistatic effects of controlled atmospheres. App. Microbiol. 14:579-581.

McNEISH, R. 1967. In: The Prehistory of the Tehuacan Valley. Vol. 1. Bryers, D. Univ. of Texas Press. Austin. 114-290.

MASSIEU, H.G., R. CRAVIOTO, J. GUZMAN y H. OLIVERA. 1959. Contribución adicional al estudio de la composición de alimentos mexicanos. Ciencia. 19:53-66.

MITCHELL, D.J. y E. MITCHELL. 1973. Oxygen and carbon dioxide effects on the growth and reproduction of Aphanomyces euteichus and certain other soil-borne plant pathogens. Phytopathol. 61:1498-1500.

MORENO M., E. 1983. Combate de los hongos de granos almacenados. En: Memorias del Coloquio Internacional sobre Conservación de Granos y Semillas Almacenados. Instituto de Biología. UNAM. Oaxtepec, México. 412-439.

MORENO M., E. y C. CHRISTENSEN. 1971. Differences among lines and varieties of maize susceptibility to damage by storage fungi. Phytopathol. 61:1498-1500.

MORENO M., E., L. MANDUJANO, M. MENDOZA y G. VALENCIA. 1985. Use of fungicides for corn seed viability preservation. Seed Sci & Technol. 13:235-241.

MORENO M., E., R. MORONES y R. GUTIERREZ. 1978. Diferencias entre líneas, cruza simple y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento Turrialba. 8(3):233-237.

MORENO M., E. y J. RAMIREZ. 1982. Efecto de fungicidas en el control de hongos de almacén. Bol. Soc. Mex. Mic. 17:95-98.

MORENO M., E. y J. RAMIREZ. 1985. Protective effect of fungicides on corn seed storage with low and high moisture contents. Seed Sci & Technol. 13:285-290.

MORENO M., E. y J. RAMIREZ. 1987. Comportamiento de siete variedades de frijol almacenado bajo diferentes temperaturas. Turrialba. 37(2):155-160.

MORENO M., E. y G. VIDAL. 1981. Preserving the viability of stored maize seed with fungicides. Plant Dis. 65:260-261.

NATL. ACAD. SCI., NATL. RES. COUNCIL. 1964. Joint United States Canadian Tables of Feed Composition. Natl. Acad. Sci., Natl. Res. Council Pub. 1232.

NIETO V., Z., C. DURAN, F. LASO y V. NUREZ. 1986. Calidad molinera de mezclas de maíz y sorgos perlado e integral. Tecnol. Aliment. México. 21:17-21.

O'ALEY, T.A. y G. WICKENDEN. 1963. The effect on restricted air supply on some insects which infest grain. Ann. Appl. Biol.

51:313-324.

PETERSON, A., V. SCHLEGEL, B. HUMMEL, L. CUENDET, W. GEDDES y C. CHRISTENSEN. 1986. Grain storage studies. XXII. Influence of oxygen and carbon dioxide concentrations on mold growth and grain deterioration. Cereal Chem. 33:53-66.

PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO RURAL E INTEGRAL (PRONARDI). 1987. Proyecto Estrategico de Fomento a la Producción de Maíz. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. 212 p.

QUASEM, S.A. y C. CHRISTENSEN. 1958. Influence of moisture content, temperature and time on the deterioration of stored corn by fungi. Phytopathol. 48:544-549.

RAMIREZ G., M. 1974. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. CECSA, México.

SANTAMARIA J., F. 1978. Diccionario de Medicamentos. Porrúa, México. 1207 p.

SAUER, D.B. y R. BURROUGHS. 1974. Efficacy of various chemicals as grain mold inhibitors. Trans. ASAE. 17:557-559.

SCIENCE EDUCATION ADMINISTRATION. 1979. Stored Grain Insects. United States Department of Agriculture, Washington, D.C. 57 p.

SIGOUR, F. 1980. Significance of underground storage in traditional systems of grain production. In: Controlled Atmosphere Storage of Grains. (Ed. J. Shejbal). Elsevier, Amsterdam. 3-13 p.

STOYANOVA, S y D. SHIKRENOV. 1976. Storage of cereals in an atmosphere with a high CO2 concentration. Effect of 20% and 40% CO2 on insect pests.

TAPIA A., M. F. MIRANDA y R. HARRIS. 1946. Calidad en proteínas de alimentos seleccionados. Ciencia. 7:203.

