



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

OPTIMIZACION DEL PROCESO DE
NIXTAMALIZACION PARA MAIZ
FITO MEJORADO (OPACO - 2)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

QUIMICO FARMACO - BIOLOGO

ORIENTACION: TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A

ANTONIO RODRIGUEZ ESTRADA

MEXICO

1978

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

TESIS 1978
ABO M.T. ~~378~~ 372
FECHA _____
REG. C. _____
S. _____



Esta tesis se llevó a cabo bajo la dirección del I. Q. M. Sc. Carmen Durán de Bazúa a quien expreso todo mi agradecimiento por su valiosa ayuda en mi formación profesional.

RECONOCIMIENTO

Al Instituto Nacional de Investigaciones
Agrícolas (INIA), por las facilidades -
para la realización de este trabajo.

Al Sr. Enrique Muro Velázquez por su
valiosa colaboración.

A los Laboratorios de Cereales.

Y a todas aquellas personas que
de una manera u otra, colaboraron
en la realización de esta ta
rea.

A mis Padres:

Con cariño y respeto por su constante ayuda a través de todos mis años de estudio.

A mi Esposa:

Magdalena Vázquez P.

A mis Hermanos:

Elena, Lupe, Jorge,
Lourdes, Rosa, Graciela,
Fernando, Rita y Alfredo.

JURADO DESIGNADO

PRESIDENTE: NINFA GUERRERO DE CALLEJAS

VOCAL: CARMEN DURAN DE BAZUA

SECRETARIO: EDUARDO BARZANA GARCIA

1er. SUPLENTE: SALVADOR BADUI DERGAL

2o. SUPLENTE: ZOILA NIETO VILLALOBOS

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
AGRICOLAS, INIA.

NOMBRE DEL SUSTENTANTE: ANTONIO RODRIGUEZ ESTRADA

ASESOR DEL TEMA: CARMEN DURAN DE BAZUA

RESUMEN

Los estudios sobre el comportamiento del maíz opaco durante su nixtamalización a diferentes proporciones de cal y diferentes tiempos de cocimiento mostraron que ambos factores influyen permitiendo que el agua penetre las capas interiores del grano, disolviendo más rápidamente las membranas del pericarpio, y contribuyendo así mismo al aumento del rendimiento nixtamal-masa.

La viscosidad de las masas obtenidas se ve influenciada principalmente por el contenido de cal y tiempo de cocción, observándose un rango en el cual la masa tendrá las mejores condiciones reológicas para la elaboración de tortilla.

En base a los resultados obtenidos puede concluirse que las condiciones óptimas a las cuales deben someterse el maíz opaco y maíz normal para su nixtamalización fueron 1.5% de cal, 20 minutos tiempo de cocción, 300 ml. agua de cocción, 10 horas tiempo de reposo para maíz opaco y 2% de cal, 25 minutos cocción, 200 ml. de agua y 10 horas reposo para maíz normal.

INDICE GENERAL

I. ANTECEDENTES

I.1 Antecedentes Históricos

I.2 Características nutricionales del maíz Opaco-2

I.3 Características físicas

I.4 Objetivos

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

II.1 Introducción

II.1.1 Experimentos preliminares

II.1.2 Reología

II.1.3 Evaluación organoléptica

II.2 Materiales y métodos

III. EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

III.1 Experimentación preliminar

III.2 Experimentación

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

IV.1 Experimentos preliminares

IV.2 Experimentación

IV.2.1 Pruebas con maíz Opaco

IV.2.2 Pruebas con maíz normal

IV.2.3 Encuestas realizadas

V. CONCLUSIONES

VI. BIBLIOGRAFIA

APENDICES

I. ANTECEDENTES.

I.1 Antecedentes Históricos.

Se sabe que el maíz fue bien conocido por los mayas y otros habitantes primitivos de América y que este formó parte de su religión y cultura (Béhar, 1972). Ellos preparaban varios tipos de alimentos del maíz, pero uno que atrajo mucha atención y ha sido tema de varias investigaciones, es el que se conoce como tortilla. Desde el punto de vista de su forma la tortilla no tiene mucho interés, lo que es importante de ella es el proceso a que se somete el maíz para elaborarla, no se sabe si empíricamente, a través de la experiencia o cualquier otra razón, los mayas prepararon sus tortillas por medio de un cocimiento alcalino. Al paso del tiempo se observó que en una población cuya dieta consistía principalmente del maíz y si éste no se sometía al proceso de cocción con cal, se desarrollaba en el individuo una enfermedad caracterizada por debilidad muscular, trastornos mentales y dermatitis a la cual se llamó pelagra y que era debida a una deficiencia de niacina. Se demostró que esta enfermedad tiene dos causas (Katz, 1974). La primera es que aunque el organismo humano puede elaborar cierta cantidad de niacina a partir de triptofano, el maíz normal contiene muy -

poco de este aminoácido (0.5%). La segunda es la evidencia que sugiere que la pelagra puede también ser inducida por una relación desfavorable de isoleucina a leucina, esto es, por una cantidad excesiva de leucina en una dieta a base de maíz principalmente. Se vió por ejemplo que en 500 g de maíz crudo existía aproximadamente 2 veces la cantidad requerida por un adulto, - por esto la relación leucina a isoleucina era tres veces más que la considerada como óptima. Se observó que el efecto antagónico de la leucina sobre la conversión de triptofano a niacina era disminuído por incremento en la cantidad de isoleucina como resultado del tratamiento alcalino, ésto ayudó a minimizar los efectos de la deficiencia en niacina.

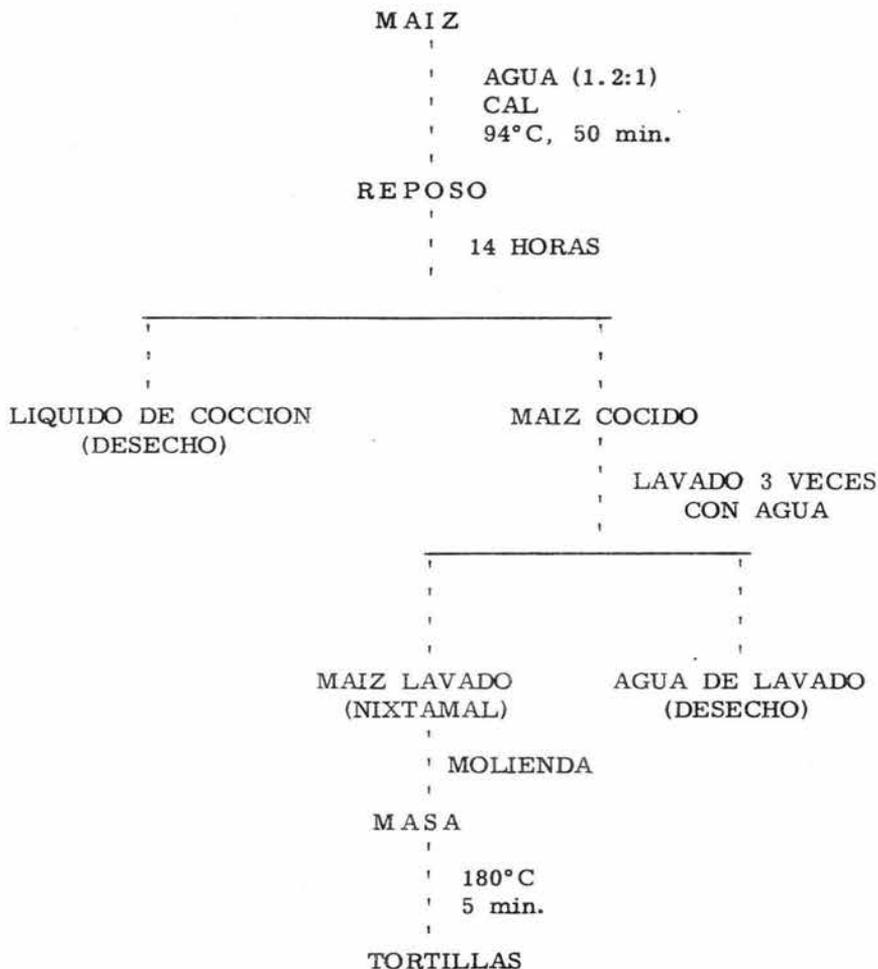
Esta deficiencia parece no presentarse comunmente en los países de América Latina que consumen maíz procesado por cocción alcalina. (La nixtamalización también reduce el contenido de fibra cruda del maíz, haciendo de la tortilla un alimento con una textura más suave y más digerible.)

En 1958, Bressani y Scrimshaw empezaron a realizar los primeros estudios sobre nixtamalización. En este estudio de terminaron la solubilidad de las proteínas y la liberación in vitro de los aminoácidos esenciales, para dar información tanto -

FIG. 1

PROCESO DE NIXTAMALIZACION DEL MAIZ

(BRESSANI Y SCRIMSHAW, 1958)

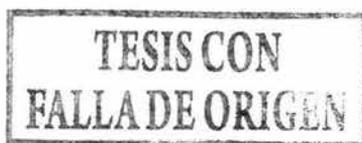


del valor nutritivo, así como de la disponibilidad de aminoácidos de alimentos, y para ayudar a explicar los resultados de experimentos en vivo.

Usando dos tipos de maíz, siguieron el procedimiento que se muestra en la Figura 1.

Los cambios en las características de solubilidad de nitrógeno del maíz en el proceso de preparación de tortillas, se muestra en la Tabla 1, y tienen lugar principalmente en la etapa de maíz a masa.

Los cambios que resultan en la preparación de tortillas son pequeños, excepto para la fracción protéica soluble en alcohol (zeina), donde un 42.9% se pierde en la preparación de la masa y un 42.5%, al obtener las tortillas. Los datos revelan que la solubilidad de zeina disminuye significativamente a causa del tratamiento alcalino que recibe el maíz. Otras fracciones también presentan una disminución de solubilidad, pero no en la misma proporción. Se creyó por lo tanto que la disminución de la fracción soluble en alcohol es una causa por la cual aumenta el valor biológico de las proteínas solubles, debido a que la zeina es la proteína de más baja calidad del maíz.



del valor nutritivo, así como de la disponibilidad de aminoácidos de alimentos, y para ayudar a explicar los resultados de experimentos en vivo.

Usando dos tipos de maíz, siguieron el procedimiento que se muestra en la Figura 1.

Los cambios en las características de solubilidad de nitrógeno del maíz en el proceso de preparación de tortillas, se muestra en la Tabla 1, y tienen lugar principalmente en la etapa de maíz a masa.

Los cambios que resultan en la preparación de tortillas son pequeños, excepto para la fracción protéica soluble en alcohol (zeina), donde un 42.9% se pierde en la preparación de la masa y un 42.5%, al obtener las tortillas. Los datos revelan que la solubilidad de zeina disminuye significativamente a causa del tratamiento alcalino que recibe el maíz. Otras fracciones también presentan una disminución de solubilidad, pero no en la misma proporción. Se creyó por lo tanto que la disminución de la fracción soluble en alcohol es una causa por la cual aumenta el valor biológico de las proteínas solubles, debido a que la zeina es la proteína de más baja calidad del maíz.

La Tabla 2 presenta la velocidad de liberación de aminoácidos durante la hidrólisis enzimática de maíz y tortilla. Se ve que cuando la liberación de aminoácidos es expresada como - gramo de aminoácidos por gramos de nitrógeno (g a.a/g N), - para lisina la liberación, a las 12 y 36 horas, es mayor en tortillas que en maíz, alcanzando niveles comparables a las 60 horas. Respecto a triptófano se observa que la velocidad de liberación - a las 12 horas, es mayor en maíz que en tortillas, pero a las 60 horas, la liberación es menor en maíz. Se ve, pues, que el tratamiento alcalino incrementa la velocidad de liberación de aminoácidos esenciales. Estos resultados sugirieron una explicación del mayor crecimiento de ratas, cuando se les alimentó con tortillas, en lugar de maíz crudo.

TABLA 2.

LIBERACION DE AMINOACIDOS DURANTE LA HIDROLISIS ENZIMATICA. (BRESSANI Y SCRIMSHAW, 1958)

AMINOACIDO MUESTRA	HORAS G/100g			HORAS a. a. mg/Ng		
	12a	36b	60c	12a	36b	60c
LISINA MAIZ	0.026	0.127	0.175	0.045	0.158	0.190
TORTILLA	0.027	0.136	0.171	0.126	0.268	0.206
TRIPTOFANO MAIZ	0.004	0.029	0.038	0.007	0.036	0.041
TORTILLA	0.002	0.020	0.040	0.009	0.040	0.048

a Hidrólisis con pepsina b Hidrólisis con tripsina
c Hidrólisis con pancreatina.

En otro estudio realizado ese mismo año (1958), Bressani y colaboradores tratando de encontrar el efecto que tiene el tratamiento alcalino en las pérdidas de los nutrientes del maíz, encontraron que las pérdidas se llevan a cabo de dos maneras, por pérdidas físicas (de los componentes del grano) y por su destrucción química.

La Tabla 3 muestra datos sobre la magnitud de estos cambios. Las pérdidas de sólidos del grano crudo a nixtamal son de 5 a 10%, un promedio de 6% adicional se pierde en la molienda y alrededor de 17% y 14% pierden el maíz blanco y amarillo respectivamente al obtener la masa.

Respecto a cambios químicos, la Tabla 4 presenta la combinación de pérdidas físicas y químicas de cada nutriente en las diferentes etapas de la nixtamalización (las pérdidas de masa a tortillas no fueron cuantificadas). Se vió que las pequeñas pérdidas que ocurren de una familia a otra, en el método de preparación de nixtamal y masa no tuvieron apreciable influencia sobre el total de pérdidas de nutrientes. La diferencia en la eliminación de nutrientes de maíz a nixtamal depende mucho más del tipo de maíz que de las prácticas familiares; Sin embargo, las pérdidas de nitrógeno y tiamina fueron casi iguales en ambos ti-

TABLA 1

CAMBIOS EN LA SOLUBILIDAD DEL NITROGENO
EN EL MAIZ DURANTE LA PREPARACION DE
TORTILLAS. (BRESSANI Y SCRIMSHAW, 1958).

SOLVENTE	<u>% NITROGENO SOLUBLE</u>				<u>% CAMBIO</u>	
	MAIZ 1a	MASA 2a	TORTILLAS 3a	1 - 2a	2 - 3a	
MAIZ TIERRA ALTA						
AGUA	19.42	7.28	11.56	62.5	----	
SOLUCION SALINA	17.43	5.17	5.78	70.5	----	
SOLUCION ALCOHO LICA	30.03	17.14	9.86	42.9	42.5	
SOLUCION HIDROXI DO DE SODIO	31.36	29.55	27.88	5.8	5.7	
INSOLUBLE	1.76	40.86	44.92	----	----	
MAIZ TIERRA BAJA						
AGUA	15.26	6.47	5.34	57.6	17.5	
SOLUCION SALINA	11.30	8.16	8.09	27.8	0.9	
SOLUCION ALCOHO LICA	22.02	16.12	10.23	26.8	36.5	
SOLUCION HIDROXI DO DE SODIO	27.91	23.80	23.87	14.7	----	
INSOLUBLE	23.51	45.45	52.42	----	----	

a Etapa en el proceso de obtención de tortilla.

TABLA 3

PERDIDA DE SOLIDOS DEL MAIZ DURANTE LA OBTENCION DE MASA (BRESSANI Y SCRIMSHAW, 1958)

FAM.	TIPO DE MAIZ	PRUEBA	MAIZ PE SO SECO ^a	% HUMEDAD	TOTAL g PESO SECO	PERDIDA DE SOLIDOS DE MAIZ A MASA	% HUMEDAD	TOTAL g PESO SECO	PERDIDA DE SOLIDOS DE NIXTAMAL A MASA %
A	BLANCO	1	4204	48.5	3741	11.0	61.3	3428	8.4
		3	3823	48.3	3287	14.0	62.1	3010	8.4
	AMARILLO	1	4390	49.1	4159	5.3	61.2	3710	11.0
		2	4390	47.4	4177	4.9	61.6	3732	10.2
		3	4390	50.9	4013	8.6	61.6	3750	6.6
B	BLANCO	1	4204	47.2	3836	8.7	57.0	3805	0.8
		2	4590	49.0	3936	14.2	61.2	3700	6.0
	AMARILLO	1	4790	47.2	4313	10.0	61.8	3991	7.5
		2	4790	45.9	4299	10.2	57.4	4063	5.5

^a Mafz blanco y amarillo contenfan 15.9 y 12.2% respectivamente de Humedad.

A y B Familias que usaron mafz blanco y amarillo en una villa india de Tierra Alta, Guatemala.

TABLA 4

CAMBIOS EN LA CANTIDAD DE NUTRIENTES DURANTE LA PREPARACION DE TORTILLAS. BRESSANI Y SCRIMSHAW, 1958).

NUTRIENTE	Tipo de Mafz	Fami lia	Mafz Crudo	EN NIXTAMAL		EN MASA	
				Total	% Pérdidas	Total	% Pérdidas del Mafz
Extracto Etere o g/100 g	B	1	4.83	2.98	38	2.77	43
		2	4.83	2.68	45	2.75	43
	A	1	4.53	3.24	28	2.90	36
		2	4.53	3.22	29	3.15	30
Fibra Cruda g/100 g	B	1	1.58	1.11	30	0.95	40
		2	1.58	0.98	38	0.74	53
	A	1	1.33	1.05	21	0.91	32
		2	1.33	0.99	26	0.92	31
Nitrógeno g/100 g	B	1	1.29	1.18	9	1.11	14
		2	1.29	1.25	3	1.20	7
	A	1	1.34	1.36	-	1.28	4
		2	1.34	1.25	7	1.25	7
Cenizas g/100 g	B	1	1.28	1.11	13	1.06	17
		2	1.28	1.15	10	1.15	10
	A	1	1.08	1.26	-	1.22	-
		2	1.08	1.22	-	1.17	-
Fierro g/100 g	B	1	1.60	0.12	92	0.12	92
		2	1.60	0.47	71	0.69	57
	A	1	1.49	0.66	56	0.48	69
		2	1.49	0.66	56	1.06	23
Tiamina g/g	B	1	3.84	1.97	49	1.83	52
		2	3.84	1.15	70	1.27	67
	A	1	4.78	1.89	60	1.34	72
		2	4.78	2.01	58	2.06	57
Riboflavina g/g	B	1	1.14	0.64	44	0.56	51
		2	1.14	0.58	49	0.53	54
	A	1	1.00	0.68	32	0.72	28
		2	1.00	0.71	29	0.66	34
Niacina g/g	B	1	20.00	15.37	23	14.37	28
		2	20.00	14.88	26	12.72	36
	A	1	18.98	16.29	14	12.68	33
		2	18.98	14.34	24	13.29	30
Caroteno g/g	B	1	3.03	2.88	5	2.59	15
		2	3.03	2.39	21	2.18	28

B, MAIZ BLANCO

A, MAIZ AMARILLO

1, 2 Familias a las que se suministró muestras de Mafz Amarillo y Blanco.

pos de maíz. Las pérdidas químicas en la preparación de tortillas a partir de nixtamal (maíz cocido con cal) fueron muy pequeñas comparadas con las observadas en la obtención del nixtamal (maíz cocido con cal) a partir del grano crudo.

