

M-21681



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**“ Cambios Físicoquímicos que Sufre el Maíz
en la Nixtamalización ”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

QUIMICO FARMACOBIOLOGO

ORIENTACION TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A N :

GUERRERO JIMENEZ MA. DE JESUS

LUGO RAMIREZ PATRICIA

1980

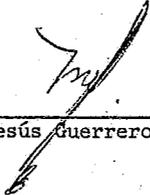
JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE	Alejandro Garduño Torres
VOCAL	Eduardo Barzana García
SECRETARIO	Salvador Badui Dergal
1er. SUPLENTE	Miguel Infante Hernández
2o. SUPLENTE	Zoila Nieto Villalobos

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

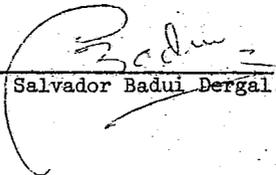
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS DE LA DI
VISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE
LA FACULTAD DE QUIMICA DE LA UNAM.

NOMBRE Y FIRMA DE LOS SUSTENTANTES


Ma. de Jesús Guerrero Jiménez.


Patricia Lugo Ramírez.

NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA


Dr. Salvador Badui Dergal.

A NUESTROS PADRES Y HERMANOS

Como un testimonio de gratitud y eterno agradecimiento por el apoyo moral que desde pequeñas nos brindaron, y con el cual hemos logrado terminar la carrera profesional, siendo para nosotras la mejor de las herencias.

Agradecemos de manera especial a
todas y cada una de aquellas personas
que de una u otra forma, colaboraron
con nosotros para la elaboración de
este trabajo.

INDICE

	PAG.	
CAPITULO I	INTRODUCCION	
1.1	El Maíz . Importancia en México	1
1.2	Usos y forma de consumo	2
CAPITULO II	GENERALIDADES	
2.1	Estructura del grano de maíz	6
2.2	Composición química del grano	8
2.3	Proteínas del maíz	9
2.4	Lípidos en el grano de maíz	19
2.5	Carbohidratos en el grano de maíz	24
2.6	Mixtamalización	29
2.7	Electroforesis en gel de poliacrilamida	33
2.8	Cromatografía Gas-Líquido	38
CAPITULO III	OBJETIVO	40
CAPITULO IV	MATERIALES Y METODOS	
4.1	Nixtamalización	41
4.2	Extracción de las fracciones proteicas	43
4.3	Electroforesis de las proteínas del maíz en - gel de poliacrilamida	47
4.4	Extracción de ácidos grasos. Preparación de ésteres metílicos	51

INDICE

	PAG.
CAPITULO IV MATERIALES Y METODOS	
4.5 Cromatografía Gas-Líquido de ésteres - metílicos	52
4.6 Determinación de Carbohidratos	53
4.7 Determinación de Azúcares Reductores	53
4.8 Determinación de Pentosanas	55
CAPITULO V RESULTADOS Y SU DISCUSION	
5.1 Análisis Bromatológico	57
5.2 Rendimiento de la extracción proteica	64
5.3 Electroforesis	69
5.4 Rendimientos de la extracción de ácidos - grasos	74
5.5 Derivados Metílicos	75
5.6 Carbohidratos	83
CAPITULO VI CONCLUSIONES	96
BIBLIOGRAFIA	98

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

1.1 EL MAIZ. SU IMPORTANCIA EN MEXICO.

El maíz (*Zea Mays*) es una planta originaria de América perteneciente a la familia de las gramíneas. Algunos botánicos opinan que la planta que le dio origen es el Teosinte (*Euchlaena mexicana*) que es una gramínea parecida al maíz, la cual crece en forma silvestre en México y Guatemala. En el siglo XV, cuando Cristóbal Colón emprendió el viaje a América, el cultivo del maíz se había extendido a la mayor parte del Nuevo Mundo. En Cuba, Colón vio y describió "una especie de grano que llaman maíz, que tiene buen sabor cocido o seco, y con el que hacen una harina", y a su regreso a España ofreció un puñado de granos a la reina Isabel. La reina, que había esperado que le trajera especias y oro, no se mostró especialmente interesada, pero los agricultores europeos empezaron a cultivar el maíz. Con el tiempo, la planta se abrió camino al Africa del Norte y después al resto del mundo.

"En México, el maíz es el principal cultivo nacional y representa aproximadamente el 23% del valor de la producción agrícola total; es una de las actividades con mayor peso en el producto bruto nacional; absorbe el 45% de la superficie total destinada a la agricultura y genera ocupación para el 13% de la población económicamente activa.

Constituye el ingrediente básico de la dieta alimenticia popular, ya que su consumo excede en un 128% al que en conjunto representan el trigo, frijol y arroz.

De su producción total, el 81% se destina a consumo humano, - el 15% a forraje y semilla, y el 4% restante se transforma en almidones, glucosa, dextrinas, féculas y otros derivados. Como materia prima representa el 40% del costo de tortillas, constituyendo la masa de nixtamal proceso intermedio, y el 39% cuando se transforma en harina de maíz nixtamalizado"... (4)

1.2 USOS Y FORMA DE CONSUMO.

El maíz es una de las plantas más útiles, y de ella se aprovechan todas sus partes en forma integral: el maíz verde así como la cáscara del grano y tallos secos se usan como forraje de ganado (rastrajo); las hojas secas se emplean para envoltura de tamales; una gran cantidad de tallos de maíz se usan en la fabricación de un sustituto de la vulconita llamado maizolita y gran cantidad se aprovecha en la fabricación de papel y chapa para muros. Las mazorcas tiernas (elote) ya sea tostadas o cocidas son comestibles; los granos secos se usan tanto en la alimentación de ganado como en la alimentación humana; el maíz se emplea para hacer cereales en forma de hojuelas.

La harina de maíz se utiliza en México principalmente para la elaboración de tortillas, que contribuyen en gran parte a la alimenta-

ción del país, sobre todo entre la población rural. Con agua, se hace el famoso atole. Asimismo, con la harina de maíz se pueden elaborar - productos como lo son los tamales, pinole, etc.

Cada una de las partes que constituyen el grano de maíz tiene aplicación industrial del germen se obtiene el aceite de maíz, el cual refinado sirve para ensaladas y comestible; el aceite de calidad inferior, se usa para hacer jabones y obtener glicerina, y en algunas ocasiones para la obtención de nitroglicerina. Del germen se obtiene también una goma llamada pargal, que se usa en lugar del caucho en artículos como esponjas elásticas, suelas para zapatos y gomas para borrar.

Una gran cantidad de maíz se utiliza en la elaboración de - whisky y alcohol. Con el zuro se hacen pipas para fumar y se utiliza también en forma de combustible. Los "cabellitos de elote" son empleados como diurético.

El almidón de maíz, tiene a su vez un sin número de aplicaciones, es sustituto de los polvos de talco, se usa para cocinar y almidonar la ropa. Se emplea en la producción de glucosa, jarabe y substancias azucaradas. De igual forma, de él se obtienen gomas que se - usan en sobres y estampillas.

Como se observa, el maíz tiene gran importancia en nuestro - país y su demanda va en aumento debido a la diversificación de sus derivados.

En el cuadro No. 1 se pueden observar las hectáreas y toneladas de superficie cosechadas y producciones obtenidas en México de varias semillas en los años 1977-1978.

C U A D R O N o . 1

SUPERFICIES, COSECHAS Y PRODUCCIONES OBTENIDAS EN LOS AÑOS 1977 - 1978

(Hectáreas y Toneladas)

Cultivo	1977		1978		de Crecimiento 77/78	
	Superficie	Producción	Superficie	Producción	Superficie	Producción
MAIZ	7374318	10 023 526	7183891	10 909 030	- 3	+ 9
FRIJOL	1613364	741 471	1580222	939 614	- 2	+27
SORGO	13367807	4 070 557	1396558	4 185 055	+ 2	+ 3
ARROZ	173511	545 117	120665	396 511	-10	-27
CEBADA	247627	403 940	296292	504 598	+20	+25
ALGODON PLUMA	393299	378 585	347016	339 820	-12	-10
ALGODON SEMILLA	393299	595 744	347016	534 003	-12	-10
SOYA	314190	507 056	216440	339 939	-31	-34
AJONJOLI	204623	123 382	243760	133 897	+19	+ 8
TRIGO	708381	2 453 687	758841	2 642 808	+ 7	+ 8
CARTAMO	399747	521 688	429072	556 850	+ 7	+ 7
TOTAL	12796867	19 986 168	12572757	21 136 305	- 2	+ 6

FUENTE: Datos obtenidos de la publicación el día 30 de Diciembre de 1978 en el periódico EXCELSIOR, bajo el nombre de "Resultado de las Cosechas de los Cultivos básicos y Oleaginosas del año agrícola 1978".

GENERALIDADES

2.1 ESTRUCTURA DEL GRANO DE MAÍZ.

La evolución del maíz hasta la versión actual requirió 7,000 años de cambio radical, como lo indican estas tres muestras. La mazorca de 2.5 cms. de maíz silvestre (fig. 1), planta mexicana, hoy extinguida data de hacia el año 5200 a.C., sólo tiene ocho hileras de granos con cinco a seis granos en cada una. Hacia el año 500 a.C., los mexicanos cultivaban mazorcas de diez centímetros llamadas nalttel (fig. 2), que tenían unas 11 hileras de granos pequeños cada una. Hoy, una de las plantas de maíz más cultivadas es el chalqueño (fig. 3) de 20 centímetros de longitud, con 17 hileras de granos angostos. (27)

FIG. 1



FIG. 2



FIG. 3

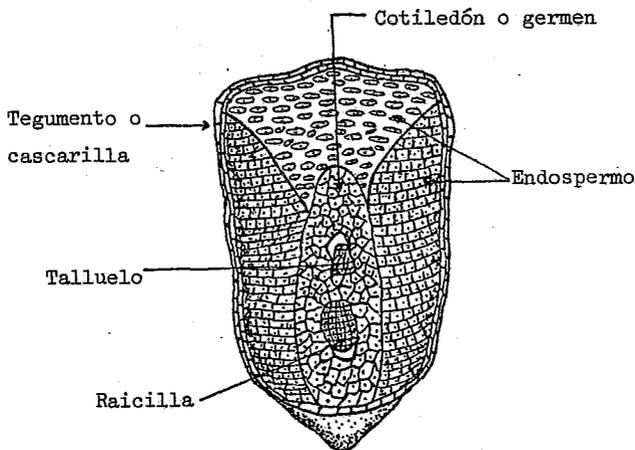


La semilla de maíz es el grano más grande de los cereales, y es el que tiene mayor adaptabilidad de cultivo. Es un grano de color blanco, rojo obscuro, morado o café; ya maduro tiene un peso de 150 a 160 mgs.

Si un grano de maíz se corta por la mitad longitudinalmente, se ve que está compuesto de tres partes: una envoltura o cubierta dura, una porción central llamada germen donde se encuentra el embrión y una parte intermedia que se llama endospermo. Cada una de estas partes desempeñan una función biológica importante.

La membrana sirve de protección a las partes internas. En el germen se encuentra el embrión formado por un cotiledón, el talluelo y la raicilla. El endospermo suministra alimento al embrión durante el desarrollo hasta que se forman las raíces de la nueva planta y las hojas ya pueden obtener las sustancias nutritivas del terreno y del aire.

FIGURA No. 4



2.2 COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE MAIZ.

Como se dijo anteriormente, el grano de maíz está formado - principalmente por tres partes distintas. Cada una de ellas almacena un material o mezcla de ellas. (Fig. 4)

La cascarilla está constituida por la celulosa, y es la que proporciona lo que analíticamente se conoce como fibra cruda, definida como la porción no digerible del alimento y que resiste el tratamiento del ácido sulfúrico al 1.25% e hidróxido de sodio al 1.25% hirvientes.

El germen se encuentra en la parte inferior central y contiene casi todas las proteínas, que en el caso del maíz son cuatro fracciones: albúmina, globulina, prolamina y glutelina; además contiene lípidos que están compuestos por los ácidos grasos linoleico, oleico, - palmítico y esteárico. Existe también en el germen una buena porción de los minerales que se determinan en las cenizas, las cuales contienen sales de calcio, fósforo, magnesio, aluminio, hierro, sodio, potasio y cloro.

Próxima a la cascarilla se encuentra una capa delgada de gluten, sustancia rica en proteína. A los lados y frentes del grano y - dentro de la capa de gluten, está una mezcla de almidón y gluten orientada hacia el centro del grano.

Llenando la parte superior del grano y extendiéndose hacia -
abajo, rodeando al germen parcialmente, está la porción amilacea.

El maíz no es constante en su composición. La semilla, la -
tierra, el clima y la altitud de la zona en que se cultiva, tienden a -
afectar la cantidad y la calidad de los constituyentes.

2.3 PROTEINAS DEL MAIZ.

Entre los principales componentes del grano de maíz se en-
cuentran las proteínas. Como se sabe, las proteínas son moléculas de -
elevado peso molecular, contiene átomos de Carbono, Hidrógeno, Nitróge-
no y Oxígeno, y con frecuencia azúfre. La composición elemental de las
proteínas es muy semejante: C=50 - 55%, H=6 - 8%, O=20 - 23%, - - -
N=15 - 18% y S=0 - 4%.

Es sabido, que las unidades fundamentales de las proteínas -
son los aminoácidos.

En general, las proteínas tienen cuatro estructuras básicas:

- a) Estructura primaria.- Es la estructura que establece de un mo-
do específico la secuencia de aminoácidos, las cuales se encuen-
tran unidas por enlaces peptídicos.
- b) Estructura secundaria.- Es la llamada estructura alfa helicoi-
dal y se refiere a la secuencia de las cadenas polipeptídicas a
lo largo de una dirección.

- c) Estructura terciaria.- Esta estructura es la que se refiere al enrollamiento o dobleces que sufre la proteína para comprimir la cadena dándole una estructura compleja y rígida.
- d) Estructura cuaternaria.- La estructura indica como se disponen en el espacio las cadenas individuales polipeptídicas de una proteína que posee más de una cadena.

La mayor parte de las moléculas proteicas, solamente retienen su actividad biológica dentro de fluctuaciones muy limitadas de pH y temperatura. Si estas moléculas son sometidas a temperatura elevada o a cambios extremos de pH, sufren lo que se conoce como desnaturalización, que consiste en una pérdida de sus estructuras secundaria y terciaria, lo cual se refleja en un descenso de su solubilidad. Este cambio, se pone de manifiesto cuando las condiciones de temperatura son superiores a 60 C. La consecuencia más significativa es que las proteínas pierden su actividad biológica característica.

Las principales interacciones que contribuyen a la estabilización de las estructuras secundaria y terciaria de la proteína, son:

- 1.- Interacción electrostática.
- 2.- Enlace hidrógeno.
- 3.- Interacción hidrofóbica entre grupos no polares.
- 4.- Interacción dipolo - dipolo.
- 5.- Unión disulfuro.

Las proteínas en disolución, muestran cambios profundos en su solubilidad, en función del pH, la fuerza iónica, las propiedades dieléctricas del disolvente y la temperatura.

A baja concentración, las sales incrementan la solubilidad de muchas proteínas, tal es el caso de agentes como el sulfato de amonio. Algunas sales neutras pueden influir en la solubilidad de las proteínas. A medida que la concentración de las sales neutras aumentan, la solubilidad de la proteína empieza a disminuir; es decir, que a concentraciones salinas elevadas, la proteína puede ser completamente separada por precipitación de su disolución.

Otras proteínas son precipitadas por la acción de disolventes orgánicos neutros miscibles en agua, como lo son el etanol y la acetona. Estos solventes disminuyen la solubilidad de la mayor parte de las proteínas en el agua, de tal forma que precipitan de la disolución.

Debido a que el etanol posee una constante dieléctrica menor que la del agua (24 vs. 28), su adición a una disolución acuosa de proteína, incrementa la fuerza de atracción entre las cargas opuestas, disminuyendo el grado de ionización de los grupos R de la proteína. Como resultado, las moléculas de proteína tienden a agregarse y se precipitan.

Por lo que se refiere a la clasificación de las proteínas del maíz, Osborne y Chittenden (21) las clasificaron de acuerdo a la solubi

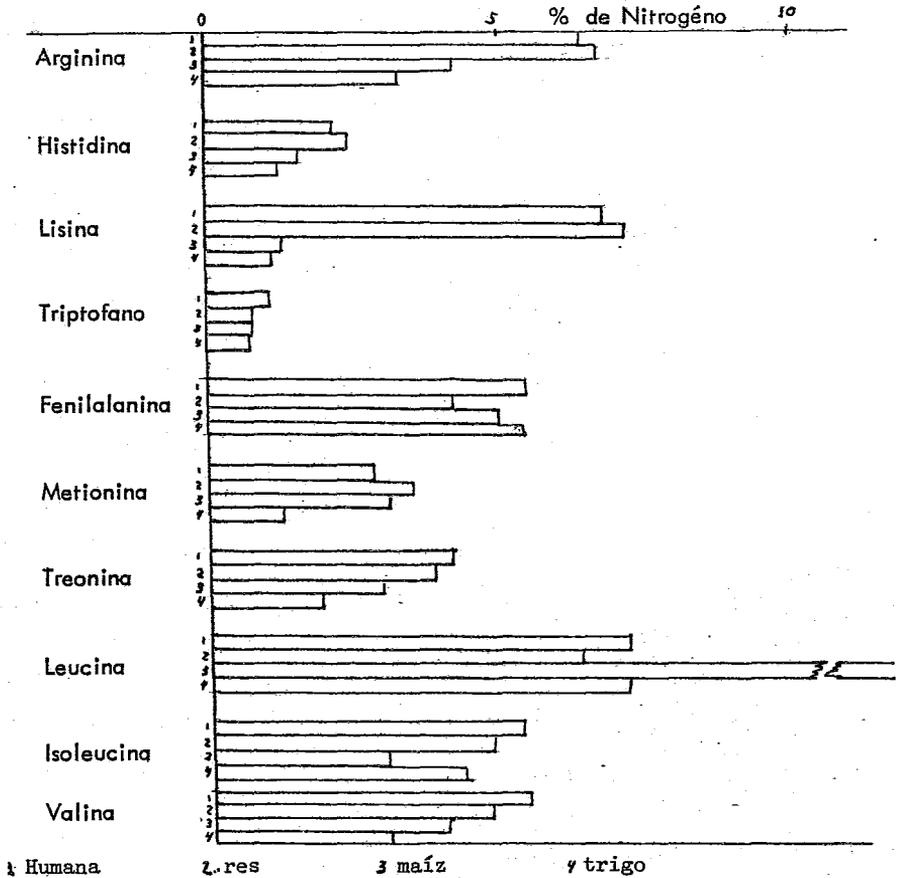
lidad en varios solventes; las albúminas y las globulinas son solubles en soluciones salinas, pero únicamente las albúminas son solubles en agua. La prolamina se define como la fracción proteica soluble en alcohol al 70%. La glutelina se ha definido como la proteína del endospermo del maíz que se extrae con soluciones ácidas o alcalinas diluidas, y que se separa después de haber extraído las albúminas, globulinas y la ceína. (19)

La principal proteína del maíz por su cantidad es la Ceína, la cual es una prolamina. Dicha proteína es de mala calidad ya que es baja en su contenido de lisina y triptofano (a.a. esenciales) y tiene un exceso de leucina, lo que provoca un desequilibrio en su contenido de aminoácidos, por lo que dicha fracción proteica es considerada de baja calidad.