TUITE, J.F. 1961. Fungi isolated from unstored corn seed in Indiana in 1956-1958. Plant Dis. Rep. 45:212-215.

TUITE, J.F. y C. CHRISTENSEN. 1955. Grain storage studies XVI. Influence of storage conditions upon the fungus flora of barley seed. Cereal Chem. 32:1-11.

TUITE, J.F., C. HAUGH, G. ISSACS y C. HUXSOLL. 1967. Growth and effect of molds on the storage of high moisture corn. ASAE. 60:415.

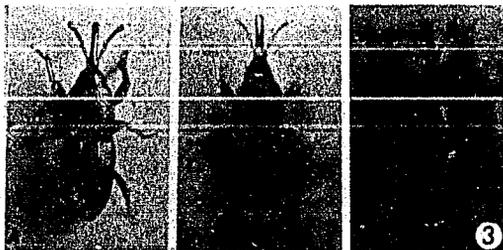
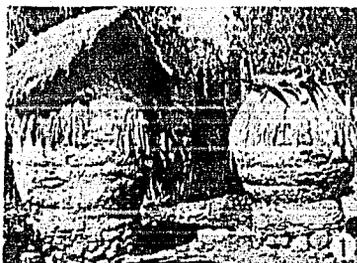
UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 1979. Grain Equipment Manual. GR 916-6. Federal Grain Inspection Service. Standardization Division. Richard-Geabayer, n.F.B., Kansas City, Mo.

WALLACE, H.A. 1973. Fungi associated with stored grain. In: Storage Part of a System. (Ed. Sinha, N. y W. Muir). Ari. Pub. Co., Westport.

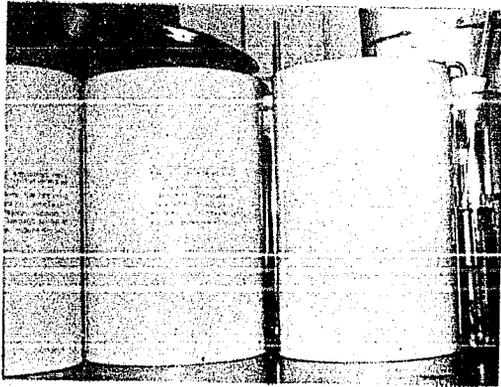
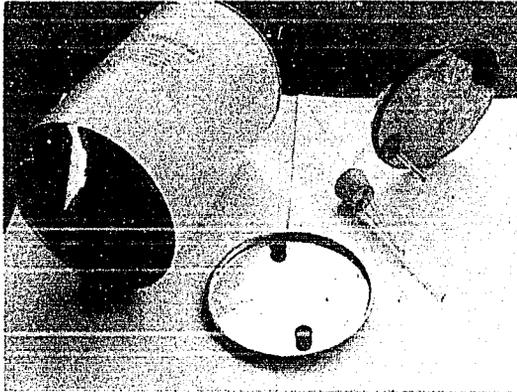
WAYSON, S.A. 1967. Manufacture of Corn and Milo Starches. Acad. Press of New York, U.S.A.

WELLS, J.M. y M. VOTA. 1970. Germination and growth of five fungi in low oxygen and high carbon dioxide atmospheres. Phytopathol. 60:50-53.

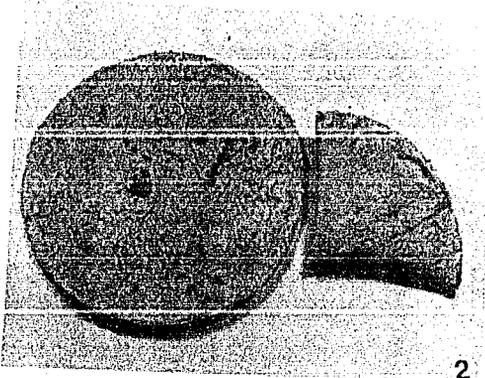
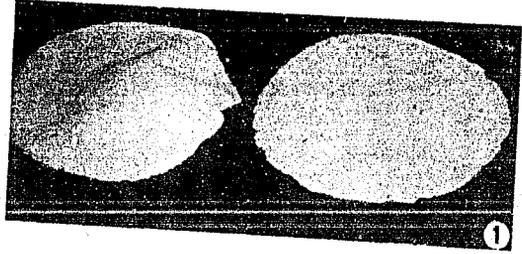
WILLITS, C.O. 1939. Changes in stored corn meal. Ind. Eng. Chem. 17:1494.