La distribución de tiamina, riboflavina y niacina en las principales fracciones del grano se muestra en la Tabla 5, antes y después del tratamiento alcalino. Puede verse que tanto tiamina y riboflavina están concentradas en el germen y el endospermo del maíz blanco, pero no en el del amarillo. Con el tratamiento con cal existen pérdidas significativas de riboflavina y tiamina del germen, de las cuales solo una pequeña parte de estas pérdidas es ganada por el endospermo y la mayor parte se pierde por el tratamiento alcalino.

En general las pérdidas físicas son debidas a la separación parcial o completa de algunos de los componentes del grano de maíz y las pérdidas químicas (que involucran nutrientes eliminados) son consecuencia de las pérdidas físicas durante el lavado con agua o por su destrucción a través del proceso de nixtamalización.

FALTA

PAGINA



Una característica significativa de los granos de Opaco-2 es la gran cantidad de material soluble en agua, las sustancias nitrogenadas solubles en agua incluyen probablemente: péptidos, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados simples. El híbrido Opaco-2 rinde más del triple de proteína soluble en agua que los híbridos normales. El contenido de polisacáridos no es afectado por el gene Opaco-2. La proporción de sacarosa y azúcares reductores del maíz Opaco-2 es mayor que en el normal, pero esta diferencia podría deberse solamente a la mayor proporción de germen en los granos de Opaco-2. Las propiedades del almidón de Opaco-2 y maíz normal no presentan diferencias significativas, el contenido de amilosa fue esencialmente el mismo y la temperatura de gelatinización superior a la normal (Watson y Yahl, 1967).

Aunque Mertz indicó que el gene Opaco-2 no afectaba el contenido total de proteína del grano, las diferencias de composición observadas después: 13.6 y 10.4% de proteína, 64.4 y 71.4% de almidón para maíces Opaco-2 y normal respectivamente, dificulta la comparación precisa de las propiedades físicas y de molienda de ambos maíces, cuando éstos son remojados en soluciones al 0.05% de SO_2 (como metabisulfito de potasio) y pos

teriormente molidos.

El mayor rendimiento de solubles en el agua de remojo, y en la masa del Opaco-2, y el alto contenido de proteína de las fracciones solubles son las características sobresalientes del comportamiento a la molienda húmeda del Opaco-2.

La proporción de lisina de las fracciones solubles es muy similar para los dos tipos de maíz (TABLA 6) a pesar de que casi la mitad de la proteína soluble proviene del endospermo a causa de la acción solubilizante del SO_2 .

TABLA. 6 AMINOACIDOS ESENCIALES EN EL GRANO DE MAIZ
(WATSON Y YAHL, 1967)

	HIBRIDO OPACO-2		HIBRIDO NORMAL	
	En fracción	En proteína	En fracción	En proteína
	%	%	%	%
Grano entero				
Lisina	0.49	3.6	0.25	2.4
Metionina	0.26	1.9	0.20	1.9
Triptofano	0.10	0.74	0.12	0.6
Gérmén				
Lisina	0.68	4.7	0.43	3.8
Metionina	0.24	1.7	0.17	1.4
Fibra				
Lisina	0.29	3.5	0.24	2.0
Gluten				
Lisina	1.27	3.5	0.60	1.3
Metionina	0.81	2.2	1.15	2.5
Triptofano	0.36	1.0	0.12	0.3
Solubles (+)				
Lisina	2.5	3.9	2.2	4.1
Metionina	1.1	1.7	1.2	2.2

(+) Solubles del agua de remojo y de la masa.

Las diferencias esperadas en el contenido de zeína del gluten, comprobadas por extracción con soluciones salinas, de etanol al 70% y álcali, revelaron que el gluten del Opaco-2 tiene menos zeína y mayores contenidos de glutelina y proteína insoluble. La TABLA 7 ilustra estos resultados, expresados como -- granos de proteína total del grano por 100.

TABLA 7

FRACCIONES DE PROTEÍNA EN EL GLUTEN DE
MAÍZ OPACO Y NORMAL (WATSON Y YAHL, 1967)

Fracción de Proteína	OPACO-2 %	NORMAL %
Soluble en soluciones salinas (globulinas)	2.8	1.5
Soluble alcohol (zeína)	32.8	65.0
Soluble en Alkali (glutelinas)	51.0	30.4
Insoluble	12.0	2.8

El maíz Opaco-2 alta lisina rinde también mayores cantidades de almidón y mucho menos pericarpio que el maíz normal (Wu y Sexson, 1976).

Posteriormente realizando estudios sobre los efectos toxicológicos que pudiera tener el tratamiento alcalino en los diferentes cereales, se observó la formación de un aminoácido el

cual fue detectado por Bohak en 1964, quien le dió el nombre — trivial de lisino-alanina debido a su estructura. Este compuesto se formó al someter proteína de origen vegetal a tratamiento al calino; con el alimento obtenido se alimentaron ratas y al sacrificarlas se encontró que sufrieron lesiones renales caracterizadas por alteraciones citomegálicas (negrocitomegalia).

En 1973, Woodard y Short realizaron experimentos — tendientes a determinar si este factor estaba presente en el alimento crudo o si su presencia, era inducida a través del tratamiento alcalino. En sus experimentos usaron un lote de ratas, a las cuales alimentaron con proteína alfa de soya comercial y otro con la misma proteína pero sometida a un tratamiento alca lino con hidróxido de sodio 0.1N. Las ratas alimentadas con la proteína tratada con álcali sufrieron modificaciones renales citomegálicas, lo cual demostró concluyentemente que la toxicidad — se inducía por la modificación alcalina y, por lo tanto, esta toxi cidad no estaba presente en la proteína de soya cruda.

En otro experimento realizado en 1976 por Chu et al, — a fin de determinar las condiciones favorables para la formación de lisinoalanina (LAL) se observó que a niveles de 3.1 moles de hi dróxido de sodio o cal, no se producían cantidades detectables —

de LAL. Sin embargo cuando la concentración se incrementaba a 4.1 moles se registraron cantidades significativas de LAL -- (TABLA 8). Prolongado el tiempo de cocimiento con hidróxido de sodio de 15 a 30 minutos se incrementaba la cantidad de LAL. En cambio cuando se utilizó hidróxido de calcio se formaron sólo pequeñas concentraciones de LAL. Aunque el hidróxido de potasio produjo menos LAL que el hidróxido de sodio cuando se compararon en una base equimolecular, ambos produjeron mayor cantidad de LAL que el hidróxido de calcio.

De todo ésto concluyeron que puede ser posible que los iones calcio interfieran en la formación de LAL, por unión a -- ciertas porciones de la secuencia de aminoácidos o por bloqueo de ciertos grupos funcionales a los lados de cadenas de proteínas.

TABLA 8

LISINO ALANINA (LAL) Y CONTENIDOS DE LISINA
EN MAIZ TRATADO CON ALCALI (CHU ET AL., 1976)

Alcali	Conc. mol/Kg	Calenta- miento a 170° F	Mg de LAL/g prot.	Mg Lys/g prot.
No	0	15	0	18.1
CaI	2.1	15	0	18.1
CaI	3.1	15	0	21.8
CaI	4.1	15	139.8	20.7
CaI	4.1	30	133.2	17.9
Ca(OH) ₂	4.1	30	103.2	17.3
NaOH	1.5	30	0	22.6
NaOH	3.1	30	0	21.5
NaOH	4.1	30	1033.5	20.8
NaOH	4.1	30	1338.7	20.4
KOH	4.1	15	724.0	21.0

a Promedios de determinaciones por duplicado.

FALTA

PAGINA

18

No obstante, en el estudio llevado a cabo por Sternberg y Schwende en 1975 se encontraron datos que revelan la amplia presencia de LAL en comida casera, comercial e ingredientes que no habían sido sometido a tratamiento con álcali. Particularmente es significativo el encontrar LAL en leche condensada, caseína ácida, muslo de pollo cocinado y bistec "sirloin" (TABLA 9).

La globulina de soya, la ovalbúmina, caseína, todas éstas, proteínas presentes en los alimentos que fueron calentados bajo condiciones no alcalinas, formaron cantidades variables de LAL. (TABLA 10)

TABLA 10

FORMACION DE LAL EN PROTEINAS, POR CALENTAMIENTO EN CONDICIONES NO ALCALINAS. (STERNBERG Y SCHWENDE, 1975)

PROTEINA	Concent. % vol.	Temp. °C	Tiempo Horas	pH	LAL mcg/g prot.
CASEINA	1	120	1	6.0	3500
LISOZIMA	1	120	1	2.0	NO
LISOZIMA	1	120	1	4.0	275
LISOZIMA	1	120	1	6.0	1000
OVALBUMINA	1	120	1	2.0	150
OVALBUMINA	6	120	16	6.0	570
GLOBULINA DE SOYA	6	120	16	7.0	180

En conclusión, no existen datos que muestren con certeza que el tratamiento alcalino del maíz sea la causa principal por la cual se formen cantidades altas del aminoácido lisinoal - nina.

I.2 Característica nutricional del maíz Opaco-2

El maíz es el principal alimento de los grupos de bajos ingresos en México, ya que constituye la mayor fuente de carbohidratos y proteínas en su dieta diaria. Este cereal no satisface las necesidades protéicas por el contenido de éstas, ya que además de ser bajo (alrededor del 10%), son de baja calidad, esto es, la deficiencia más seria del maíz, está en términos de su valor nutritivo por su bajo contenido en lisina y triptofano, aminoácidos esenciales que el hombre no puede sintetizar (TABLA 11).

TABLA 11

NIVEL Y CALIDAD DE PROTEINAS
MAIZ OPACO Y MAIZ NORMAL (SALAZAR DE BUCKLE, 1972)

	Proteína +	Aminoácidos		Azufrados	Indice
		Lisina	Triptofano	(g/100g) ⁺⁺	FAO
REQUERIMIENTO FAO	----	4.32	1.44	4.32	100
MAIZ OPACO	9.8	4.2	1.3	3.1	71
MAIZ NORMAL	10.3	2.9	1.0	3.1	42

+ Base seca

++ Por 100g de proteína.

A nivel humano, la deficiencia de la proteína del maíz es manifestada de manera sorprendente por niños de países donde el maíz es el principal alimento. Entre estos niños existe una alta frecuencia del síndrome de deficiencia proteica llamada Kwashiorkor (Harpstead, 1971).

Dada la importancia del maíz en la alimentación por su bajo valor nutritivo, un grupo de investigadores de la Universidad de Purdue, encabezados por el Dr. E.T. Mertz, se dieron a la tarea de encontrar nuevas variedades de maíz rico en proteínas. En 1964 encontraron cambios en el contenido de lisina provocados por la presencia de un gene al cual llamaron Opaco-2. Determinaron el contenido de lisina de los endospermos de dos cruza que contenían el gene Opaco-2 de diferentes generaciones. En ambos el contenido de lisina fue más del doble (3.3 a 4.0%) de la encontrada en los endospermos de las especies normales usados como control (1.3% de lisina).

Para hacer una prueba crítica de la hipótesis de que el mutante Opaco-2 era el responsable del aumento en lisina, separaron granos de maíz normal y Opaco-2 de una mazorca, producto de una retrocruza simple, y determinaron el contenido de lisina en cada uno de ellos.

La composición de aminoácidos de los endospermos del maíz Opaco-2 y normal se comparan en la TABLA 12. El endospermo del Opaco-2 contenía 69% más de lisina que el normal. El primero contenía menos ácido glutámico, alanina, metionina, leucina y tirosina y más lisina, histidina, arginina, ácido aspártico, glicina y cistina que el último. Las fracciones solubles en reactivo de cobre con porciones de 0.5 g de endospermo desgrasado de Opaco-2 y normal de la misma mazorca usada antes, dieron las siguientes distribuciones de proteínas basadas en el nitrógeno soluble.

FRACCION	OPACO-2	NORMAL
Soluble en ácido	35%	34%
Soluble en alcohol (zeína)	26%	37%
Soluble en álcali (glutelina)	39%	29%

Esto confirmó la reducción de zeína a glutelina observada antes. Con esta reducción ocurren cambios importantes en el patrón de aminoácidos de la fracción soluble en ácido y la soluble en alcohol (zeína). También calcularon las relaciones de los tres aminoácidos esenciales y el amoníaco amido, usando los valores del Opaco-2 como numerador y los del normal como denominadores. Las relaciones se muestran en la Tabla 13.

TABLA 12
 AMINOACIDOS EN LOS ENDOSPERMOS DE MAIZ
 OPACO-2 Y NORMAL (MERTZ ET. AL., 1964)

AMINOACIDO*	ENDOSPERMO	
	OPACO	NORMAL
LISINA	3.39	2.00
TRIPTOFANO	-	-
HISTIDINA	3.35	2.82
AMONIACO AMIDO	3.41	3.28
ARGININA	5.10	3.76
ACIDO ASPARTICO	8.45	6.17
ACIDO GLUTAMICO	19.13	21.30
TREONINA	3.91	3.48
SERINA	4.99	5.17
PROLINA	9.36	9.67
GLISINA	4.02	3.24
ALANINA	6.99	8.13
VALINA	4.98	4.68
CISTINA	2.35	1.79
METIONINA	2.00	2.83
ISOLEUCINA	3.91	3.87
LEUCINA	11.63	14.29
TIROSINA	4.71	5.26
FENIL ALANINA	4.96	5.29

* Gramos por 100g de proteína.

TABLA 13

RELACIONES DE AMINOACIDOS ESENCIALES
(MERTZ ET AL, 1964)

AMINO ACIDO	SOLUBLE ACIDO	ZEINA	GLUTELINA
LISINA	3.2	3.0	1.0
HISTIDINA	3.4	1.2	0.9
ARGININA	2.3	1.2	1.1
AMONIACO AMIDO	0.6	1.8	0.9

En base a estos hallazgos preliminares, Mertz y colaboradores concluyeron que el aumento de lisina se debe a la disminución de la relación zeína a glutelina.

En otra investigación realizada por Mertz en 1974, se encontró que al hacer una comparación directa de la proteína -- del Opaco-2 con la proteína de harina de soya, el PER del Opaco-2 y el de la harina de soya eran iguales; sin embargo, el nivel de proteína total en maíz con mejoramiento genético (Opaco-2) es crítico cuando el maíz va a alimentar a seres humanos y animales en la etapa de desarrollo. Puesto que este nivel rara vez excede el 9% de proteína en los maíces mejorados, deben añadirse complementos de harina de soya o similares durante es

ta etapa. Esto sin embargo, no es tan crítico en las etapas posteriores al desarrollo en humanos y animales. Sin embargo en Colombia se ha demostrado que la harina del endospermo de maíz Opaco-2 que contenía solo el 8% de la proteína total fue efectiva como única fuente de proteína en una dieta que curó a niños de Kwashiorkor (Byrnes, 1969).

En 1966, Mertz y colaboradores encontraron que el endospermo del maíz Opaco-2 tiene niveles mucho más altos de aminoácidos libres que el endospermo del maíz normal. En ese entonces no se desarrolló la potencialidad de este descubrimiento, sino que fue hasta 1974 que niveles excesivos de aminoácidos libres pudieron ser cuantificados con ninhidrina (Mertz, 1974). Esta prueba distingue rápidamente entre maíz Opaco-2 harinoso y Opaco de endospermo duro. La prueba también puede aplicarse a mutantes (alta lisina) de sorgo y cebada que tienen altos niveles de aminoácidos libres, pero solo es usada en contadas ocasiones ya que el reactivo es muy costoso.

Otra investigación que demostró la calidad del maíz Opaco-2 es la que realizaron Young y colaboradores en 1971, la cual consistió, primero, en someter a ocho estudiantes varones sanos a una dieta de tres días baja en proteína para ayudar

a una rápida adaptación a dichas dietas; este período fue seguido por otro de diez días, durante los cuales los sujetos recibieron la dieta a base de maíz entero, los primeros cinco días de este período fueron considerados de adaptación; después otro período de diez días, alimentados con maíz degerminado y por último un lapso de cinco días más de alimentación con maíz entero. Los resultados obtenidos en este experimento están dados en la TABLA 14.

La digestibilidad verdadera del Opaco-2 fue alta. El coeficiente de digestibilidad fue de 92% para maíz Opaco-2 entero, 95% para el degerminado comparados con el 96% para proteína de huevo. Con éste se concluyó que el valor nutritivo de la proteína de maíz Opaco-2 es alto y comparable a las mejores proteínas de origen animal.

Recientemente se demostró una vez más la alta calidad protéica del maíz Opaco-2, en una investigación llevada a cabo por Clark y colaboradores en 1977, cuyo propósito era evaluar el valor nutricional de tres líneas isogénicas de maíz normal, Opaco-2 y dulce -2-Opaco-2 a dos niveles de proteína en jóvenes sanos. Los resultados se muestran en la TABLA 15. En donde puede verse que el Opaco-2, logra balances positivos de nitrógeno.

TABLA 14

VALORES DERIVADOS PARA LA DIGESTIBILIDAD, VALOR BIOLÓGICO Y UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA DE MAÍZ COLOMBIANO OPACO-2 EN JOVENES ADULTOS. (YOUNG ET. AL., 1971).

SUJETO	DIGESTIBILIDAD			VALOR BIOLÓGICO			UTILIZACIÓN NETA DE PROTEÍNA		
	ENTERO	DEGERM.	HUECO	ENTERO	DEGERM.	HUECO	ENTERO	DEGERM.	HUECO
PG	89	89	78	72	69	79	64	61	62
RP	86	94	92	83	77	100	72	72	92
BH	94	90	95	78	76	103	73	69	98
GD	87	93	101	72	97	104	63	90	104
DL	90	99	103	86	88	98	77	87	102
JC	89	96	102	67	78	95	60	75	97
MM	106	105	101	91	80	93	97	84	95
FH	94	95	95	89	94	93	84	89	89
<u>+ DS</u>	<u>92+6</u>	<u>95+5</u>	<u>96+8</u>	<u>80+9</u>	<u>82+10</u>	<u>96+8</u>	<u>74+12</u>	<u>78+11</u>	<u>92+12</u>

TABLA 15

BALANCES MEDIOS DIARIOS DE JOVENES, QUIENES CONSUMIERON TRES
 VARIEDADES DE MAIZ.