Gráficamente, esto se puede observar en la Fig. 5.

FIGURA 5

Composición comparativa de los aminoácidos
esenciales de las proteínas humana, res, -
maíz y trigo.



Fuente.- Noman U. Desrosier.- Conservación de Alimentos.- Ed.-
Continental, 1979, pág. 30.

Uno de los aminoácidos esenciales en el hombre es la metionina, razón por la cual algunos autores han efectuado estudios sobre el contenido de este aminoácido en dos diferentes tipos de maíz. Se ha encontrado que el gen harinoso 2, contiene cerca de 60% de metionina más que el maíz normal y la causa de este aumento es el contenido de metionina en la fracción glutelina. Según ref. (10), se ha encontrado que la fracción ceína decrece de 57 a 32%, mientras que la glutelina aumenta de 31 a 44% en el harinoso 2, en relación al maíz normal. Las mayores fuentes de metionina en cada genotipo son la ceína y la glutelina, teniendo la siguiente relación en % de metionina total:

Maíz	Ceína	Glutelina
Normal	55%	40%
Harinoso 2	22%	74%

Las fracciones proteicas, determinan las diferencias en la composición de aminoácidos de la proteína tanto del germen como del endospermo.

Un análisis de aminoácidos efectuado por Paulins y Wall (21), muestra el contenido de los mismos en albúmina y globulinas, tanto en germen como en el endospermo del maíz (cuadro No. 2).

En algunos trabajos se ha publicado que la solubilidad de la ceína (fracción proteica soluble en alcohol), decrece significativamente debido al tratamiento alcalino que recibe el maíz durante la nixtamalización. (22)

Otros estudios indican que la ceína es una proteína falta de glicina y lisina y muy pobre en triptofano; mientras que las glutelinas contienen 5% de glicina, 4% de lisina y 1% de triptofano.

CUADRO No. 2

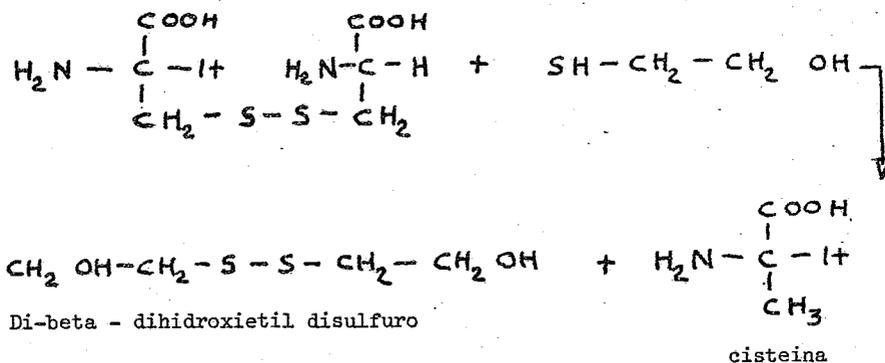
Análisis de Aminoácidos en Endospermo y Germen
 Albúminas y Globulinas

Aminoácido	Endospermo		Germen	
	Albúmina	Globulina	Albúmina	Globulina
mM / 100 g. proteína (16 g. N)				
Lisina	44	41	51	37
Histidina	16	25	18	21
Arginina	43	72	44	63
Ac. aspártico	73	50	72	53
Treonina	45	28	47	27
Serina	48	53	49	49
Ac. glutámico	86	11	98	96
Prolina	45	33	27	38
Glicina	93	73	82	70
Alanina	85	60	85	57
Valina	50	49	50	44
Metionina	10	7	8	5
Isoleucina	28	23	24	22
Leucina	49	45	45	44
Tirosina	19	17	17	15
Fenilalanina	21	28	28	27

Las glutelinas a su vez, contienen más ácido aspártico, arginina, cistina y valina y menos ácido glutámico, isoleucina, leucina y prolina - que la ceína. Así, se puede decir que las glutelinas tienen un valor biológico más alto que la ceína. (14)

El siguiente cuadro (No. 3), obtenido de la misma referencia indica el contenido de aminoácidos de glutelina y ceína. Conviene señalar que la fracción glutelina, no puede ser extraída del endospermo del maíz con buenos resultados sin antes haber escindido los enlaces - disulfuro de la cistina, la cual se encuentra presente en la fracción proteica ya mencionada.

Lo que ocurre, es que el aminoácido cistina (forma oxidada - de la cisteína) tiene un grupo disulfuro que actúa como un enlace covalente transversal entre dos puntos de una misma cadena; este enlace - puede escindirse por la acción de un agente reductor como lo es el mer - captoetanol, verificándose la reacción siguiente:



CUADRO No. 3

Contenido de Aminoácido en Glutelina y Ceína

Aminoácido	Glutelina (%)	Ceína (%)
Alanina	9.77	11.4
Arginina	5.51	1.8
Ac. aspártico	7.33	5.6
Cistina	3.14	1.0
Glicina	5.06	0.0
Ac. glutámico	18.46	26.6
Histidina	2.11	1.7
Isoleucina	4.14	7.3
Leucina	11.87	23.7
Lisina	3.60	0.0
Metionina	2.24	2.3
Fenilalanina	7.21	6.4
Prolina	7.62	10.4
Serina	4.36	7.7
Treonina	3.72	3.0
Triptófano	0.92	0.1
Tirosina	4.94	5.2
Valina	6.18	3.0
Amida	1.47	-

2.4 LÍPIDOS DEL MAÍZ.

Los lípidos son moléculas importantes en la estructura del maíz. Se han definido como biomoléculas orgánicas que se caracterizan por ser insolubles en agua y solubles en compuestos orgánicos, por lo que pueden extraerse de las células mediante solventes como cloroformo, éter de petróleo, hexano, etc.

Los lípidos se clasifican en:

- A.- Lípidos complejos o Saponificables.
- B.- Lípidos sencillos o no Saponificables.

Están compuestos por moléculas individuales denominadas ácidos grasos, las cuales se encuentran en grandes cantidades como componentes fundamentales de lípidos saponificables en células y tejidos, - pero en estado libre aparecen solamente en trazas. La cadena hidrocarbonada que las compone, puede ser saturada o tener uno o más dobles enlaces, y en ocasiones hasta triples enlaces. Los ácidos grasos insaturados predominan sobre los saturados especialmente en plantas superiores y en animales que viven a bajas temperaturas, siendo sus puntos de fusión bajos.

Existen diferentes familias de lípidos, pero las propiedades distintivas de ellas derivan de su naturaleza hidrocarbonada e hidrofóbica de la porción principal de su estructura. Los lípidos desempeñan diversas funciones, como son:

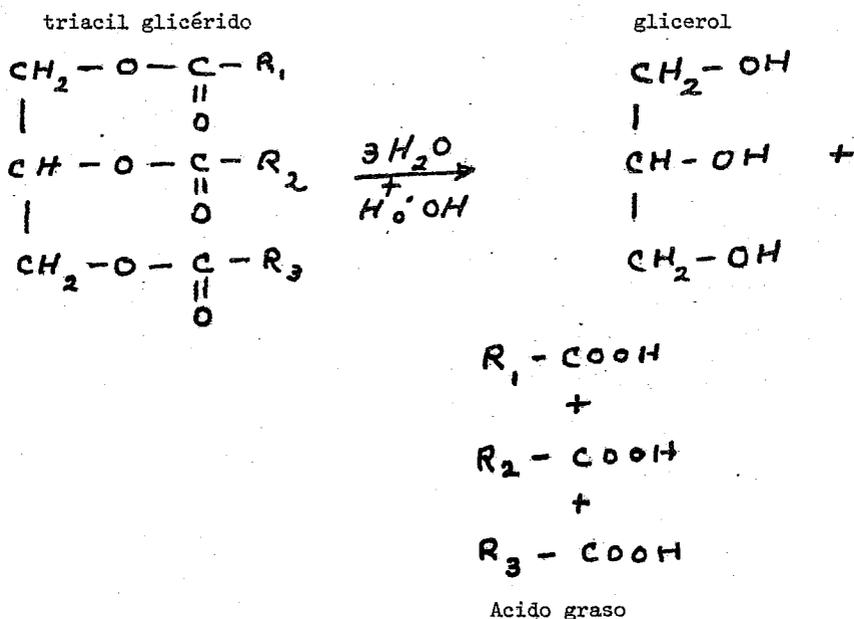
- a) Actúan como componentes estructurales de las membranas.
- b) Como forma de transporte y almacenamiento de combustible para intervenir en el mecanismo respiratorio.
- c) Como cubierta protectora sobre la superficie de muchos organismos, protegiéndolos contra la pérdida excesiva de calor y lesiones mecánicas.
- d) Actúan en procesos metabólicos como componentes de sistemas enzimáticos.

La importancia que tienen las grasas en la dieta del hombre, es mucha. Por experimentos efectuados en animales (13) se ha llegado a la conclusión de que los mamíferos pueden sintetizar ácidos grasos saturados y monoinsaturados a partir de otros precursores, pero son incapaces de fabricar ácidos como el linoleico y el γ -linoleico, ácidos grasos insaturados que se denominan esenciales. Estos ácidos, al no poder ser sintetizados por los mamíferos, es necesario que se obtengan de - - fuentes vegetales donde son abundantes.

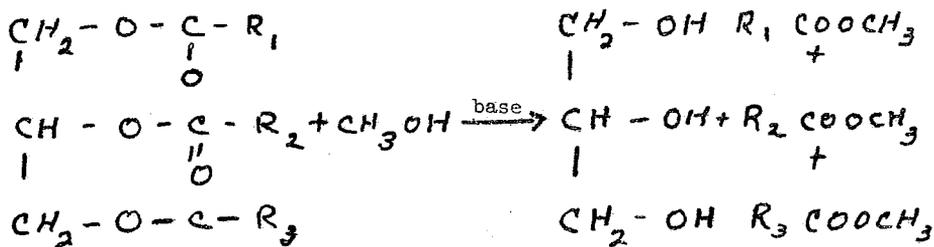
Una de las principales funciones de los ácidos grasos esenciales, es que son precursores necesarios en la biosíntesis de un grupo de derivados de ácidos grasos con actividad biológica análoga a la de las hormonas y que son llamadas prostaglandinas, las cuales en cantidades mínimas ejercen efecto depresor de la presión sanguínea e inducen a la contracción de músculos lisos. Estas sustancias provienen de ácido - graso insaturado como lo es el ácido araquidónico, el cual a su vez deriva del ácido linoleico.

Los triacilglicéridos o ésteres de ácidos grasos y del alcohol glicerina, es la familia más abundante de los lípidos y los principales componentes de los lípidos de depósito o de reserva de las células animales y vegetales. Pueden ser sólidos a temperatura ambiente y se conocen como grasas o líquidos, como es el caso de los aceites vegetales, debido a que tienen una gran proporción de ácidos grasos insaturados.

Una de las propiedades más importantes de los triacilglicéridos, es la hidrólisis que experimentan cuando se calientan y se ponen en contacto con ácidos o bases fuertes o por la acción de las lipasas (enzimas presentes en el jugo pancreático). Esta hidrólisis produce 3 moléculas de ácido graso de cadena larga y una molécula de glicerol como se indica a continuación.



Cuando un triacilglicérido reacciona con un alcohol en presencia de una base, produce ésteres metílicos; esta reacción es importante para efectos de cuantificación de ácidos grasos. La reacción que se efectúa es:



Triacilglicérido

Mezcla
de
glicerol
ésteres
Metílicos

El aceite de maíz está compuesto tanto por ácidos grasos saturados como por ácidos grasos insaturados. Son saturados los ácidos mirístico, palmítico y esteárico, y como insaturados cuenta con los ácidos palmitoleico, oleico y linoleico, siendo el más importante el ácido graso insaturado linoleico, por ser esencial en la dieta diaria del hombre.

El cuadro No. 4 muestra la composición de ácidos grasos en grasas y aceites.

CUADRO No. 4

Composición de ácidos grasos en Grasa y Aceites

Grasa o aceite	Acidos saturados (%)				Acidos insaturados (%)			
	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈	C ₁₆	C ₁₈	C ₁₈	- C ₁₈ =
Semilla de algodón		0-3	17-23	1-3		0-1	23-44	34-55
Ac.de olivo	0-1	0-2	7-20	1-3	1-3	0-3	53-86	4-22
Maíz		0-2	8-10	1-4	1-2	0-2	30-50	34-56
Ac.palma		1-6	31-47	1-6		40-52		2-11
Frijol de soya		0-3	7-11	2-5	0-1		22-34	50-60
Sebo de vaca	0-2	2-3	25-30	21-26	2-3	0-3	39-42	2

Fuente: Morrison Thornton, Neilson Coyd R.- Organic Chemistry.- Third Edition.- Allyn and Bacon Inc., 1973, pág. 1057.

2.5 CARBOHIDRATOS.

Al igual que las proteínas y los lípidos, los carbohidratos tienen gran importancia, porque constituyen la principal fuente de energía en los organismos vivos.

El monosacárido más abundante en la naturaleza, es la D-glucosa. Este monosacárido es el combustible principal para la mayor parte de los organismos, así como la unidad estructural básica de los polisacáridos más abundantes, tales como el almidón y la celulosa, polisacáridos que se encuentran en el maíz.

El almidón es la forma principal de almacenamiento de combustible en el grano de maíz. El gránulo de almidón, contiene moléculas de amilasa y de amilopectina. La mayor parte del almidón de maíz es una mezcla de 25% del polímero lineal (amilosa) y 75% del polímero ramificado (amilopectina).

Las uniones glucosídicas en la amilosa son α -1,4, mientras que las de la amilopectina son γ -1,4 pero en el punto de ramificación el enlace es α -1, 6.

Los gránulos de almidón en agua se hinchan, a medida que se eleva la temperatura. La temperatura a que principia la gelatinización es característica de cada almidón según su procedencia botánica. Durante la nixtamalización, a medida que se cuece el nixtamal, los gránulos

de almidón continúan hinchándose hasta el punto en que se rozan unos con otros. El hinchamiento se debe a la penetración de agua al interior de los gránulos, hidratando e hinchando las áreas intermicelares. En el cuadro No. 5 se indican algunas temperaturas de gelatinización de diferentes vegetales.

CUADRO No. 5

Temperaturas de gelatinización

Almidón	Tamaño medio partícula (micras)	Temp. a que principia la gelatinización	Amilasa %	No. unidades glucosa/molécula de amilasa
Papa	33	63.9°C	22	980
Maíz	15	80.0°C	28	490
Arroz	5	81.1°C	17	-

Fuente: El maíz y la Industria de los Alimentos. Almidones Distribuidora, S.A.

La celulosa, es otro polisacárido importante en la estructura del maíz. Es el componente que le da la fuerza y rigidez a los tejidos vegetales. Se encuentra depositada en las paredes celulares de semilla y plantas en concentraciones variables. La celulosa es el componente principal de la madera, el papel, etc.

La celulosa se diferencia del almidón únicamente en el tipo de enlace, que en este caso es β -1,4. Este enlace es particularmente importante en este polisacárido formado también por residuos de glucosa. El tracto digestivo de la mayor parte de los mamíferos no secreta enzimas capaces de hidrolizar este enlace, por lo que la celulosa no resulta utilizable como elemento nutritivo.

Las fibrillas se sitúan alrededor de las células dispuestas en haces paralelas y son aglutinadas por tres materiales polímeros que son: la hemicelulosa, la pectina y la extensina.

La hemicelulosa es un polímero de pentosas, sobre todo D-xilosa, poseyendo cadenas laterales de arabinosa y otros azúcares; son sustancias solubles en álcali pero que todavía no han sido bien estudiadas (11).

Las principales diferencias entre la celulosa y la hemicelulosa se pueden sintetizar en: (11)

- 1.- Las celulosas tienen un grado más alto de polimerización por moléculas que las hemicelulosas.

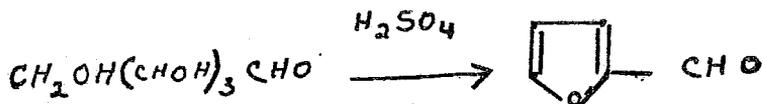
- 2.- Las celulosas son menos solubles en álcali y son hidrolizadas más lentamente por ácidos diluidos que las hemicelulosas.
- 3.- La celulosa es fibrosa, mientras que la hemicelulosa no lo es.
- 4.- Las celulosas proporcionan glucosa al ser hidrolizadas, en tanto que las hemicelulosas proporcionan D-xilosa y otros azúcares.
- 5.- Las celulosas tienen una temperatura de ignición más alta que las hemicelulosas.

La cuantificación e identificación de carbohidratos es relativamente sencilla, ya que pueden ser identificados por un gran número de reacciones coloridas.

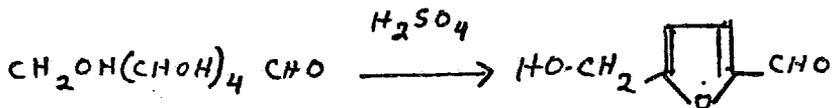
El ácido sulfúrico reacciona con los carbohidratos provocándoles una deshidratación para formar el furfural o uno de sus derivados. Posteriormente el compuesto formado produce un compuesto colorido al condensarse con fenoles o derivados fenólicos.

Las reacciones que se efectúan son:

a) Pentosas



b) Hexosas



2.6 NIXTAMALIZACION.

La nixtamalización es un proceso que se ha usado desde el tiempo de los mayas. Consiste en la cocción del grano en agua, previa adición de cal viva e hidratada y que es lo que propicia durante el cocimiento el aglutinamiento de las partículas de maíz entre sí y da la consistencia con flexibilidad y "correa" que contribuye a dar la textura a las tortillas de buena calidad.

Los antiguos pobladores de México elaboraban las tortillas en forma manual, así como el nixtamal. El proceso de elaboración empezaba con el desgrane de las mazorcas, la cocción del maíz con agua de cal en recipientes de barro calentados por leña, la molienda en metates de piedra, el moldeado de la masa para convertirla en discos delgados por medio del palmoteo y finalmente la colocación en una plancha de barro o comal caliente para su cocimiento por ambos lados.

El procedimiento para la preparación de la masa en los molinos de nixtamal que se fueron estableciendo en las grandes urbes, sigue siendo y teniendo los mismos lineamientos de la técnica primitiva usada por nuestros antepasados, sólo que en mayor capacidad y haciendo uso de la mecanización en la molienda. (23)

ELABORACION DE LA MASA DE MAIZ.