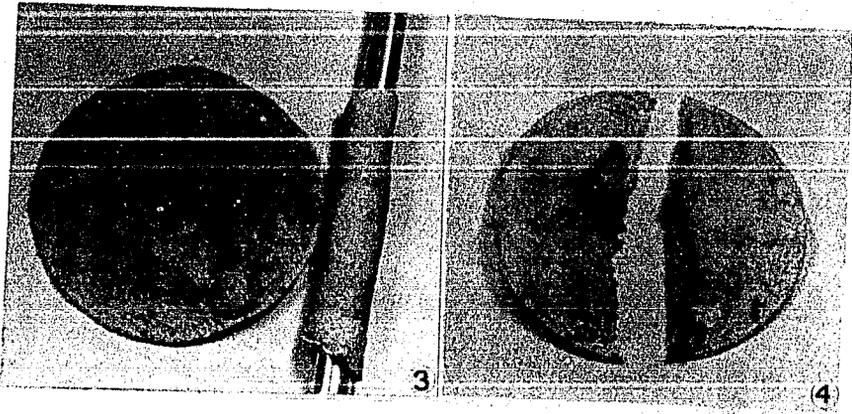
Lám. I. 1 y 2.- Coscomates. (Tomado de Hernández, 1949);
3.- Gorgojos de granos almacenados: A.- Sitophilus granarius; B.- S. oryzae; C.- S. zeumais (Tomado de SEA, USDA, 1979).

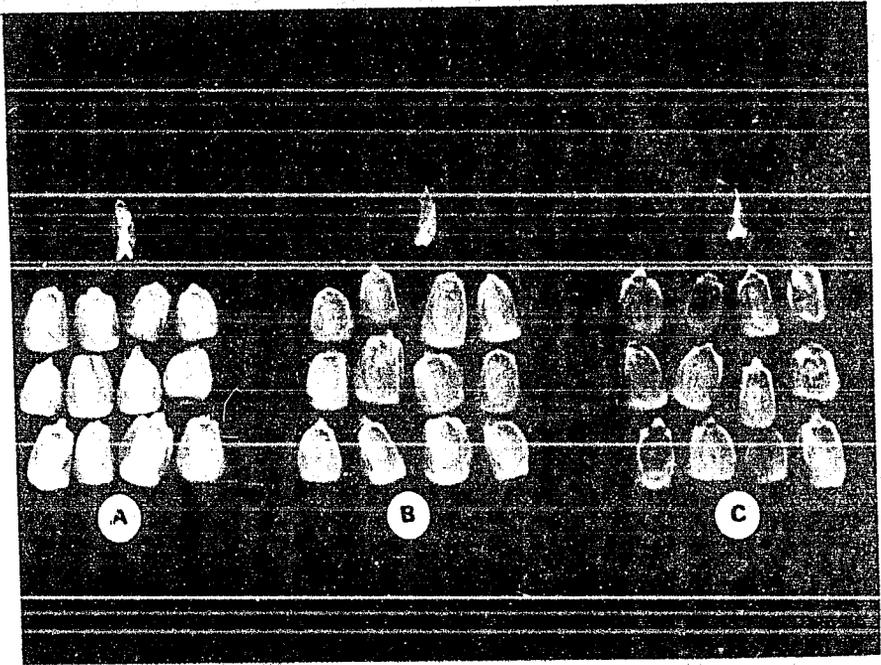


Lám. II. Contenedores metálicos para almacenamiento hermético. (Foto: L.M. Pinzón).



Lám. III. Pruebas reológicas en tortillas de maíz. 1.-"Amolla"; 2.- Doblez; 3.- Enrollado; 4.- Corte. (Fotos: L. M. Pinzón).





Lám. IV. Ennegrecimiento de maíz. A.- Maíz testigo;
B y C.- Maíz a los 90 y 180 días de almacenamiento
hermético respectivamente. (Foto: L.M. Pinzón).

Esta tesis fué elaborada en su
totalidad en los Talleres de -
Impresos Moya, Rep. de Cuba -
No. 99, Despacho 23 bis.
México 1, D.F. Tel. 657-24-74
Presupuestos 9 P.M. a 11 P.M.
Sr. Salvador Moya Franco.