VARIEDAD	N INGERIDO		N EXCRETADO		BALANCE	N. RETENIDO	DIGESTIBI-
	TOTAL	MAIZ	ORINA	HECES	DE NIT.		LIDAD --
	g	g	g	g	g	%	APARENTE
NORMAL	5.84	5.50	4.13+0.27	1.98+0.19	-0.28+0.34	50	60. +3.3
	5.84	4.40	4.31+0.11	1.60+0.14	-0.07+0.17	50	
OPACO-2	5.84	5.50	3.71+0.14	1.82+0.12	0.31+0.23	75	68.8+2.1
	5.84	4.40	4.06+0.25	1.39+0.08	0.38+0.21	87	
AZUCARADO-2	5.84	5.50	3.42+0.17	2.02+0.13	0.40+0.08	87	65.5+2.3
OPACO-2	5.84	4.40	4.06+0.30	1.84+0.12	0.40+0.25	50	

(CLARK ET. AL., 1977).

no tanto a niveles de 4.4 y 5.5 g de proteína consumida, en -- cambio el doble mutante dulce -2-Opaco-2 sólo alcanza niveles - positivos a 5.5 g de proteína ingerida. Aún así ambas variedades altas en lisina fueron superiores al maíz normal. Otra característica interesante de hacer notar, es el aumento de digestibilidad aparente que en el caso del Opaco-2 fue de 68.8% en -- comparación a 66% del normal.

Los resultados alentadores obtenidos en todas las investigaciones realizadas hasta la fecha, presentan perspectivas favorables desde el punto de vista nutricional para elevar la calidad de la dieta de la población, principalmente de bajos ingresos, al ser introducido el maíz Opaco-2 al mercado nacional.

I.3 Características Físicas del Grano.

A principios de 1970 el CIMMyT en su intento por introducir el maíz Opaco-2 a la América Latina trabajó con diversos problemas técnicos que debían de ser solucionados para que los agricultores pudieran introducir este tipo de maíz de alta -- calidad. Estos problemas eran los siguientes: Los mutantes originales Opaco-2 y Harinoso-2 identificados provenientes de variedades de maíz adaptados ecológicamente al clima templado de --

las regiones productoras en los Estados Unidos, no eran adecuados para la producción directa en las regiones tropicales y subtropicales en los que podían producir precisamente las mayores ventajas.

Los nombres descriptivos de "Opaco-2" y "Harinoso-2" indican la apariencia física opaca, sin brillo y similar a la tiza de los granos en que por primera vez se aislaron e identificaron estos mutantes. Estas características representaban un obstáculo para los productores de maíz, acostumbrados a producir el tipo de maíz duro y hendido, de aspecto limpio, terso y lustroso. Aparte de las elevadas regiones andinas de América del Sur donde el maíz cultivado tradicionalmente es el de grano harinoso, la mayoría de las regiones de cultivo de maíz del mundo producen tipos de grano duro y hendido, tanto para el consumo humano como para el consumo animal.

El grano de este maíz mutante tiene un endospermo blando y menos denso, con un menor peso específico que reduce el rendimiento en un 10% a un 15%. Se hallaron indicios de que los mutantes eran más susceptibles a los ataques de insectos y a enfermedades y, en consecuencia, resultaban más difíciles de almacenar (CIMMYT, 1973).

En el campo, la suavidad del grano de maíz opaco lo hace vulnerable al ataque de insectos durante su crecimiento. En pruebas tendientes a obtener alguna información sobre la susceptibilidad al daño causado por hongos durante el almacenamiento, el maíz Opaco-2 utilizado resulto ser igual o menos susceptible que el maíz normal (López Farías, 1972).

A causa de la naturaleza harinosa del maíz opaco, ni la molienda húmeda ni en seco han sido bien acogidas por los agricultores. Las operaciones de los molineros requieren un grano de endospermo vítreo; el opaco presenta problemas a la molienda en seco ya que sus rendimientos son reducidos. La harina del Opaco-2 obtenido por molienda en seco es fina, forma una pasta que requiere nuevos métodos de preparación para llegar a los productos horneados comunes del maíz. En contraste con la harina del maíz normal, la de Opaco-2 no puede producir hojuelas (Brekke, et al., 1971).

Páez et al., en 1969, indicaron que los efectos indeseables del Opaco-2 podrían eliminarse por selección, o mediante introducción de genes modificantes que hicieran que el endospermo fuera translúcido y duro aún en presencia del gene homocigoto recesivo Opaco-2. Entonces sería posible encontrar gra-

nos translúcidos con alto contenido de lisina.

Actualmente dentro de poblaciones homocigotos de Opaco-2, se cuenta con maíces de granos modificados fenotípicamente y con apariencia de tipos normales. Es decir; esos granos tienen una gran proporción de endospermo vitreo y se ha determinado que contienen más lisina y triptofano que el maíz común, de manera que se aproximan a la calidad del Opaco-2 (Cuadro 5).

CONTENIDO DE LISINA Y TRIPTOFANO DE ENDOSPERMO DESENGRASADO DE MAIZ COMUN, OPACO-2 Y OPACO-2 MODIFICADO (VILLEGAS, E. 1972)

	MAIZ COMUN	MAIZ OPACO-2 (ENDOS, SUAVE)	MAIZ OPACO-2 MODIFICADO (ENDOS, DURO)
LISINA	2.00	3.80	3.40
TRIPTOFANO	0.40	1.00	0.85
PROTEINA % NX6.25	9.20	8.00	9.93

Estos granos modificados fenotípicamente han sido seleccionados y multiplicados hasta obtener cantidades suficientes para llevar a cabo estudios biológicos con animales experimentales y hacer la evaluación definitiva en seres humanos. El va-

lor de estos trabajos radica en el logro de la aceptación de este maíz por los agricultores (Villegas, E. 1972).

Se trata de un maíz cuya modificación (su alto valor nutritivo) pase inadvertido para ellos, puesto que no afectará adversamente en el rendimiento y en las características agronómicas y económicas deseables, que son factores de primera importancia.

I.4 Objetivos.

Los programas que se han emprendido en otros países con maíz Opaco-2 han tropezado con algunas dificultades importantes, debido a la apariencia de la semilla, a la mayor susceptibilidad a plagas de campo y almacén y también al menor peso por unidad de volumen, lo que se traduce en menor rendimiento por hectárea. Los primeros contactos de los agricultores, comerciantes y consumidores con la semilla de maíz opaco, revelaron que estas desventajas podrían traducirse en un rechazo hacia las nuevas variedades de maíz opaco, a pesar de la superioridad nutricional de ellos. Por lo tanto se creyó importante el emprender un trabajo de investigación que mostrara realmente las características a nivel tecnológico, ya que en la actualidad no

existen datos en la literatura que muestren el porqué de las con -
diciones usadas tradicionalmente en el proceso de nixtamaliza- -
ción. Además debido a estudios tecnológicos preliminares reali-
zados con el maíz opaco se encontraron datos que podrían hacer
ver a agricultores y comerciantes que el maíz opaco presenta -
tecnológicamente ciertas ventajas (Watson y Yahl, 1967).

Por lo tanto, se trazaron como objetivos los siguien--
tes: optimizar las variables que intervienen en el proceso de - -
tratamiento alcalino, tanto para maíz normal como para las va-
riedades de maíz de alta calidad de proteína (Opaco-2), así - -
como realizar pruebas organolépticas y reológicas que permitan
evaluar los parámetros optimizados, y por último, realizar una
comparación de carácter económico para el proceso de nixtama-
lización entre ambos tipos de maíz.

Todo lo anterior tiene como propósito encontrar otros
factores, tales como mayor rendimiento molinero, disminución -
de costos etc., que permitan presentar tanto a agricultores, pro
prietarios de molinos y consumidores una motivación económica -
real para la aceptación o rechazo del maíz con alto contenido de
lisina y no basándose únicamente en el criterio nutricional de di
cho maíz.

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

II.1 Introducción

Se han realizado estudios sobre la nixtamalización del maíz desde hace ya casi veinte años (Bressani et al, 1958 a,b) y se han elaborado hipótesis acerca del uso de este proceso en sociedades donde el maíz es la principal fuente de alimentos - - (Katz et al, 1974). Sin embargo hasta ahora, a nivel industrial, las prácticas que se siguen son empíricas tanto en lo que se refiere al proceso en sí como al tipo de maíz usado. Por ello - se decidió continuar el estudio de este proceso a nivel físico- - químico, determinando las variables que lo controlan y optimizán dolos, tanto para variedades normales como de alta calidad de - proteína.

II.1.1 Experimentos preliminares.

Experimentos realizados por Watson y Yahl en 1967 - con maíz alto en lisina sometido a un tratamiento reporta- - ron un mayor rendimiento de nixtamal a masa, así como una -- proporción superior en sólidos solubles en el agua de desecho, por ello se creyó necesario realizar experimentos preliminares con la variedad opaca, con el fin de ver el grado de comporta-

miento de dicho maíz al someterse al proceso tradicional de nixtamalización seguido en México. En estos experimentos se vió que no había gran diferencia en la molienda y elaboración de tortillas con respecto al maíz común, e incluso resultó ser mejor en ciertos aspectos como son tiempo de cocción, tiempo de reposo, molienda y rendimiento maíz-masa. En cuanto a las tortillas estas resultaron mejores en sabor, olor, color e iguales en cuanto a textura.

II.1.2 Reología

En un estudio realizado previamente por Tueme, en 1976, se determinó el efecto que tenía el tiempo de cocimiento y cantidad de cal sobre la conducta reológica de masas nixtamalizadas. Se utilizó un reómetro para determinar la resistencia a la tensión y se encontró que ésta era directamente proporcional al grado de gelatinización que sufría el almidón. Las conclusiones fueron que la resistencia a la tensión era una función directa de la absorción de agua por el grano de maíz, dependiendo de la dureza del grano, es decir, en granos blandos la cantidad de cal necesaria era menor, así como el tiempo de cocimiento, en cambio la absorción de agua y la gelatinización del almidón eran mayores. En el caso de granos con endospermo -

duro se concluyó que la cantidad de cal y tiempo de cocción influyen grandemente en la gelatinización total del endospermo causando problemas en la molienda.

Sobre esta base, se creyó necesario continuar estudiando el comportamiento reológico de masas nixtamalizadas utilizando ahora el maíz Opaco-2, el cual es de endospermo blando, y compararlo con el maíz común, en este caso, el maíz blanco - cristalino de endospermo completamente córneo.

Para determinar las características reológicas en las masas obtenidas de ambas variedades, se utilizó un consistómetro HAAKE, facilitado por el Departamento de Industrias Agrícolas de la ENA, Chapingo, Méx. Este aparato permite determinar la viscosidad del material a prueba. En el caso de las masas de maíz, la viscosidad podría ser una medida indirecta del grado de gelatinización de los almidones. El consistómetro consta de cilindros de diferente diámetro, dependiendo del material que se quiera analizar. Se llena el cilindro con la masa a la que se va a determinar su viscosidad. El cilindro es entonces sometido a un calentamiento en baño maría a temperatura constante. Debido a que la viscosidad es una función de la temperatura, es conveniente que todas las pruebas se lleven a tempera-

tura constante y en este caso a 30°C, ya que es la temperatura que tiene la masa en el momento de amasarla para elaborar tortillas. Se coloca el cilindro en el aparato, se introduce dentro de él un émbolo que es empujado por pesas. La viscosidad, centipoises, se calcula indirectamente mediante los datos de la carga ejercida por el émbolo, distancia que recorrió el émbolo y tiempo para realizarla, mediante la fórmula siguiente:

$$\mu = \frac{G \cdot T \cdot K}{S}$$

En donde, μ = viscosidad, en cp

G = Carga, en gramos

T = Tiempo, en segundos

K = Constante del cilindro usado

S = Distancia, en milímetros.

II.1.2 Evaluaciones organolépticas

Debido a que la tortilla es el principal alimento con propiedades definidas de aceptación, se creyó necesario realizar pruebas organolépticas para estimar el grado de aceptabilidad que tendría la tortilla de maíz Opaco-2, al ser introducida al mercado. Tanto rural, como urbano.

Para las pruebas organolépticas se trabajó conjuntamente con el Departamento de Industrias Agrícolas de la ENA, Chapingo, donde se empleó un ⁿpanel organoléptico integrado por 10 personas. Además se realizó una encuesta haciendo una comparación de tortillas de maíz común y maíz Opaco-2, entre 35 amas de casa de la población de Texcoco, Méx., y 20 personas del Distrito Federal.

II.2 Materiales y Métodos

Se utilizaron dos variedades, Sintético Bajío general - O₂, con origen de B.74 R, de grano blanco mate con endospermo blando opaco 100% y blanco cristalino, con origen de Cotaxtla 76 AR cuyo endospermo es completamente vítreo, el cual tiene las características del grano comercial provenientes del Departamento de Maíz y Sorgo, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Se determinó, proteína total por el método de Microkjeldahl, lisina por el método de Tsai modificado por Villegas, triptófano por el método de Openska-Blauth modificado por Hernández y Bates en grano crudo, masa y tortillas. Asimismo se determinaron azúcares reductores por el método del ferricianuro en grano crudo, masa nejayote y agua de lavado, todo esto llevado a

cabo en el laboratorio de Análisis Químicos.

La cantidad de cal usada fue 0%, 1%, 1.5%, 2%, 3% y 4% con respecto a grano expresado en peso. Las cantidades de agua con respecto a grano usados fueron 2:1, 3:1 y 4:1 y los tiempos de cocción y reposo 15, 20, 25, 35, 40 minutos y 5, 10 y 15 horas respectivamente.

Se utilizó un consistómetro HAAKE, para determinar la viscosidad de las masas obtenidas.

Para las pruebas organolépticas se realizaron con un panel entrenado integrado por 10 personas y por último se realizó una encuesta estableciendo una comparación entre tortillas de maíz opaco y maíz común.

III. EXPERIMENTACION

III.1 Experimentos preliminares

Se realizaron cuatro primeras pruebas, en las cuales se nixtamalizaron muestras de 100g, tanto de la variedad normal como la de alta lisina en 400 ml. de agua, con 1.5 g de cal por 20 minutos de cocción a 92°C. Se mantuvo la mezcla en reposo por 14 horas para todos los experimentos, después de los cuales se lavó el grano cocido (nixtamal) y se evaporó a sequedad el agua de remojo (nejayote) y de enjuagado para recuperar los sólidos solubles. Se molieron los granos de cada variedad hasta obtener una masa. La textura de la masa de maíz opaco fue comparada con la de maíz normal en un consistómetro determinando la viscosidad de cada una.

Se elaboraron tortillas con el mismo peso de ambas masas (teztales iguales), se pesaron las tortillas al final de la cocción. Se observaron las características de ambas durante la cocción, por último se registraron los rendimientos de cada variedad tanto para masa y tortillas.

III.2 Experimentación

Se tomaron muestras de 100g de cada variedad de --
maíz (base húmeda) y se nixtamalizaron como sigue:

Variable: (6) Concentración de cal (0, 1, 1.5, 2, 3 y 4%)

(3) Agua de cocción (2:1, 3:1 y 4:1)

(5) Tiempo de cocción (15, 20, 25, 35 y 40 min.)

(3) Tiempo de reposo (5, 10 y 15 hrs.)

Donde las variables no están especificadas significa -
que se mantuvieron constantes la concentración de cal 1.5%, el
agua de cocción en proporción 3:1 con respecto al grano, el -
tiempo de cocción 20 minutos y 15 horas de reposo.

La experimentación se realizó por duplicado, realizán-
dose en total 68 nixtamalizaciones en ambas fases.

A las masas obtenidas se les determinó humedad, vis-
cosidad, protefna, lisina, triptofano y azúcares reductores. Asi
mismo se llevó a cabo la determinación de azucares reductores
en nejayote y agua de enjuague del maíz cocido.

En tortilla se determinó vida de anaquel, a temperatu-
ra ambiente y en refrigeración, comparando cualidades organo--

lépticas (correa, sabor, olor y color) con tortillas recién elaboradas cada 5 días.

Por último se realizó un análisis bromatológico determinando fibra cruda, extracto etéreo, proteína, humedad, cenizas y carbohidratos asimilables en grano crudo, masa y tortillas para ambas variedades de maíz.

La evaluación organoléptica de las tortillas de maíz opaco y común se llevó a cabo con un panel entrenado de 10 personas empleando pruebas escalares hedónicas, donde se calificó con escala del 1 al 9 cada muestra. Asimismo en la encuesta llevada a cabo en la población de Texcoco Méx., y D.F. se empleó la prueba triangular para diferencias.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

IV.1 Experimentos preliminares

En la Tabla IV-1 se presentan los resultados obtenidos en los cuatro primeros experimentos para la coción y el período de remojo (17 horas); puede verse que el maíz opaco tiene una absorción mucho mayor de agua que la variedad cristalina (casi 100 g de agua con respecto a 60 g en el grano cristalino), lo que confirma lo reportado por Watson y Yahl en 1967.

El rendimiento en base seca de masa, obtenido cuando ambas tienen la misma consistencia, es para el primer grupo de experimentos 1.199 y para el segundo 1.201 veces mayor en la masa de maíz opaco que en la de cristalino; y con respecto a tortillas se producen en el primero 1.163 y en el segundo 1.054 veces más con la variedad de endospermo 100% opaco que con el grano cristalino.

Experimentalmente se encontró que en las tortillas de maíz opaco, a alta temperatura, la velocidad de evaporación de agua que contenían también era más grande y por esta razón no hacían ampolla tan rápidamente como las de maíz cristalino.