El proceso de elaboración de la masa del maíz es similar al industrial; el producto obtenido (masa de maíz nixtamalizada) carece de norma oficial de calidad, y se inicia con la limpieza del maíz a través de cribas, para posteriormente en ollas o tinas ponerse a cocer en agua con cal al 1% a una temperatura de 94°C durante 50 minutos. A continuación, en forma mecanizada o con paletas de madera de voltea el maíz. Cuando se tiene el maíz cocido, se deja en reposo durante 14 horas; luego se lava tres veces eliminando con agua limpia toda la cal excedente, el lavado es un lavado profundo para tener el grano de maíz sin pericarpio. Posteriormente, se pasa a un molino para obtener la masa que es lo que se usa en la elaboración de las tortillas que es un proceso de cocción a 180°C durante 5 minutos.

ELABORACION DE LA HARINA DE MAIZ.

La elaboración de la harina de maíz, empieza con la recepción y limpieza del grano para eliminar las impurezas del mismo con objeto de tener un producto puro.

El maíz ya limpio pasa a una báscula para pesarlo y de ahí se envía a los cuecedores en donde se efectúa la maceración, agregando agua en presencia de cal (1% de cal) y se cuece durante 90 minutos a $90 - 94^{\circ}\text{C}$. El nixtamal obtenido, se pasa a molinos de impacto para moler el grano -

húmedo y obtener la masa. El producto molido, pasa a un secador con objeto de disminuir el grado de humedad; posteriormente y antes de pasar a los cernidores la harina se sujeta a un tratamiento de enfriamiento. Una vez que la harina ha sido cernida es enviada a una tolva de almacenamiento, de donde se transporta al área de envasado y almacenaje de producto terminado. El envasado se realiza en bolsas dobles de papel con objeto de evitar que la luz incida sobre el producto, ya que ésta acelera la oxidación.

Existe una variación al método antes descrito, y es que una vez obtenido el nixtamal, el grano en lugar de ser molido, pasa a un secador de bandejas o a un horno cualquiera, a una temperatura de 45 - 50° C, una vez que el grano está seco se muele y se tamiza para obtenerlo también en forma de harina de maíz. (4, 12)

CARACTERISTICA DEL PRODUCTO.

El producto obtenido, es un polvo fino blanco o en su defecto blanco amarillento seco, como consecuencia de utilizar un grano que no sea blanco.

Si se mezcla con agua, deberá de dar una consistencia de masa adecuada para hacer productos como tortillas, tamales, etc.

ESPECIFICACION FISICA Y QUIMICA.

Las especificaciones de la harina de maíz son tanto físicas como químicas. (4, 12)

Físicas:

- I) El producto (tortilla) deberá resistir al doblado, no presentando grietas cuando se le doble.
- II) La harina deberá tener una finura tal que pase por la malla del No. 60, equivalente a 250 micrones.

Químicas:

1)	Humedad (máxima al envasar)	10%
2)	Cenizas	2%
3)	Proteína (mínima)	7.5%
4)	Fibra Cruda (máxima)	3.5%
5)	Extracto etéreo	5.0%
6)	Lignina	Negativo

Algunos inconvenientes que se han encontrado en el método casero de nixtamalización son principalmente la pérdida de nutrientes, - especialmente en el lavado, ya que se eliminan las capas externas. Entre los nutrientes que se pierden están: (12)

Vitamina B₁ se pierde en un 60 - 65%
Vitamina B₂ " " " " 32 - 52%
Niacina " " " " 30 - 32%

Fibra	se pierde en un	32 - 46%
Fierro	" " " "	46 - 70%
Extracto etéreo	" " " "	33 - 44%

Algunas de las ventajas de la nixtamalización son:

- a) Aportaciones de calcio a la dieta diaria.
- b) Hace al producto más digerible y más manejable.
- c) Evita la pelagra.

2.7 ELECTROFORESIS EN GEL DE POLIACRILAMIDA

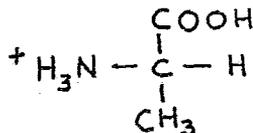
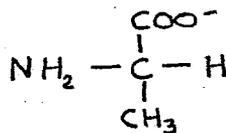
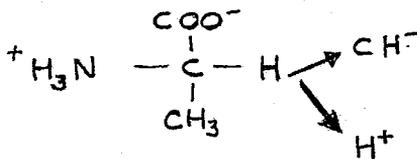
La electroforesis se puede definir como la separación de los componentes de una mezcla, basada en el principio de que una molécula o partícula cargada puede emigrar hacia el cátodo o el ánodo, cuando se pone en un campo eléctrico.

Existen diferentes formas de electroforesis para la separación de proteínas. El tipo más usado es el llamado electroforesis libre o de frente móvil; por medio de este método se puede medir la movilidad de una molécula en un campo eléctrico. En la electroforesis libre, una disolución tamponada de mezcla de proteínas, se coloca en el medio en el cual se va a correr la electroforesis, depositando una capa de tampon puro sobre la disolución de proteína, de tal forma de mantener sumergida la mezcla en un baño a temperatura constante, aislada de vibraciones para establecer un campo eléctrico entre los electrodos; -

las proteínas cargadas negativamente se desplazan hacia el ánodo y las que poseen carga positiva hacia el cátodo. Con el fin de obtener una imagen completa de las proteínas de la mezcla, por lo general se toma un valor de pH en el que la mayor parte de las proteínas posean la misma carga pero en el cual su movilidad sea diferente. El pH al que una proteína muestra un mínimo de solubilidad se le denomina pH isoelectrico. En este punto, la molécula no posee carga eléctrica y es incapaz de desplazarse en un campo eléctrico; esta incapacidad de desplazamiento no se debe a la falta de carga, sino que éstas se encuentran balanceadas.

Cuando el pH de una mezcla de proteínas se ajusta al pH isoelectrico de cada uno de los componentes, la mayor parte de éstos precipita, quedando en solución las proteínas que tengan un pH isoelectrico por arriba o por debajo del mismo. Cuando los valores del pH están por encima o por debajo del punto isoelectrico, todas las moléculas de proteína poseen una carga eléctrica del mismo signo, por lo que se repelen impidiendo la coalescencia de las moléculas sencillas para formar agregados insolubles.

Al añadir ácido a una solución neutra de aminoácidos, el grupo carboxilo acepta el protón para formar la forma protonada del aminoácido. La reacción siguiente indica que cuando el aminoácido tiene una carga neta de -1 en medio alcalino, en un campo eléctrico emigrará hacia el ánodo (polo de carga positiva). Asimismo, en medio ácido tendrá una carga neta de +1 y emigrará hacia el cátodo (polo con carga negativa) cuando se le ponga en un campo eléctrico. (11)



A medida que las moléculas de proteína cargadas negativamente se desplazan hacia el ánodo, emigran desde la disolución de proteína hacia la zona de disolución Tampon exenta de proteína, formando de esta forma un frente. La electroforesis libre, se ha substituido últimamente por la llamada electroforesis de zona, en la cual la mezcla proteica se inmoviliza en una matriz sólida que generalmente es un material poroso - hidratado y rígido.

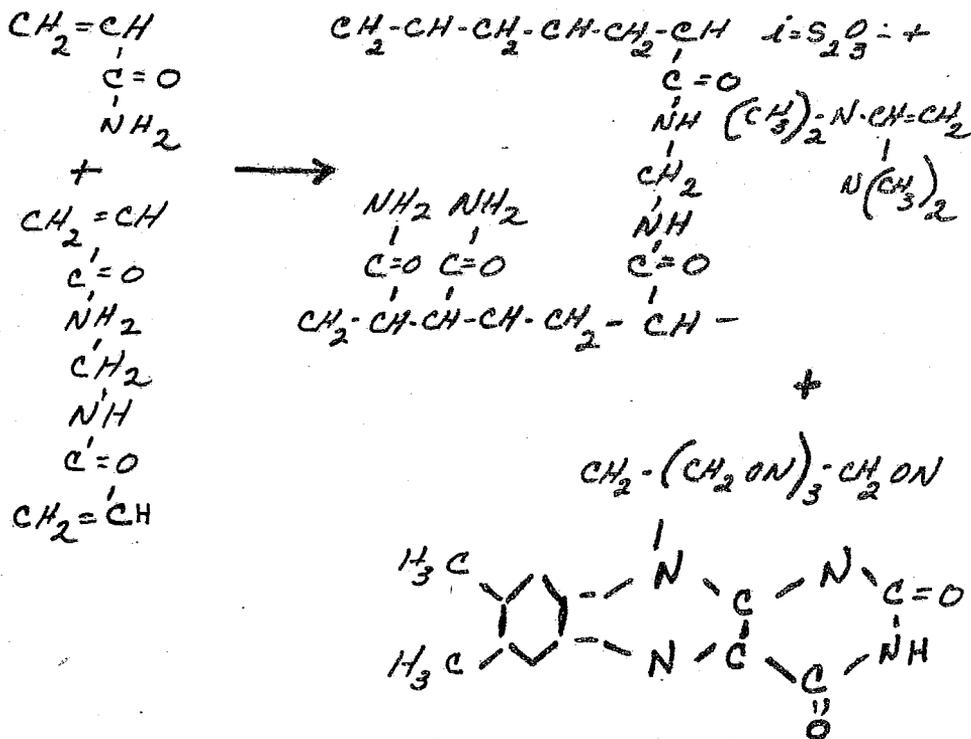
El proceso electroforético, termina cuando los principales componentes proteicos se han separado en zonas distintas. La posición y la cantidad de proteína existente en cada una de las zonas separadas se determinan por aplicación de un colorante que tiñe a las proteínas, la densidad de la coloración retenida, es proporcional a la cantidad de proteína existente en esa mezcla.

La poliacrilamida, es un polímero sintético (5) y puede proporcionar un poro adecuado con el solo hecho de ajustar las concentraciones de acrilamida y del agente de enlace en la reacción de polimerización. - Por otro lado, este tipo de electroforesis se puede llevar a cabo tanto

a altas como a bajas temperaturas, por lo que se puede aplicar a moléculas termolábiles.

La reacción de polimerización, por medio de la cual se forma el gel, tiene que efectuarse cada vez que se efectúa la prueba, es decir, el gel no puede almacenarse.

La reacción de polimerización es la siguiente:



El control de la reacción de polimerización es importante, y se puede controlar por: (5)

- a) Purificación de reactivos. La acrilamida y la N, N'-metileno-bisacrilamida deben de estar libres de iones contaminantes, lo -

cual se logra por recristalización. El N,N,N,N' tetrametilendiamino (TEMED), debe ser redistilado en vacío. Asimismo, el buffer empleado debe ser puro. Los catalizadores tales como el persulfato de potasio, la riboflavina y el TEMED, se usan en concentraciones tales que la polimerización se efectúa en 5 ó 15 minutos.

- b) Los inhibidores de la polimerización deben mantenerse en el nivel más bajo posible.
- c) La temperatura tiene que mantenerse constante durante la polimerización.

La formación del gel de poliacrilamida por polimerización del monómero acrilamida y bisacrilamida, solamente ocurre en presencia de radicales libres; esto se logra por la fotodescomposición de la riboflavina en presencia de trazas de oxígeno. La riboflavina tiene la propiedad de que sus grupos ribosa pueden actuar como grupos reductores, dando como resultado la conversión parcial de la flavina a la forma levco. En ausencia completa de oxígeno los radicales libres no se producen y la polimerización no se efectúa.

El uso de la riboflavina y una fuente de luz, conduce a la formación del gel con 2 ventajas: a) la riboflavina es efectiva a bajas concentraciones; b) la gelatinización se efectúa en un tiempo predeterminado, y la polimerización ocurre rápidamente a temperatura ambiente en presencia de persulfato de amonio y TEMED.

Una vez que se ha efectuado la electroforesis, y los geles han sido extraídos de los tubos de corrimiento, es necesario que éstos sean teñidos y las proteínas fijadas. Esto se logra con soluciones de ácido tricloroacético o con soluciones de negro de amido en ácido acético al 7%.

2.8 CROMATOGRAFIA GAS - LIQUIDO.

La cromatografía de gases, es una técnica de separación en la cual la fase líquida, comunmente móvil, es reemplazada por un gas en movimiento. Por consiguiente, las separaciones se basan en repetidos estados de equilibrio entre un gas o un vapor en movimiento y una fase estacionaria.

Uno de los factores más importantes es el grado de separación que puede lograrse entre los diferentes componentes en una columna.

Otro factor importante es la temperatura, la cual a su vez está determinada por dos factores:

- a) por el grado de separación que se considere suficiente, y
- b) por un tiempo razonable para el análisis.

Cuanto más baja sea la temperatura, mayor será la separación de los diferentes componentes. La temperatura no debe ser tan alta que la fase estacionaria se volatilice de la superficie del soporte sólido.

El tamaño de la muestra varía de 1 a 100 microlitros para una muestra líquida y del orden de mililitros para una muestra gaseosa. Los gases que se utilizan como acarreadores y que son usados con más frecuencia son: hidrógeno, nitrógeno, helio, argón, etc.

En el caso particular, los ácidos grasos del maíz son primeramente convertidos a su forma más volátil, generalmente los ésteres metílicos. Como fase móvil se emplea un transportador inerte gaseoso como lo es el nitrógeno; la fase líquida estacionaria la puede constituir una capa de poliéster de punto de fusión elevado, o un polímero de silicona depositado sobre partículas de tierra de diatomáceas. Los ésteres metílicos de los diversos ácidos grasos, se distribuyen entre la fase gaseosa móvil y la fase líquida estacionaria de acuerdo con sus coeficientes de reparto líquido - gas. Los ésteres metílicos separados que se hallan en la fase gaseosa que abandona la columna, son medidos por medio de un detector de ionización de flama. La corriente del gas transportador que contiene los ésteres, se mezcla con una corriente de hidrógeno y aire y se quema en un campo eléctrico de elevado voltaje. La corriente que se produce por el flujo de fragmentos ionizados del ácido graso en la llama, queda registrada en una gráfica que muestra una serie de picos separados. Cada pico corresponde a un ácido graso separado y el área bajo el pico es proporcional a su cantidad. (8)

CAPITULO 3

O B J E T I V O

El propósito principal de este trabajo, es el de estudiar algunos cambios que se producen en las proteínas, carbohidratos y lípidos - del maíz, durante la nixtamalización.

Debido a que la nixtamalización del maíz es un proceso importante en nuestro país, se han venido realizando estudios desde hace varios años en cuanto a la composición química del maíz, no obstante no se ha hecho un estudio sobre los cambios que sufren sus principales componentes como lo son: proteína, lípidos y carbohidratos; ya que del maíz - se obtienen productos básicos para la alimentación del grueso de la población de México como lo son: la tortilla, atole, etc. Este resulta - ser el objetivo general de esta investigación.

CAPITULO 4

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

4.1 NIXTAMALIZACION.

Básicamente el maíz denominado H-129 F-2 obtenido de Chapingo, cristalino blanco y el hidróxido de calcio o cal comunmente llamado, fue ron los materiales principales empleados en el presente trabajo.

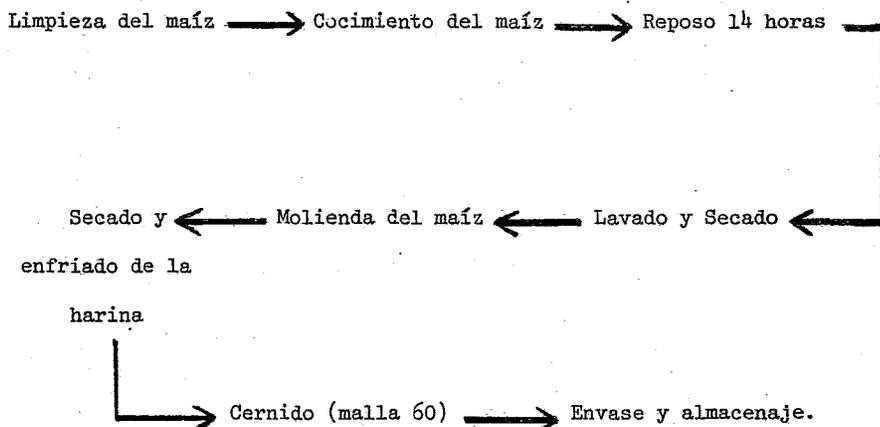
El estudio consistió en nixtamalizar maíz a diferentes concentraciones de cal y trabajarlo en forma de harina de maíz.

El método seguido en la nixtamalización, fue el llamado método casero, que es un método muy semejante al proceso seguido industrialmente.

Una vez limpio el maíz, es decir, libre de basurillas y partículas extrañas, se procedió a desgranar la mazorca y se puso a cocer en agua con cal (añadiendo cal desde 0 hasta 4% de la misma) a una temperatura de 92°C durante 50 minutos; de esta forma, se obtuvo un maíz cocido que se dejó en reposo durante 14 horas. Posteriormente, este maíz cocido fue lavado tres veces; el lavado fue profundo, frotando los granos unos con otros, de tal manera de eliminar las capas externas para tener al grano de maíz sin pericarpio.

Una vez lavado el maíz, se pasó a un secador con el fin de eliminar el exceso de humedad. A continuación el maíz ya enfriado se molió con el fin de obtener la harina, y una vez fría ésta, se pasó a través de una malla del número 60 para cernirla. El último paso fue el almacenaje de la harina en frascos de vidrio perfectamente cerrados. En la figura No. 6 se sintetiza el proceso de nixtamalización en forma de un diagrama de bloques.

FIGURA No. 6



Con objeto de conocer la composición química de la harina de maíz, tanto sin nixtamalizar como nixtamalizada, se efectuó un análisis bromatológico que consistió en determinar:

- a) Determinación de humedad.
- b) Determinación de proteína.

- c) Determinación de cenizas.
- d) Determinación de grasas.
- e) Determinación de fibra cruda.
- f) Determinación de carbohidratos.

Los métodos seguidos para estas determinaciones son las especificadas por el AOAC (1).

4.2 EXTRACCION DE LAS FRACCIONES PROTEICAS DEL MAIZ.

La extracción se realizó con el maíz H-129 F-2 cristalino - - blanco de acuerdo al método modificado de Osborne-Mendel con objeto de extraer progresivamente las cuatro fracciones proteicas del maíz que son: albúmina, globulina, prolamina y glutelina. (10)

El método consistió en pesar 10 g. de la muestra de harina de maíz previamente desengrasada por el método de Soxhlet, y agitarla con 150 ml. de agua a 5°C durante 12 horas; posteriormente se centrifugó a 700 g. durante 40 minutos. Esta primera parte fue con el objeto de separar la fracción albúmina del maíz. El residuo de la centrifugación se agitó y se lavó 2 veces. Al sobrenadante se le añadió una solución de tungstato de sodio en medio ácido hasta obtener un pH de 2.7. La mezcla se mantuvo en agitación durante 12 horas a 5°C y posteriormente se centrifugó a 700 g. durante 40 minutos. El sobrenadante fue evaporado bajo vacío y posteriormente liofilizado, considerándose como el com-

ponente no proteico. El precipitado obtenido se consideró como el compo
gente proteico.

El residuo remanente del segundo tratamiento con agua, se tra-
ujo con solución al 5% de NaCl con objeto de solubilizar las globulinas.
Esta solución, al igual que la anterior se agitó durante 12 horas a una
temperatura de 5°C y luego fue sometida a centrifugación. El fluido so-
brenadante fue dializado, con objeto de separar las pequeñas moléculas -
de soluto de las moléculas proteicas. Posteriormente el líquido se eva-
poró y se liofilizó como en el caso anterior.