	Cocción				Reposo			Absorción agua total		Peso solicitado en el Nejayote y agua de enjuagado. g
	Peso húmedo g	% humedad	Absorción de agua		Peso húmedo g	% humedad	Absorción agua en el reposo g	Peso hum. g	Peso seco g	
			Peso húmedo g	Peso seco g						
MAIZ NORMAL (Humedad inicial 11.71%)	146	42.78	46	57.71	159.8	41.05	13.8	59.8	71.5	---
	149.1	37.85	49.1	60.81	156.2	42.36	13.1	56.2	67.91	2.09
(100 g de peso hum.)	157.1	40.88	57.1	68.81	164.4	49.78	7.3	64.4	76.11	2.53
(88.29 g de peso seco)	149.1	37.66	49.1	60.81	165.7	39.46	16.6	65.7	77.41	---
PROMEDIO	150.33	39.79	50.33	62.04	161.53	43.16	12.7	61.53	73.24	2.31
MAIZ OPACO (Hum. inicial 8.8%)	(195.8)	(49.32)	(95.8)	(104.6)	195.8	53.04	(0)	95.8	104.6	---
(100g de peso húm.)	169.5	45.93	69.5	78.3	192.4	53.66	22.9	92.4	101.2	1.83
(91.2g de peso seco)	178.5	46.21	78.5	87.3	201.0	52.06	22.5	101.0	109.8	2.74
	174.1	46.35	74.1	82.9	200.8	52.57	25.7	100.8	109.6	---
PROMEDIO	174.03	46.16	74.03	82.83	197.5	52.83	23.7	97.5	106.3	2.28

TABLA IV.1 RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA COCCION Y EL REMOJO PARA LOS PRIMEROS CUATRO EXPERIMENTOS.

	Masa producida				Tortillas		
	Peso húmedo g	Agua agregada g	Pérdidas de masa y agua en el molino g	Rendimiento P.H. P.S.	Peso húme- do g	Rendimiento P.H. P.S.	
MAIZ NORMAL	160	32	36.4	1.6 1.812	130.2	1.302 1.475	
100 g base húmeda	167	20	18.7	1.67 1.891	131.4	1.314 1.488	
PROMEDIO	163.5	26	27.55	1.635 1.852	130.8	1.308 1.482	
MAIZ OPACO	198.9	25	27.1	1.99 2.18	148.0	1.48 1.623	
100 g base húmeda	206.3	30	24.5	2.06 2.26	166.2	1.66 1.822	
PROMEDIO	202.6	27.5	25.8	2.03 2.22	157.1	1.57 1.723	

TABLA IV.2 RESULTADOS OBTENIDOS CON LA MASA Y LAS TORTILLAS PARA LOS PRIMEROS EXPERIMENTOS.

	Grano crudo		Cocción			Reposo			Absorción total de agua g
			Peso húmedo g	Absorción		Peso húmedo g	Absorción agua		
	% humedad	Agua ml		Nejayote ml	Peso seco g		Nejayote ml	Agua g	
MAIZ NORMAL	11.71	13.26	173.8	192	73.8	198	150	24.3	98
(100g base seca)	11.35	12.8	160.35	200	60.4	182.1	150	21.75	82.1
PROMEDIO	11.53	13.03	167.08	196	67.1	190.05	150	22.9	90.0
MAIZ OPACO	9.11	10.02	198.1	156	98.1	232	110	33.9	132.0
(100g base seca)	8.28	9.03	180.4	192	80.4	213.6	140	33.2	113.6
PROMEDIO	8.69	9.53	189.25	174	89.2	222.8	125	33.5	122.8

TABLA IV.3 RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA COCCION Y EL REPOSO PARA LOS ULTIMOS DOS EXPERIMENTOS.

	Masa producida				Tortillas	
	Peso húmedo g	Agua agregada g	Pérdidas de masa y agua en el molino g	Rendimiento P.H. P.S.	Peso húmedo	Rendimiento P.H. P.S.
NORMAL	182.5	33.5	38.5	1.62 1.83	146.3	1.297 1.463
OPACO	219.2	28	19.0	2.01 2.19	154.2	1.414 1.542

TABLA IV.4 RESULTADOS OBTENIDOS CON LA MASA Y LAS TORTILLAS DE LOS ULTIMOS EXPERIMENTOS.

	Grano crudo		Cocción			Reposo			
	Peso inicial g	% hum.	Peso húmedo g	Absorción agua		Peso húmedo g	Absorción agua		Total
				Peso seco g	Nejayote ml		Peso agua g	Nejayote ml	
MAIZ NORMAL	100 (base seca)	11.53	167.10	67.1	196	190	22.9	150	90
	88.29(base seca) (100, base húmeda)	11.71	150.33	62.04	---	161.53	12.7	---	73.24
MAIZ OPACO	100 (base seca)	8.69	189.25	89.2	174	222.8	33.5	125	122.8
	91.2 (base seca) (100, base húmeda)	8.8	174.03	82.83	---	197.5	23.7	---	106.3

TABLA IV.5 DATOS PROMEDIADOS DE AMBOS GRUPOS DE EXPERIMENTOS PARA LOS PERIODOS DE COCCION Y REPOSO.

	Grano		Masa producida				Tortillas			
	% humedad	Peso seco inicial g	Peso hú- medo g	Agua agre- gada g	Pérdidas de masa y agua en el molino g	Rendimiento P.H. P.S.		Peso hú- medo g	Rendimiento P.H. P.S.	
MAIZ NORMAL	11.53	100	182.5	33.5	38.50	1.62	1.83	146.3	1.297	1.463
	11.71	88.3	163.5	26.0	27.55	1.635	1.852	130.8	1.308	1.482
MAIZ OPACO	8.69	100	219.2	28.0	19.0	2.01	2.19	154.2	1.414	1.542
	8.8	91.2	202.6	27.5	25.80	2.03	2.22	157.1	1.57	1.723

TABLA IV.6 DATOS PROMEDIADOS DE AMBOS GRUPOS DE EXPERIMENTOS PARA MASA Y TORTILLAS.

	TEXTURA	COLOR	OLOR	SABOR	SACIEDAD
MAIZ NORMAL	TESTIGO	TESTIGO	TESTIGO	TESTIGO	TESTIGO
MAIZ OPACO	IGUAL	MAS BLANCAS QUE EL NORMAL.	IGUAL	MAS DULCE*	MAYOR SENSACION DE SACIEDAD.

* Se reportó un sabor más agradable que el testigo.

TABLA IV.7 COMPARACION ORGANOLEPTICA DE MAIZ OPACO VS MAIZ NORMAL.

Respecto a las cualidades organolépticas de las tortillas, en la Tabla IV.7 se presentan los resultados obtenidos.

Es importante señalar que las tortillas elaboradas con la variedad rica en lisina, dan una sensación de mayor saciedad, que las de maíz normal.

IV.2 Experimentación.

La Tabla IV.8 presenta los datos de absorción de agua y rendimiento de masa y tortillas. En la Tabla IV.9 aparecen las viscosidades de las masas obtenidas. En la Tabla IV.10, las concentraciones de azúcares reductores en masa, nejayote y agua de enjuagado. Los análisis bromatológicos se presentan en la Tabla IV.11. Las Tablas IV.12 y IV.13, presentan los datos obtenidos para maíz, masa y tortillas, tanto de lisina y triptofano como de proteína total. En las Tablas IV.14 y IV.15 se presentan los resultados de las encuestas realizadas en comunidades semiurbanas y en el D.F.

IV.2:1 Pruebas con maíz Opaco

Los estudios sobre el comportamiento del maíz opaco durante su nixtamalización a diferentes proporciones de cal y di

ferentes tiempos de cocimiento mostraron que ambos factores - influyen permitiendo que el agua penetre las capas interiores - - del grano, disolviendo más rápidamente las membranas del pericarpio, contribuyendo así mismo al aumento del rendimiento nixtamal-masa.

Una mayor absorción de agua por los gránulos de almidón fue observada hasta un nivel de 1.5% de cal y 20 minutos de cocimiento a niveles superiores tanto de cal como de tiempo de cocción, se observó una disminución en la absorción total de - agua (Gráficas 1 y 3).

Los tratamientos con tiempo de 35 minutos, 4% de cal mostraron una influencia negativa en el rendimiento nixtamal-masa (Gráficas 5 y 7), además de aparición de coloración amarilla en las masas. A estos niveles de cal y tiempo de cocción, se producen masas difíciles de trabajar. Esto influyó bastante en la conducta reológica de la masa, mostrando que, tanto el exceso de cal, como tiempos largos de cocimiento pudieran ser no - recomendables para la elaboración de tortillas.

En cuanto a la influencia del agua de cocción y el tiempo de reposo sobre la absorción total de agua y rendimiento nixtamal-masa

tamal- masa, se encontró que el máximo fue a 300 ml. de agua y 10 horas de reposo respectivamente. A un nivel mayor de -- agua de cocción existe una dilución en la concentración de cal, - influyendo esto sobre la absorción de agua y por consiguiente en el rendimiento de la masa (Gráficas 6 y 8).

La viscosidad (Gráficas 13 y 14) de masas de nixtamal producidas a niveles mayores, tanto de 2% de cal como 25 minutos de cocción fue mayor. Esto reveló que el aumento de gelatinización del almidón provocado por un mayor tiempo de cocimiento, así como mayores concentraciones de cal, generaron -- fuerzas de atracción entre los gránulos de almidón, dando lugar a una mayor viscosidad. Esta característica no es conveniente- para la conducta reológica de la masa que va a ser usada en la elaboración de tortillas, ya que se vuelve difícil de manejar. - De la misma manera, a tiempos menores de 20 minutos, aún -- cuando la viscosidad es menor, la masa presenta una textura - más arenosa (debido a la presencia de fibra cruda y de almidón no gelatinizado) que organolépticamente es rechazable.

De la Gráfica 15 puede verse, que el contenido de azucares reductores es superior en el maíz opaco. En las masas hay una reducción del contenido de azúcar y por ende un aumento

to en el contenido de los nejayotes conforme aumentan, tanto el tiempo de cocción como la concentración de cal. (Tabla IV.10).

En cuanto a los resultados de proteína, lisina y triptofano éstos no mostraron una variación significativa respecto a los variables usados. No se encontró una influencia determinante de estas variables sobre la reducción del valor nutricional. Algo que sí revelan realmente, es la mayor concentración de los aminoácidos lisina y triptofano en la tortilla de opaco y por consiguiente mayor valor nutricional con respecto a la normal (Tabla IV.13).

Aunque por las gráficas 16 a 19 se observa que en la tortilla de opaco a las condiciones de 1.5% de cal y 25 minutos de cocción, la concentración de triptofano y lisina son las óptimas. Bajo estas condiciones la tortilla presenta una textura adecuada.

Evaluación de las tortillas

Las tortillas elaboradas con masa, producida con 0% y 1% de cal y 15 minutos fueron duras y con gran cantidad de pericarpio y textura arenosa. El nixtamal a estas condiciones requiere un mayor número de moliendas.

Las tortillas elaboradas con 1.5% y 2% de cal, 20 y 25 minutos de cocimiento, fueron suaves y flexibles. El nixtamal requería una sola molienda.

Las tortillas hechas con 3% y 4% de cal, 35 y 40 minutos, fueron oscuras, con olor a cal, duras y quebradizas.

IV.2.2 Pruebas con maíz normal

El maíz normal utilizado en estas pruebas, de naturaleza córnea en su endospermo, reveló un comportamiento deferente, probablemente a la alta proporción de endospermo duro que dificulta la penetración de agua por las capas de aleurona a las paredes internas del endospermo.

Los datos obtenidos muestran que a concentraciones de 1.5% de cal o menores y tiempos de cocimientos menores de 25 minutos, la absorción de agua por el grano no alcanza el óptimo, influyendo ésto en el rendimiento nixtamal-masa. El maíz cocido bajo estas condiciones dió lugar a una masa dura, quebradiza, arenosa y difícil de trabajar.

En los tratamientos tanto de 2% de cal, como de 25 minutos de cocimientos se obtuvo una mayor penetración de agua

a las capas interiores de endospermo. Esto se debió probablemente a la solubilización de las capas de protefna del endospermo de este grano. La protefna es especialmente glutenina, responsable del endurecimiento del endospermo del grano; más soluble a esas condiciones. Por esta razón se logró aumentar la penetración de agua a las proximidades de los gránulos de almidón, aumentándose la gelatinización y la cantidad de agua absorbida. Esto provocó mayores características de adhesividad y aglutinación que permiten la mejor manipulación de la masa en la manufactura de tortillas.

A concentraciones mayores de cal y tiempos más largos de cocimiento se producen masas duras, amarillentas, observándose una mayor viscosidad y un menor rendimiento nixtamal-masa. Esto no es conveniente, pues las tortillas son más oscuras, duras y quebradizas con olor y sabor a cal (Gráficas 1 a 8).

Respecto a la influencia del agua de cocción y tiempo de reposo, se observó una mayor absorción de agua a 200 ml y 10 horas respectivamente (Gráficas 2 y 4).

Se observó que la viscosidad a partir de 25 minutos de

tiempo de cocción y 2% de cal aumenta, lo cual no es conveniente para la conducta reológica de la masa, pues influye en la tortilla elaborada haciendola dura y quebradiza.

La gráfica 13, muestra que para 2% de cal y 25 minutos de cocción la viscosidad es ligeramente menor que la de masa de maíz opaco. A la viscosidad de 2.35×10^5 CP la masa presentó las mejores condiciones para su manipulación en la elaboración de tortillas.

En cuanto a la concentración de lisina y triptofano, se observó una mayor cantidad en tortillas provenientes de masa hecha con 2% y 25% minutos de cocción. Los datos revelaron también un menor porcentaje en la proteína total de estos aminoácidos esenciales con respecto al maíz opaco (Gráficas 16 a 19).

En cuanto a los azúcares reductores, se observaron cantidades menores al opaco (Gráfica 15), debido a la menor proporción de almidón de éste.

Evaluación de las tortillas.

Las tortillas elaboradas con maíz normal con proporciones de 0%, 1% y 1.5% de cal y con tiempos de cocción de 15

y 20 minutos, fueron duras, de textura arenosa.

Para proporciones de 2% de cal y 25 minutos de cocción las tortillas producidas fueron más suaves, flexibles y de olor y color agradable.

Para mayor concentración de cal, es decir 3%, 4% y 35, 40 minutos de cocción, las tortillas fueron duras, quebradizas, con olor a cal y color amarillo.

IV.2.3 Encuestas realizadas.

Los resultados de las encuestas realizadas se muestran en las Tablas IV.14 y IV.15. Un comentario por parte de las personas entrevistadas, fue en general, que las tortillas de maíz opaco les parecieron mejores que las que normalmente compran en la tortillería. Esta muestra en cierto sentido la baja calidad de las tortillas comerciales, ya que en la actualidad no existen normas estrictas para la elaboración de tortillas, llegando incluso a comprar tortillas que huelen a cal y con un olor amarillo que no es precisamente el del maíz.

Los datos de las tablas muestran el mayor porcentaje de personas que prefirieron la tortilla debido a sus cualidades organolépticas. Podría afirmarse con una seguridad de 95%,

que la tortilla de maíz opaco tiene una gran posibilidad de aceptación pues resulta ser igual en cuanto a textura y superior en -- cuanto a color, olor y sabor, y por consiguiente en preferencia.

Vida de anaquel

La vida de anaquel en refrigeración resultó ser de 13 días para el maíz normal contra 17 días de la tortilla de maíz - opaco-2.

VARIABLE	Nixtamal				Masa				Tortillas	
	Absorción total agua				Peso (g) húmedo		% humedad		% a partir de la masa	
	Peso (g) húmedo		Peso (g) seco							
	Opaco	Normal	Opaco	Normal	Opaco	Normal	Opaco	Normal	Opaco	Normal
0 Cal	95	60.5	104.2	71.9	215.3	179.1	62.4	54.6	74.4	67.7
1 Cal	98.9	70.8	108.1	82.2	211.1	191.1	60.6	56.8	72.0	74.0
1.5 Cal	115.0	82.6	122.0	94.0	233.2	188.2	63.9	57.5	75.0	77.4
2 Cal	115.9	85.3	129.8	96.7	227.7	191.6	63.6	57.6	73.0	78.6
3 Cal	78.5	53.5	87.7	64.9	189.4	169.7	57.51	51.22	79.0	75.6
4 Cal	89.4	59.1	98.6	70.5	199.5	172.0	52.3	48.1	80.0	77.8
PROMEDIO	98.45	68.6	108.4	80.0	212.7	180.11	60.1	54.3	75.56	75.18
2:1 Agua	112.6	84.3	128.5	95.7	239	194.6	62.2	57.5	72.5	79.5
3:1 Agua	119.3	74.6	121.7	86.0	239	194.2	65.6	57.3	74.0	80.5
4:1 Agua	97.8	69.1	107.0	80.0	217.7	187.4	62.0	56.6	73.8	84.4
PROMEDIO	109.9	76	119.0	87.3	232	190	63.3	56.8	73.43	81.46
15 Min. Cocción	106.1	71.6	115.3	83.1	233.2	194.5	63.8	57.8	73.0	80.4
20 Min. Cocción	111.6	73.1	120.8	84.5	236.6	184.8	65.6	56.7	76.0	81.7
25 Min. Cocción	94.2	73.6	126.3	85.0	229.2	194.8	63.3	57.7	73.9	80.3
35 Min. Cocción	84.5	53.1	93.7	64.5	204.0	175	55.2	50.1	79.9	80.1
40 Min. Cocción	80.9	53.5	90.1	64.9	209.0	171.7	54.4	51.8	78.5	81.6
PROMEDIO	95.5	65.0	109.3	76.4	222.4	184.2	60.5	54.8	76.3	80.8
5 Horas	94.2	69.8	103.4	81.2	227.2	173.9	63.1	53.4	78.8	82.2
10 Horas	106.3	69.5	114.5	81.0	229.3	189.7	63.3	56.3	78.4	80.3
15 Horas	107.3	70.5	116.5	82.0	231.0	186.7	62.7	55.6	75.6	82.5
PROMEDIO	101.3	69.9	111.8	81.4	229.2	183.5	63.0	55.1	77.6	81.7

11.4% humedad inicial para maíz normal

9.2% Humedad inicial para maíz opaco

TABLA IV-8 COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE ABSORCION AGUA TOTAL Y RENDIMIENTOS PARA MAIZ OPACO Y NORMAL.

VARIABLE	VISCOSIDAD * (X10 ⁵)	
	OPACO	NORMAL
0 Cal	4.7	5.64
1.0Cal	2.35	2.35
1.5Cal	2.94	2.35
2.0Cal	3.29	2.35
3.0Cal	17.6	8.47
4.0Cal	9.47	9.41
5.0Cal	5.29	7.05
2:1 Agua	1.64	4.7
3:1 Agua	3.29	2.35
4:1 Agua	4.7	4.7
15 Min. Cocción	1.4	3.29
20 Min. Cocción	2.82	4.40
25 Min. Cocción	3.01	2.35
35 Min. Cocción	17.65	9.47
40 Min. Cocción	8.47	9.41
50 Min. Cocción	5.29	7.05
5 Horas	4.11	9.41
10 Horas	4.7	4.11
15 Horas	3.76	4.11

* a 30°C, en centipoises (cp)

TABLA IV-9 DATOS DE VISCOSIDAD PARA LAS DIFERENTES MASAS DE MAIZ OPACO Y NORMAL.

VARIABLE	MASA		NEJAYOTE y AGUA LAVADO				TOTAL	
	OPACO	NORMAL	OPACO		NORMAL		OPACO	NORMAL
			n	a	n	a		
0 Cal	.000389	.000313	.0098	.002	.0050	.0015	.0122	.0068
1 Cal.	.000347	.000213	.0145	.0018	.0140	.0039	.0166	.0181
1.5 Cal	.000301	.000219	.0220	.0030	.0146	.0046	.0253	.0194
2 Cal	.000291	.000189	.0227	.0041	.0175	.0049	.0270	.0225
2:1 Agua	.000277	.000240	.0185	.0052	.0171	.0032	.0239	.0208
3:1 Agua	.000288	.000282	.0228	.0054	.0166	.0041	.0285	.0209
4:1 Agua	.000327	.000209	.0164	.0027	.0176	.0017	.0194	.0193
15 Min. Cocción	.000265	.000190	.0185	.0021	.0204	.0044	.0208	.0250
20 Min. Cocción	.000301	.000249	.0200	.0038	.0197	.0046	.0241	.0245
25 Min. Cocción	.000287	.000213	.0210	.0035	.0196	.0045	.0247	.0243
5 Horas	.000351	.000277	.0152	.0027	.0183	.0030	.0182	.0215
10 Horas	.000329	.000279	.0201	.0030	.0263	.0046	.0234	.0308
15 Horas	.000286	.000289	.0195	.0032	.0181	.0044	.0230	.0227

n, Nejayote

a, Agua de enjuague

* Meq/g

TABLA IV.10 DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES* EN MASA, NEJAYOTE Y AGUA DE ENJUAGUE.

TABLA IV.11 CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DEL MAIZ OPACO-2 Y MAIZ NORMAL DURANTE LA PREPARACION DE LA TORTILLA.

MUESTRA	HUMEDAD (%)	PROTEINA (%)+	EXTRACTO ENTERO (%)+	FIBRA CRUDA (%)+	CENIZAS (%)+	CARBOHI- DRATOS ⁻ (%)+	LISINA (%) ⁺⁺	TRIPTOFA- NO. (%) ⁺⁺
Opaco-2	8.0	11.07	5.57	2.92	1.56	78.86	3.86	1.22
Normal	8.5	11.65	5.00	3.93	1.22	78.18	2.35	0.78
Masa								
Opaco-2	7.51	10.32	5.01	2.70	1.57	80.36	3.51	1.04
Masa								
Normal	8.0	11.24	4.56	2.92	1.43	79.83	2.18	0.65
Tortilla								
Opaco-2	7.5	9.49	3.59	1.62	1.61	83.68	3.27	0.94
Tortilla								
Normal	8.0	11.03	3.70	2.93	1.55	80.77	2.14	0.61

+ BASE SECA

++ % EN PROTEINA

Condiciones del Proceso: 20 min., 300 ml., 1.5% cal, 10 horas de reposo y 25 min., 200 ml., 2% cal, 10 horas de reposo para maíz opaco y normal respectivamente.

GRANO CRUDO ENTERO	PROTEINA %*	LISINA %**	TRIPTOFANO %**
OPACO-2	10.19	3.86	1.22
NORMAL	10.66	2.35	.778

* % EN MUESTRA

** % EN PROTEINA

TABLA IV-12 ANALISIS DE PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO EN GRANO CRUDO ENTERO DE MAIZ OPACO-2 Y MAIZ NORMAL.

VARIABLE	MASA						TORTILLAS					
	Opaco-2			Normal			Opaco-2			Normal		
	% Prot.	% * Try	% * Lys	% Prot.	% Try	% Lys	% Prot.	% Try	% Lys	% Prot.	% Try	% Lys.
0 % Cal	9.34	1.06	3.65	10.14	.580	2.45	8.80	.962	3.80	10.17	.562	2.30
1.0 % Cal	9.48	1.066	3.23	10.37	.607	2.23	8.44	1.04	3.30	10.18	.579	2.52
1.5 % Cal	9.49	1.14	3.58	10.59	.660	2.51	8.35	1.101	3.22	10.14	.547	2.66
2.0 % Cal	9.85	1.111	3.51	10.62	.647	2.59	8.64	1.08	3.20	10.1	.630	2.74
2:1 Agua	9.86	1.02	3.22	10.35	.705	2.62	8.69	.874	3.72	10.20	.618	2.82
3:1 Agua	9.62	.977	3.52	10.50	.610	2.68	8.65	.878	3.64	10.16	.604	2.41
4:1 Agua	9.67	1.04	3.64	9.70	.613	2.60	8.87	1.00	3.52	9.94	.577	2.17
15 Min. Cocción	9.69	1.07	3.47	10.50	.680	2.06	8.89	.989	3.57	10.14	.647	2.87
20 Min. Cocción	9.46	1.05	3.30	9.9	.618	2.10	9.13	.898	3.35	10.17	.599	2.68
25 Min. Cocción	9.30	1.01	3.87	10.40	.676	2.52	8.93	.895	3.81	10.35	.611	2.48
5 Horas reposo	9.83	.854	3.12	10.20	.602	2.36	8.72	.848	3.30	10.12	.524	2.31
10 Horas reposo	9.70	1.110	3.41	10.25	.645	2.44	8.79	.876	3.69	10.08	.609	2.14
15 Horas reposo	9.49	1.02	3.64	10.40	.720	2.17	8.99	.895	3.97	10.13	.694	2.73

* % EN PROTEINA

TABLA IV.13 CAMBIOS EN PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO DURANTE LA PREPARACION DE TORTILLAS.

	OLOR	COLOR	SABOR	DOBLADO	PREFERENCIA
TORTILLA OPACO - 2	13	14	13	12	17
TORTILLA NORMAL	7	5	7	8	3

20 Personas Entrevistadas.

TABLA IV.14 RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA EN EL D.F. APLICANDO UNA PRUEBA TRIANGULAR PARA DIFERENCIAS.

	OLOR	COLOR	SABOR	DOBLADO	PREFERENCIA
TORTILLA OPACO - 2	17	20	21	19	23
TORTILLA NORMAL	11	10	9	10	7

30 Personas Entrevistadas

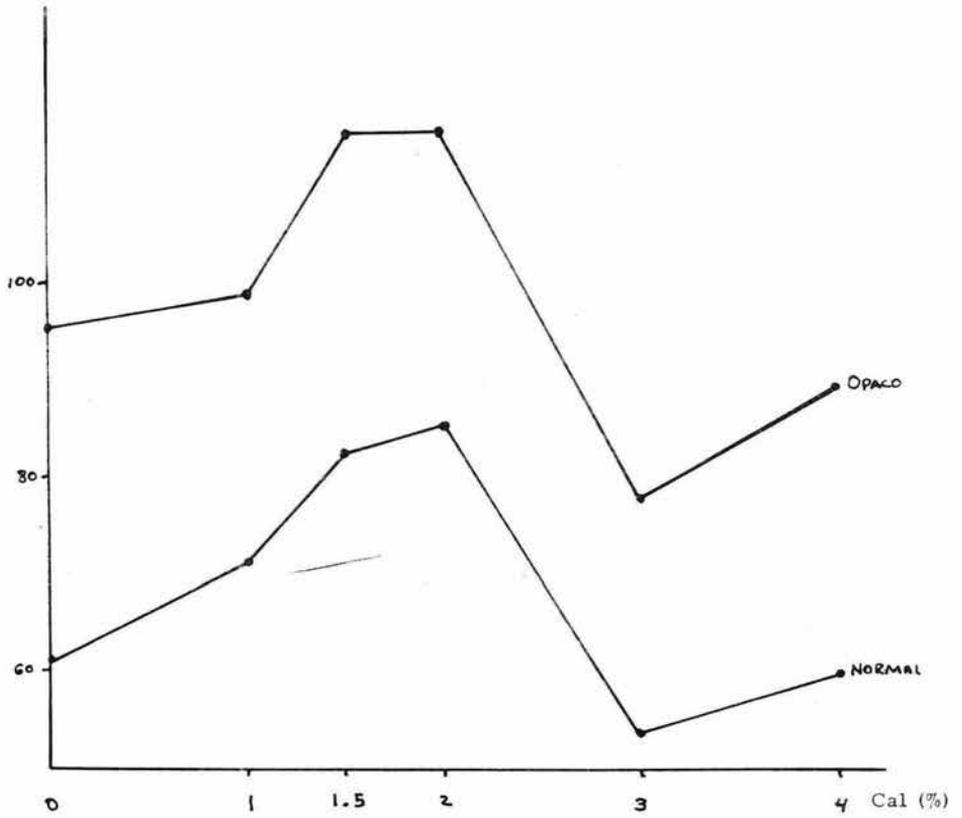
TABLA IV.15 RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA EN COMUNIDADES SEMIURBANAS EDO. DE MEX. CON UNA PRUEBA TRIANGULAR PARA DIFERENCIAS.

	OLOR	COLOR	SABOR	DOBLADO	PREFERENCIA
TORTILLA OPACO - 2	16	14	12	12	14
TORTILLA NORMAL	4	6	8	8	6

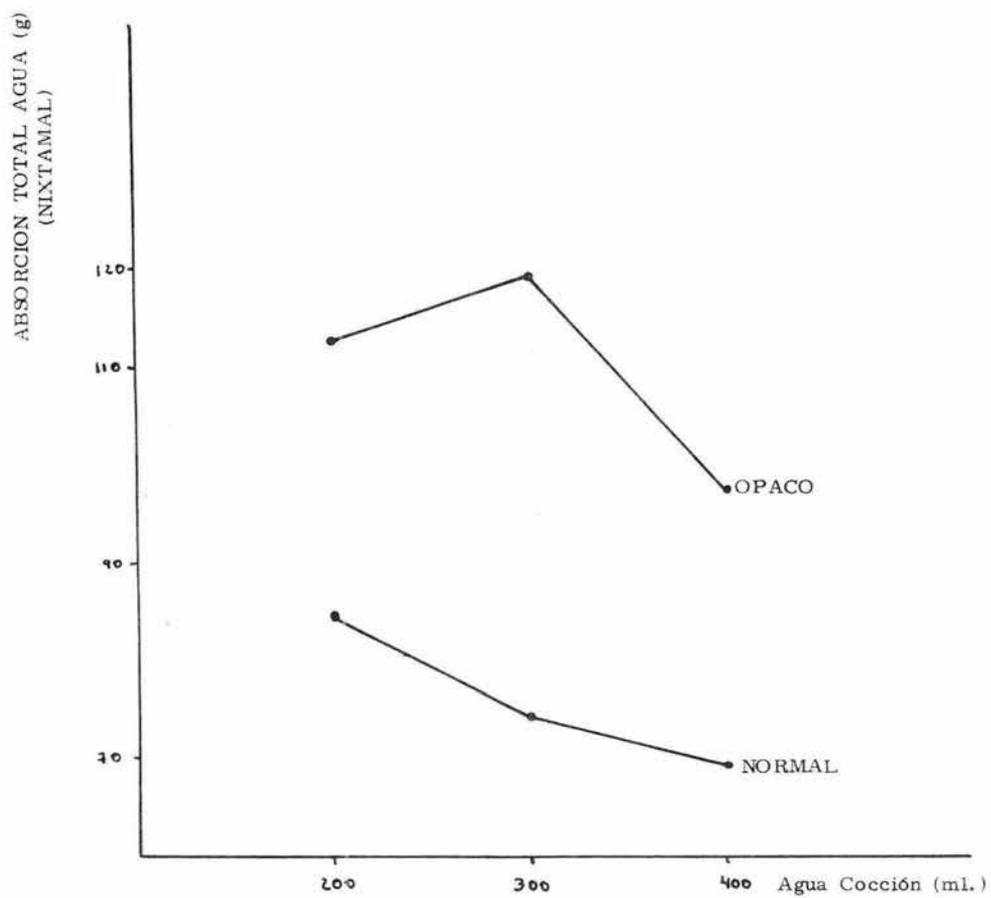
20 Personas

TABLA IV.16 RESULTADOS DE LA ENCUESTA SOBRE EL TOTAL DE PERSONAS QUE ACERTARON EN CUANTO A LA APARIENCIA.

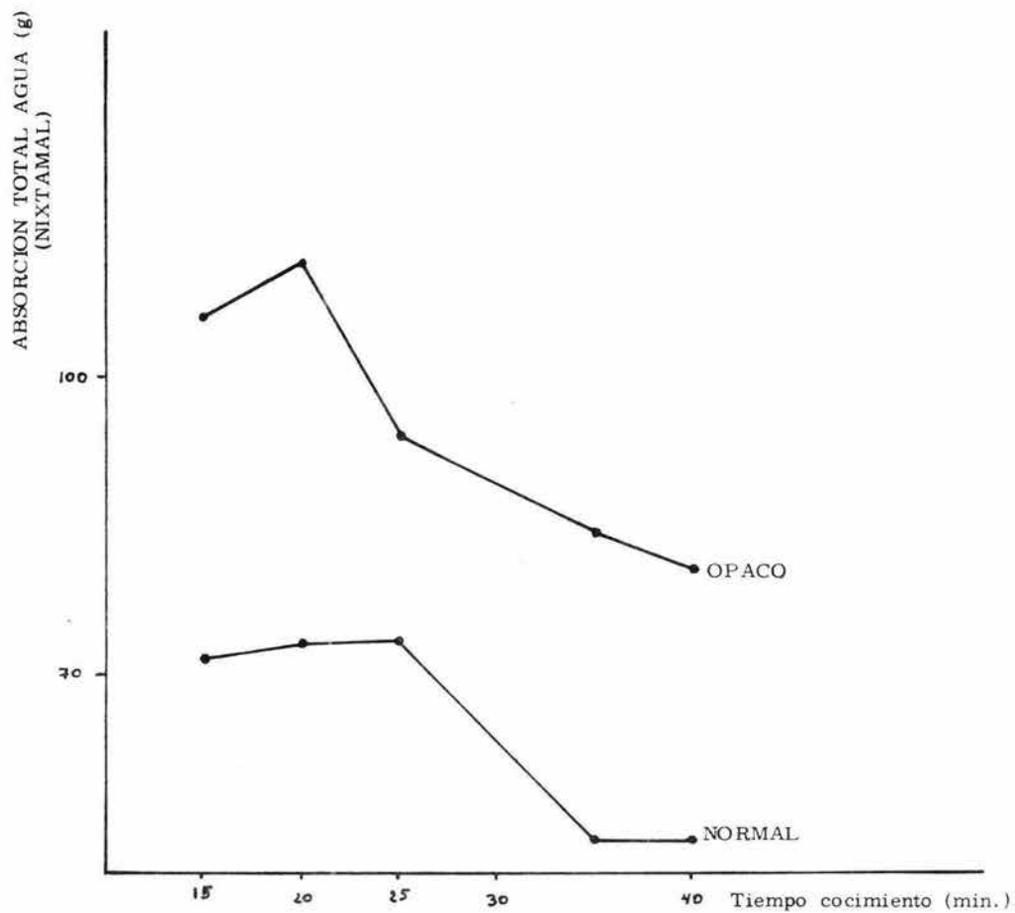
ABSORCION TOTAL AGUA (%)
(NIXTAMAL)