El siguiente tratamiento, fue con el objeto de separar la frac-
ción prolamina. Este tratamiento consistió en tratar el residuo remanen-
te del tratamiento con NaCl, resuspendiendo en alcohol al 70%. El proce-
dimiento fue el mismo, a excepción de que la agitación se efectuó a tem-
peratura ambiente durante 5 horas. En este punto, se añadió agua a los
sobrenadantes combinados hasta obtener una concentración del 35%; la so-
lución se enfrió y se centrifugó. El Pelet fue liofilizado y referido -
como el componente insoluble en etanol al 35%. El sobrenadante se evapo-
ró y se liofilizó, considerándose como el componente soluble en alcohol
al 35%.

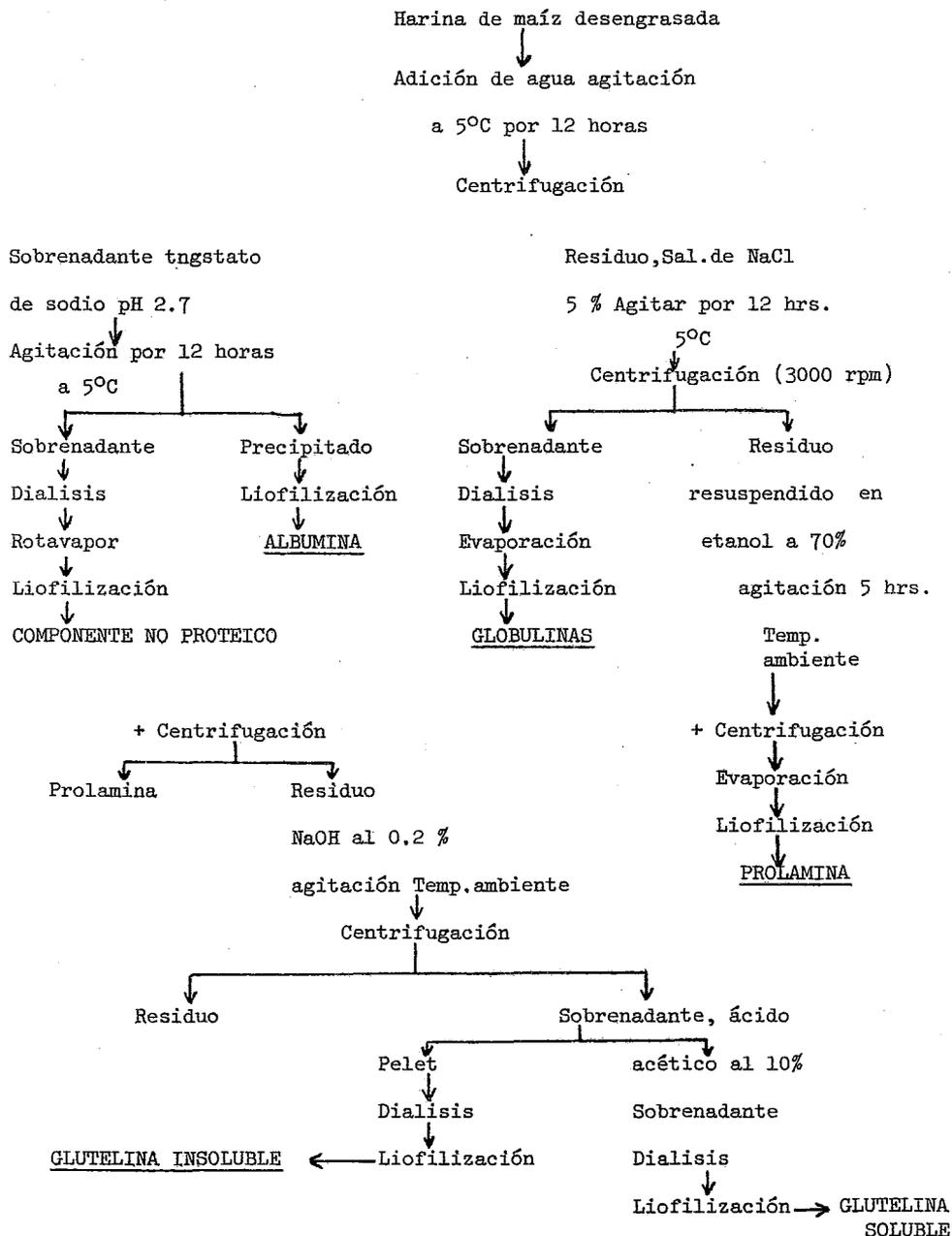
Con objeto de extraer las glutelinas, se prosiguió a tratar el
residuo remanente del tratamiento con alcohol con hidróxido de sodio - -
0.2%. El proceso fue el mismo que el seguido con etanol. Al sobrenadan-
te se le añadió ácido acético al 10% de NaCH alcanzando un pH de 6.0. La

solución se enfrió y se centrifugó para posteriormente ser liofilizado. Este Pelet se refirió como el componente insoluble a pH 6.0. El sobrenadante se dializó contra agua, se evaporó y se liofilizó como antes. - Esta fracción se refirió como el componente soluble a un pH de 6.0.

En síntesis el método seguido se encuentra en la figura No. 7.

FIGURA No. 7

METODO DE EXTRACCION



4.3 ELECTROFORESIS EN GEL DE POLIACRILAMIDA.

El método mediante el cual se hizo la separación electroforética de las proteínas del maíz, fue el seguido por Ruíz G., 1973 (22) - el cual consistió en la siguiente:

1.- Gel de separación:

Solución A ₁	HCl 1N	48 ml.
	Trishidroximetilaminometano	36.6 g.
	TEMED	0.23 ml.
Solución B ₁	Acrilamida	30.0 g.
	Bisacrilamida	0.8 g.
	Agua	100.0 ml. (aforo)
Solución C ₁	Persulfato de amonio	0.14 g.
	Agua	100.0 ml. (aforo)

El gel se hace preparando la siguiente mezcla:

1 volumen de solución A₁

2 volúmenes de solución B₁

4 volúmenes de solución C₁

1 volumen de agua.

La mezcla preparada se depositó en los tubos de vidrio en los cuales se efectuó la electrofóresis. El depósito de la mezcla se hizo por medio de una jeringa hipodérmica eliminando las burbujas de aire que pudieron quedar en el gel. Sobre el gel, se adicionaron 3 gotas de agua

con objeto de tener una superficie recta. Se dejó gelificar con ayuda de una lámpara de luz.

2.- Gel de concentración:

Solución A ₂	HCl 1N	48.0 ml.
	Trishidroximetilaminometano	5.98 g.
	TEMED	0.46 ml.
	Agua	100.0 ml. (aforo)
Solución B ₂	Acrilamida	10.0 g.
	Bisacrilamida	2.5 g.
	Agua	100.0 ml. (aforo)
Solución C ₂	Riboflavina	4.0 mg.
	Agua	100.0 ml. (aforo)

Se preparó la siguiente mezcla para formar el gel:

- 1 volumen de solución A₂
- 2 volúmenes de solución B₂
- 1 volumen de solución C₂
- 4 volúmenes de agua destilada.

Se eliminaron del tubo de electrofóresis las 3 gotas de agua - añadidas con anterioridad, introduciendo un pedazo de papel absorbente - sobre la superficie del gel, se lavó con una gota del gel de concentración y se adicionó aproximadamente un mililitro de la mezcla del gel de concentración a cada tubo. Al igual que en el caso anterior, se adicionaron 3 gotas de agua y se dejó gelificar bajo luz fluorescente.

Una vez que este gel hubo gelificado, los tubos se introdujeron en el aparato de electrofóresis. Con los tubos puestos en los lugares adecuados, se adicionó la mezcla proteica en cada tubo, dejando un tubo al cual únicamente se le añadió colorante con objeto de observar el corrimiento del frente o línea frente. A continuación y con mucho cuidado se adicionó el buffer elegido, con objeto de evitar que se derrame la mezcla proteica del tubo en que se depositó.

La preparación de las muestras se hizo disolviendo 25 mg. de muestra en un mililitro de buffer y 2 gotas de mercaptoetanol (hay que recordar que los enlaces disulfuro existentes en las glutelinas pueden escindirse por la acción de agentes reductores como lo son el mercaptoetanol).

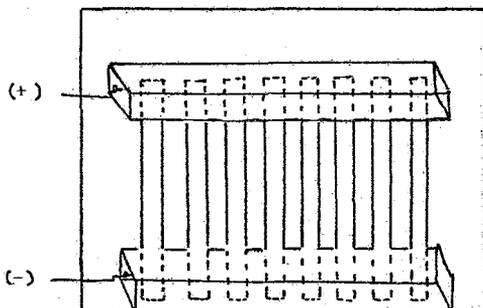
En el caso particular, el buffer elegido para efectuar la electrofóresis fue el amortiguador Tris - glicina, preparado de la siguiente forma:

Tris	6.0 g.
Glicina	28.8 g.
Agua	1.0 lt. (aforo)

en el momento de usar, se diluyó 10 veces.

El aparato usado para efecto de llevar a cabo la electrofóresis se observa en la figura No. 8.

FIGURA No. 8



Aparato de Electrofóresis

Una vez depositado el buffer, se conectaron los electrodos a la fuente de poder, aplicando un voltaje de 3 mA por tubo, dejándose el tiempo necesario para que la muestra se desplace hacia la parte terminal del tubo, pero evitando que la muestra salga del tubo; se desconecta el aparato y los geles se extraen de los tubos, lo cual se realiza - colocando los tubos en baño maría en un lapso aproximado de 5 minutos, y luego con ayuda de un alambre delgado y rígido, colocándose al chorro de agua fría, dando vueltas alrededor del interior del tubo, consiguiéndose así la separación de los geles del tubo.

La tinción de las proteínas separadas, se hizo colocando el - gel en una solución hecha a base de negro de amido en ácido acético al 7% durante 3 minutos. A continuación el gel se destiñó mediante cambios de ácido acético al 7% durante 2 días.

4.4 EXTRACCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y PREPARACIÓN DE ESTERES METÍLICOS.

La extracción de los ácidos grasos del maíz, se realizó tanto para la harina de maíz sin nixtamalizar como para la harina de maíz nixtamalizada a diferentes concentraciones de cal. El método se describe a continuación:

Después de la extracción de la grasa del maíz por el método de Soxhlet utilizando como disolvente éter etílico, se tomó un mililitro de aceite y se le agregaron tres mililitros de KOH en solución alcohólica - al 20%, y se puso a reflujo durante 15 minutos; al irse formando las sales de ácidos grasos se observa que las 2 fases que se tenían inicialmente, pasan a ser una sola. Este primer paso se realizó con el objeto de efectuar una hidrólisis alcalina, utilizando una base fuerte. Una vez que la hidrólisis hubo terminado, se pasaron las sales de ácidos grasos formados a un embudo de separación, añadiendo 20 ml. de agua y lavando - las paredes para eliminar completamente las sales de ácidos grasos hasta la completa disolución del jabón. La fase acuosa, que contenía las sales de ácidos grasos, se acidificó con HCl conc. hasta alcanzar un pH de 3.0 liberando así una mezcla de ácidos carboxílicos libres.

A continuación se extrajeron los ácidos grasos libres con hexano, para lo cual los ácidos ya liberados se pasaron a un embudo de separación y se agregaron 20 ml. de hexano, se agitó y se dejó reposar hasta que las 2 fases se separaron. Como siguiente paso, se descartó la fase acuosa, y la porción ácido graso-hexano se lavó con agua para eliminar -

el exceso de ácido que pudo haber quedado. La porción del hexano; se se-
có con Na_2SO_4 anhidro hasta quedar la disolución cristalina, se filtró y
se eliminó el hexano en un rotavapor.

En un matraz de 125 ml., los ácidos grasos hidrolizados fueron
depositados una vez que se hubieron pesado, y se les añadieron 3 ml. de
trifluoruro de boro en metanol y unas gotas de ácido sulfúrico concentra-
do, dando esto un color blanquecino que desapareció conforme se formaron
los ésteres metílicos; se pusieron a reflujo inmediatamente durante 20 -
minutos hasta que se observaron 2 fases, siendo la fase superior la de -
los ésteres metílicos. Una vez obtenidas las dos fases, se depositó la
mezcla en un embudo de separación y se añadieron 7 ml. de CCl_4 , se des-
cartó la fase acuosa y la superior se secó con Na_2SO_4 anhidro. Los éste-
res se diluyeron con 5 ml. de tetracloruro de carbono quedando así lis-
tas para inyectarse en el cromatógrafo de gases.

4.5 CROMATOGRAFIA DE ESTERES METILICOS DE ACIDOS GRASOS.

Con objeto de cuantificar los ácidos grasos, se trabajó con -
los ésteres metílicos de los mismos, mediante la técnica de Cromatografía
Gas - Líquido.

La separación de los diferentes ácidos grasos se efectuó en el
Cromatógrafo Varian Aerograph Series 2700, graficador Varian A-25 de la
Facultad de Química (División de Estudios Superiores, Departamento de -
Química Analítica).

Las condiciones bajo las cuales se trabajó la separación, fueron las siguientes:

Columna al 20% de DESS CHROM WAWDMES 80/100 8 ft. long. 1/8"

Material: Acero inoxidable.

Temperatura: Columna 190°C

Detector 225°C

inyector 225°C

Flujo de Nitrógeno: 40 ml./min.

Gas acarreador: Nitrógeno

Velocidad de la carta: 0.1 in /min.

4.6 DETERMINACION DE CARBOHIDRATOS.

La determinación de carbohidratos totales se efectuó utilizando el método Microcolorimétrico de Dubois et. al. (1956) (7), el cual consiste en lo siguiente: se depositaron 2 ml. de muestra sobre 6 ml. de ácido sulfúrico conc. y se añadió 0.1 ml. de fenol al 80%, el contenido fue rápidamente mezclado y se dejó reposar durante 10 minutos. Transcurrido este tiempo, se midió la densidad óptica a 490 nm. utilizando un blanco en un espectrofotómetro. De igual forma se preparó una curva estándar, utilizando almidón en lugar de la muestra.

4.7 DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES.

Para determinar el contenido de azúcares reductores en el neja

yote del maíz se utilizó el método de Nelson (1944), (18); que a continuación se describe:

Reactivos:

1. Reactivo de Cobre A o Reactivo A.- Disolver 25 g. de Na_2CO_3 anhidro, 25 g. de tartrato doble de sodio y potasio, 20 g. de NaHCO_3 y 200 g. de Na_2SO_4 anhidro en un litro de agua destilada.
2. Reactivo de Cobre B o Reactivo B.- Solución al 15% de CuSO_4 con unas dos gotas de H_2SO_4 .
3. Reactivo de color arsenomolibdato.- Disolver 25 g. de molbdate de amonio en 450 ml. de agua, añadir 21 ml. de H_2SO_4 , mezclar y añadir 3 g. de $\text{NaHASO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ disueltos en 25 ml. de agua, mezclar y poner en incubadora a 37°C durante 48 horas. El reactivo debe almacenarse en frascos de color ámbar.

El método en sí consistió en mezclar 25 partes del reactivo A con una parte del reactivo B y depositar 1 ml. de la mezcla A-B dentro de los tubos conteniendo 1 ml. de las muestras. A continuación poner los tubos durante 20 min. en un baño de agua hirviendo. Enfriar en agua fría y añadir 1 ml. del reactivo de arsenomolibdato a cada tubo. Diluir a 25 ml. y leer la densidad óptica a 750 nm. en un espectrofotómetro contra un blanco.

Al igual que en el caso anterior, hay necesidad de construir una curva estándar, pero esta vez utilizando glucosa.

4.8 DETERMINACION DE PENTOSANAS.

Esta determinación se hizo de acuerdo al método Pentosanas en Wods and Pulp. (24), que consiste en:

La muestra problema se deposita en un matraz de ebullición de 250 - 300 ml. y se añaden 20 g. de NaCl, 100 ml. de HCl 3.85 N y unas pocas piedras de ebullición. Se conecta el matraz al aparato de destilación marcando el nivel del ácido en el matraz. Se añaden 250 ml. de HCl 3.85 N al embudo de separación.

Se aplica calor y se destila el ácido en un rango uniforme - aproximadamente 2.5 ml. por minuto. El destilado se recoge en un matraz volumétrico de 250 ml. sumergido en un baño de hielo.

Durante la destilación debe mantenerse constante el volumen - del ácido en el matraz de ebullición por adición de HCl gota a gota o - por incrementos de 25 ml. cada 10 minutos. La destilación se continúa durante 90 ± 5 min., tiempo en el cual se habrán recolectado 225 - 235 ml. de destilado. El matraz con el destilado se lleva a 20°C y se agrega HCl 3.85N hasta el aforo, mezclar fuertemente. A continuación se - añaden 25 ml. del reactivo de orcinol a 5.0 ml. del destilado en un matraz aforado de 50 ml., mezclar y poner el matraz en un baño de agua a $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Después de 60 min. añadir etanol al 95% hasta la marca de - - 50 ml., mezclar y volver a ponerlo en el baño de agua. Después de 60 - min. medir la densidad óptica de la solución en un espectrofotómetro a

630 nm contra un blanco.

Para esta determinación, fue necesario hacer también una curva estándar, utilizando esta vez xilosa seca.

Los cálculos se hacen por la siguiente fórmula:

$$\text{xilana mg} = \text{xilosa mg} \times 0.88$$

$$\% \text{ Pentosanas} = \frac{\text{mg xilana en la muestra}}{\text{peso seco de la muestra g}} \times 100.$$

RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

CUADRO No. 6

5.1 ANALISIS BROMATOLOGICO DE MAIZ[†]

	Harina de maíz sin Nixtamalizar (%)	Harina de Maíz Nixtamalizada (%)
% Humedad	12	11.6
% Cenizas	1.62	1.70
% Grasa Cruda	5.0	4.7
% Fibra Cruda	1.53	1.42
% Proteína	7.0	6.41
% Carbohidratos	72.83	74.16
(por diferencia)		

[†] Maíz H-129 F-2 cristalino blanco. Únicamente se nixtamalizó con 1% - cal y fue el utilizado en la extracción de proteínas.

En esta primera parte del trabajo se pudo observar que el contenido de humedad varía muy poco, y esto básicamente se debe al manejo - que tuvo cada una de las diferentes harinas. Estas diferencias se pueden observar en los cuadros 6 y 7.

En los mismos cuadros (6 y 7) se puede ver el aumento en el - contenido de cenizas; se puede decir que éste se ve incrementado debido a que se introducen principalmente iones calcio, los cuales se cuantifican en la determinación que lleva ese nombre. La gráfica correspondiente es la No. 1.

CUADRO No. 7

ANALISIS BROMATOLOGICO DE HARINA DE MAIZ⁺

	Porciento de cal en la Nixtamalización.				
	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %
% Humedad	11.9	12.0	11.8	12.1	12.0
% Cenizas	1.13	1.17	1.18	1.70	1.90
% Grasa	4.9	4.7	4.69	4.74	4.70
% Proteína	7.61	7.52	7.43	7.25	7.17
% Fibra Cruda	1.47	1.36	1.27	1.13	1.12
% Carbohidratos	72.97	73.17	73.60	73.06	73.10
(por diferencia)					

+ El maíz utilizado en este análisis, así como para la determinación de ácidos grasos y carbohidratos, fue adquirido en el mercado por lo que no se sabe su procedencia.

CUADRO No. 8

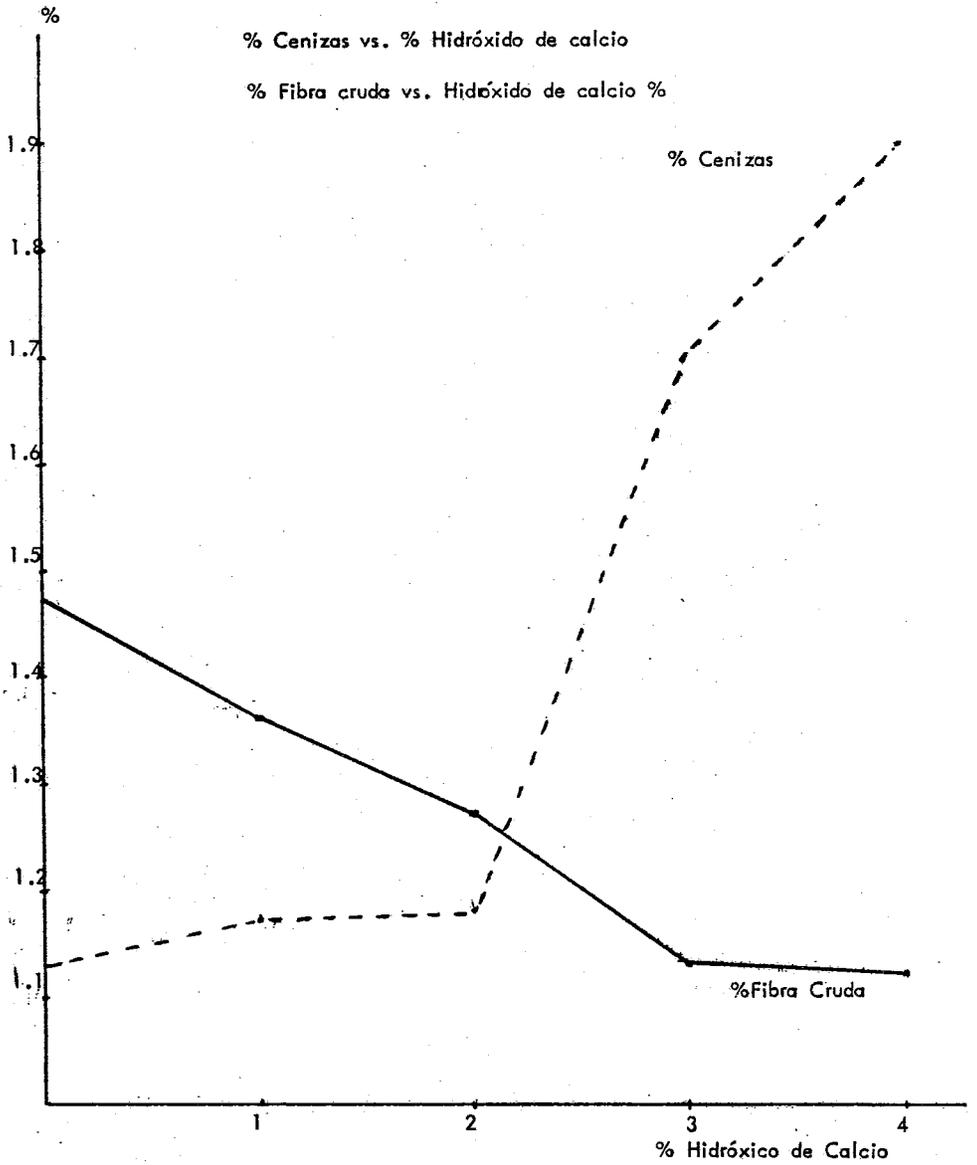
PORCIENTO DE PROTEÍNA EN EL NEJAYOTE.

	Por ciento de cal en la Nixtamalización.				
	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %
% Proteína en Nejayote (base húmeda)	0.144	0.231	0.319	0.504	0.69
% Proteína en Nejayote (base seca)	4.57	5.04	5.06	7.37	7.69
% Sólidos totales	3.05	4.38	5.92	6.40	8.23

GRAFICA No. 1

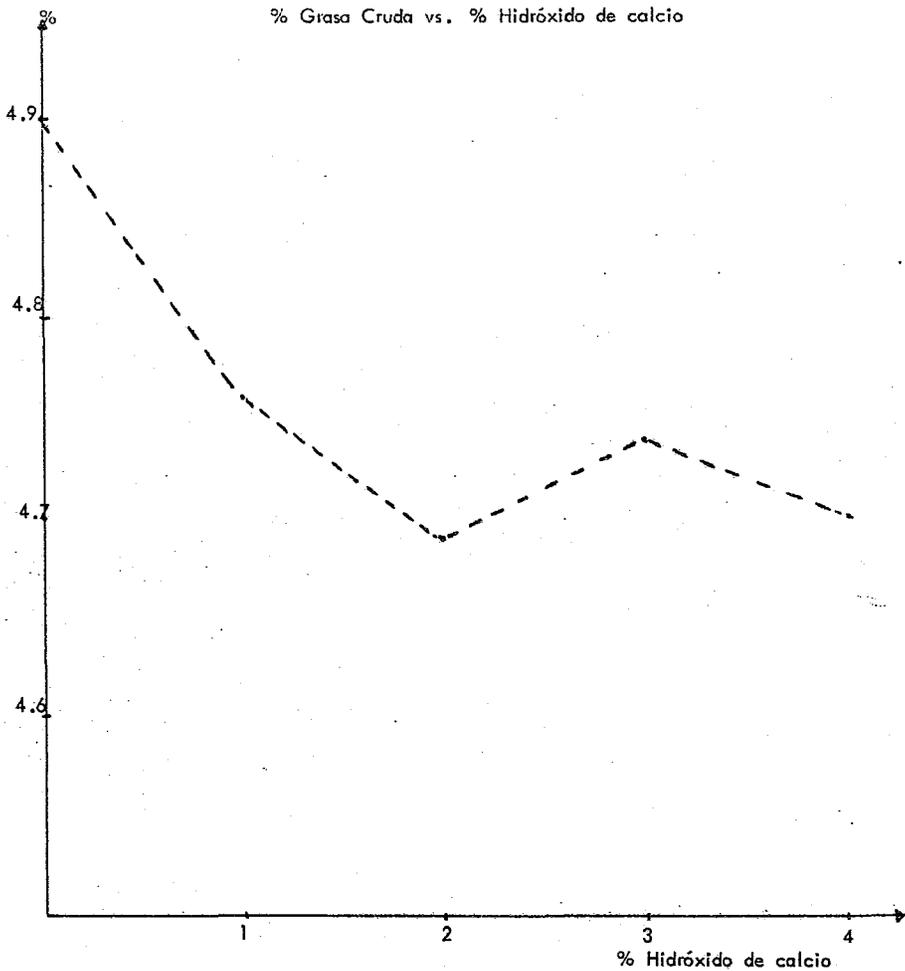
% Cenizas vs. % Hidróxido de calcio

% Fibra cruda vs. Hidróxido de calcio %



GRAFICA No. 2

% Grasa Cruda vs. % Hidróxido de calcio



En cuanto al porcentaje de grasa se refiere, los cuadros 6 y 7 indican una disminución en el contenido lipídico, debido básicamente a la acción que tiene el hidróxido de calcio sobre los ácidos grasos; esta acción es una hidrólisis alcalina que da como resultado la formación de ésteres, observándose en la gráfica 2.

Por otro lado, se puede decir que el contenido de fibra cruda se ve disminuido como resultado de la reacción entre el hidróxido de calcio y la celulosa que se encuentra en la cascarilla (parte estructural del grano de maíz) del grano. Posteriormente, debido al lavado profundo que sufre el nixtamal, la cascarilla pasa al nejayote, y por lo tanto ya no es cuantificada en la harina. Esta disminución se puede observar en los cuadros 6 y 7, y gráfica 1. Conviene señalar que el paso de la cascarilla al nejayote, hace que el maíz sea más digerible por el hombre, y que la celulosa no pueda aprovecharse en el organismo humano como elemento nutritivo.

Asimismo, se puede observar en los cuadros 6 y 7 un notable decremento en cuanto a la proteína del maíz se refiere. Esta disminución se debe a la solubilidad de algunas fracciones que son solubles en agua (fracciones proteicas) y aquéllas que son afectadas por el medio alcalino. Por otro lado, en el cuadro No. 8 se observa que el contenido de proteína en el nejayote aumenta al aumentar el porcentaje de cal utilizado en la nixtamalización, esto nos indica que la proteína perdida en la harina durante la nixtamalización se encuentra localizada en su mayor parte en el agua de lavado o nejayote. Gráficamente lo podemos ver en las gráficas No. 3 y 4.

5.2 RENDIMIENTO EN LA EXTRACCION PROTEICA.

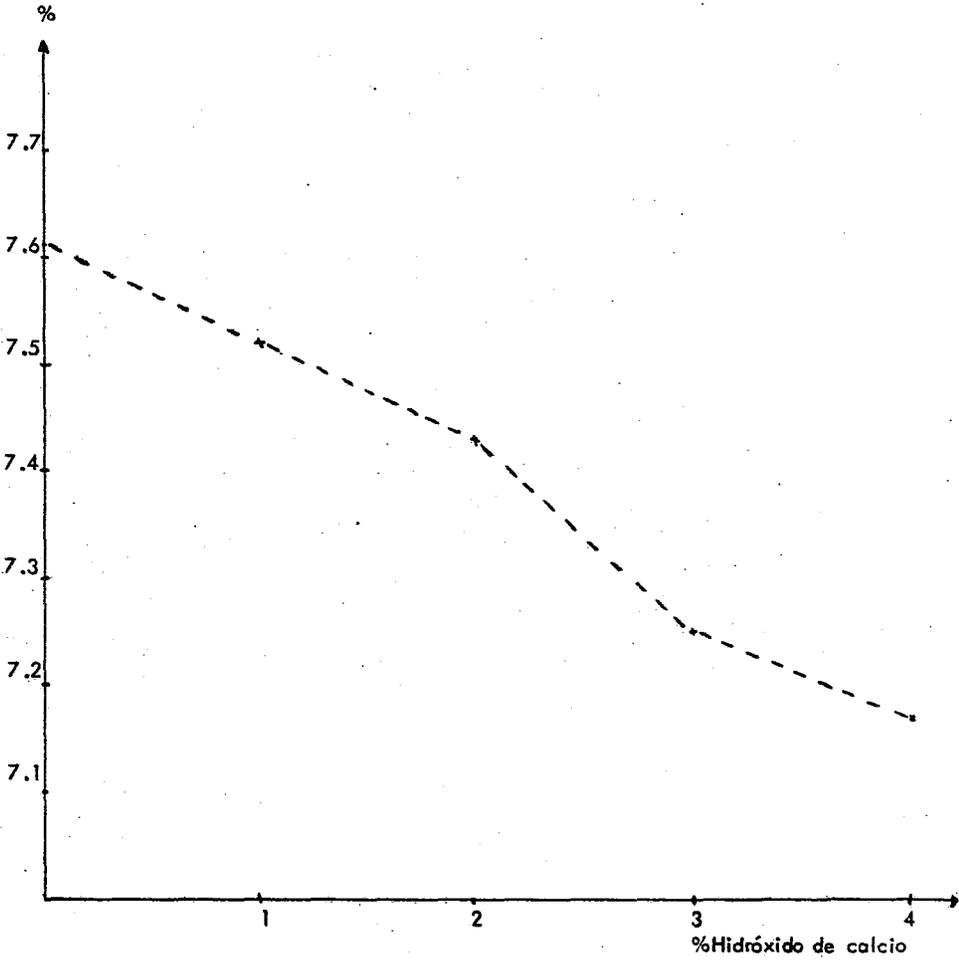
CUADRO No. 9

Maíz sin Nixtamalizar		Maíz H-129 F-2 Cristalino blanco		
Muestra en base húmeda	10.0 g.			
Muestra en base seca	8.8 g.			
% Humedad	12.0			
% Proteína	7.0			
Proteína total g.	0.584			
Fracción proteica	g. proteína	% N	% Proteína	Proteína extraída (g)
Albúmina	0.213	5.01	31.31	0.066
Globulina	0.269	0.307	1.918	0.0051
Prolamina	0.175	4.91	30.68	0.053
Glutelina soluble	0.264	0.68	4.25	0.011
Glutelina insoluble	0.361	6.150	38.43	0.13
Residuo final de la extracción	7.270	0.224	1.4	0.10
Total	8.552			0.374
Rendimiento global en la extracción			97.18%	
Rendimiento en la extracción de proteína			60.76%	

GRAFICA No. 3

% Proteína vs. % Hidróxido de calcio.

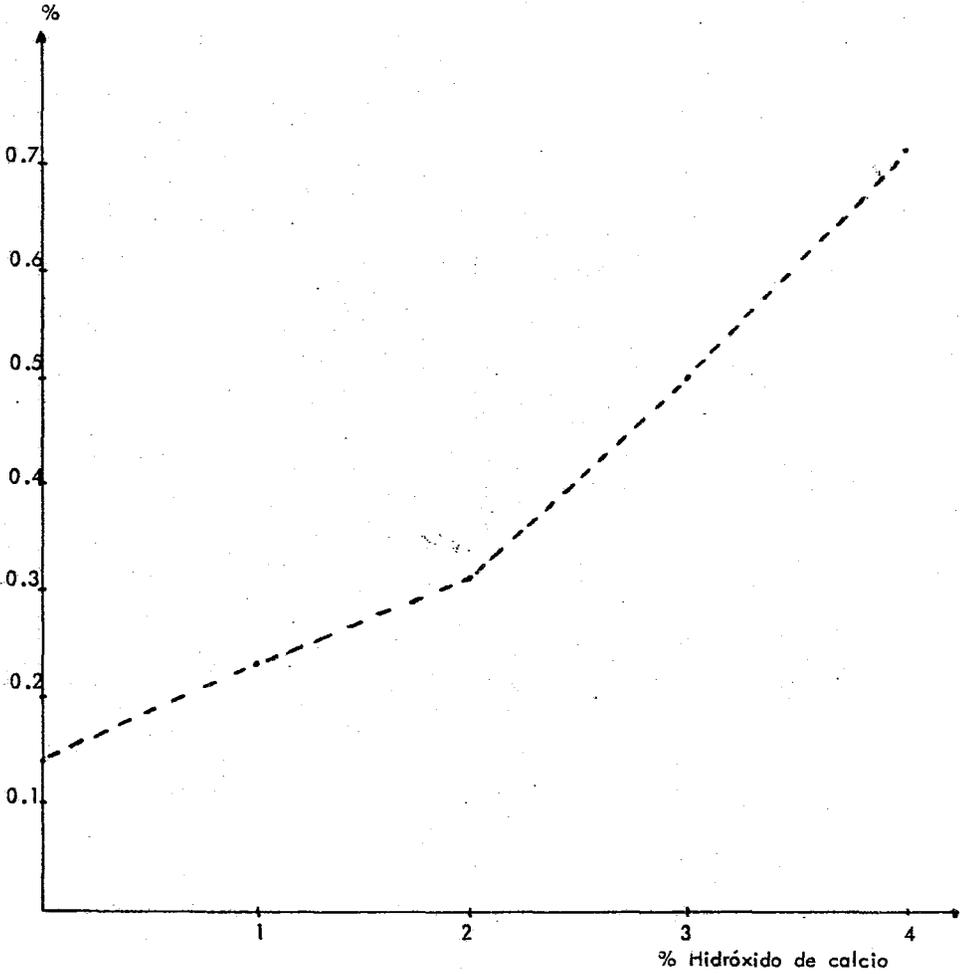
(base humeda)



GRAFICA No. 4

% Proteína en Nejayote vs. % Hidróxido de calcio

(base húmeda)



CUADRO No. 10

Maíz Nixtamalizado

Maíz H-129 F-2 Cristalino blanco.

Muestra base húmeda	10.0 g.			
Muestra base seca	8.84 g.			
% Humedad	11.6			
% Proteína	6.41			
Proteína total g.	0.566			
Fracción proteica	g. proteína	% N	% Proteína	Proteína extraída (g.)
Albúmina	0.184	5.216	32.60	0.059
Globulina	0.379	0.405	2.53	0.009
Prolamina	0.208	2.57	16.062	0.033
Glutelina soluble	0.286	0.962	6.012	0.017
Glutelina insoluble	0.299	8.21	51.312	0.146
Residuo final	5.633	0.378	2.363	0.133
Total	6.989			0.397
Rendimiento global de la extracción		79.06%		
Rendimiento en la extracción proteica		70.12%		

Como se puede observar, en los cuadros 9 y 10 se puede decir - que los resultados obtenidos en la fraccionación proteica, fueron satisfactorios; además, se observó que con la nixtamalización la fracción prolamina se ve disminuida, y que la fracción glutelina insoluble está aumentada, esto se debe a que dicha fracción no es fácilmente liberada del grano, mientras que las demás fracciones no sufrieron cambios notables.