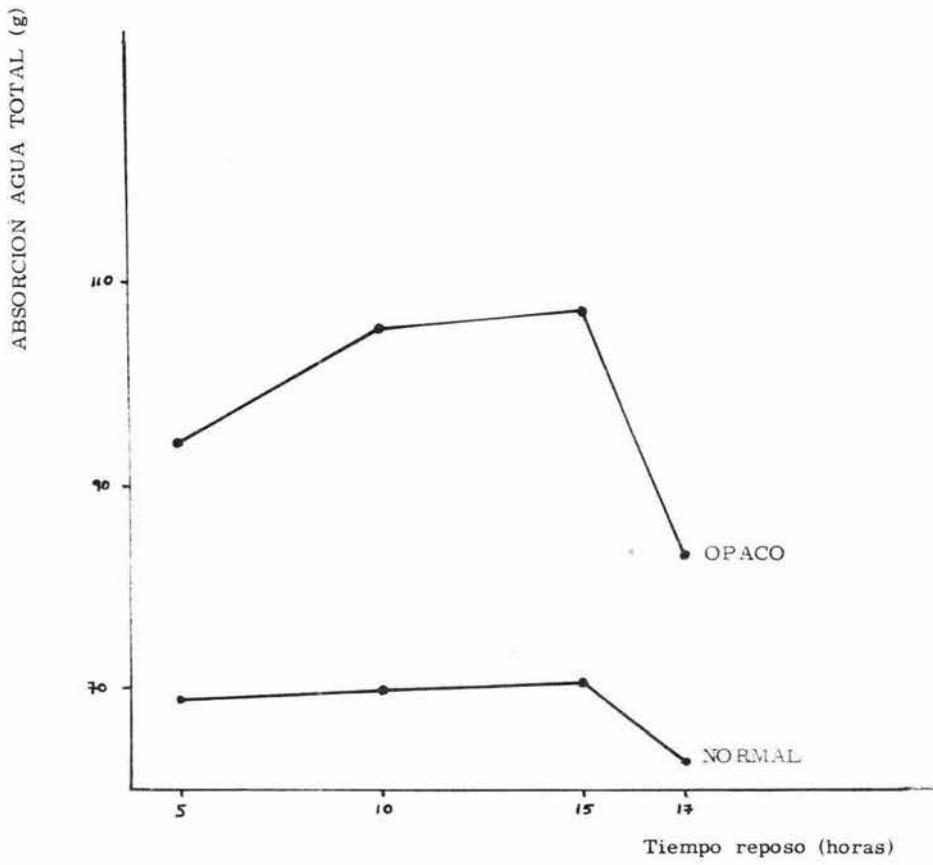
GRAFICA 1 ABSORCION TOTAL AGUA VS % CAL DEL NIXTAMAL



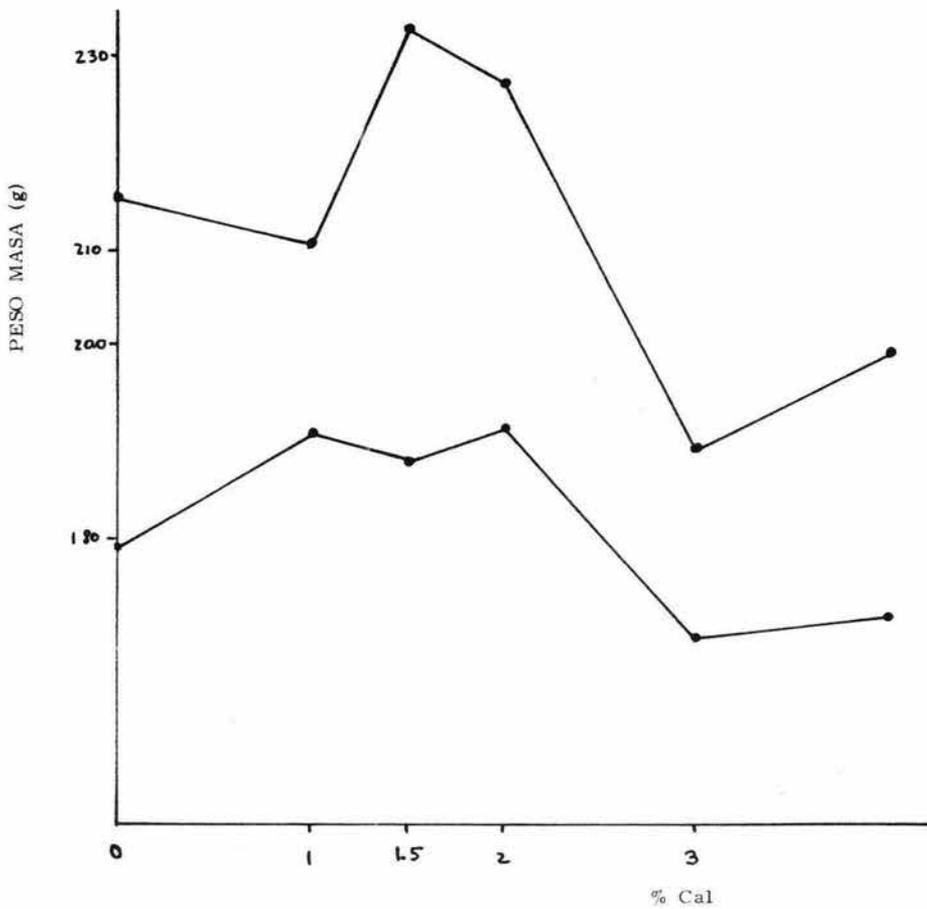
GRAFICA 2 ABSORCION TOTAL AGUA VS. AGUA COCCION DEL NIXTAMAL



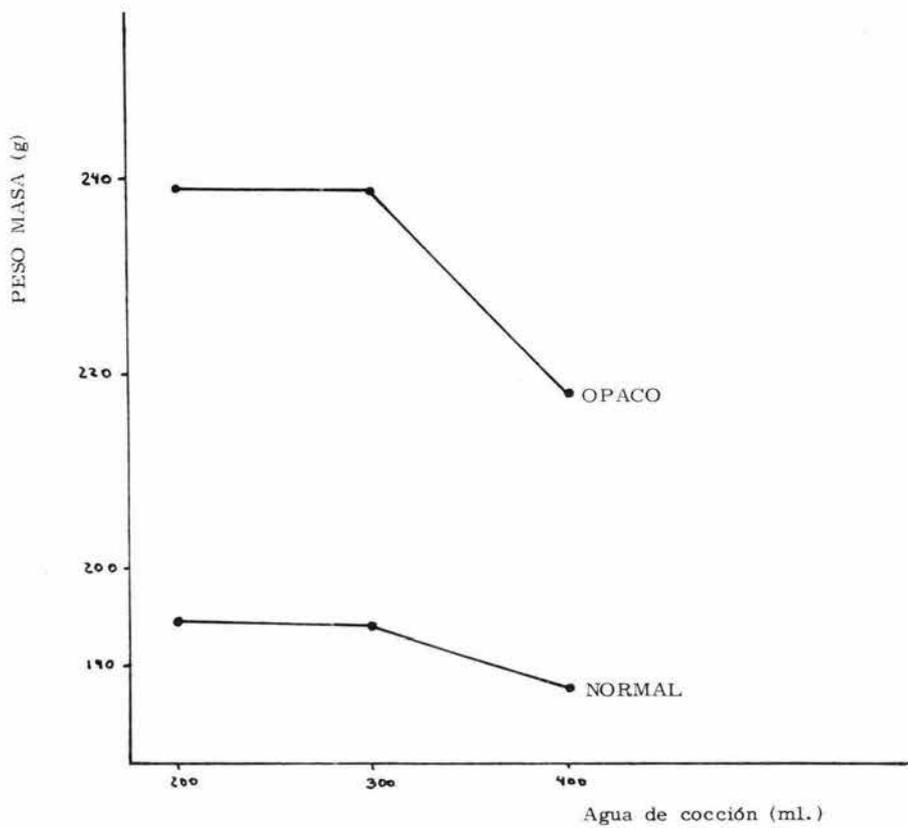
GRAFICA 3 ABSORCION TOTAL AGUA VS. TIEMPO DE COCIMIENTO DEL NIXTAMAL.



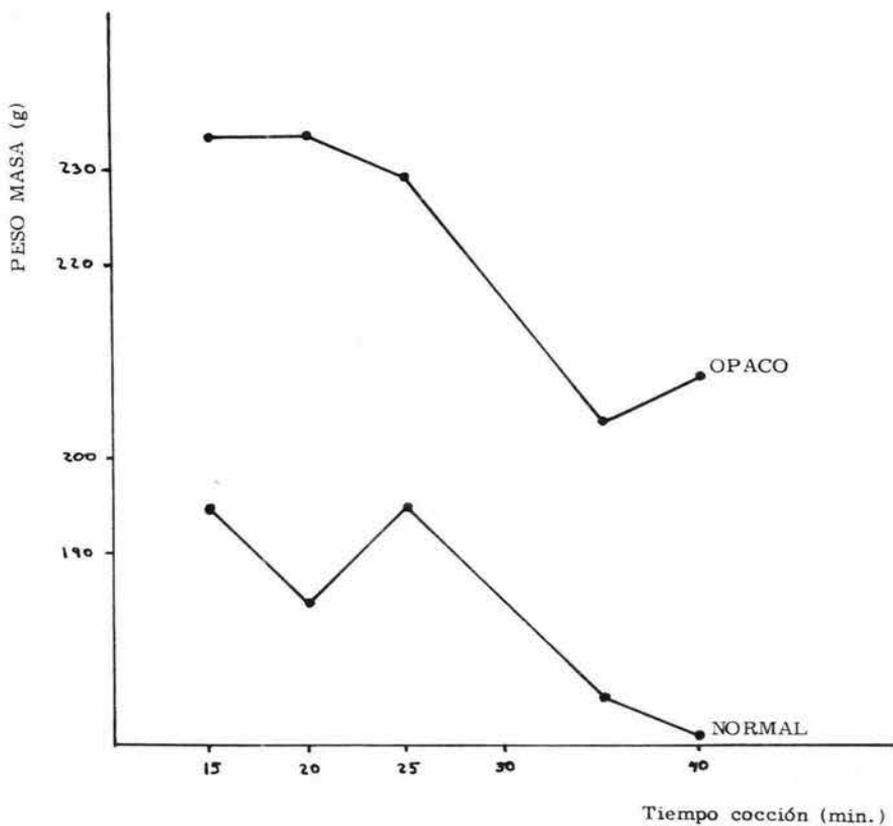
GRAFICA 4 ABSORCION TOTAL AGUA VS. TIEMPO REPOSO DEL NIXTAMAL



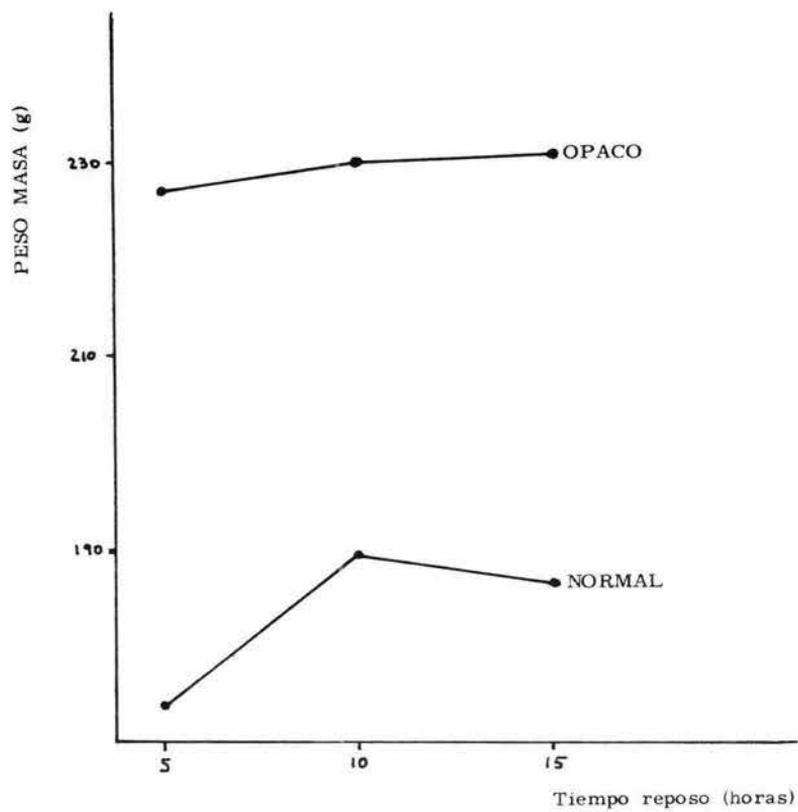
GRAFICA 5 RENDIMIENTO MASA VS. % CAL.



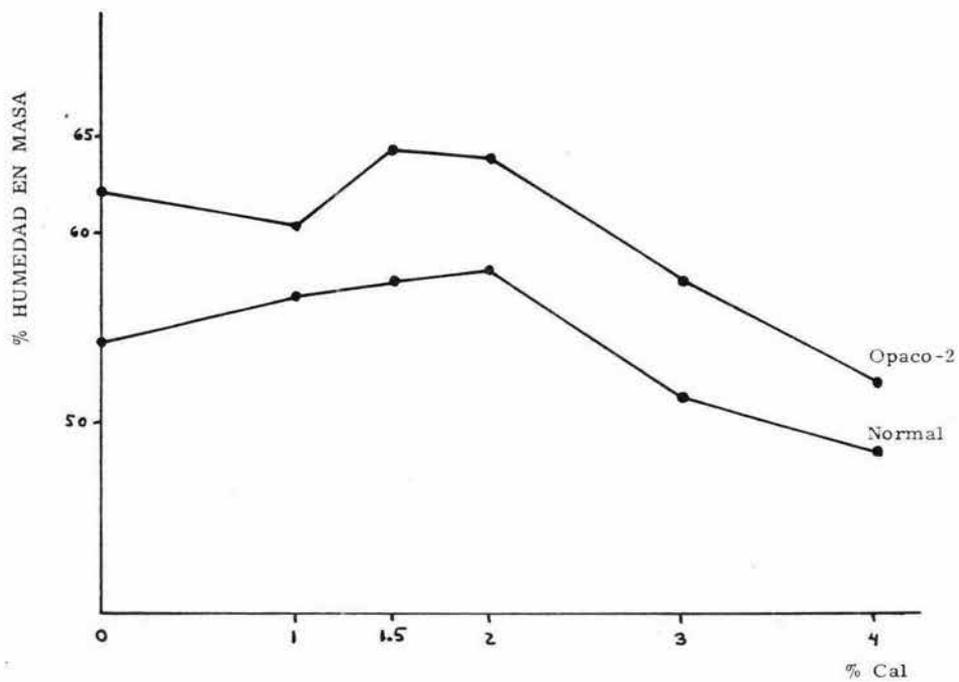
GRAFICA 6 RENDIMIENTO MASA VS. AGUA DE COCCION.



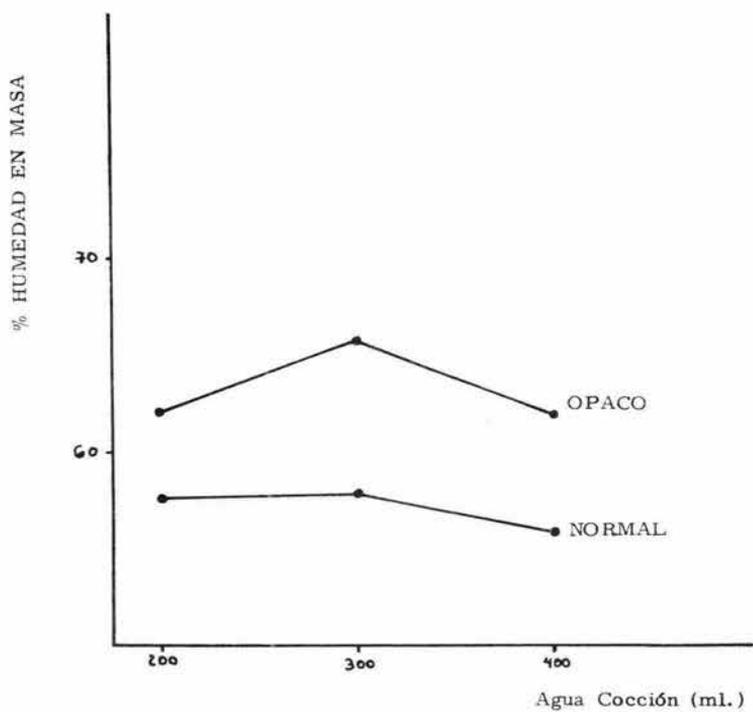
GRAFICA 7 RENDIMIENTO MASA VS. TIEMPO COCCION



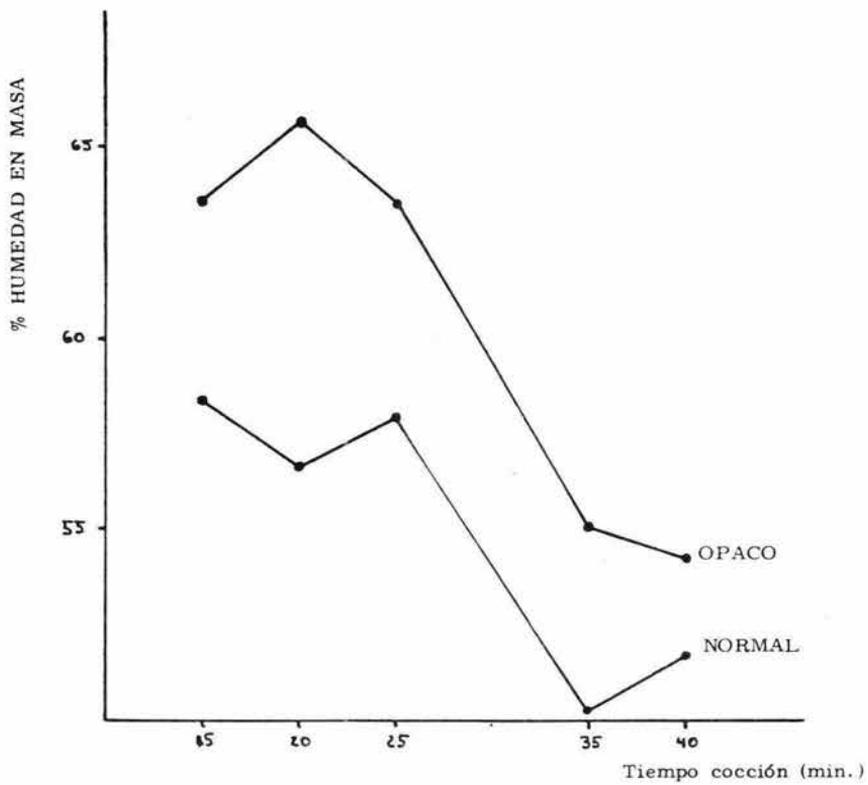
GRAFICA 8 RENDIMIENTO MASA VS. TIEMPO DE REPOSO



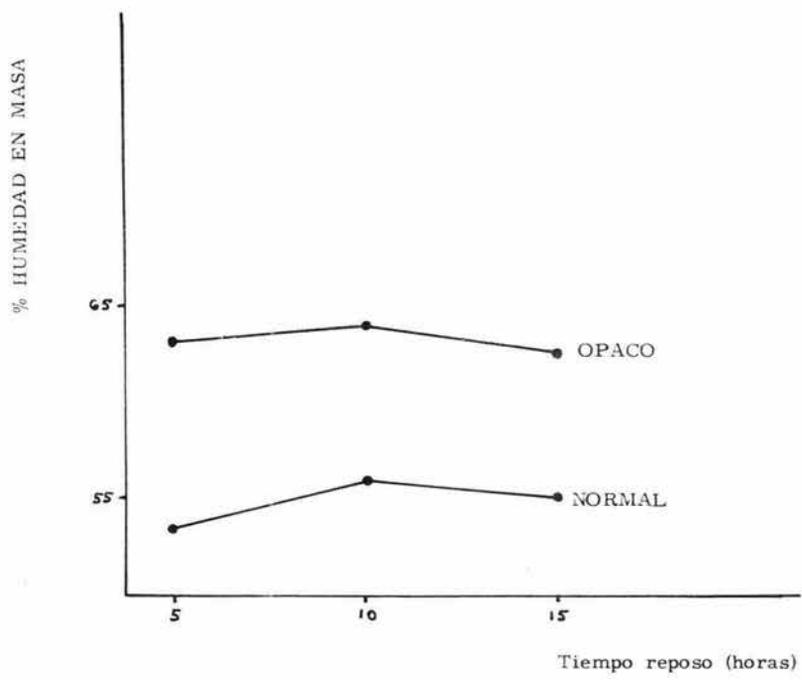
GRAFICA 9 % HUMEDAD EN MASA VS. % CAL.