5.3 ELECTROFORESIS

FIG. 9

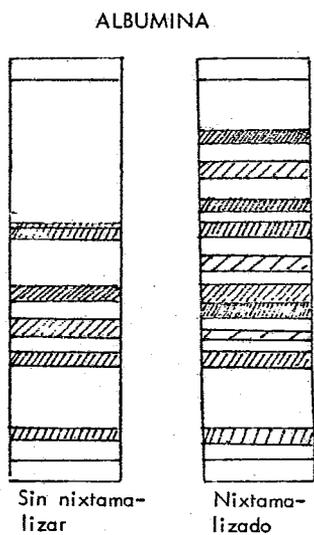
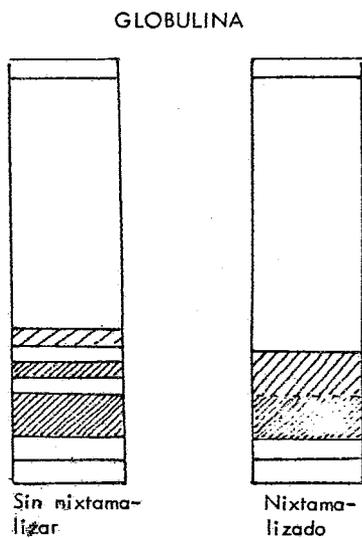


FIG. 10



GLUTELINA SOLUBLE

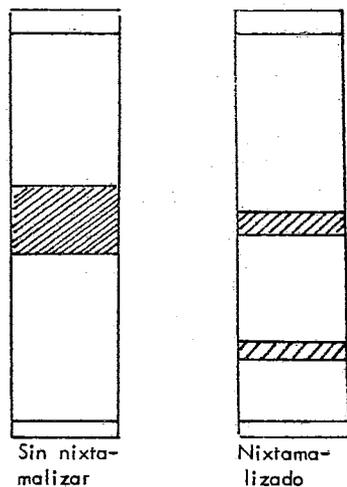
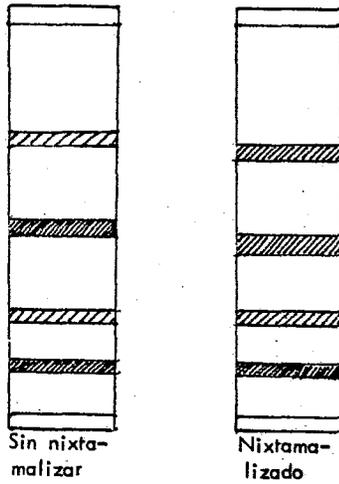


FIG. 11

FIG. 12

GLUTELINA INSOLUBLE



PROLAMINA

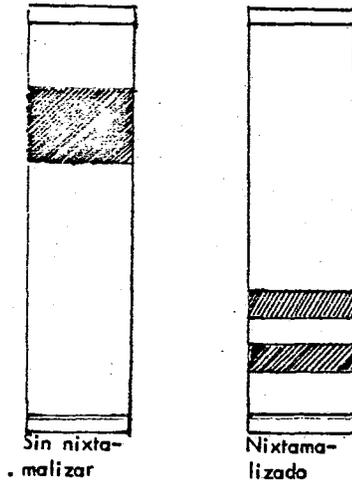


FIG. 13

Las condiciones de electroforesis fueron:

Temperatura de corrimiento : Refrigeración.

Buffer : Tris - glicina.

Tiempo de corrimiento : 2 horas.

Colorante para teñir : Negro de amido en ácido acético.

Voltaje : 3 mA por tubo.

pH : 8.5

Concentración de las muestras : 1875 mg. por tubo.

A pesar de que la bibliografía reporta que con 60 - 100 mg. de muestra se obtienen buenos resultados, en el presente trabajo fue necesario aumentar la cantidad a 1875 mg. para obtener resultados.

Por lo que a la electroforesis se refiere, se puede decir que la fracción ceña está constituida por una sola subunidad y en el maíz - sin nixtamalizar y en el maíz nixtamalizado por 2 subunidades como se muestra en la figura 10. Se puede observar que en la electroforesis de la prolamina aparece una banda indicando una gran concentración de subunidades, lo cual se puede ver en la intensidad y el tamaño de la banda obtenida en el gel.

Los resultados obtenidos de la electroforesis de la fracción - albúmina (figura 6), son satisfactorios principalmente en la harina de - maíz nixtamalizada.

Se puede deducir que la banda número 2 de ambas harinas sean la misma unidad; se observa en la banda número 5 y 7 de la harina sin nixtamalizar y nixtamalizada, respectivamente, la intensidad del color semejante por lo que se considera que sean la misma subunidad, además estas bandas presentaron la misma movilidad; esto muestra la relación de las unidades presentes.

Por lo que se refiere a la banda número uno de ambas harinas, se encuentra una subunidad semejante, sólo que en el maíz nixtamalizado se encuentra en menor cantidad.

La separación de las subunidades, indican un amplio rango de pesos moleculares.

Por lo que se refiere a la electroforesis en la fracción proteica de las globulinas, únicamente se lograron separar 3 bandas en el maíz no nixtamalizado y 2 bandas en el maíz nixtamalizado.

Se cree que las bandas número 1 en ambas harinas son la misma unidad, pero en mayor concentración en el maíz nixtamalizado (figura 9).

En cuanto a la fracción glutelina insoluble, se piensa que las bandas número 1 en ambas harinas sean las mismas debido a la movilidad que presentan y a la intensidad del color. Esto se observa en la figura 12. En la figura 11 se muestran las bandas obtenidas en la electroforesis en las que pudiera ser que la banda 1 del maíz sin nixtamali

zar y la banda 2 del maíz nixtamalizado sean la misma unidad. También se piensa en la posibilidad de que la fracción glutelina no haya sido bien - tratada, y por lo tanto una separación satisfactoria no pudo ser obtenida.

5.4 RENDIMIENTOS DE ACIDOS GRASOS.

El cuadro número 11 muestra el rendimiento obtenido de la extracción de los ácidos grasos del maíz.

CUADRO No. 11
Rendimiento de la extracción

% Cal en la Nixtamalización	Grasa (g)	Acidos grasos (g)	Rendimiento de la extracción (%)
Patrón	1.03751	0.63675	61.37
0	0.91444	0.67379	73.68
1	0.81850	0.57764	70.57
2	0.80584	0.53521	66.41
3	0.83119	0.73421	88.33
4	0.84014	0.49690	59.14

Nota: Como patrón se utilizó un aceite de maíz marca Mazola.

Con referencia al rendimiento de la extracción de ácidos grasos, como lo muestra el cuadro número 11, se puede decir que fue adecuado en cuanto al porcentaje obtenido.

El cuadro No. 12 indica el contenido de cada ácido graso en las harinas de maíz nixtamalizado con diferentes porcentajes de cal, y se observa que el ácido palmítico, el ácido esteárico y el ácido oleico aumentan al aumentar el contenido de cal, es decir, se incrementan conforme aumentan el tratamiento alcalino, esto hace suponer que el tratamiento alcalino provoca que los lípidos queden más expuestos en el grano de maíz cuando se trabaja con concentraciones mayores de cal, y por lo tanto son más fácilmente extraíbles del grano mismo.

5.5 DERIVADOS METILICOS.

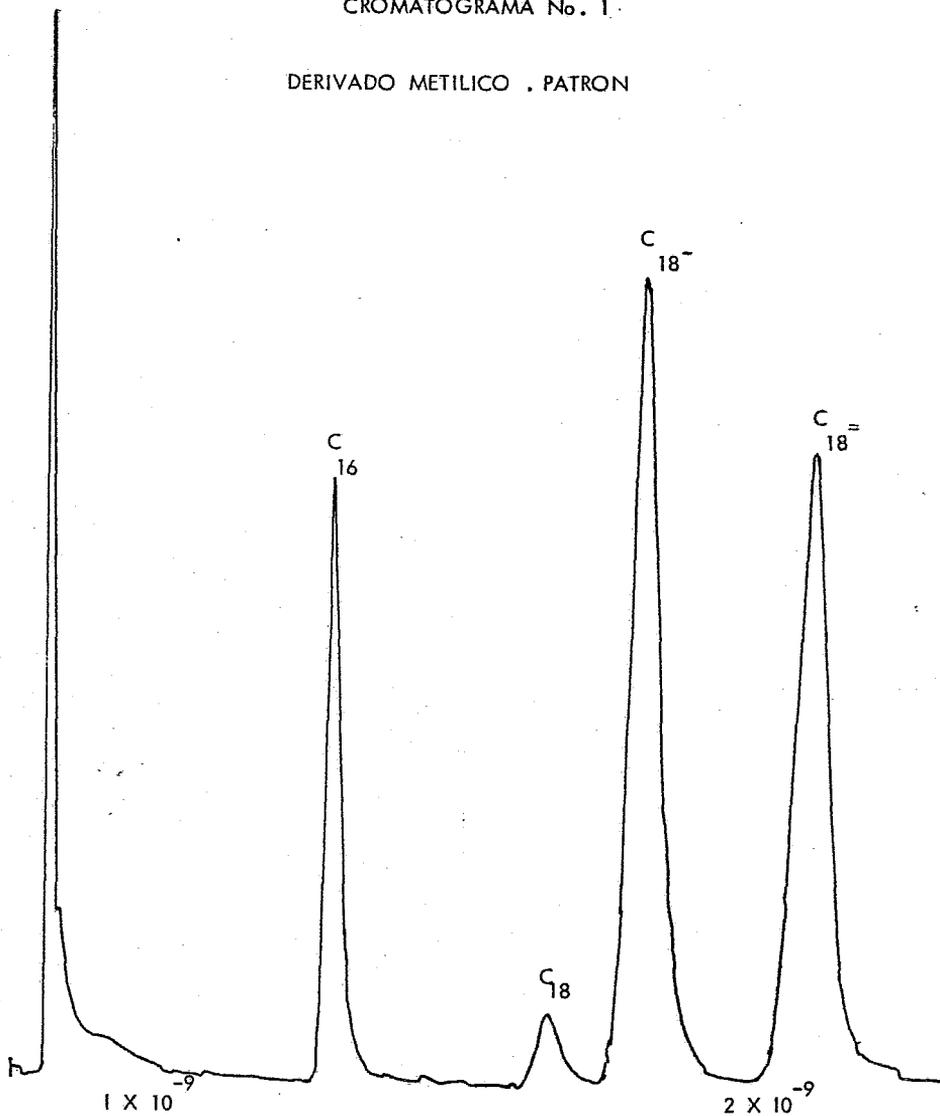
CUADRO No. 12

DERIVADO		% AREA				
Acido graso	Patrón	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %
Palmítico 16:0	9.372	10.98	11.73	14.54	13.06	13.52
Esteárico 18:0	2.008	2.122	2.19	3.03	2.84	2.89
Olaico 18:1	31.38	31.70	31.08	33.93	39.77	42.51
Linoleico 18:2	57.23	55.19	54.98	48.48	44.31	41.06

El % de área se determinó por el Método de Triangulación.

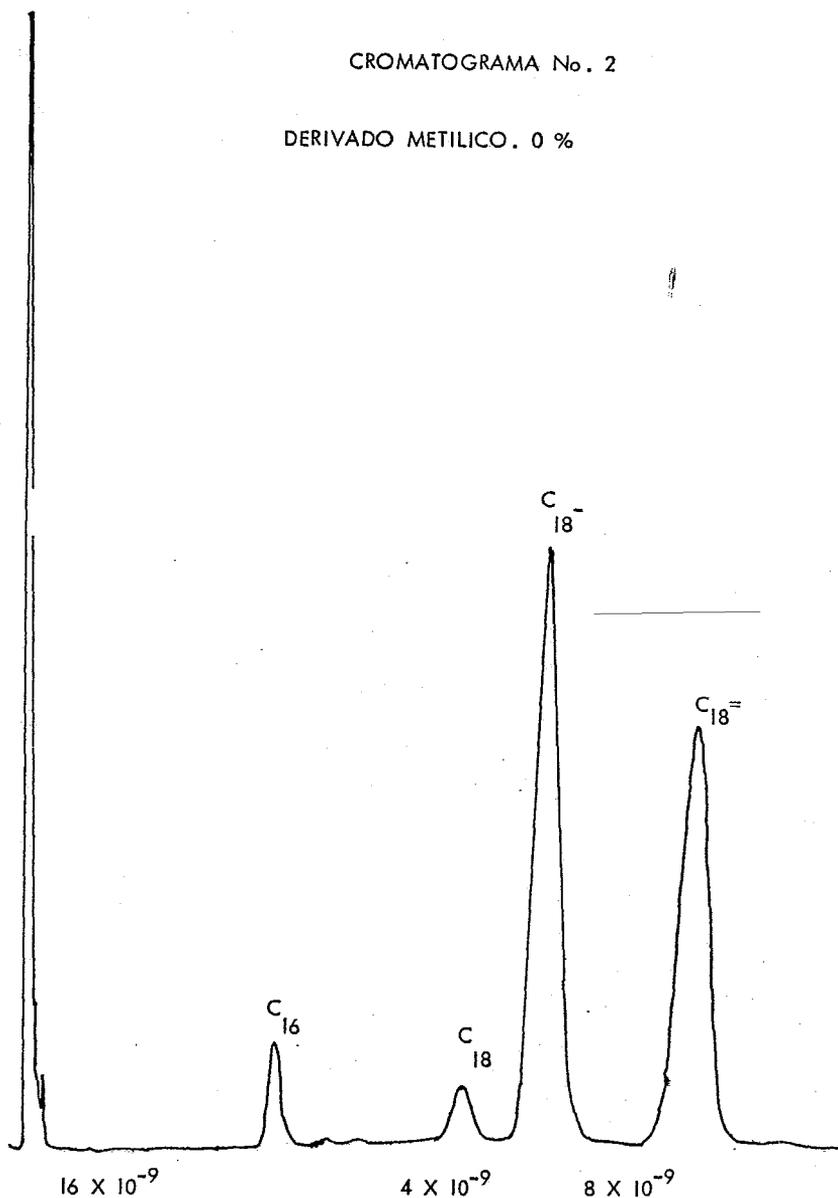
CROMATOGRAMA No. 1.