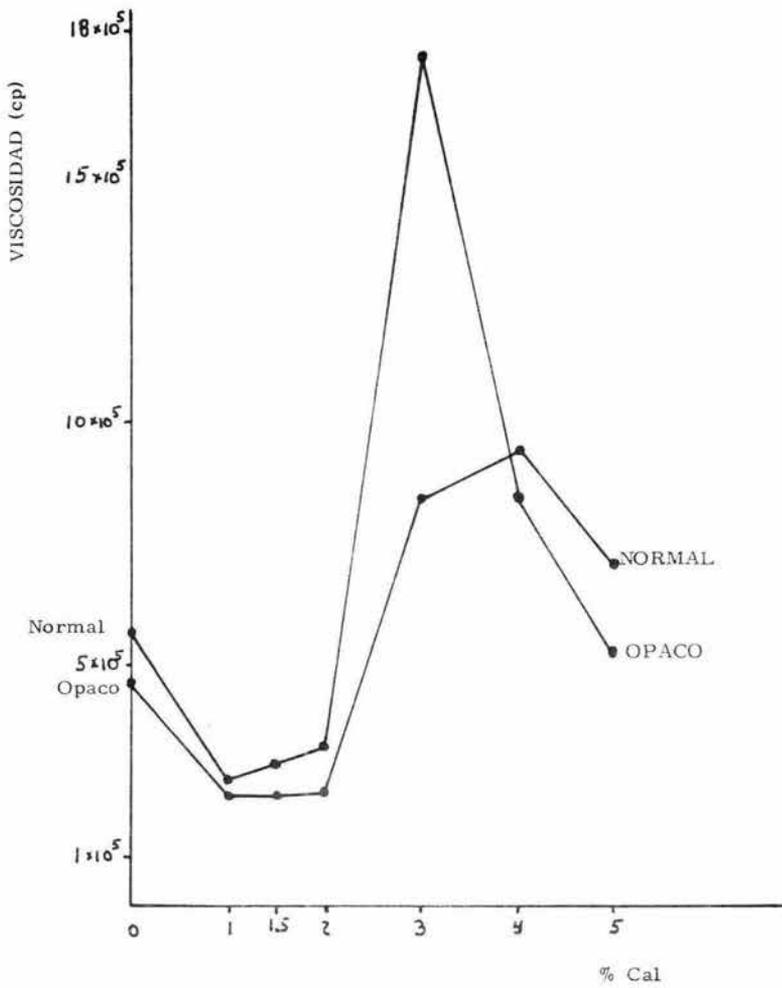
GRAFICA 10 % HUMEDAD EN MASA VS. AGUA DE COCCION



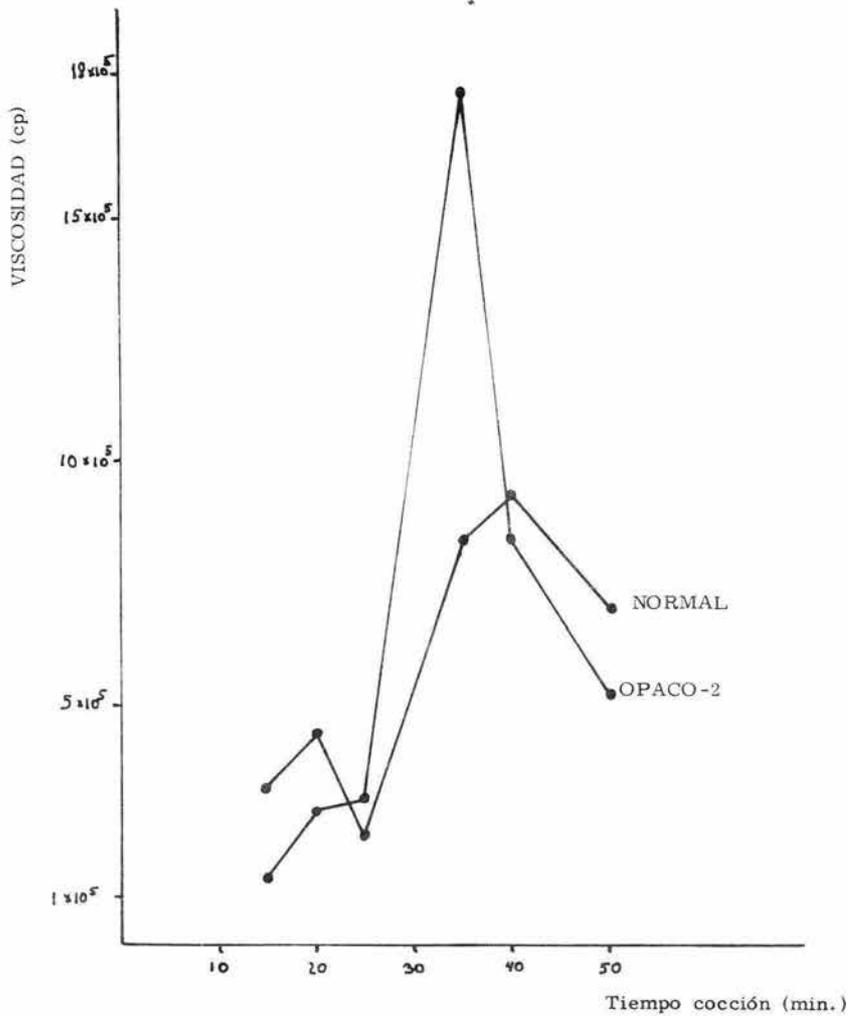
GRAFICA 11 % HUMEDAD EN MASA VS. TIEMPO COCIMIENTO



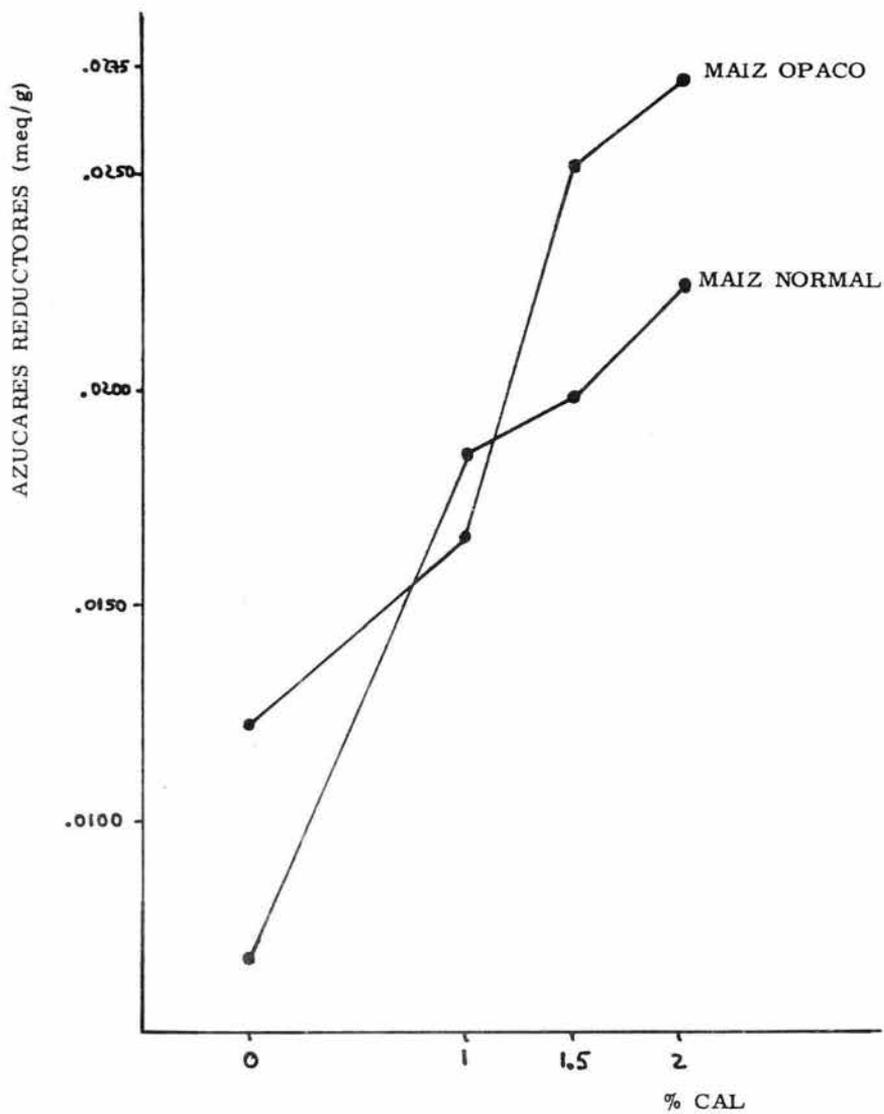
GRAFICA 12 % HUMEDAD EN MASA VS. TIEMPO DE REPOSO



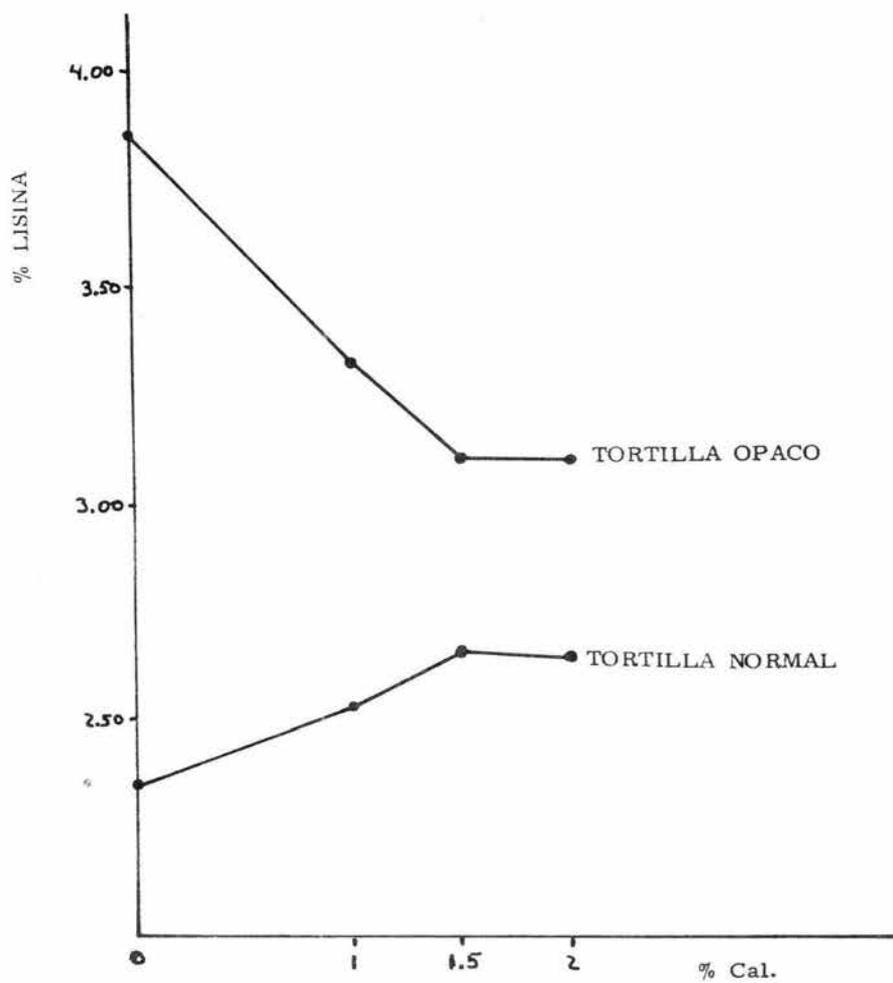
GRAFICA 13 VISCOSIDAD VS. % CAL.



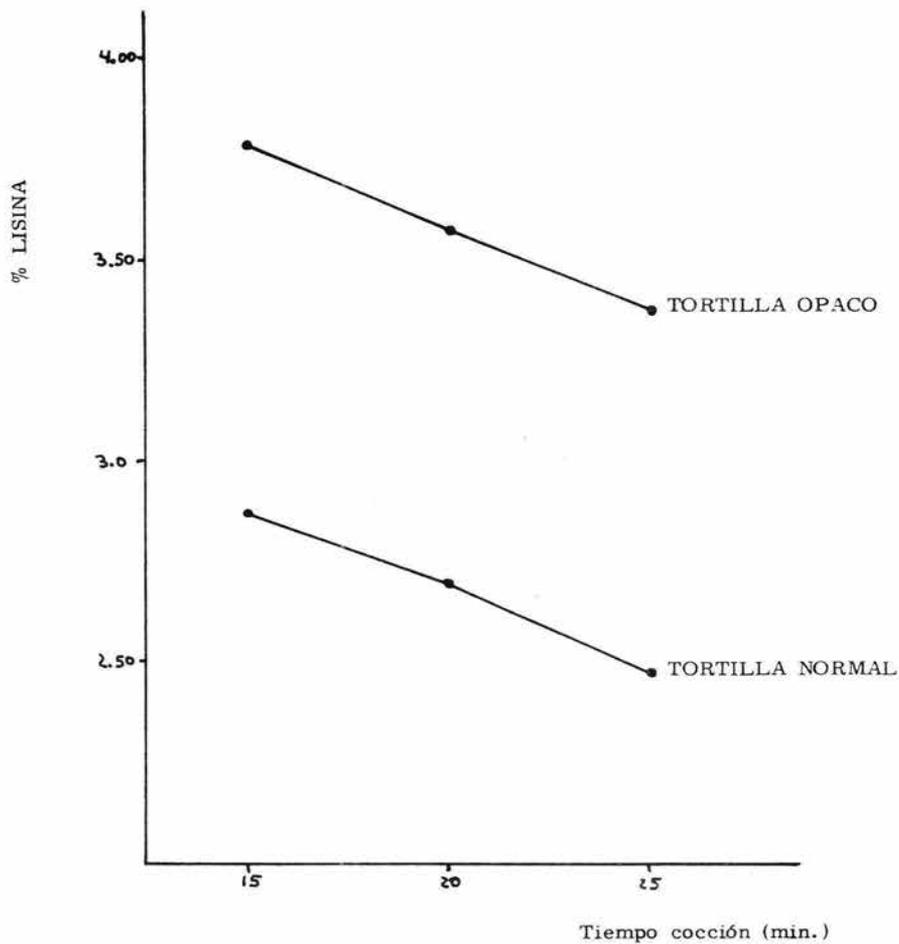
GRAFICA 14 VISCOSIDAD VS. TIEMPO COCCION



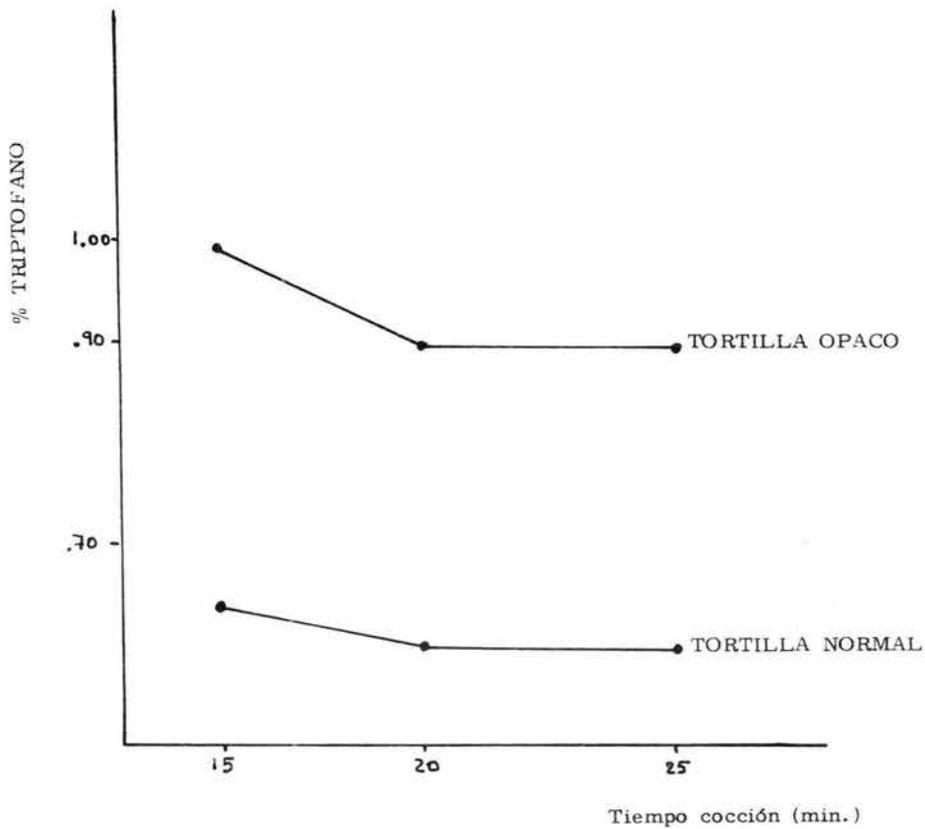
GRAFICA 15 AZUCARES REDUCTORES VS. % CAL.



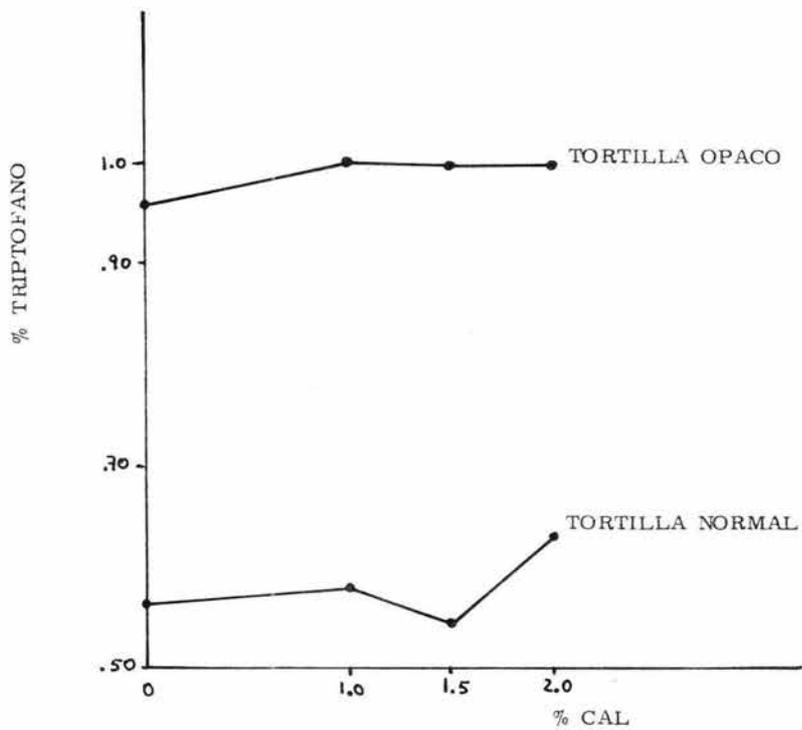
GRAFICA 16 % LISINA VS. % CAL.



GRAFICA 17 % LISINA VS. TIEMPO DE COCCION



GRAFICA 18 % TRIPTOFANO VS. TIEMPO DE COCCION



GRAFICA 19 % TRIPTOFANO VS. % CAL.

V. CONCLUSION

Los resultados obtenidos bajo las diferentes condiciones de la nixtamalización probadas, específicamente el % de cal y tiempo de cocción, revelan una posible relación entre el tipo de endospermo presentado por el grano y su estructura química (porcentaje de proteína soluble, porcentaje de endospermo harinoso, polisacáridos solubles). Estos factores contribuyen a la rapidez o al retardamiento del cocimiento de las capas interiores del grano en cuestión, así como a la absorción de agua durante este período.