DERIVADO METILICO , PATRON



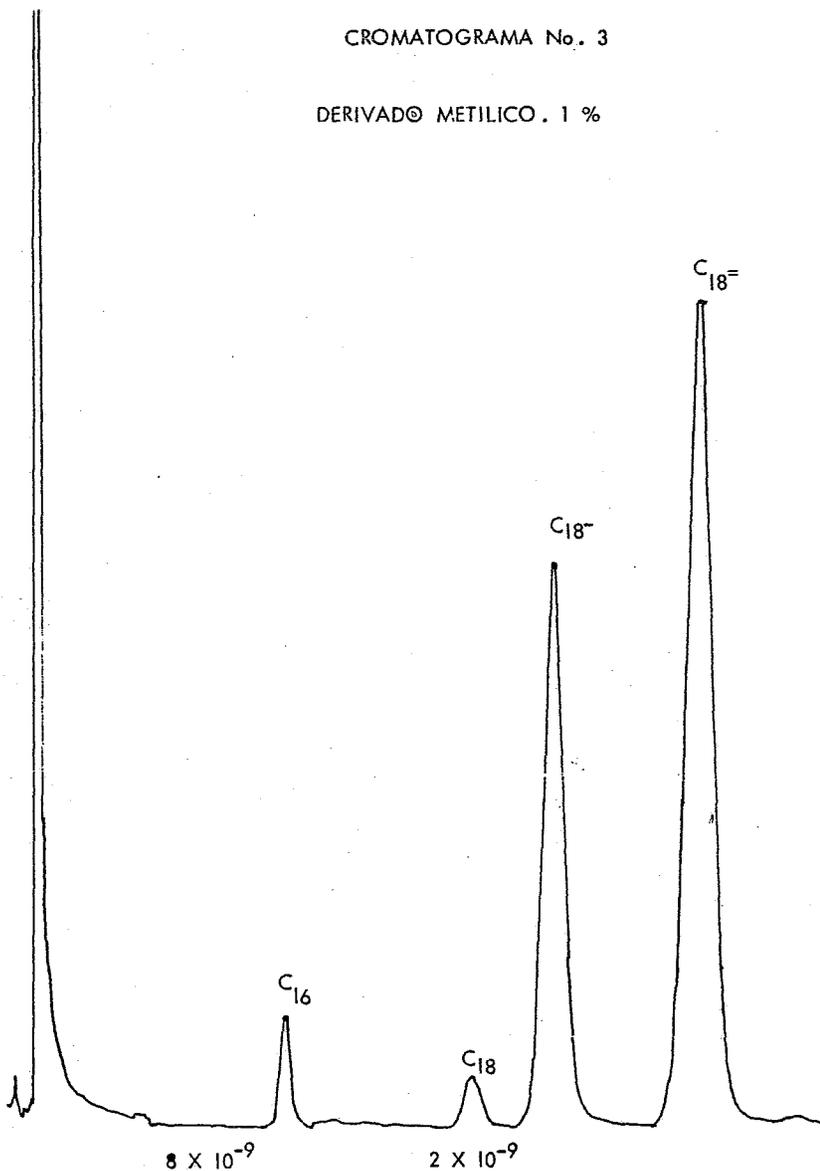
CROMATOGRAMA No. 2

DERIVADO METILICO. 0 %



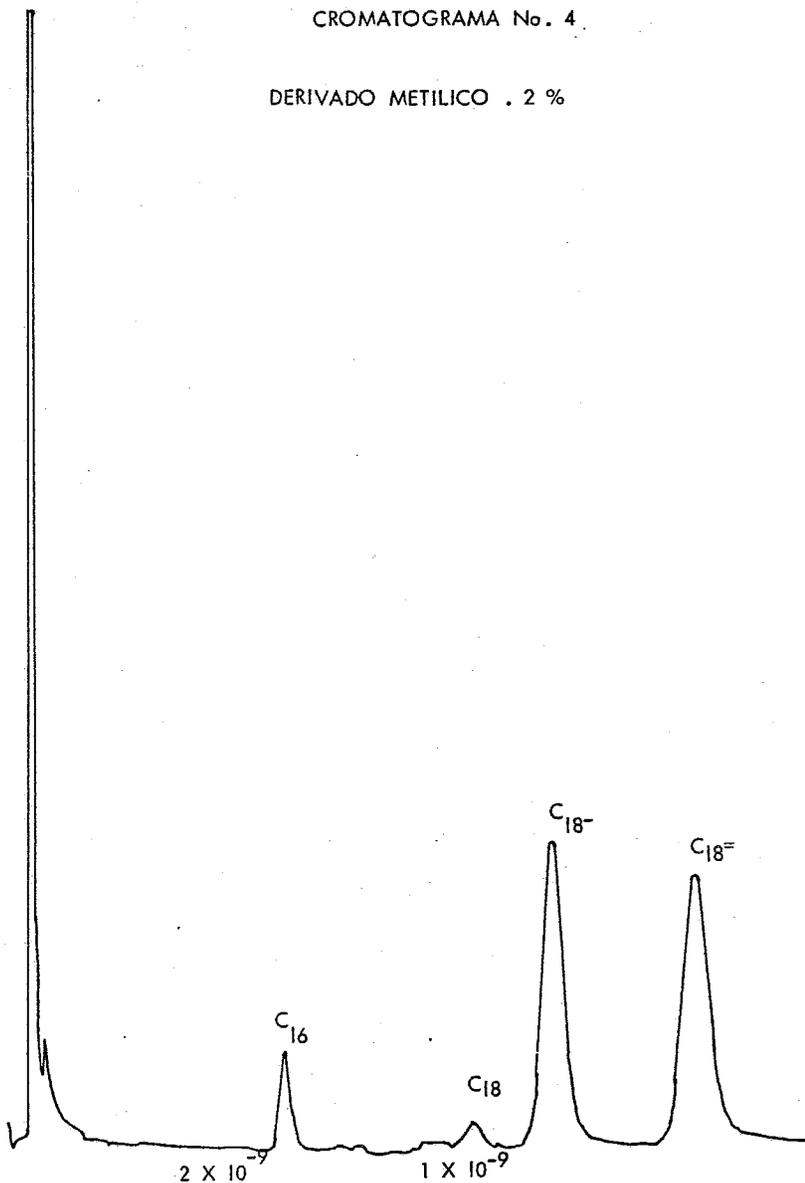
CROMATOGRAMA No. 3

DERIVADO METILICO . 1 %



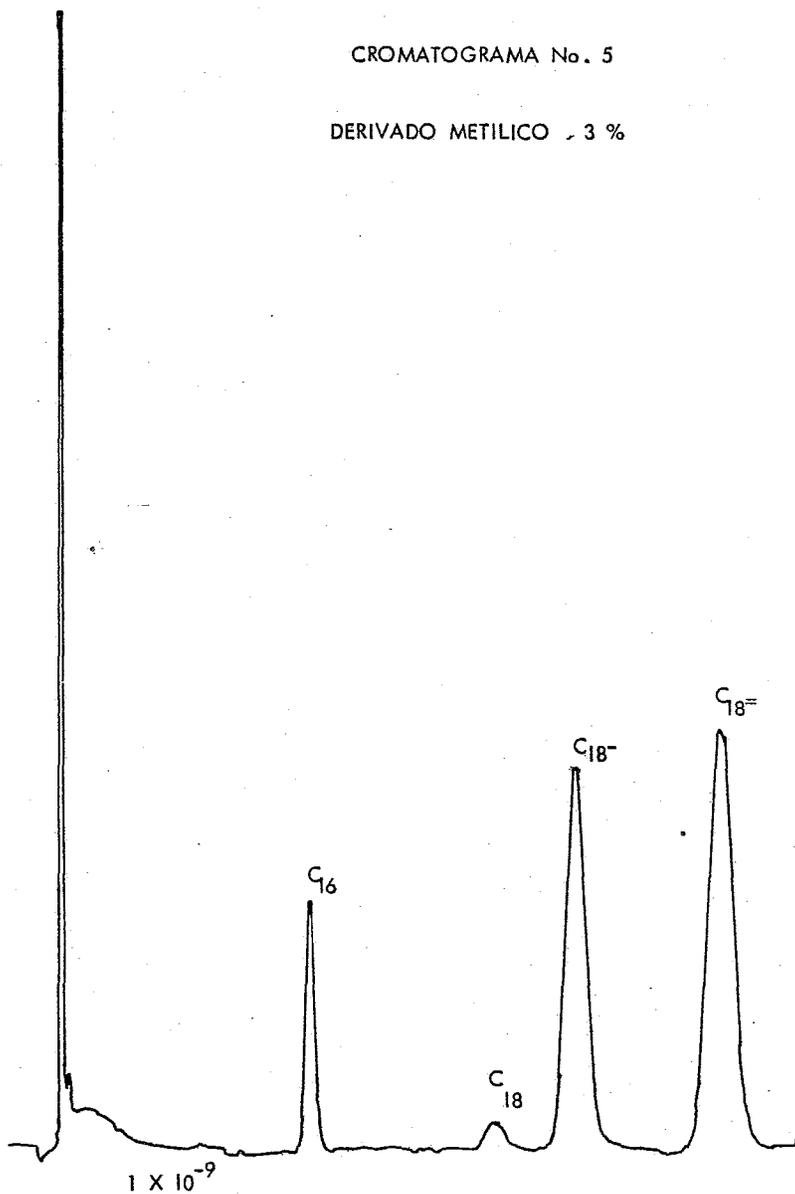
CROMATOGRAMA No. 4

DERIVADO METILICO . 2 %



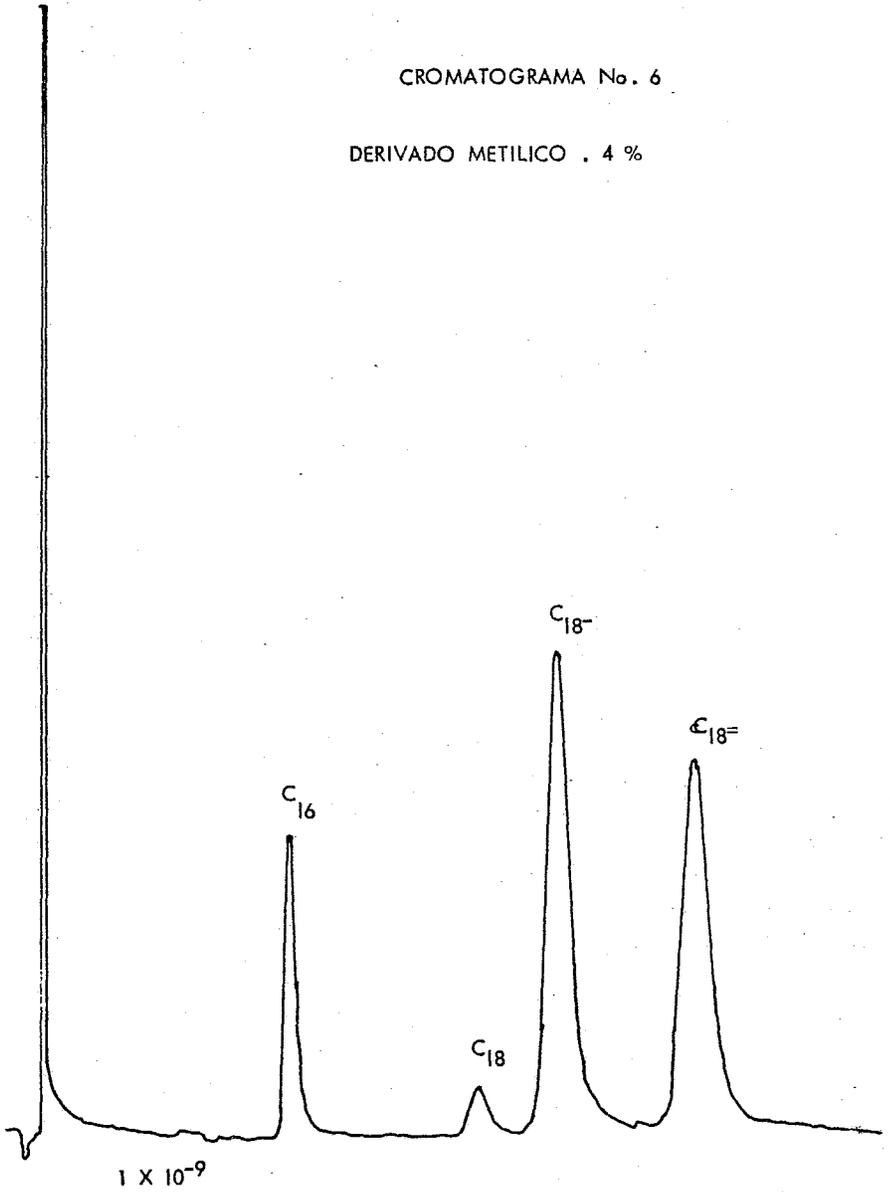
CROMATOGRAMA No. 5

DERIVADO METILICO 3 %



CROMATOGRAMA No. 6

DERIVADO METILICO . 4 %



En este cuadro se observa que el ácido esteárico es el que se encuentra en menor proporción, y que el ácido linoleico disminuye progresivamente al aumentar el contenido de cal. Esta disminución va desde un 55 hasta un 41%; siendo este ácido un ácido graso esencial, esto debe ser tomado muy en cuenta. Es importante señalar que, mientras el ácido linoleico es un ácido graso insaturado, disminuye; el ácido graso oleico aumenta siendo este también un ácido graso insaturado.

Existe en el maíz también un ácido graso de 14 carbonos que es el mirístico, el cual no se obtuvo en el cromatograma (17), este ácido existe en una proporción de 0 a 2%, por lo que se puede decir que el maíz con el que se trabajó, o no lo contenía o se perdió durante el proceso de extracción. Las gráficas No. 5 y 6 muestran el incremento y decremento de los ácidos grasos.

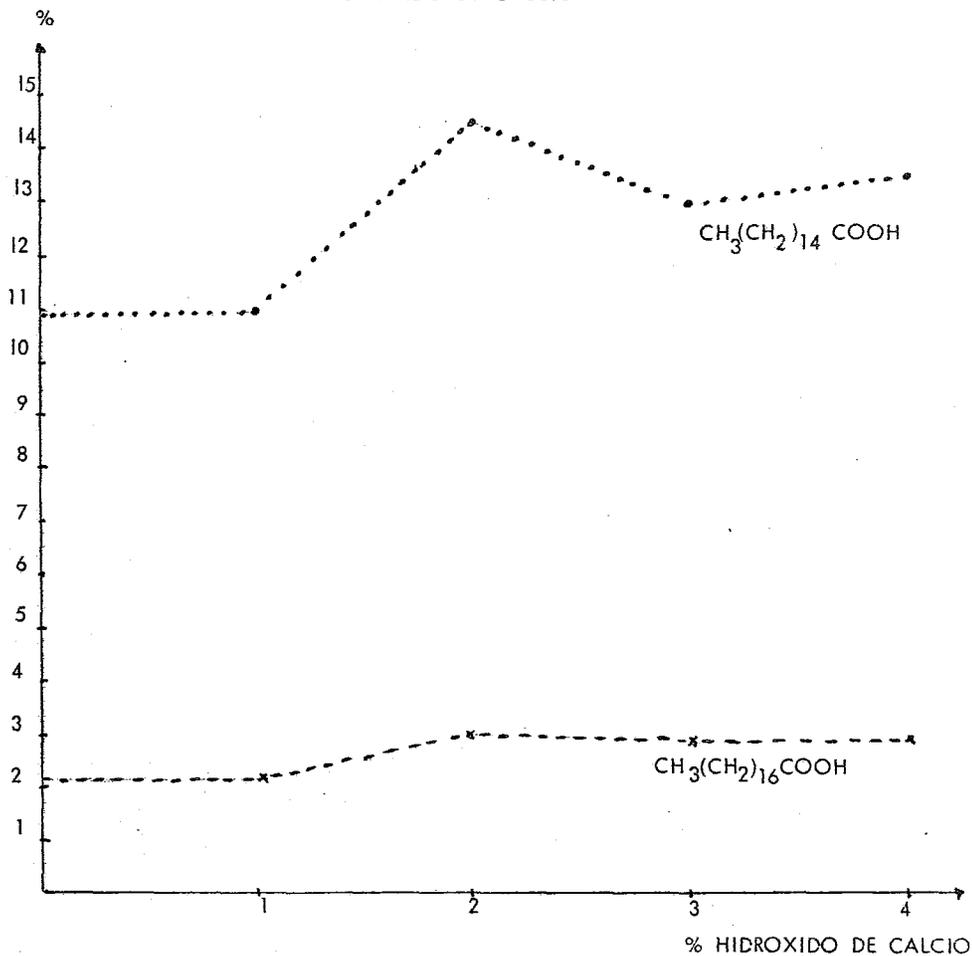
5.6 CARBOHIDRATOS.

Los siguientes cuadros muestran las determinaciones de contenido de azúcares reductores, carbohidratos totales y pentosanas, cuantificadas a diferentes concentraciones de cal, así como las curvas estándar correspondientes a cada una de ellos.

GRAFICA No. 5

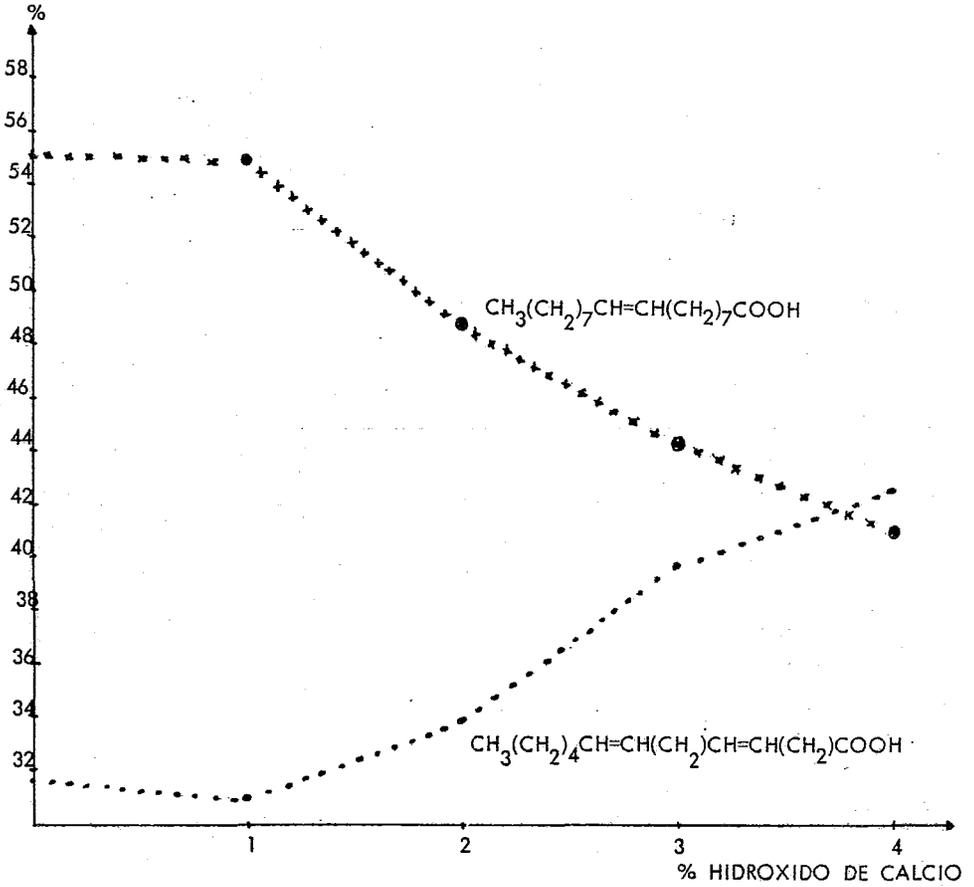
ACIDOS GRASOS SATURADOS vs.

% HIDROXIDO DE CALCIO



GRAFICA No. 6

ACI DOS GRASOS INSATURADOS vs.
% HIDROXIDO DE CALCIO



CUADRO No. 13

Curva estándar de glucosa.

MICROGRAMOS DE GLUCOSA	D.O.
25	0.16
50	0.39
100	0.75
150	1.21
200	1.64

CUADRO No. 14

Determinación de azúcares reductores en el Nejayote

% Cal	Microgramos de glucosa
0	85
0.5	32
1.0	20
2.0	12
3.0	5

CUADRO No. 15

Curva estándar de Almidón.

Microgramos de almidón	D.O.
25	0.22
50	0.50
100	0.62
125	0.88
150	1.01
200	1.16

CUADRO No. 16

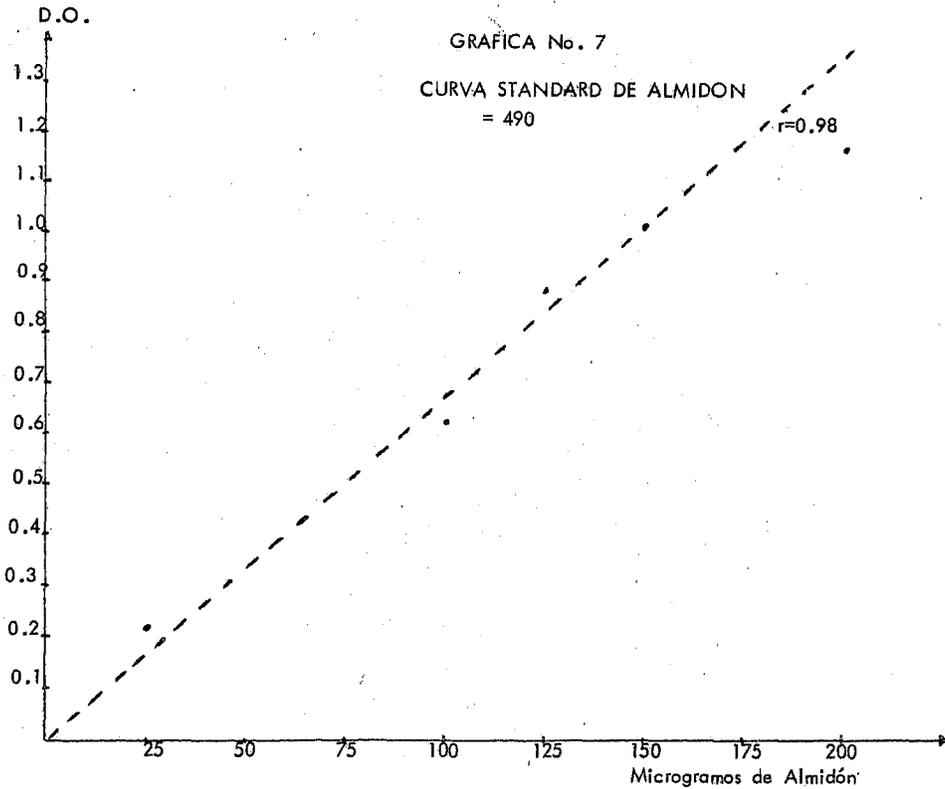
Determinación de carbohidratos totales

Microgramos de almidón	% Cal
13.0	0
37.5	0.5
42.5	1.0
51.0	2.0
60.0	3.0
66.0	3.5

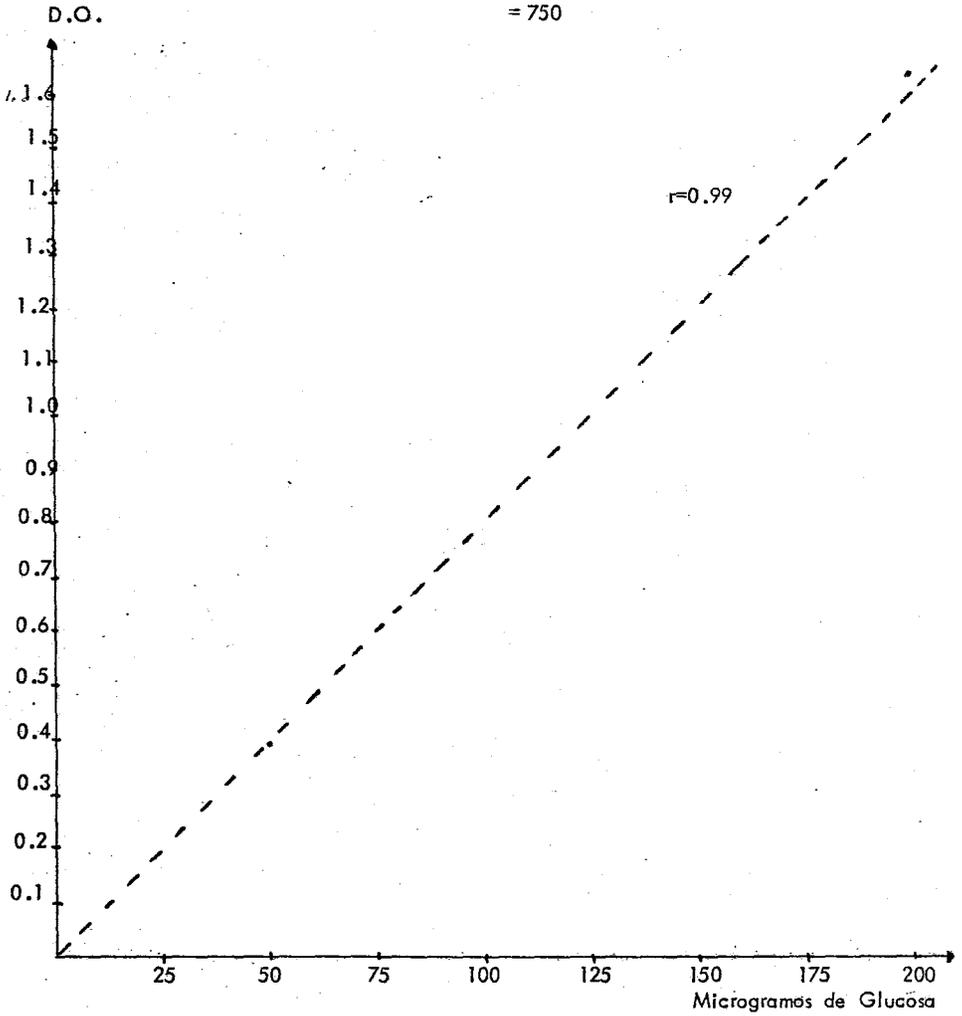
Por lo que se refiere al contenido de carbohidratos cuantificados en el nejayote, se determinaron como almidón total; lo que se obtuvo fue lo que se muestra en el cuadro número 16, en el que se observa que a medida que aumenta el tratamiento alcalino el contenido de almidón también aumenta, lo cual es lógico debido a que la nixtamalización provoca que los granos de almidón se hinchen, provocando una mayor desintegración del endospermo del grano en donde se localiza el almidón. La hidrólisis alcalina de la molécula de almidón proporciona residuos de glucosa que es lo que se cuantifica en el nejayote. Esto se observa también en la gráfica No. 9.