En base a los resultados obtenidos puede concluirse que las condiciones óptimas a las cuales deben someterse las variedades estudiadas de maíz Opaco-2 y maíz normal para su nixtamalización serán:

	% de Cal	Tiempo de Cocción	Agua de Cocción	Tiempo de reposo
Maíz Opaco-2	1.5	20 min.	300 ml.	10 Horas
Maíz Normal	2	25 min.	200 ml.	10 Horas

La viscosidad de las masas obtenidas se ve influenciada principalmente por la concentración de cal y el tiempo de coc

ción, observándose un rango en el cual, la masa tendrá las mejores condiciones reológicas para la elaboración de la tortilla. Este rango es de 1.5 a 2% de cal y de 20 a 25 minutos para las variedades estudiadas.

Otro hecho importante de mencionar es que el maíz Opaco-2 no presentó ningún problema tecnológico a nivel de su nixtamalización y elaboración de tortillas.

Puede concluirse, por lo tanto, que la variedad en estudio con endospermo 100% opaco resultó ser superior a la variedad normal en lo que se refiere al proceso de nixtamalización como tal, ya que su rendimiento es mayor y la calidad nutritiva y organoléptica del producto terminado es mejor.

Además considerando el costo de nixtamalización éste resulta ser un poco menor. Ya que aunque se gaste un volumen mayor de agua (30%), esto es compensado: primero por la menor concentración de cal (25%) y la reducción en energía (20%) usadas en el proceso. Y segundo por el mayor rendimiento en tortillas (17%) con respecto al maíz comercial.

En cuanto al consumidor, aunque comprara una tortilla con un porcentaje un poco mayor de agua (17%), esto será com-

pensado definitivamente por el mayor valor nutritivo de la proteína del maíz opaco, además de la calidad organoléptica de la tortilla.

Respecto al productor, debe fijarse un precio de sustentación de un 18% más, sobre el de maíz normal, para así compensar el menor rendimiento en el campo del grano de maíz opaco (10-15%).

VI. BIBLIOGRAFIA

1. - A.O.A.C. "Official Methods of Analysis of the Association of Official". Agricultural Chemist. 10th. Ed., 744 (1965).
2. - Béhar, M. "Food and Nutrition of the Maya before the conquest and at the present time". Biochemical Challenges presented by the American Indian. Publication of the Pan-American Health organization (1958).
3. - Bohak, Z. "N -(DL-2-Amino-2-Carboxy Ethyl)-L- lysine, a new aminoácid formed on alkaline treatment of proteins". J. Biol. Chem. 239, 2378 (1964).
4. - Brekke, O.L. "Dry-milling of high lysine corn" Cereal chem. 48, 500 (1971).
5. - Bressani, R. and Nevin S. Scrimshaw. "Effect of lime treatment on in vitro availability of essential aminoacids and solubility of protein fractions in corn". J. Agri. Food Chem. 6, 774 (1958).
6. - Bressani, R. Paz y Paz and Nevin S. Scrimshaw. "Chemical changes in corn during preparation of tortillas". J. Agri. Food Chem. 6, 770 (1958).

7. - Byrnes, F.C. The Rockefeller Foundation Quart. 1, 4(1969).
8. - Carroll Woodard, J. and Short, D.D. "Toxicity of alkali - - Treated soyprotein in rats". J. Nutr. 103, 569 (1973).
9. - CIMMyT. "Investigación y capacitación para la elaboración de maíz rico en lisina". Reporte, 1973.
10. - Chu, T.N., Pelleg, L.P., and Nawar, W. Wassef. "Effect of alkali treatment on the formation of lysinoalanina in - corn". J. Agric. Food Chem. 24, 1084 (1975).
11. - Clark, H.E., Glover, D.V. "Nitrogen Retention of young - men who consumed isonitrogenous diets containing normal, Opaco-2 or sugary-2-opaque-2 corn". J. Nutr. 107, 404 (1977).
12. - Harpstead, Dale. D. "High lysine corn". Sc. Am. 41, 34 - (1971).
13. - Hernández, H. and Bates, L.S. "Modified method for ra - pid tryptophan analysis of maize". Research Bull. No. 13 - CIMMyT (1969).

- 14.- Katz, S H., Hediger, M.L. and Valleroy, L.A.
"Traditional maize processing techniques in the new world".
Science 184, 765 (1974).
15. - Mertz, E.T. "Genetic Improvement of Cereals".
Nutr. Rev. 32, 129 (1974).
- 16.- Mertz, E.T., and Bates, L.S. "Mutant gene that changes -
protein composition and increases lysine content of maize
endosperm". Science 145, 279 (1964).
- 17.- Mertz, E.T., Misra, P.S. "Rapid Ninydrin color test -
for screening high-lysine mutants of maíz, sorgo, barley and other cereals grains". Cereal chem. 51, 304 (1974).
18. - López Frías, L.C. "Observaciones sobre la susceptibilidad
a hongos de almacenamiento en maíz opaco y normal".
En Simposio sobre Desarrollo y Utilización de Maíces de
alto valor nutritivo. CP, ENA, CHAPINGO, México 135 -
(1972).
19. - Salazar de Buckle, T. "El maíz opaco en la industria de -
los alimentos". Tecnología (Colombia) I.I.T. 77, 38 (1972).

20. - Sternberg, M., C.Y. Kim and Schwende, F.J.
"Lysinoalanine: Presence in foods and food ingredients".
Science 190, 992 (1975).
21. - Tueme, J.J. "Efecto de los parámetros de cocimiento y -
molienda sobre la conducta reológica de las masas nixtama
lizadas de maíz blanco (africano) y amarillo (Argentino) y
mezclas de maíz con sorgo, triticale, soya y trigo". Tesis
Instituto Tecnológico de Monterrey, ECMA. (1976).
22. - Villegas, E. and Mertz, E.T. "Chemical screening methods
for maize protein quality at CIMMyT". *Research Bull. No. -*
20 (1971).
23. - Villegas, E. "Maíces de alta calidad Nutricional". En Sim-
posio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto va--
lor nutritivo. CP, ENA, CHAPINGO, MEXICO 13 (1972).
24. - Watson, S.A. y Yahl, K.R. "Comparison of the Wet-Milling
properties of Opaque-2 high-lysine corn and normal-corn. -
Cereal Chem. 44, 488 (1967)
25. - Wu, Y.V. y Sexson, K.R. "Protein concentrate from nor-
mal and high lysine corns by alkaline extraction composition
and properties" *J. Food Sci* 41, 512 (1976).

26. - Young, V.R., Ozalp, I. Cholakos, B.V. and Scrimshaw, -
N.S. "Protein value of Colombian Opaque-2 corn for young
adult men". J. Nutr. 101, 1475 (1971).

APENDICES.

1. Dureza

Se determinó mediante una máquina perladora de trigo, a la cual se le adaptó un cepillo de filamentos de alambre.

Se pesa una cantidad de 20g y se coloca en la tolva de alimentación, se pone a funcionar la perladora durante 1 min. al término del cual se pesa la muestra que no se trituró:

$$I.S. = \frac{(20 - P)}{\text{muestra}} \times 100$$

20 = peso inicial de la muestra.
P = peso residual que no se quiebra.

I.S. = Índice de suavidad.

$$I.D. = 100 - I.S.$$

I.D. = Índice de dureza.

2. Humedad en grano crudo.

Se determinó en higrómetro Steinlite, de la siguiente manera, se pesó primero una cantidad de 100 g de grano, se prende el aparato y se espera 5 min. a que se estabilice, después se coloca la muestra en la caja de muestra del aparato, se procede a encontrar la lectura en la escala del aparato, viendo en que letra del seleccionador da la lectura (si es en A, B ó C), con la lectura de la escala y la letra se ve en tablas y se -

tiene una humedad. En seguida se lee a cuantos grados °F, - está la muestra y en tablas se lee con los °F, otra lectura, se suman las dos lecturas encontradas en tablas y esa será la humedad total en el grano.

3. Humedad en masa y grano cocido.

Pesar de 2 a 3 g de muestra en un pesafiltros a peso constante, secar en la estufa a 100 -110°C durante 3 horas, enfriar en desecador y pesar de nuevo. Volver a meter a la estufa hasta que no varien en la segunda cifra decimal las dos últimas pesadas. Calcular el porcentaje de humedad.

4. Preparación de la muestra para determinar proteína, total lisina y triptofano.

a) Tomar 2 muestras de 15 granos al azar.

b) Remojar y eliminar pericarpio con bisturí y pinzas.

Dejar secar durante la noche.

c) Triturar la muestra seca en molino (se usó molino con ciclón, cyclone sample neill modelo MS).

d) Desengrasar la muestra durante 6 horas con hexano, secar la muestra al aire y pulverizarla.

5. Protefna total

El método empleado fue el micrométodo de Kjeldahl.

Fundamento.

Se basa en la oxidación de la materia orgánica, en la fijación del nitrógeno en forma de sal $\text{NH}_4(\text{HSO}_4)$ ó $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, su desprendimiento en forma de NH_3 y/o NH_4OH al agregársele NaOH el que va a ser fijado en el ácido bórico. Después su ti tulación con HCL 0.02N.

Reactivos.

H_2SO_4 sp.gr. 1.84 libre de nitrógeno.

Mezcla catalizadora la cual se prepara de la siguiente manera: 99.9 g de K_2SO_4 , 4.1g de HgO y 0.8g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Solución de hidróxido de sodio-tiosulfato de sodio (50% y 5% res_ pectivamente).

Solución al 4% de ácido bórico.

Solución indicadora. - Una parte de solución de rojo de metilo en etanol al 0.2% con 5 partes de verde de bromocresol- en etanol al 0.2%.



Técnica.

Se pesan 30 -40 mg de muestra en un matraz de digestión. Añadir 1.0g de la mezcla catalizadora y 2 ml. de ácido sulfúrico concentrado.

Digerir 40 minutos, enfriar y añadir la mínima cantidad de agua destilada para disolver los sólidos formados, enfriar. Transferir esta solución al aparato de destilación, lavando el matraz de 5 a 6 veces con 1 - 2 ml de agua destilada. Poner un matraz erlenmeyer de 125 ml con 6 ml de solución de ácido bórico y 3 gotas de solución indicadora debajo del condensador, asegurando que la terminal de éste quede dentro de la solución.

Añadir al aparato de destilación 10ml de solución de hidróxido de sodio-tiosulfato de sodio y empezar la destilación hasta obtener 50 ml de destilado.

Titular con el ácido clorhídrico hasta obtener la formación del color gris o la primera aparición del color violeta. Efectuar la determinación de un blanco usando la misma cantidad de reactivos, y el mismo proceso de digestión, destilación y titulación.

Cálculos.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml HCl en deter.} - \text{ml, blanco}) \times N \times 14.007 \times 100}{\text{mg Muestra}}$$

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

en donde

N = normalidad de HCl 0.02N

6. Determinación de lisina.

Método empleado para la determinación de lisina fue el de Tsai modificado por Villegas.

Fundamento.

Se basa en una hidrólisis enzimática de las muestras con papaina y bloqueo de los grupos alfa-amino de los aminoácidos libres con cobre, la formación del E-dinitropiridil-lisina (E-DNPyr-Lisina) al reaccionar el 2-cloro-3,5-dinitropiridina con el grupo epsilon amino de lisina. La absorción leída en 390nm de el E-DNPyr-Lisina.

Reactivos.

Solución enzimática de papaina merck (4 mg/ml) en -- buffer de fosfatos 0.03 M, ph 7.4.

Buffer de carbonatos 0.05M, PH 9.

Buffer de tetraborato de sodio 0.05 M y PH 9.0.

Suspensión de fosfato cúprico.

Solución A; 2.8g de $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 100 ml de agua -
destilada.

Solución B; 13.6g de $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ en 200 ml de - -
agua destilada.

Mezclar A en B con agitación, centrifugar, tirar el so
brenadante y el precipitado resuspenderlo 3 veces en 15 ml de -
buffer de tetraborato de sodio pH9, centrifugar después de cada
suspensión, después del tercer lavado resuspender el fosfato cú-
prico en 80ml de buffer de tetraborato de sodio pH9. El reactii
vo puede ser usado por una semana.

Solución de ácido clorhídrico 1.2N

Mezcla de aminoácidos: cada uno de los siguientes amin
noácidos fue adquirido de Nutritional Biochemical Corporation.

Cistina	20 mg	Fenil alanina	40 mg
Meteonina	20 mg	Valina	40 mg
Histidina	30 mg	Arginina	50 mg
Alanina	30 mg	Serina	50 mg
Isoleucina	30 mg	Acido aspártico	60 mg
Treonina	30 mg	Acido glutámico	300 mg
Tirosina	30 mg	Leucina	80 mg
Glicina	40 mg	Prolina	80 mg

Pesar 100 mg de la mezcla de aminoácidos y disolverla en 10ml de buffer de carbonatos (Solución de aminoácidos).

Solución estándar de Lisina (L-Lisina HCl de NBC) - 2500mg/ml en solución de buffer de carbonatos.

Solución de 2-cloro-3,5-dinitro piridina (NBC): 30 mg- de 2-cloro-3,5-dinitropiridina por ml de metanol.

Procedimiento.

Pesar 100 mg de muestra desengrasada y pulverizarla en un tubo de ensaye y adicionar 5 ml de solución enzimática de papaína. Asegurándose de que la muestra esté completamente - mojada y agitar 2 veces durante la primera hora de incubación,- preparar blanco con solución de papaína.

Incubar a 65°C durante 16 horas. Agitar y enfriar a temperatura ambiente y centrifugar.

Pipetear una alicuota de 1 ml del sobrenadante en un - tubo de centrifuga y añadir 0.5 ml de suspensión de fosfato cú- prico.

Agitar durante 5 minutos y centrifugar a 2,000 rpm.

Pipetear una alícuota de 1 ml del sobrenadante en un tubo de ensayo y añadir 0.1 ml de solución de 2-cloro-3,5-dinitropiridina. Agitar vigorosamente.

Dejar los tubos durante dos horas a temperatura ambiente agitando cada 30 minutos.

Añadir 5 ml de HCl - 1.2 N., a cada tubo y agitar.

Añadir 5 ml de acetato de etilo, tapar los tubos, mezclar invirtiendo los tubos 10 veces, extraer la fase superior con una jeringa que tenga adaptado un tubo de polietileno. Este paso debe repetirse 3 veces, transferir la fase acuosa a tubos de colorímetro calibrados.

Leer en el fotocolorímetro ("Spectronic 20") a una longitud de onda de 390 nm contra el blanco.

Cálculos.

$$\text{mg de Lys} = (D.O \times m) + b$$

$$\% \text{ Lys en muestra} = \text{mgLys} / \text{mg muestra} \times 5 \times 100$$

$$\% \text{ Lys en proteína} = \% \text{ Lys en muestra} / \% \text{ proteína} \times 100.$$

en donde: m (pendiente), b) ordenada al origen) son calculados de las ecuaciones 1 y 2.

Para el cálculo de las constantes m y b se preparó una curva estándar de la siguiente manera.

Curva Estándar.

De la solución estándar la Lisina que tiene 2500 mg/ml se toman 0, 1, 2, 3 y 4 ml y se lleva a un volumen final de -- 10ml con buffer de carbonatos.

Tomar 1 ml de c/u de los tubos anteriores pasarlos a otro tubo, adicionar 4 ml de solución de papaína (450 mg en 45 ml de buffer de fosfatos).

Tomar 1 ml de solución de cada uno de los tubos anteriores y agregar .5 ml.

7. Determinación de triptofano

El método utilizado fue el método de Opienska-Blauth - modificado por Hernández y Bates (11)

Fundamento.

Se basa en una hidrolisis enzimática de las muestras - con papaína, en la determinación colorimétrica de triptofano al - reaccionar con FeCl_3 .

Reactivos.

270 mg de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ disueltos en 0.5 ml de agua -
destilada y diluida a 1 litro con ácido acético glacial (Reactivo -
A) Acido sulfúrico 30N. (reactivo B).

Mezclar los reactivos A y B (1:1 v/v), 1 a 2 horas an
tes de usarse (Reactivo C).

Solución enzimática de papaína Merck (4 mg/ml) en buff
fer de acetatos de sodio 0.1N y Ph 7.

Solución estándar de triptofano (0.1 mg/ml) en solución
enzimática de papaína (4 mg/ml) en buffer de acetato de sodio -
0.1 y Ph 7.

Procedimiento.

Pesar entre 80 y 90 mg de muestra desengrasada y -
pulverizada en un tubo y añadir 3 ml de solución de papaína. Se
tapan los tubos y se agitan (un tubo con únicamente solución de
papaína es el blanco que se somete a todo el procedimiento).

Las muestras son incubadas a 65°C por 16 horas. Los
hidrolizados se dejan enfriar a temperatura ambiente se centri
gan 5 minutos a 2,000 r.p.m.

Se pipetea 1 ml del hidrolizado a un tubo de ensayo - que contiene 4 ml del reactivo C. Se agita vigorosamente y se incuba a 65°C durante 15 minutos para que desarrolle el color. Dejar enfriar las soluciones coloreadas y transferirlas a tu bos de calorímetro calibrados. Las lecturas se hacen en el fotocolorímetro (Bausch & Lomb spectronic 20) a una longitud de onda de 545 nm.

Cálculos

$$\text{mg de try} = (\text{D.O} \times \text{m}) + \text{b}$$

$$\% \text{ try en muestra} = \frac{\text{mg try}}{\text{mg de muestra}} \times 3 \times 100$$

Para los cálculos anteriores se preparó una curva están dar de la siguiente manera:

Curva Estándar.

Se pesa 50 mg de D-L triptofano y se aforan a 500 ml con solución enzimática de papaína (5 mg/ml) en buffer de aceta to de sodio..1N y Ph 7.

De esta solución que tiene una concentración de 0.1 - mg/ml, se toman 1 ml, 2 ml, 2.5 ml, 3 ml hasta 4.5 ml y se lleva a un volumen final de 10 ml con buffer de acetato de sodio 0.1N y Ph7. Las lecturas se realizan a 545 nm.

Con las cuales se calculan la m y b. La recta de --
aproximación por mínimos cuadrados, de los valores:

$$X = \text{D.O.}$$

$$Y = \text{mg de triptofano}$$

Se obtiene por medio de la ecuación.

$$y = b + m X$$

de donde las constantes "b" (intersección en y) y "m" (pendiente
de la recta se calcula por medio del sistema de ecuaciones) -
(30):

$$m = \frac{(\sum x y) - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad (1)$$

$$b = \frac{\sum y - m (\sum x)}{n} \quad (2)$$