En el cuadro No. 14 y en la gráfica 9 se observa que el contenido de azúcares reductores decrece al incrementar el tratamiento alcalino, esto se debe a que el tratamiento alcalino sea fuerte, provocando que los monosacáridos presentes en el nejayote sean oxidados hasta ácidos monocarboxílicos, lo cual se podría verificar mediante la cuantificación del ácido monocarboxílico formado; por ejemplo el ácido glucónico que es el ácido formado por la oxidación del grupo aldehídico de la glucosa.

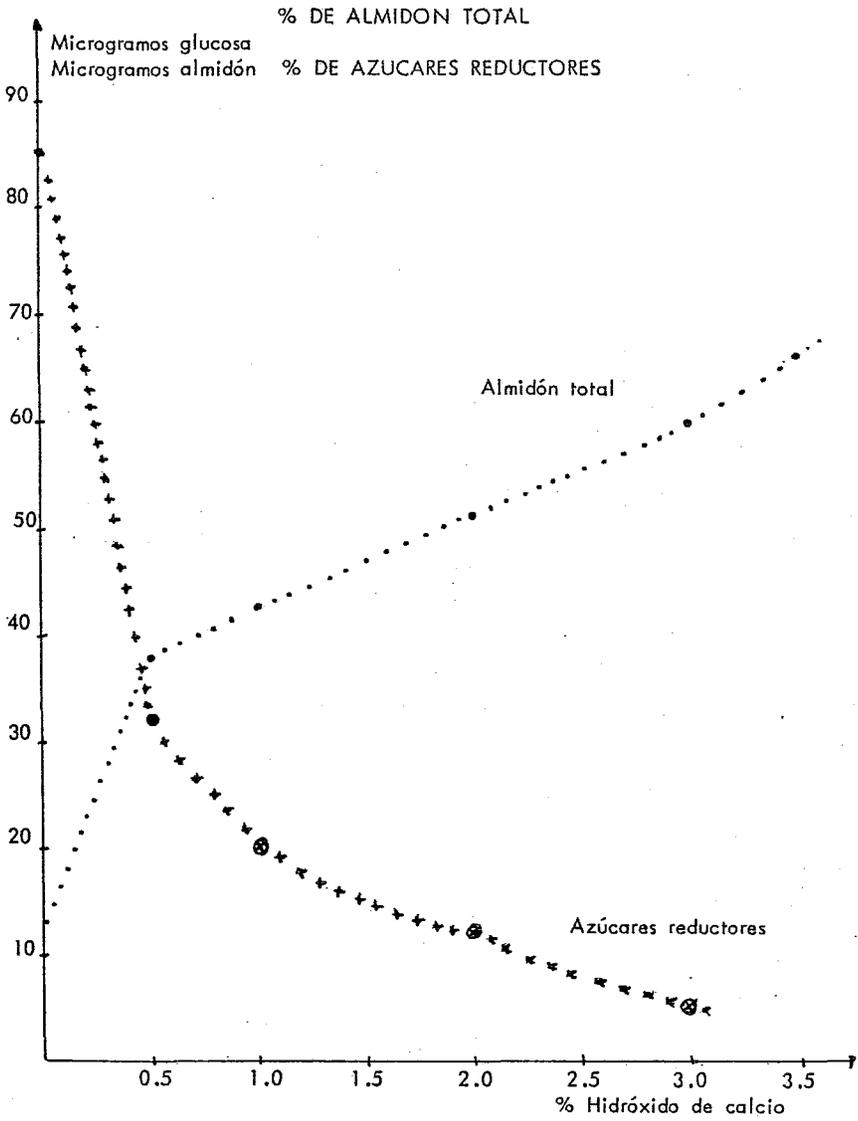
En cuanto a la cuantificación de pentosanas, se sabe que la cascarrilla del grano está compuesta por hemicelulosa, la que a su vez está formada por moléculas de pentosas, principalmente xilosa. El contenido de pentosanas según el cuadro No. 18 aumentan conforme aumentan el % de cal en la nixtamalización, esto nos indica que la pérdida de hemicelulosa del grano es mayor cuanto más fuerte es el tratamiento alcalino. Esta pérdida de hemicelulosa hace que el grano sea más digerible debido a



GRAFICA N^o. 8
CURVA STANDARD DE GLUCOSA



GRAFICA No. 9



CUADRO No. 17

Curva estándar de Xilosa

Miligramos de xilosa	mg. xilosa	D.O.
10	8.8	0.045
20	17.6	0.088
40	35.2	0.199
60	52.8	0.292
80	70.4	0.373
100	88.0	0.479

CUADRO No. 18

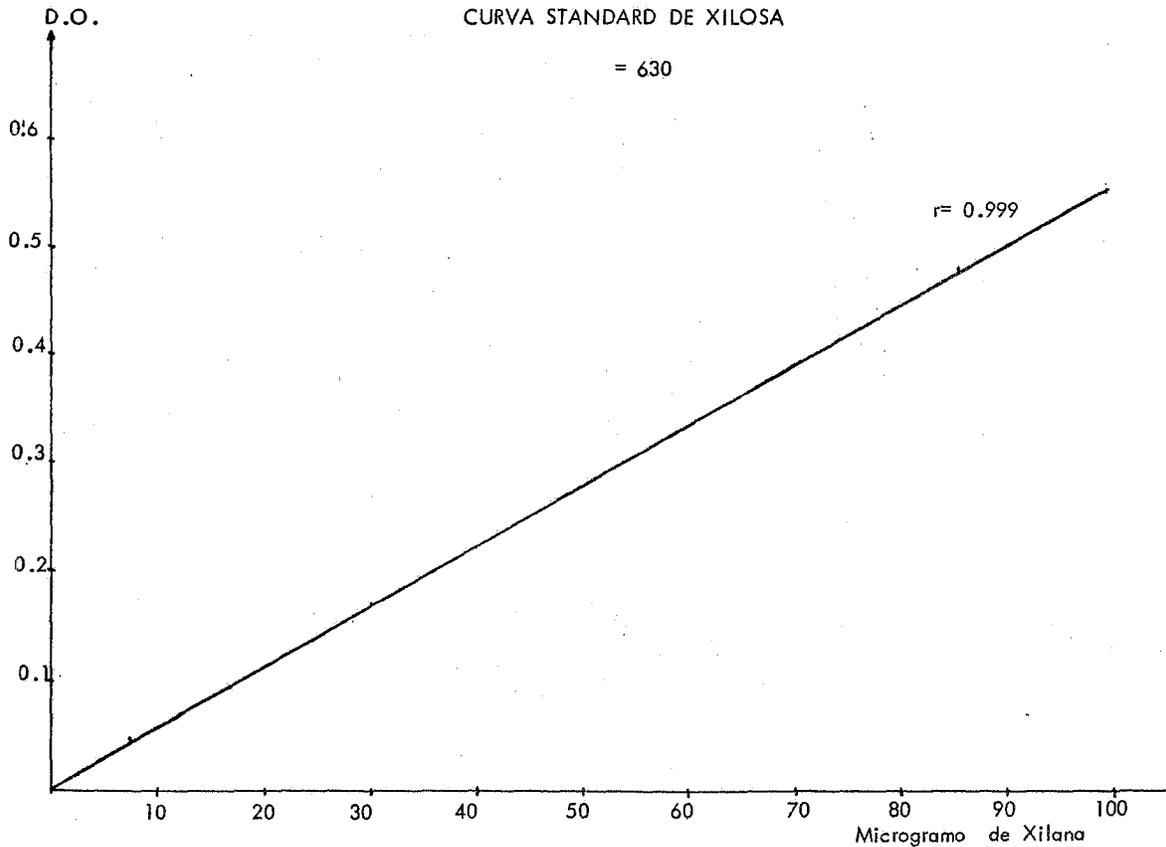
Determinación de Pentosanas

% Cal	Peso muestra (g)	D.O.	mg. xilana	% Pentosanas.
0	0.1285	0.034	5.4	4.20
1	0.6263	0.270	48.5	7.74
2	0.7930	0.450	81.0	10.21
3	0.7016	0.520	93.5	13.32
4	0.4440	0.397	71.0	15.99

que contiene así una menor cantidad de fibra cruda. De igual forma que en los casos anteriores, los resultados se aprecian en mejor forma en - la gráfica No. 11.

GRAFICA No. 10
CURVA STANDARD DE XILOSA

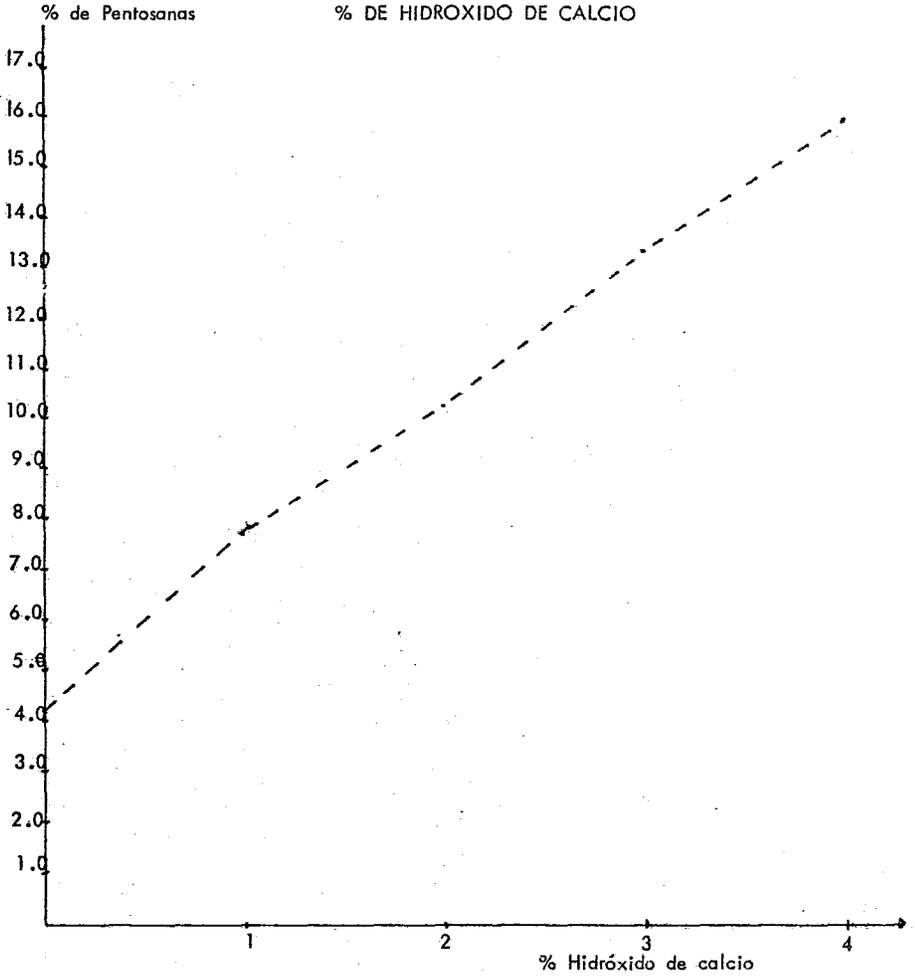
= 630



GRAFICA N^o. 11

% DE PENTOSANAS vs

% DE HIDROXIDO DE CALCIO



C O N C L U S I O N E S

Por los resultados obtenidos del presente trabajo, se puede concluir que indudablemente el tratamiento alcalino afecta la composición química del maíz, cuanto más drástico es el tratamiento alcalino, mayor es la afectación que sufre el grano.

El principal componente que sufre un decremento con el tratamiento alcalino es la proteína, la cual es de mala calidad, pero contiene algunas fracciones que contienen aminoácidos esenciales para la dieta humana.

Por otro lado, la nixtamalización produce un decremento en el contenido de carbohidratos del grano de maíz, debido a una hidrólisis que sufre el almidón, provocando destrucción de algunas cadenas de dicho almidón. Comúnmente se cree que los carbohidratos son menos importantes que cualquier otro constituyente del maíz, lo cual es un error, puesto que son fuentes de energía, pueden almacenarse como glucógeno cuando se toman en exceso, por lo que el organismo los transforma para utilizarlos como materia prima en la síntesis de ácidos grasos.

Uno de los ácidos grasos que hay en el maíz, es el ácido linoleico, y es uno de los ácidos grasos esenciales en la dieta diaria de todo ser humano y que tiene que ser obtenido de fuentes vegetales. Es pre

cisamente este ácido graso el que se ve afectado durante el tratamiento alcalino, perdiéndose en un 28.26%. Es por esto que la cantidad utilizada de cal debe tomarse en cuenta cuando se trata de nixtamalizar un maíz para elaborar un producto al que se le quiera dar las características de producto mejorado o suplementado con maíz, ya que baja considerablemente el contenido de un ácido graso esencial que se encuentra en el principal alimento de la población rural de México.

Hay que considerar que si bien el proceso alcalino ayuda a hacer más digerible el grano nixtamalizado por la eliminación de la cascarrilla, también afecta esto al organismo, aunque no en la alimentación, es decir, que la fibra cruda ayuda a agregar volumen al residuo y estimula así la peristalsis en el intestino grueso.

Es por todo esto que el proceso de nixtamalización del maíz es un tratamiento "delicado", que debe tratarse de mejorar en alguna forma para ayudar a "mejorar" la alimentación, principalmente de la población indígena de México.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Association of official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis. The association: Washington, D.C. (1970).
- 2.- Bressani R., Scrimshau S.N.- Effect of Lime Treatment Availability of Essencial Amino Acids and Solubility of Protein Fractions in Corn. Agricultural and Food Chemistry 6 (10) pág. 774-778 (1958).
- 3.- Cohn E.C., Stumpf K.P.- Bioquímica Fundamental. Editorial Limusa Wiley, S.A.- 2a. Ed.- México (1969)
- 4.- Conasupo.- La Industria del Maíz (1972-1976).
- 5.- Chrambach A., Rodbard D.- Polyacrilamide Gel Electrophoresis - - Science 172, pág. 440-449.
- 6.- De-la Torre C.R.- El maíz y la industria de los alimentos.- Almidones Distribuidores, S.A. de C.V.- Tecnología de Alimentos. Vol. 1, pág. 9-17 (Sept. - Oct. 1966).
- 7.- Dubois, N.M.A., Gillis D.M., Hamilton P.A., Robers y F. Smith.- Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related - - - Substances. Anal. Chem. 28; 350 (1956).
- 8.- Gómez Ruíz H.R., Labastida Rubio C., Santarriaga Rivera L.O.- Método de Análisis de Aceites Vegetales. Tesis (1975).
- 9.- Gordon A.H.- Electrophoresis of Proteins in Polyacrilamids and Starch Sals.- North Holland Publishing Co., Amsterdam (1979).
- 10.- Hansel L.W., Tsi C.Y., Nelson D.C.- The Effect of the Fluory 2 Gene on the Distribution of Protein Fractions and Methionine in Maize Endosperm Cereal Chem. 50, pág. 383-394 (1973).

- 11.- Hoagland Meyer L.- Food Chemistry.- The AVI Publishing Co., INC.
Wisdport, Connecticut., pág. 65-104 (1972).
- 12.- Infante H.M.- Apuntes del Curso de "Tecnología de Cereales". Facul
tad de Química.- UNAM. (1978).
- 13.- Lehninger L.A.- Bioquímica. Ediciones Omega, 2a. Ed., Barcelona, -
España, (1978).
- 14.- Lloyd E.N., Mertz T.E.- Studies on Corn Proteins lll.- The - - -
Glutelins of Corn.- Cereal Chem. 35, pág. 156-168 (1958).
- 15.- Mangelsdarf C. Paul, Mac Neish S. Richard, Salinat C. Walton.- -
Domestication of Corn. Science 143, pág. 538-545 (1954).
- 16.- Meloan E. Clifton, Kiser R.M.- Problemas y Experimentos en Análi-
sis Instrumental.- Editorial Reverte Mexicana, S.A., 386 (1973).
- 17.- Morrison T.R., Boyd N.R.- Organic Chemistry.- Allyn and Bacon - -
Inc., Third Edition, Boston (1973).
- 18.- Nelson N.A.- Photometric Adaptation of the Somagyi Method for the
Determinacion of Glucosa. Ja Biol. Chem. 153, pág. 375.
- 19.- Nielsen C.H., Paulins W.J., Danes C., Wall S.J.- Extraction and
Structure Studies on Com Glutelin Proteins. Cereal Chem. 47, pág.
501-512 (1970).
- 20.- Paquete Leo A.- Principles of Modern Heterocyclic Chemistry W.A.
Benjamin. INC., Advarad Book Programs Massachusetts USA, pág. 107
(1974).
- 21.- Paulins W.J., Wall S.J.- Albumins and Globulins in Extracts of -
Corn Grain Parts. Cereal Chem. 46, pág. 263-273 (1969).

- 22.- Ruíz G. García A.J.L.- Efecto térmico en las globulinas del frijol negro mecentral.- Estudio realizado en la Escuela Nacional de Agricultura.- Chapingo, México, 1973.
- 23.- Salorio, G. García A.J., Velarde M.- Substitución de los Procedimientos Primitivos en la Elaboración de Maíz Nixtamalizado, artículo de consumo básico de la población mexicana. La tecnología en el desarrollo de la industria mexicana. Banco de México, S.A., Departamento de Investigaciones Industriales, México, pág. 81-96 (1964).
- 24.- Tappi-Pentosans in Wood and Pulp (1971).
- 25.- UFEHA.- Enciclopedia Cultural.- Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana.- México, Volumen 10, pág. 339-346 (1957).
- 26.- TIME LIFE.- Alimentación y Nutrición.- Enciclopedia Científica. - México, 1979, pág. 38.